

Doses crescentes de calcário associadas à adubação nitrogenada na cultura do milho

Increasing doses of lime associated with nitrogen fertilization in maize

Dosis crecientes de cal asociadas a la fertilización nitrogenada en maíz

Recebido: 03/05/2022 | Revisado: 14/05/2022 | Aceito: 17/05/2022 | Publicado: 22/05/2022

Fabício Vilela Andrade Fiorini

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7458-0149>

Universidade José do Rosário Vellano, Brasil

E-mail: fabriciovaf@hotmail.com

Adauton Vilela de Rezende

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8515-484X>

Universidade José do Rosário Vellano, Brasil

E-mail: adauton.rezende@unifenas.br

Gian Otávio Alves da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5659-036X>

Universidade José do Rosário Vellano, Brasil

E-mail: gian.otavio@hotmail.com

Raphaella Aparecida Tomaz do Prado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0034-0561>

Universidade José do Rosário Vellano, Brasil

E-mail: raphaella.nutri@outlook.com

Miguel Ribeiro Alves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5441-2770>

Universidade José do Rosário Vellano, Brasil

E-mail: miguelagro2017@gmail.com

Resumo

Objetivou-se avaliar doses crescentes de calcário associadas à adubação nitrogenada nas características agrônômicas e valor nutricional da cultura do milho. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 5x2, sendo cinco níveis de calcário dolomítico (0; 2; 4; 6 e 8 toneladas por hectare) e duas doses de adubação nitrogenada (ureia protegida) em cobertura (100 e 150 kg por hectare), com 4 repetições. Avaliou-se as características agrônômicas (arranque inicial e desenvolvimento das plantas, incidência de pragas e doenças, produtividade de matéria seca por hectare, altura de espigas, altura de plantas, produtividade de grãos por hectare e porcentagem de grãos ardidos) e o valor nutricional da planta inteira (pH da planta, proteína bruta, matéria mineral, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina e digestibilidade *in vitro* da planta inteira e dos grãos em porcentagem da matéria seca). Não houve variação significativa nas características agrônômicas, no entanto, houve alteração nas características nutricionais somente para lignina. Para as condições estudadas, doses crescentes de calcário associadas à adubação nitrogenada não promoveram melhorias nas características agrônômicas, apenas alterou o teor de lignina no valor nutricional do milho. Mais estudos devem ser realizados sobre doses crescentes de calcário associadas à adubação nitrogenada na cultura do milho, principalmente em solos pobres quimicamente.

Palavras-chave: Calagem; Nitrogênio; Produtividade; Bromatologia; Digestibilidade.

Abstract

The objective was to evaluate increasing doses of limestone associated with nitrogen fertilization on the agronomic characteristics and nutritional value of the maize. The experimental design was randomized blocks (DBC) in a 5x2 factorial scheme, with five levels of dolomitic limestone (0; 2; 4; 6 and 8 tons per hectare) and two doses of nitrogen fertilization (protected urea) in coverage (100 and 150 kg per hectare), with 4 repetitions. Agronomic characteristics (initial start-up and plant development, pest and disease incidence, dry matter yield per hectare, ear height, plant height, grain yield per hectare and percentage of burnt grains) and nutritional value were evaluated of the whole plant (pH of the plant, crude protein, mineral matter, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, lignin and *in vitro* digestibility of the whole plant and grains in percentage of dry matter). There was no significant variation in agronomic characteristics, however, there was a change in nutritional characteristics only for lignin. For the conditions studied, increasing doses of limestone associated with nitrogen fertilization did not promote improvements in agronomic characteristics, only altering the lignin content in the nutritional value of maize. More studies should be carried out on increasing doses of limestone associated with nitrogen fertilization in maize, especially in chemically poor soils.

Keywords: Liming; Nitrogen; Productivity; Bromatology; Digestibility.

Resumen

El objetivo fue evaluar dosis crecientes de cal asociadas a la fertilización nitrogenada sobre las características agronómicas y el valor nutricional del cultivo de maíz. El diseño experimental fue bloques al azar (DBC) en esquema factorial 5x2, con cinco niveles de caliza dolomítica (0; 2; 4; 6 y 8 toneladas por hectárea) y dos dosis de fertilización nitrogenada (urea protegida) en cobertura (100 y 150 kg por hectárea), con 4 repeticiones. Se evaluaron características agronómicas (arranque inicial y desarrollo de la planta, incidencia de plagas y enfermedades, rendimiento de materia seca por hectárea, altura de mazorca, altura de planta, rendimiento de grano por hectárea y porcentaje de granos quemados) y valor nutricional de la planta entera (pH de la planta, proteína bruta, materia mineral, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, lignina y digestibilidad in vitro de la planta entera y granos en porcentaje de materia seca). No hubo variación significativa en las características agronómicas, sin embargo, hubo un cambio en las características nutricionales solo para la lignina. Para las condiciones estudiadas, dosis crecientes de cal asociadas a la fertilización nitrogenada no promovieron mejoras en las características agronómicas, solo alterando el contenido de lignina en el valor nutritivo del maíz. Se deben realizar más estudios sobre dosis crecientes de cal asociadas a la fertilización nitrogenada en maíz, especialmente en suelos químicamente pobres.

Palabras clave: Encalado; Nitrógeno; Productividad; Bromatología; Digestibilidad.

1. Introdução

A cultura do milho vem se destacando no cenário nacional por seus altos preços e por estar atrelada à soja como sucessão, sendo vastamente plantada na safra verão e safrinha, onde é utilizada na alimentação animal, tanto como volumoso quanto concentrado. É usada na confecção de diversos tipos de silagens, em misturas de concentrados ou seus grãos inteiros fornecidos para diversos animais.

Na safra agrícola 2020/2021, a área cultivada com milho no Brasil foi de 19,93 milhões de hectares, com produção de 87,06 milhões de toneladas (Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB], 2022), o que proporciona ao país a terceira posição no ranking de maiores produtores de milho no mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e China.

Devido aos altos preços dos insumos, buscam-se alternativas para reduzir os custos de produção e manter as altas produtividades. A calagem vem contribuir significativamente, corrigindo a acidez do solo pela elevação do pH (potencial hidrogeniônico), neutralização do alumínio tóxico (Al^{3+}), fornecimento de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), melhorias na CTC (capacidade de troca de cátions) e SB (soma de bases), contribuindo com o crescimento radicular, absorção de água e nutrientes pelas plantas (Zandoná et al., 2015), proporcionando aumentos de produtividade no milho.

A acidez do solo também prejudica a disponibilidade dos macronutrientes (N- nitrogênio, P- fósforo, K- potássio, Ca- cálcio, Mg- magnésio, S- enxofre) e de alguns micronutrientes (Mo- molibdênio e Cl- cloro) para as plantas, e pode causar toxicidade de Mn- manganês. O pH apresenta efeito direto na absorção pela competição entre H^+ (hidrogênio) e outros cátions e OH^- (hidroxila) com outros ânions, sendo que em pH baixo a eficiência da “bomba iônica” ligada à enzima ATPase de membrana decresce e a absorção passiva de H^+ é aumentada pelo decréscimo do eletropotencial de células radiculares (Faquin, 2005).

Devido ao melhoramento empregado na cultura, o milho tem respostas positivas aos incrementos de nutrientes, sendo o nitrogênio exigido em maior quantidade. Segundo Mortate et al., (2018), o nitrogênio também é o elemento que mais contribui na elevação dos custos na cultura, sendo que a ureia é a fonte mais utilizada por apresentar maior concentração de nitrogênio. Para que se aumente a produtividade de grãos, além de outros fatores, o N precisa ser absorvido com eficiência pela planta e translocado para os grãos. Todavia, o adubo nitrogenado tem o aproveitamento de cerca de 50% do que é fornecido via adubação mineral (Lara Cabezas et al., 2004), justificando o uso de fontes de N protegidas que inibem a ação da enzima urease presente no solo, minimizando as perdas deste nutriente por volatilização.

O calcário além de corrigir acidez, mantém a fertilidade do solo mais equilibrada e sua associação com o nitrogênio poderá promover melhorias na produtividade de matéria seca e de grãos no milho. No entanto, existem possíveis interações entre aplicação de calcário e quantidade ideal de nitrogênio a ser utilizada, tanto no que se refere a acidificação do solo pelos

cultivos, como para o desempenho da cultura do milho (Leal et al., 2013). Fernandes et al., (2020) concluíram que na associação calagem, gessagem, culturas de cobertura e adubação nitrogenada em sistema plantio direto, o calcário com ou sem gesso não alterou a produtividade de grãos no milho e que o nitrogênio em cobertura proporcionou incremento na produtividade de grãos, principalmente em anos com melhor disponibilidade hídrica, independente da calagem ou gessagem.

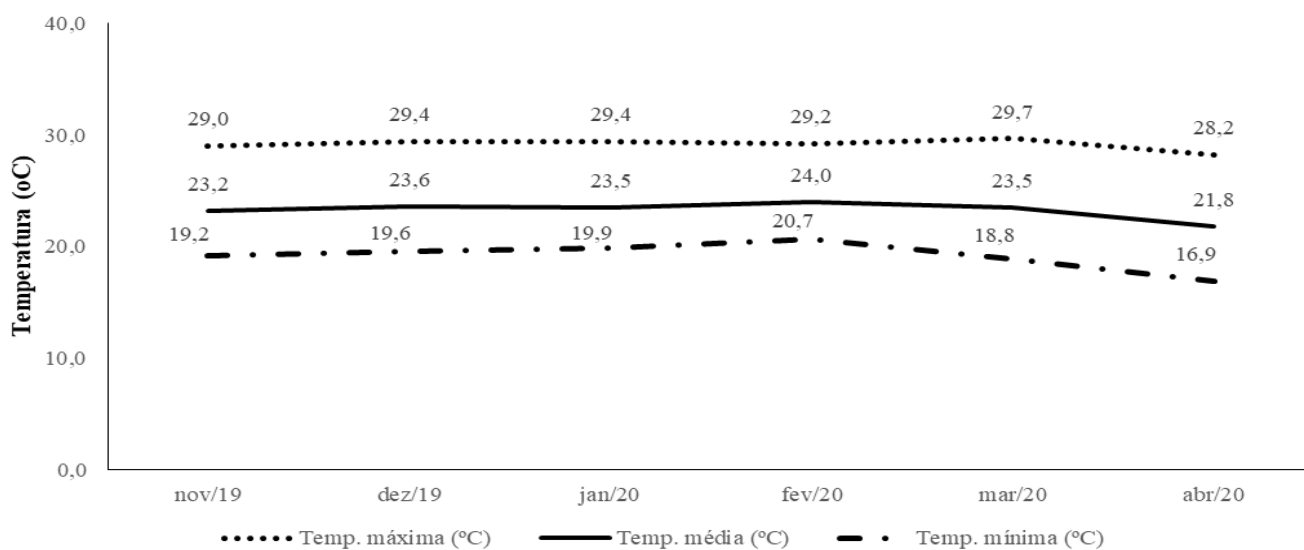
À procura de respostas mais concisas sobre o uso do calcário e da adubação nitrogenada no milho, objetivou-se avaliar doses crescentes de calcário associadas à adubação nitrogenada nas características agrônomicas e valor nutricional na cultura do milho.

2. Metodologia

Localização e caracterização da área experimental

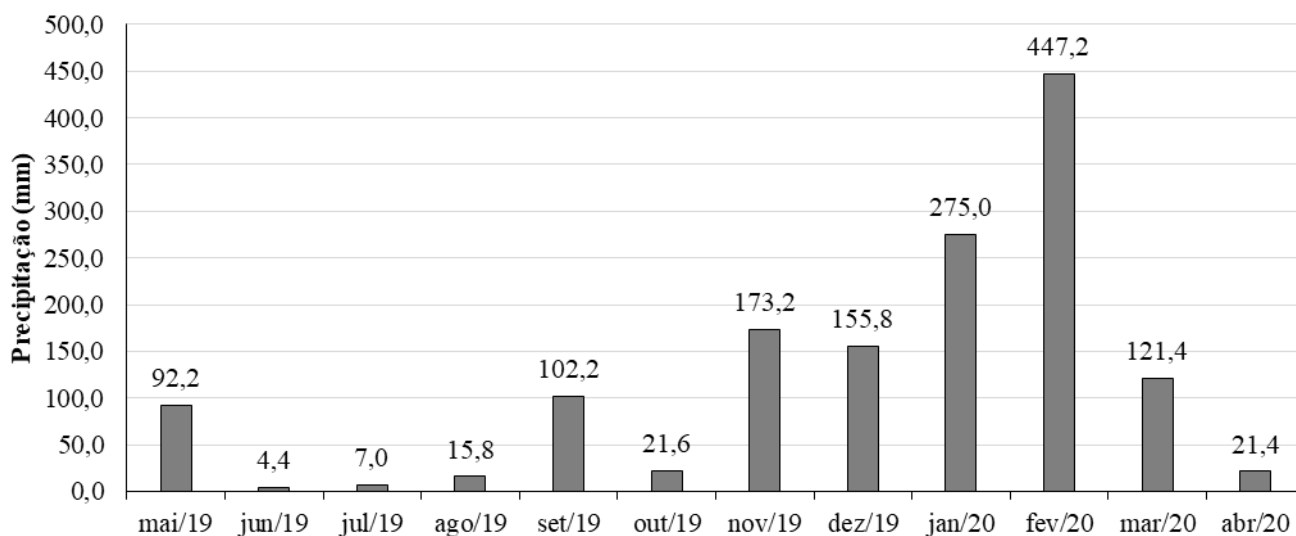
O experimento foi instalado e conduzido na Universidade José do Rosário Vellano – UNIFENAS, *Campus* Alfenas-MG, em altitude de 880 m e coordenadas geográficas de 21°25' S e 45°57' W (Google Earth, 2020). O clima da região é o tropical de altitude (Climate-Data.Org, 2022). As temperaturas (°C) mensais relativas ao período do plantio à colheita estão apresentadas no Gráfico 1, e as precipitações (mm) mensais desde a aplicação do calcário até a colheita estão apresentadas no Gráfico 2 (Sismet Cooxupé, 2020).

Gráfico 1: Temperatura máxima, temperatura média e temperatura mínima mensais, relativas ao período do plantio à colheita do experimento. UNIFENAS, Alfenas/MG, 2020.



Fonte: Autores.

Gráfico 2: Precipitações mensais em milímetros (mm), relativas ao período entre a aplicação do calcário e a colheita do experimento. UNIFENAS, Alfenas/MG, 2020.



Fonte: Autores.

Desenvolvimento da pesquisa

O planejamento e a elaboração da metodologia científica foram desenvolvidos seguindo os preceitos propostos por Köche (2016), a instalação e condução experimental de acordo com Lima e Abreu (2000).

Delineamento

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 5x2, sendo as doses de calcário dolomítico aplicadas em cinco níveis (0; 2; 4; 6 e 8 toneladas por hectare) e duas doses de adubação nitrogenada (ureia protegida) em cobertura (100 e 150 kg por hectare) parceladas em duas aplicações, totalizando 10 tratamentos com 4 repetições. O calcário utilizado foi o dolomítico tipo B (composição química: MgO– 10 a 13%; CaO– 38 a 40%; PRNT– 85 a 90% e PN– 98 a 102%), sendo recomendado quando a relação cálcio/magnésio está em equilíbrio.

Foram 40 parcelas experimentais, cada uma delas formada por oito linhas de 4 m, com espaçamento de 0,50 m entrelinhas, perfazendo uma área de 16 m² por parcela, sendo as seis linhas centrais consideradas como área útil.

Modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \text{Doses de calcário}_i + \text{Adubação nitrogenada}_j + (\text{Doses de calcário} \times \text{Adubação nitrogenada})_{ij} + \text{Bloco}_k + e_{ijkl}$$

Em que:

Y_{ijkl} = valor observado na parcela que recebeu a dose de calcário i adubação nitrogenada j no bloco k ;

μ = efeito constante;

Doses de calcário = efeito do calcário i aplicado na parcela;

Adubação nitrogenada j = efeito do nitrogênio j aplicado na parcela;

Doses de calcário x Adubação nitrogenada $_{ij}$ = efeito da interação entre calcário i e nitrogênio j ;

Bloco k = efeito do bloco k em que se encontra a parcela;

e_{ijkl} = erro associado ao fertilizante i , do híbrido j , no bloco k e na unidade experimental l : assumido como: $\epsilon_{ijkl} \stackrel{IID}{\sim} N(0, \sigma^2)$.

σ^2). Aqui, IID significa que os erros devem ser independentes e identicamente distribuídos.

Preparo da área e aplicação da calagem

Em abril de 2019 (antes do preparo da área), foi realizada na camada de 0 a 20 cm de profundidade uma amostragem do solo em área total para verificação dos seus atributos químicos, através do resultado da análise de solo (Quadro 1- Pré-preparo). A área de plantio foi previamente preparada com grade aradora e niveladora no mês de maio de 2019, após preparo foram aplicadas as diferentes dosagens de calcário dolomítico- tipo B (0; 2; 4; 6 e 8 toneladas por hectare) em parcelas de 16 m², para incorporação a 30 cm de profundidade foram utilizadas mais duas gradagens pesadas. A área ficou em pousio para reação do calcário no solo até início de novembro de 2019.

Instalação e condução dos experimentos

No início do mês de novembro (antes do plantio), foi realizada outra amostragem do solo (camada 0 a 20 cm) referente a cada tratamento, com intuito de observar os atributos químicos dos mesmos (Quadro 1- Pós-preparo). Após a amostragem foi realizada uma gradagem niveladora em área total. No dia 09/11/2019 a área foi sulcada com semeadora de plantio direto, utilizando 500 kg ha⁻¹ do formulado 08 (N): 28 (P₂O₅): 16 (K₂O) + 0,5% Zn (dosagem de adubação de plantio utilizada na produção comercial da Unifenas) e o milho plantado manualmente com matracas apropriadas para posterior desbaste, mantendo a população média final de 72500 plantas por hectare. Foram realizadas duas aplicações de micronutrientes via foliar [1l/ha - Fert Café[®] (composição química: N- 1,00%, S- 2,69%, B- 0,50%, Cu- 0,50%, Mn- 4,00% e Zn- 6,00%)], a primeira em V3 (3 folhas totalmente expandidas) e a segunda em V5 (5 folhas totalmente expandidas). Ainda em V3 foram aplicados os herbicidas Roundup[®] (1l/ha) + Atrazina[®] (3l/ha). Na fase V5 (5 folhas totalmente expandidas) foi realizada a primeira cobertura utilizando metade da dose do nitrogênio e 80 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio). Após avaliação do arranque inicial e desenvolvimento das plantas, também do ataque de insetos, foi aplicado o inseticida Durivo[®] (250ml/ha). Em V8 foi realizada a segunda dosagem da cobertura com nitrogênio.

Utilizou-se o híbrido duplo Feroz Viptera3[®] (Sementes Syngenta, 2022) de ciclo precoce e indicado para produção de grãos e silagem de alto valor energético.

Quadro 1: Resultados das análises de solo (camada de 0 a 20 cm), no pré e pós-preparo da área experimental. UNIFENAS, Alfenas/MG, 2020.

Pré-preparo	pH		P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P rem
	CaCl ₂	H ₂ O	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³						%		g dm ⁻³	mL ⁻¹	
Amostra	5,1	5,7	4	112	1,8	0,9	0	3,6	3	3	6,6	45	0	25	21
Pós-preparo	pH		P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P rem
	CaCl ₂	H ₂ O	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³						%		g dm ⁻³	mL ⁻¹	
0 t ha ⁻¹ calcário	5	5,6	8	141	2,6	1	0	4,2	4	4	8,2	49	0	29	20
2 t ha ⁻¹ calcário	5,2	5,8	18	150	3,7	1,6	0	3,6	5,7	5,7	9,3	61	0	35	24
4 t ha ⁻¹ calcário	6	6,6	10	161	4,2	1,3	0	2,9	6	6	8,9	67	0	32	17
6 t ha ⁻¹ calcário	6,3	6,9	20	118	5,4	1,6	0	2,5	7,3	7,3	9,8	74	0	29	16
8 t ha ⁻¹ calcário	6,7	7,3	20	150	5,7	1,8	0	1,7	7,9	7,9	9,6	82	0	31	19

pH em cloreto de cálcio (CaCl₂) e água (H₂O); P (fósforo Mehlich); K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ (potássio, cálcio, magnésio e alumínio), respectivamente; H+Al (acidez potencial); SB (soma de bases); t (capacidade de troca de cátions efetiva); T (capacidade de troca de cátions a pH 7,0); V (saturação por bases); m (saturação por alumínio); MO (matéria orgânica) e P-rem (fósforo remanescente). Fonte: Autores.

Características avaliadas

Foram avaliadas as características agronômicas (arranque inicial e desenvolvimento das plantas, incidência de pragas e doenças, produtividade de matéria seca por hectare, altura de espigas, altura de plantas, produtividade de grãos por hectare e porcentagem de grãos ardidos) e o valor nutricional da planta inteira (pH da planta, matéria seca total, proteína bruta, matéria mineral, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, digestibilidade in vitro da planta inteira e dos grãos em porcentagem da matéria seca).

Após a emergência das plântulas observou-se visualmente o arranque inicial com intuito de verificar se os tratamentos iriam influenciar o estabelecimento inicial das parcelas e em V5 a avaliação dos danos causados por pragas, por meio dos sintomas de ataque à cultura (folhas raspadas/com perfurações/cartucho danificado). Em V8 avaliou-se o desenvolvimento das plantas, medindo-se com trena e régua a altura das plantas (do solo até a inserção da última folha), largura das folhas (parte mediana da última folha totalmente expandida), comprimento das folhas (última folha totalmente expandida) e diâmetro do colmo com paquímetro a 30 cm do nível do solo.

A incidência de doenças foi realizada 30 dias após o florescimento, onde normalmente tem-se uma maior incidência das mesmas na cultura, utilizou-se a escala diagramática para a avaliação das doenças foliares do milho proposta pela Agrocere (1996).

Para determinar a produtividade de matéria seca por hectare foram colhidas as plantas das linhas adjacentes às duas centrais, quando os grãos se encontravam na metade da linha de leite, onde foram determinadas suas massas em balança digital com auxílio de um tripé. Posteriormente dez plantas de cada parcela foram separadas e trituradas de dois a cinco centímetros em picadeira estacionária, logo uma amostra de aproximadamente 300g foi retirada da matéria fresca homogeneizada e acondicionada em saquinhos de papel perfurados para realização da pré-secagem em estufa com circulação de ar forçada (55°C/ 72 horas). Após a pré-secagem das amostras, elas foram moídas em moinho tipo Willey, utilizando peneira com crivo de 1 mm e armazenadas em recipientes com tampa devidamente identificados.

Altura de espigas e de plantas foram mensuradas com uma régua topográfica graduada, do nível do solo até a inserção da espiga superior e da folha bandeira, respectivamente.

A produtividade de grãos por hectare foi obtida nas duas linhas centrais, quando os grãos se encontravam próximos a 15% de umidade. As massas das parcelas foram determinadas em balança eletrônica de precisão, onde houve correção da umidade após os grãos passarem por secagem em estufa a 105°C por 24 horas. Para correção das massas dos grãos, utilizou-se a fórmula: $\text{Massa da parcela corrigida} = (100 - \text{Umidade inicial}) \times \text{Massa inicial da parcela} / (100 - \text{Umidade de Estocagem})$, onde adotou-se 13% como umidade referente para estocagem dos grãos.

A porcentagem de grãos ardidos foi obtida de uma amostra contendo aproximadamente 250 gramas, determinando-se a massa dos grãos com aspectos de ardidos e transformando-se para porcentagem, conforme procedimento proposto na Instrução Normativa do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento- MAPA nº 60 de 22/12/2011 (Brasil, 2011).

O pH da planta de milho foi determinado da matéria fresca homogeneizada com auxílio de um phmetro de bancada (Bel Engineering PHS3BW), no momento que se colheu as plantas para determinação da produtividade de matéria seca por hectare, utilizando a metodologia de Silva e Queiroz (2002).

Para determinação da bromatologia utilizou-se as amostras pré-secas e moídas. A matéria seca total (MS) em porcentagem foi determinada através de estufa de circulação forçada de ar a 105 °C por 16 horas, a proteína bruta (% da MS) determinada pelo método de Kjeldahl, a matéria mineral (% da MS) determinada por incineração da amostra a 550°C por cinco horas e lignina (% da MS) por imersão em ácido sulfúrico, sendo realizadas conforme procedimentos descritos pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1999). A fibra insolúvel em detergente neutro (FDN; % da MS), fibra

insolúvel em detergente ácido (FDA; % da MS) e a lignina, foram determinadas com auxílio do aparelho Tecnal® seguindo as recomendações de Goering e Van Soest (1970).

Os procedimentos com uso de animais foram aprovados pela comissão de ética no uso de animais – CEUA da instituição parceira Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas- Campus Machado, protocolo N.º 26 A/2019. Para a análise da digestibilidade da matéria seca *in vitro* da planta inteira e dos grãos, utilizou-se o líquido ruminal de três bovinos em lactação do IF Sul de Minas- Campus Machado, que estavam sendo alimentados com silagem de milho e concentrado por período superior a 15 dias. Os líquidos ruminais foram retirados com sonda esofágica por um Médico Veterinário no período da manhã antes da alimentação dos animais, os mesmos foram acondicionados em garrafas térmicas pré-aquecidas (39-40oC). Os líquidos ruminais foram levados para o laboratório de bromatologia da Unifenas, e em banho-Maria filtrados e misturados, logo após adicionou-se na solução tampão “saliva sintética” na proporção 4:1 (saliva sintética: líquido ruminal). O coeficiente de digestibilidade da matéria seca *in vitro* em porcentagem (% DIVMS) foi determinado pelo método indireto proposto por Tilley e Terry (1963).

Análises estatísticas

Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para avaliar normalidade dos resíduos, e posteriormente os dados foram submetidos ao teste F pela análise de variância (ANAVA). Utilizou-se o teste de Scott-Knott ao nível de $p < 0,05$ para comparar as médias de cada característica avaliada. Para analisar os dados foi utilizado o software R versão 3.2.4 (R Core Team, 2016).

3. Resultados e Discussão

De acordo com o Quadro 1, houve aumento nos parâmetros pH, cálcio, soma de bases, capacidade de troca de cátions (efetiva e a pH 7,0) e saturação por bases a medida que se aumentou a dosagem de calcário, enquanto os parâmetros fósforo, magnésio e fósforo remanescente oscilaram nas diferentes dosagens. Houve redução da acidez potencial e em alguns parâmetros como o potássio e matéria orgânica, a calagem não influenciou os valores. O aumento de alguns parâmetros descritos acima não foi suficiente para promover alterações ou melhorias nas características agrônômicas (Tabela 1), quanto ao valor nutricional da forrageira apenas a lignina foi alterada (Tabela 5).

Quando o solo se encontrava em pousio antes do preparo, a saturação por bases ($V = 45\%$) e a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 ($T = 6,6$) já se encontravam em níveis suficientes para a produção do milho e o alumínio se encontrava zerado. O fato de ter preparado o solo já foi suficiente para aumentar a maioria dos parâmetros, conforme resultados apresentados no Quadro 1, talvez pela aeração do mesmo ou pela incorporação da camada superficial de palhada em decomposição, já que o solo se encontrava em pousio durante 4 anos.

O resumo da análise de variância para o desenvolvimento de plantas, doenças foliares e características agrônômicas está apresentado na Tabela 1. Constatou-se que todas as características não foram influenciadas pelo calcário, nitrogênio e interação calcário x nitrogênio. Os coeficientes de variação estão dentro do esperado para experimentos de campo, sendo que alguns foram altos, de acordo com previsto e por se considerar o ataque ou não de pragas e notas para doenças.

Tabela 1: Resumo da análise de variância para características ligadas ao desenvolvimento de plantas, doenças foliares e características agronômicas. UNIFENAS, Alfenas/MG, 2020.

FV	GL	QM							
		Desenvolvimento de Plantas				Doenças Foliares			
		Altura de Plantas	Comprimento de Folhas	Largura de Folhas	Diâmetro de Colmos	Mancha Branca	Cercosporiose	Diplodia	Mancha por Physoderma
Calcário (C)	4	44,94 ns	51,29 ns	0,62 ns	0,03 ns	0,40 ns	0,71 ns	0,34 ns	0,75 ns
Nitrogênio (N)	1	0,63 ns	57,60 ns	1,44 ns	0,01 ns	0,00 ns	0,23 ns	0,10 ns	0,23 ns
C x N	4	37,56 ns	68,91 ns	0,61 ns	0,16 ns	1,38 ns	1,41 ns	0,29 ns	1,10 ns
Blocos	3	44,03 ns	41,97 ns	0,22 ns	0,09 ns	1,80 ns	1,02 ns	0,20 ns	4,49 ns
Erro	27	91,73 ns	31,63 ns	1,53 ns	0,11 ns	0,78 ns	1,08 ns	0,46 ns	0,64 ns
CV(%)		13,76	6,57	11,46	12,98	21,56	26,15	28,24	42,66

FV	GL	QM						
		Características Agronômicas						
		Enfezamento	Plantas com Ataque de Pragas	Produtividade de Matéria Seca/ ha	Altura de Plantas	Altura de Espigas	Produtividade de Grãos/ ha	Porcentagem Grãos Ardidos
Calcário (C)	4	1,16 ns	3,66 ns	1726608,83 ns	0,00 ns	0,00 ns	1480089,95 ns	5,18 ns
Nitrogênio (N)	1	0,10 ns	0,03 ns	2729017,60 ns	0,02 ns	0,00 ns	843419,61 ns	8,68 ns
C x N	4	2,29 ns	0,46 ns	13430561,79 ns	0,00 ns	0,01 ns	441265,27 ns	5,08 ns
Blocos	3	3,27 ns	1,43 ns	7915533,47 ns	0,03 ns	0,00 ns	1423607,03 ns	0,87 ns
Erro	27	1,06 ns	1,81 ns	13001277,89 ns	0,02 ns	0,01 ns	559887,97 ns	2,31 ns
CV(%)		85,92	85,51	14,22	4,94	5,06	6,25	26,08

FV- Fontes de Variação; GL- Graus de Liberdade; QM- Quadrado Médio; ns- não significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Arranque inicial e desenvolvimento das plantas

O arranque inicial das plantas foi observado desde a emergência das plântulas até na fase V4, não sendo necessária a mensuração, pois visualmente não havia parcela sobressaindo das outras.

Na fase V8 foi mensurado o desenvolvimento das plantas através das características, altura de plantas, comprimento de folhas, largura de folhas e diâmetro de colmos, não havendo diferença significativa ($p > 0,05$) de acordo com a Tabela 2. De maneira geral os resultados estão de acordo com a fase de desenvolvimento em que a cultura se encontrava e pelo fato de que o experimento não sofreu com nenhum estresse climático que pudesse comprometer seu desenvolvimento. A elevação das dosagens de calcário e nitrogênio não contribuiu para um melhor desenvolvimento da cultura. Manetti (2019) trabalhou com diferentes dosagens de calcário calcítico em função de diferentes relações Ca: Mg no desenvolvimento inicial da cultura do milho e obteve valores médios de altura de plantas de 57,70 cm e diâmetro de colmos de 1,59 cm, porém esse diâmetro de colmos foi mensurado a 5 cm do nível do solo e no presente trabalho mensurado a 30 cm do nível do solo. Os valores médios foram de 69,63 cm para altura de plantas e 2,57 cm para diâmetro de colmos no presente trabalho. Quanto ao comprimento e largura das folhas, os valores médios obtidos da última folha totalmente expandida, foram de 85,55 cm e 10,80 cm, respectivamente. Esses valores mensurados no desenvolvimento das plantas estão diretamente atrelados ao híbrido utilizado, visto que a associação do calcário com nitrogênio não foi capaz de alterá-los.

Tabela 2: Características agrônomicas obtidas no desenvolvimento de plantas; altura de plantas, comprimento de folhas, largura de folhas e diâmetro de colmos em centímetros (cm). UNIFENAS, Alfenas/MG, 2020.

Doses de Calcário (t ha ⁻¹)	Altura de plantas (cm)			Comprimento de folhas (cm)			Largura de folhas (cm)			Diâmetro de Colmos (cm)		
	kg ha ⁻¹ (ureia)			kg ha ⁻¹ (ureia)			kg ha ⁻¹ (ureia)			kg ha ⁻¹ (ureia)		
	100	150	MÉDIA	100 kg	150	MÉDIA	100	150	MÉDIA	100	150	MÉDIA
0	68,00	69,50	68,75	84,00	87,25	65,63	10,88	11,38	11,13	2,48	2,78	2,63
2	74,25	72,00	73,13	80,50	85,50	83,00	11,18	10,83	11,01	2,58	2,40	2,49
4	71,75	67,00	69,38	86,00	80,00	83,00	10,50	10,88	10,69	2,83	2,40	2,62
6	63,25	70,00	66,63	88,00	88,00	88,00	9,83	11,00	10,42	2,58	2,58	2,58
8	70,25	70,25	70,25	83,25	93,00	88,13	10,68	10,88	10,78	2,45	2,58	2,52
MÉDIA	69,50	69,75	69,63	84,35	86,75	85,55	10,61	10,99	10,80	2,58	2,55	2,57

Médias obtidas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Doenças foliares

De acordo com a Tabela 3, não houve diferença significativa para as características agronômicas ligadas às doenças foliares. As doenças foliares encontradas na área experimental foram a mancha branca, cercosporiose, diplodia, mancha por physoderma e enfezamento.

As médias gerais das notas para doenças foliares variaram de 2,40 a 5,10, e se mantiveram dentro do esperado, sendo que o híbrido possui boa tolerância para doenças foliares. Relacionando as médias gerais das notas com a escala diagramática de doenças (Agrocères, 1996), infere-se que as doenças com maior porcentagem de ataque nas folhas das plantas foram mancha branca e cercosporiose (afetando cerca de 50% da área foliar), depois diplodia e mancha por physoderma (afetando cerca de 10% da área foliar) e por último o enfezamento (afetando cerca de 5% da área foliar).

A mancha branca e cercosporiose afetaram maior porcentagem da área foliar do milho e são doenças persistentes no Sul de Minas que reduzem a produtividade de grãos na cultura, sendo mais severa quando ocorrem precocemente (Brito et al., 2013). Essas doenças atacam praticamente em todas as safras e apesar do híbrido ter boa tolerância indica-se como manejo o uso de fungicidas, o que não foi feito nesse trabalho para não mascarar o efeito dos tratamentos com calcário e nitrogênio.

As doenças diplodia e mancha por physoderma apesar de atingirem cerca de 10% da área foliar das plantas não são tão preocupantes nas folhas das plantas, o problema é quando a diplodia passa das folhas para a espigas através dos respingos de chuva, que levam os esporos do fungo para os grãos, enquanto a mancha por physoderma fica restrita nas folhas. As menores notas para doenças foram as do enfezamento, notas essas que podem estar relacionadas com a menor incidência de cigarrinha (*Dalbulus maidis*) na área, ou pela tolerância do híbrido ao complexo enfezamento, ou pela aplicação de uma dose de inseticida e ainda mais provável pela associação desses três fatores.

Tabela 3: Notas para doenças foliares; mancha branca, cercosporiose, diplodia, mancha por physoderma e enfezamento. UNIFENAS, Alfenas/MG, 2020.

Doses de Calcário (t ha ⁻¹)	Mancha Branca			Cercosporiose			Diplodia		
	kg ha ⁻¹ (Ureia)			kg ha ⁻¹ (Ureia)			kg ha ⁻¹ (Ureia)		
	100	150	MÉDIA	100	150	MÉDIA	100	150	MÉDIA
0	6,00	4,75	5,38	5,50	4,75	5,13	3,25	3,25	3,25
2	5,25	5,00	5,13	5,00	5,75	5,38	3,25	3,75	3,50
4	4,75	4,75	4,75	5,00	4,50	4,75	3,75	3,50	3,63
6	4,75	5,50	5,13	5,00	5,00	5,00	3,25	3,75	3,50
8	4,75	5,50	5,13	4,00	5,25	4,63	3,25	3,00	3,13
MÉDIA	5,10	5,10	5,10	4,90	5,05	4,98	3,35	3,45	3,40

Doses de Calcário (t ha ⁻¹)	Mancha por Physoderma			Enfezamento		
	kg ha ⁻¹ (Ureia)			kg ha ⁻¹ (Ureia)		
	100	150	MÉDIA	100	150	MÉDIA
0	2,50	2,50	2,50	2,75	2,00	2,38
2	3,75	2,50	3,13	1,50	2,50	2,00
4	3,00	2,50	2,75	2,00	3,50	2,75
6	2,50	3,00	2,75	2,00	2,50	2,25
8	3,00	3,50	3,25	2,50	2,75	2,63
MÉDIA	2,95	2,80	2,88	2,15	2,65	2,40

Médias obtidas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Características agronômicas

Não houve variação significativa para as características, plantas com ataque de pragas, produtividade de matéria seca (kg ha^{-1}), altura de espigas (m), altura de plantas (m), produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e porcentagem de grãos ardidos (Tabela 4).

Mesmo possuindo transgenia Viptera 3, o híbrido apresentou ataque de pragas, com sinais de perfurações nas folhas, raspagem de folhas e colmos danificados, isso reflete a perda da eficiência da transgenia ao longo dos anos, pela falta de áreas de refúgio e aumento da pressão pelas pragas. A transgenia em questão não abrange o controle de todas as pragas, sendo o foco principal a lagarta do cartucho, onde no experimento não foi realizada a identificação das pragas, apenas os sinais deixados pelas mesmas. No entanto, Paiva et al. (2016) constataram que entre outros híbridos, o híbrido Feroz Vip 3 apresentou uma reação de aversão da lagarta do cartucho e que a transgenia Viptera 3 causou 100% de mortalidade larval em menos de 10 dias após a eclosão da lagarta.

A produtividade média de matéria seca foi $25365,40 \text{ kg ha}^{-1}$, variando de $22710,00 \text{ kg ha}^{-1}$ a $27559,00 \text{ kg ha}^{-1}$, valores esses considerados normais e que estão associados ao ponto de colheita da planta inteira e a genética do híbrido que é indicado para produção de silagem.

Os valores médios da altura de espigas (1,64 m) e da altura de plantas (2,69 m) são considerados normais e de acordo com o comportamento do híbrido. Esses valores são superiores quando comparados aos de outro trabalho, podendo ter sido influenciados por uma maior população média final que foi em torno de 72500 plantas por hectare, onde as plantas pela maior competição por luz acabam estiolando. Horst et al. (2019) encontraram no mesmo híbrido em Guarapuava/ PR, valores médios menores da altura de espiga e da altura de plantas, sendo de 1,48 m e 2,40 m, respectivamente, com população final média de 65000 plantas por hectare.

Quanto à produtividade de grãos, os valores obtidos variaram de $11658,74 \text{ kg ha}^{-1}$ a $12316,66 \text{ kg ha}^{-1}$, com média geral de $11974,26 \text{ kg ha}^{-1}$, sendo estes valores considerados altos para o Brasil, visto que a produtividade média nacional foi de $6047,00 \text{ kg ha}^{-1}$ na safra 2019/20 (CONAB, 2020). Horst et al. (2019) encontraram no estádio fenológico R6 valores médios de produtividade de grãos de 14789 kg ha^{-1} e no estádio R5 matéria seca de 27372 kg ha^{-1} , esses estádios equivalem aos pontos de colheita do presente trabalho.

Comparando os resultados de produtividade obtidos nesse trabalho com os de Horst et al. (2019) que utilizaram o mesmo híbrido, a produtividade de grãos média ficou abaixo, talvez por ser um plantio em terreno de pousio com menor reposição de nutrientes, ou pela época e ano de plantio distintas, ou por condições climáticas e provavelmente ainda pela associação desses três fatores. Já a produtividade de matéria seca ficou bem próxima, com pontos de colheita da planta inteira semelhantes em ambos trabalhos.

Em relação à porcentagem de grãos ardidos, a média geral foi de 5,83%, demonstrando que o híbrido possui uma boa qualidade de grãos e pode ser classificado com tolerância intermediária a grãos ardidos (Sementes Syngenta, 2022). Essa média geral ficou abaixo do valor de 6% adotado por empresas, para desconto no momento da comercialização do grão na região Sul de Minas. Segundo Neto e Boscaini (2019) estudos relacionam os híbridos de milho com a incidência de grãos ardidos, promovendo a queda da qualidade dos grãos e perdas em produtividade, principalmente nas cultivares suscetíveis, sendo que no presente trabalho não se mensurou perdas relacionadas aos grãos ardidos. Mendes, Von Pinho, Von Pinho e Faria (2012) relacionaram a incidência de grãos ardidos aos diferentes tipos de híbridos, safras agrícolas e sistemas de plantio, sendo que na safra 2019/2020 as condições climáticas não favoreceram a incidência de grãos ardidos na região de Alfenas/MG.

Tabela 4: Características agronômicas obtidas no experimento; plantas com ataque de pragas, produtividade de matéria seca (kg ha⁻¹), altura de espigas (m), altura de plantas (m), produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e porcentagem de grãos ardidos. UNIFENAS, Alfenas/MG, 2020.

Doses de Calcário (t ha ⁻¹)	Plantas com Ataque			Produtividade de Matéria Seca (kg ha ⁻¹)			Altura de espigas (m)		
	kg ha ⁻¹ (ureia)			kg ha ⁻¹ (ureia)			kg ha ⁻¹ (ureia)		
	100	150	MÉDIA	100	150	MÉDIA	100	150	MÉDIA
0	2,75	2,75	2,75	24408,00	25542,00	24975,00	1,64	1,69	1,67
2	1,50	0,75	1,13	25288,00	25224,50	25256,25	1,69	1,59	1,64
4	1,25	1,50	1,38	24418,25	26172,50	25295,38	1,64	1,60	1,62
6	1,00	1,25	1,13	26459,75	25872,00	26165,88	1,60	1,66	1,63
8	1,25	1,75	1,50	27559,00	22710,00	25134,50	1,64	1,61	1,63
MÉDIA	1,55	1,60	1,58	25626,60	25104,20	25365,40	1,64	1,63	1,64

Doses de Calcário (t ha ⁻¹)	Altura de Plantas (m)			Produtividade de Grãos (kg ha ⁻¹)			Porcentagem de Grãos Ardidos		
	kg ha ⁻¹ (ureia)			kg ha ⁻¹ (ureia)			kg ha ⁻¹ (Ureia)		
	100	150	MÉDIA	100	150	MÉDIA	100	150	MÉDIA
0	2,66	2,76	2,71	12638,48	11994,84	12316,66	4,65	5,33	4,99
2	2,69	2,69	2,69	12538,63	12516,55	12527,59	4,74	6,64	5,69
4	2,68	2,71	2,70	11539,64	11516,44	11528,04	5,60	5,24	5,42
6	2,65	2,69	2,67	11757,70	11922,80	11840,25	5,56	8,70	7,13
8	2,67	2,68	2,68	12122,87	11194,60	11658,74	6,26	5,57	5,92
MÉDIA	2,67	2,71	2,69	12119,46	11829,05	11974,26	5,36	6,30	5,83

Médias obtidas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Na Tabela 5 se encontra o resultado da análise de variância para características bromatológicas da forragem tais como, pH das plantas, matéria seca total, proteína bruta, matéria mineral, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, digestibilidade in vitro da planta inteira e digestibilidade in vitro de grãos. Constatou-se que as características ligadas ao valor nutricional não foram influenciadas pelo calcário e nitrogênio, já na interação calcário x nitrogênio, apenas a lignina foi influenciada. Os coeficientes de variação estão dentro do esperado para experimentos de campo.

Para a característica (lignina) que se observou diferença significativa entre os tratamentos na ANAVA ($p < 0,05$), fez-se o teste de regressão linear, não havendo bom ajuste, optou-se pelo teste de médias.

Tabela 5: Resumo da análise de variância conjunta para características ligadas ao valor nutricional da forragem, pH das plantas, matéria seca total, proteína bruta, matéria mineral, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, digestibilidade in vitro da planta inteira (P. I.) e digestibilidade in vitro de grãos. UNIFENAS, Alfenas/MG, 2020.

FV	GL	QM								
		Valor Nutricional								
		pH das Plantas	Matéria Seca Total	Proteína Bruta	Matéria Mineral	FDN	FDA	Lignina	Digestibilidade <i>in vitro</i> P. I.	Digestibilidade <i>in vitro</i> Grãos
Calcário (C)	4	0,02 ns	2,99 ns	0,40 ns	0,44 ns	34,86 ns	7,80 ns	0,23 ns	1,56 ns	42,50 ns
Nitrogênio (N)	1	0,01 ns	2,09 ns	0,52 ns	0,23 ns	109,35 ns	0,00 ns	0,08 ns	9,51 ns	27,06 ns
C x N	4	0,03 ns	16,33 ns	0,77 ns	0,04 ns	87,59 ns	12,41 ns	0,58 **	3,90 ns	11,04 ns
Blocos	3	0,03 ns	3,65 ns	1,30 ns	0,11 ns	47,27 ns	2,52 ns	0,22 ns	2,28 ns	26,05 ns
Erro	27	0,02 ns	7,09 ns	0,31 ns	0,06 ns	43,70 ns	11,10 ns	0,18 ns	20,24 ns	20,11 ns
CV(%)		2,54	7,63	8,51	7,35	13,46	15,40	15,25	6,70	5,65

FV- Fontes de Variação; GL- Graus de Liberdade; QM- Quadrado Médio; ns- não significativo e **- significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

As médias das características ligadas ao valor nutricional da forragem se encontram na Tabela 6.

Os valores de pH da planta inteira se mantiveram próximos a 5,8, um pouco superiores aos encontrados por Neumann, Mühlbach, Nörnberg, Ost e Lustosa (2007) que encontraram valor máximo de 5,4 para o material original cortado a aproximadamente 15 cm do nível do solo e tamanho de partícula grande (entre 1,0 e 2,0 cm). Estes mesmos autores verificaram que ao ensilar a planta, os índices de pH reduziram consideravelmente, variando de 3,2 a 3,8 o que é considerado normal após o processo de fermentação da silagem. O pH da planta inteira foi determinado nesse trabalho para verificar se poderia haver alguma influência dos tratamentos via solo na planta, o que não foi constatado, ou seja, mesmo que o pH do solo aumentou para 7,3 (em água) com a adição da dose de 8 t ha⁻¹ de calcário (Quadro 1), a planta não teve o seu pH alterado significativamente. Valores muito elevados de pH na planta inteira poderiam talvez influenciar negativamente a produção de silagens de qualidade, visto que em outro trabalho Neumann et al. (2007) concluíram que a elevação do pH indica maior deterioração da silagem de milho e perda do valor nutritivo, além de influenciar negativamente no processo de desensilagem com o passar dos dias, piorando a qualidade da mesma principalmente nas camadas superiores do silo.

Segundo Nussio (1991) o teor de MS da forragem de milho deve estar entre 30 e 37% para se ter boa fermentação do ensilado, produzindo assim uma silagem de boa qualidade. No presente trabalho, a MS variou de 32,78% a 36,39%, sendo que a média geral foi de 34,90% ficando dentro da porcentagem referida pelo autor. Segundo Vilela et al. (2008), fatores genéticos do híbrido podem influenciar no teor de MS e no ponto de colheita ideal, pois os mesmos autores trabalhando com quatro diferentes híbridos verificaram que a linha de leite na metade do grão representa o melhor estágio de maturação da forragem para a ensilagem, sem haver perda de efluentes e piora na qualidade nutricional. Nesse mesmo trabalho, os teores de MS das forragens e das silagens se mantiveram estatisticamente iguais para os quatro híbridos em todas as fases de colheita, demonstrando que a análise bromatológica da planta inteira é bem representativa quando comparada à silagem na mesma fase de colheita.

A associação calcário e nitrogênio não foi capaz de aumentar o teor de proteína bruta em nenhum dos tratamentos e os valores se mantiveram dentro do esperado para a planta inteira de milho, variando na porcentagem de 6,03% a 7,14%, com média geral de 6,51%. Neumann et al., (2018) trabalhando com três híbridos em diferentes alturas de corte e tamanho de partículas, encontraram teor médio de proteína bruta de 6,52%, muito próximo ao encontrado nesse trabalho. Apesar do nitrogênio ser constituinte de proteínas (Farinelli & Lemos, 2012), a dose máxima de nitrogênio (150 kg ha⁻¹) em cobertura não promoveu aumentos significativos na proteína bruta. Leal et al. (2013) testaram a associação calcário e nitrogênio com as doses de N (0, 90 e 180 kg ha⁻¹), e diferentes plantas de cobertura (milheto e crotalária) antecedendo o cultivo do milho e concluíram que há um aumento de N foliar e na produção de grãos quando se utiliza as doses crescentes de nitrogênio, o que poderia melhorar a produção de proteína bruta pela planta de milho.

As porcentagens de matéria mineral variaram de 2,96% a 3,74%, com média geral de 3,27%, valores esses bem maiores que os encontrados por Neumann et al. (2018) em três híbridos cultivados em diferentes locais com três densidades populacionais, onde a média geral foi de 2,46 %. Esses valores mais altos podem ser explicados por uma condição genética ligada ao híbrido, com melhor resposta e acúmulo dos nutrientes disponíveis no solo, lembrando que o acúmulo da matéria mineral pode piorar a qualidade da forrageira, afetando a digestibilidade (Paziani et al., 2019). Leal et al., (2013) observaram que quando o pH do solo está médio (próximo a 5,5) e a saturação por bases adequada (próxima a 50%), não há alteração no teor foliar de nutrientes, o que pode estar associado ao resultado da análise de solo (Quadro 1).

Também não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos para fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), mesmo nas maiores dosagens. As médias gerais foram de 49,13% para FDN e 21,64% para FDA, esses valores ficaram abaixo dos encontrados por Buso et al., (2018) na matéria original de cinco híbridos em diferentes alturas de corte, com FDN de 59,07% e FDA de 28,68%. Segundo Van Soest (1994) os valores ideais para FDN e FDA giram em

torno de 60% e 30%, respectivamente, promovendo assim um melhor consumo e digestibilidade da matéria seca ingerida pelo animal. Neumann et al. (2018), em três híbridos verificaram valores médios de FDN (64,14%) e FDA (33,15%), bem acima dos encontrados nesse trabalho, isso demonstra que o híbrido utilizado possui boa aptidão para produção de silagem. Klein et al. (2018) testando quatro diferentes híbridos, concluíram que cultivares com porte mais alto e ciclo mais longo tendem a produzir silagem com maior participação de material fibroso, porém o híbrido utilizado apesar de ter porte alto, possui ciclo precoce o que pode justificar a baixa produção de fibras.

O teor de lignina variou de 2,56% a 3,15%, com média geral de 2,78%. O calcário associado ao nitrogênio promoveu alterações na porcentagem de lignina e acréscimos na forrageira quando se utilizou 2, 6 e 8 t ha⁻¹ de calcário na menor dosagem do nitrogênio 100 kg ha⁻¹. Segundo Tres, Jobim, Diaz, Daniel e Jacovaci (2020), o aumento da lignina na fração fibrosa acarreta redução na digestibilidade do alimento pelo animal. Kerley et al., (1988), concluíram que a lignina reduz a digestibilidade do alimento no rúmen, pois é um composto fenólico que dificulta a digestão da hemicelulose e celulose pelos microrganismos presentes no rúmen.

Na Tabela 7 se encontram as porcentagens das digestibilidades da matéria seca para planta inteira e grãos, não houve diferença estatística entre os tratamentos, observando-se valores maiores para grãos em relação à planta inteira, comportamento normal por haver mais fibras na planta inteira, os valores médios gerais foram de 79,35% para grãos e 67,17% para planta inteira. A digestibilidade *in vitro* dos grãos variou de 78,10% a 82,58%, resultados abaixo dos encontrados por Alves et al. (2018), que observaram valores médios de 83,64 % para tamanho de partícula dos grãos de 3 milímetros e após 48 horas de incubação. A digestibilidade da planta inteira variou de 65,35% a 68,53%, valores acima dos encontrados por Paziani et al. (2019), que observaram em seis diferentes cultivares 59% de digestibilidade na matéria seca.

Tabela 6: Valor nutricional da forragem obtido no experimento; pH da planta, matéria seca total (MST) em porcentagem, proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina em porcentagem na matéria seca. UNIFENAS, Alfenas/MG, 2020.

Doses de Calcário (t ha ⁻¹)	pH			MST (%)			PB (% na MS)			MM (% na MS)		
	kg ha ⁻¹ (ureia)		MÉDIA	kg ha ⁻¹ (ureia)		MÉDIA	kg ha ⁻¹ (ureia)		MÉDIA	kg ha ⁻¹ (ureia)		MÉDIA
	100	150		100	150		100	150		100	150	
0	5,81	5,76	5,79	34,52	35,97	35,25	6,76	6,33	6,55	3,17	3,32	3,25
2	5,84	5,82	5,83	36,02	35,51	35,77	6,05	6,99	6,52	3,35	3,75	3,55
4	5,60	5,83	5,72	33,09	36,31	34,70	6,72	6,36	6,54	2,96	3,01	2,99
6	5,86	5,83	5,85	35,62	32,78	34,20	6,03	6,28	6,16	3,27	3,34	3,31
8	5,77	5,77	5,77	36,39	32,80	34,60	6,41	7,14	6,78	3,23	3,31	3,27
MÉDIA	5,78	5,80	5,79	35,13	34,67	34,90	6,39	6,62	6,51	3,20	3,35	3,27

Doses de Calcário (t ha ⁻¹)	FDN (% na MS)			FDA (% na MS)			Lignina (% na MS)		
	kg ha ⁻¹ (ureia)		MÉDIA	kg ha ⁻¹ (ureia)		MÉDIA	kg ha ⁻¹ (ureia)		MÉDIA
	100	150		100	150		100	150	
0	41,85	50,74	46,30	19,22	21,12	20,17	2,56 bA	2,64 aA	2,60
2	53,49	48,67	51,08	24,29	21,06	22,68	3,19 aA	2,83 aA	3,01
4	45,34	56,31	50,83	20,19	22,17	21,18	2,32 bA	3,11 aA	2,72
6	48,15	47,12	47,64	22,94	20,76	21,85	3,15 aA	2,60 aA	2,88
8	48,56	51,06	49,81	21,57	23,02	22,30	2,86 aA	2,47 aA	2,67
MÉDIA	47,48	50,78	49,13	21,64	21,63	21,64	2,82	2,73	2,78

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha pertencem ao mesmo agrupamento, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Tabela 7: Valor nutricional da forragem obtido no experimento, representado pela digestibilidade in vitro da matéria seca da planta inteira (DIVMS P. I.) e digestibilidade in vitro da matéria seca de grãos (DIVMS G.) em porcentagem na matéria seca. UNIFENAS, Alfenas/MG, 2020.

Doses de Calcário (t ha ⁻¹)	DIVMS P. I. (% na MS)			DIVMS G. (% na MS)		
	kg ha ⁻¹ (ureia)			kg ha ⁻¹ (ureia)		
	100	150	MÉDIA	100		MÉDIA
0	67,43	65,35	66,39	79,93	79,00	79,47
2	66,88	67,80	67,34	82,58	79,23	80,91
4	68,53	66,28	67,41	78,10	73,33	75,72
6	67,43	67,48	67,46	81,70	81,68	81,69
8	68,03	66,50	67,27	78,55	79,40	78,98
MÉDIA	67,66	66,68	67,17	80,17	78,53	79,35

Médias obtidas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

4. Conclusão

Para as condições estudadas, doses crescentes de calcário associadas à adubação nitrogenada não promoveram melhorias nas características agrônômicas, apenas alterou o teor de lignina no valor nutricional do milho.

Mais estudos devem ser realizados sobre doses crescentes de calcário associadas à adubação nitrogenada na cultura do milho, principalmente em solos pobres quimicamente.

Agradecimentos

A Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas a quatro dos autores.

Referências

- Agrocere (1996). *Guia Agrocere de sanidade*. Agrocere.
- Alves, B. F. L., Martins, A. G., Rocha, L. J. K., Lima, L. R., Camargo, K. D. V., Silva, P. I. J. L. R., Carvalho, A. P. S., & Cabral, L. S. (2018). Digestibilidade in vitro do milho em função do grau de processamento do grão. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 55. Congresso Brasileiro de Zootecnia, 28. PUC/GO, 2018. Goiânia/GO*.
- AOAC, I. (1999). *Association of Official Analytical Chemists*. Official Methods of Analysis of AOAC International.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2011). *Instrução normativa nº 60/2011, de 22 de dezembro de 2011*. <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=78895>
- Brito, A. H., Von Pinho, R. G., Pereira, J. L. D. A. R., & Balestre, M. (2013). Controle químico da Cercosporiose, Mancha-Branca e dos Grãos Ardidos em milho. *Revista Ceres*, 60(5), 629-635.
- Buso, W. H. D., Machado, A. S., Ribeiro, T. B., & Silva, L. O. (2018). Produção e composição bromatológica da silagem de híbridos de milho sob duas alturas de corte. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5(4), 74-80.
- Climate-Data.Org (2022). *Alfenas clima*. <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/alfenas-716762/#climate-graph>.
- Companhia Nacional de Abastecimento (2022). *Safra brasileira de grãos: boletim da safra de grãos, março 2022*. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>.
- Faquin, V. (2005). *Nutrição mineral de plantas*. UFLA/FAEPE. 183p.
- Farinelli, R., & Lemos, L. B. (2012). Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42, 63-70.
- Fernandes, V. C., Lazarini, E., Sanches, I. R., dos Santos, F. L., & Bossolani, J. W. (2020). Calagem, gessagem, culturas de cobertura e adubação nitrogenada em sistema plantio direto: estado nutricional e produtividade do milho. *Research, Society and Development*, 9(8), e924985943-e924985943.
- Goering, H. K., & Van Soest, P. J. (1970). *Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications)* (Nº 379). US Agricultural Research Service.
- Google Earth (2020). *Maps*. <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>.
- Horst, E. H., Mareze, J., Bumbieris, V. H., Neumann, M., Venancio, B. J., & Souza, A. M. (2019). Performance, carcass characteristics and ingestive behavior of steers fed with silages of different maize hybrids. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 71, 1977-1984.
- Kerley, M. S., Fahey Jr, G. C., Gould, J. M., & Iannotti, E. L. (1988). Effects of lignification, cellulose crystallinity and enzyme accessible space on the digestibility of plant cell wall carbohydrates by the ruminant. *Food Structure*, 7(1), 7.
- Klein, J. L., Viana, A. F. P., Martini, P. M., Adams, S. M., Guzzato, C., Bona, R. D. A., & Brondani, I. L. (2018). Desempenho produtivo de híbridos de milho para a produção de silagem da planta inteira. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 17(1), 101-110.
- Köche, J. C. (2016). *Fundamentos de metodologia científica*. Editora Vozes. 182p.
- Lara Cabezas, W. A. R., Alves, B. J. R., Caballero, S. S. U., & Santana, D. G. D. (2004). Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. *Ciência Rural*, 34(4), 1005-1013.
- Leal, A. J. F., Lazarini, E., Rodrigues, L. R., & Marcandalli, L. H. (2013). Adubação nitrogenada para milho com o uso de plantas de cobertura e modos de aplicação de calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37, 491-501.
- Lima, P. C., & Abreu, A. D. (2000). *Estatística experimental: ensaios balanceados*. UFLA. 99p.

- Manetti, F. A. (2019). Aplicação de calcário calcítico em função de diferentes relações Ca: Mg no desenvolvimento inicial da cultura do milho. *Almanaque de Ciências Agrárias-ACA*, 1(01), 20-28.
- Mendes, M. C., Von Pinho, R. G., Von Pinho, E. V. R., & Faria, M. V. (2012). Comportamento de híbridos de milho inoculados com os fungos causadores do complexo grãos ardidos e associação com parâmetros químicos e bioquímicos. *Ambiência*, 8(2), 275-292.
- Mortate, R. K., Nascimento, E. F., de Souza Gonçalves, E. G., & de Paula Lima, M. W. (2018). Resposta do milho (*Zea mays* L.) à adubação foliar e via solo de nitrogênio. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5(1), 1-6.
- Neto, J. R. C., & Boscaini, R. (2019). Grãos ardidos em milho: uma revisão. *Revista Científica Rural*, 21(2), 105-125.
- Neumann, M., Mühlbach, P. R. F., Nörnberg, J. L., Ost, P. R., & Lustosa, S. B. C. (2007). 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*, 36, 1602-1613.
- Neumann, M., Mühlbach, P. R. F., Nörnberg, J. L., Ost, P. R., Restle, J., Sandini, I. E., & Romano, M. A. (2007). Características da fermentação da silagem obtida em diferentes tipos de silos sob efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho. *Ciência Rural*, 37(3), 847-854.
- Neumann, M., Poczynek, M., Leão, G. F. M., Figueira, D. N., & Souza, A. M. (2018). Desempenho de híbridos de milho para silagem cultivados em diferentes locais com três densidades populacionais. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 17(1), 49-62.
- Nussio, L. G. (1991). Cultura de milho para produção de silagem de alto valor alimentício. *Simpósio sobre Nutrição de bovinos*, 4(1991), 59-168.
- Paiva, L. A., Corrêa, F., Silva, C. L. T., Lima Moura, T., Silva, F. C., Silva Araújo, M., & Jesus, F. G. (2016). Resistance of corn genotypes to fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *African Journal of Biotechnology*, 15(35), 1877-1882.
- Paziani, S. D. F., Duarte, A. P., Nussio, L. G., de Freitas, R. S., Gallo, P. B., & Mateus, G. P. (2019). Correlações entre variáveis quantitativas e qualitativas de milho e de sorgo para silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 18(3), 408-416.
- R Core Team (2016). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sementes Syngenta (2022). *Portal Syngenta*. <https://www.portalsyngenta.com.br/sementes/nk-milho/feroz-viptera-3>.
- Silva, D., & Queiroz, A. D. (1981). *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos* (p. 166). UFV, Impr. Univ.
- Sismet Cooxupé (2020). *Dados históricos: estações meteorológicas*. <https://sismet.cooxupe.com.br:9000/dados/estacao/>
- Tilley, J. M. A., & Terry, D. R. (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and forage science*, 18(2), 104-111.
- Tres, T. T., Jobim, C. C., Diaz, T. G., Daniel, J. L. P., & Jacovaci, F. A. (2020). Okara or soybean grain added to the rehydrated corn grain silage for cattle: digestibility, degradability and ruminal parameters. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 42.
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell university press.
- Vilela, H. H., Rezende, A. V. D., Vieira, P. D. F., Andrade, G. A., Evangelista, A. R., & Almeida, G. B. D. S. (2008). Valor nutritivo de silagens de milho colhido em diversos estádios de maturação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(7), 1192-1199.
- Zandoná, R. R., Beutler, A. N., Burg, G. M., Barreto, C. F., & Schmidt, M. R. (2015). Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 45, 128-137.