

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

KEMELLY ATHLA DA SILVA LOPES

**PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PARTIÇÃO DA MATÉRIA SECA DO
HÍBRIDO DE MILHO P3862H, EM LAVOURA DESTINADA À ENSILAGEM**

RIO LARGO – AL

2024

KEMELLY ATHLA DA SILVA LOPES

**PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PARTIÇÃO DA MATÉRIA SECA DO
HÍBRIDO DE MILHO P3862H, EM LAVOURA DESTINADA À ENSILAGEM**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, da
Universidade federal de Alagoas, como requisito
para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.
Orientador: Prof. Dr. Mauro wagner de oliveira

RIO LARGO – AL

2024

**Catálogo na fonte Universidade
Federal de Alagoas
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana
CRB - 1512**

L864p Lopes, Kemelly Athla da Silva.

Produção, composição química e partição da matéria seca do híbrido de milho

P3862H , em lavoura destinada à ensilagem. / Kemelly Athla da Silva Lopes. – 2024.

27 f.: il.

Orientador(a): Mauro wagner de Oliveira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em Agronomia,
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio largo, 2024.

Inclui Bibliografia

1. Tecnologia.
2. Sistemas de produção.
3. Ciclagem de nutrientes.
4. Sustentabilidade.
5. Milho.

FOLHA DE APROVAÇÃO

KEMELLY ATHLA DA SILVA LOPES

PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA, PARTIÇÃO DA MATÉRIA SECA DO
HÍBRIDO DE MILHO P3862H, EM LAVOURA DESTINADA À ENSILAGEM.

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao corpodocente do Campus de Engenharias e
Ciências Agrárias, da Universidade Federal de
Alagoas, como requisito para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo. Aprovado em 31/01/2024.

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 MAURO WAGNER DE OLIVEIRA
Data: 03/12/2024 09:52:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador: Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira

Documento assinado digitalmente
 REINALDO DE ALENCAR PAES
Data: 03/12/2024 16:23:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinador: Prof. Dr. Reinaldo de Alencar Paes

Documento assinado digitalmente
 DALMO DE FREITAS SANTOS
Data: 03/12/2024 09:55:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinador: Mestrando Dalmo de Freitas Santos

AGRADECIMENTOS

A Deus, agradeço por cada oportunidade concedida e por guiar meus passos, capacitando-me a realizar minhas ações com ordem e dignidade.

Agradeço imensamente aos meus pais, Valter Xavier Lopes e Rosineide Maria da Silva, por sempre terem me incentivado e auxiliado nesta grandiosa conquista, tornando realidade um sonho tão almejado.

À minha família, em especial aos meus irmãos, Hemelly da Silva Lopes, José Estácio Lopes Neto e Valter Daniel da Silva Lopes, por caminharem ao meu lado nesta jornada tão significativa.

Expresso minha profunda gratidão ao meu orientador e professor Dr. Mauro Wagner de Oliveira, por ter depositado em mim um extraordinário voto de confiança, acolhendo-me e incentivando-me a estudar e a me esforçar. Sua conduta é um espelho e uma referência em minha vida.

Ao Campus Engenharias e Ciências Agrárias e seus professores, manifesto meu reconhecimento pela valiosa contribuição em seus ensinamentos e pela dedicação aos alunos.

Aos amigos de universidade - Wedja Barbosa, Talvane Couto, Jorge Almeida, Ewerton Felipe, Gino Neto, Vitor Mateus Silva, - agradeço por toda amizade, respeito, atenção, estímulo e apoio ao longo desses anos de convivência.

Às pessoas como Dalmo Freitas, Esly Soares, Túlio Tenório, verdadeiros acolhedores, que me auxiliaram calorosamente quando cheguei ao laboratório de Fertilidade do solo e Nutrição de plantas.

Aos colegas de turma, pela amizade nos bons e maus momentos, pelo convívio ao longo do curso, contribuindo significativamente para o meu crescimento pessoal.

A todos os meus familiares que acreditaram no meu crescimento pessoal e torceram por mim, meu mais sincero agradecimento.

Agradeço imensamente a todos aqueles que, mesmo não mencionados especificamente, contribuíram significativamente para o meu crescimento pessoal. Meu mais sincero obrigado pelo apoio e influência em minha jornada.

RESUMO

Nas últimas décadas houve grandes avanços tecnológicos na pecuária leiteira no Brasil e no mundo, com os sistemas de produção se intensificando cada vez mais, tanto na parte de produção de forragem quanto na genética do rebanho, qualidade do leite produzido, e melhorias na ambiência e no conforto das vacas leiteiras. Diversas técnicas regenciais, agronômicas e zootécnicas tem sido adotadas para aumentar produtividade da lavoura e da qualidade bromatológica do milho destinado à ensilagem. A escolha de híbridos de milho mais adaptados a determinado ambiente de produção é uma destas técnicas. Assim, no presente estudo foi avaliada produção de forragem, remoção de nutrientes e a composição química da forragem do híbrido de milho P3862H, cultivado em solo de alta fertilidade. Por ocasião da semeadura aplicou-se no fundo do sulco de semeadura 400 kg do adubo 08-28-16 por hectare, e no estágio fisiológico de dois pares de folhas definitivas foi realizada a adubação em cobertura com 700 kg por hectare do adubo 30-00-20. Quando as plantas de milho estavam com teor médio de matéria seca próximo a 330 g kg⁻¹, foi realizada a colheita do milho para avaliar o acúmulo de matéria natural, o acúmulo e a partição da matéria seca, o acúmulo de macronutrientes e a qualidade bromatológica da forragem, amostrando-se em sete pontos da lavoura. Após o corte as plantas foram pesadas, e subamostradas e passadas em picadeira de forragem. Subamostras da biomassa aérea do milho foram secas em estufa de ventilação forçada, a 65 °C, até massa constante. Na sequência o material vegetal foi passado em moinho de aço inoxidável, posteriormente determinaram-se os teores de proteína bruta, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, FDN, FDA e lignina. A partir dos valores obtidos, foi calculado o acúmulo de matéria natural, de matéria seca e de nutrientes na parte aérea das plantas, bem como a qualidade bromatológica e a alocação percentual da matéria seca na espiga. Realizou-se análises estatísticas descritivas para variáveis analisadas. A produtividade da lavoura foi elevada, tendo-se obtido média de 22,49 t de matéria seca por hectare, com valores oscilando de 20,45 a 24,79 t ha⁻¹. A remoção de nutrientes foi alta, tanto devido a concentração dos elementos na forragem, quanto a elevada produção de matéria seca. Para o nitrogênio, fósforo e potássio foram obtidos valores médios de 344, 68 e 349 kg ha⁻¹. A qualidade bromatológica da forragem também foi muito boa com valores médios de 96, 396, 243 e 47 g kg⁻¹, respectivamente, para proteína bruta, FDN, FDA e lignina. Em média, 58,27% da biomassa aérea do P3862H estava alocada na espiga.

Palavra-chave: Tecnologia, sistemas de produção, ciclagem de nutrientes, sustentabilidade.

ABSTRACT

In recent decades, there have been significant technological advancements in dairy farming in Brazil and worldwide, with production systems becoming increasingly intensified. This includes advancements in forage production, herd genetics, milk quality, as well as improvements in the environment and comfort for dairy cows. Various managerial, agronomic, and zootechnical techniques have been adopted to enhance crop productivity and the bromatological quality of corn destined for silage. The selection of corn hybrids adapted to specific production environments is one such technique. In this study, the forage production, nutrient removal, and chemical composition of the P3862H corn hybrid cultivated in highly fertile soil were evaluated. At the time of sowing, 400 kg of the 08-28-16 fertilizer per hectare were applied in the seeding furrow, and at the physiological stage of two definitive leaf pairs, a top-dressing fertilization was performed with 700 kg per hectare of the 30-00-20 fertilizer. When the corn plants reached an average dry matter content of approximately 330 g kg⁻¹, the corn was harvested to assess natural matter accumulation, dry matter accumulation and partitioning, macronutrient accumulation, and bromatological quality of the forage, with samples taken at seven points in the field. After harvesting, the plants were weighed, sub-sampled, and passed through a forage chopper. Subsamples of corn aerial biomass were dried in a forced-air oven at 65 °C until constant mass. The plant material was then ground in a stainless-steel mill, and the contents of crude protein, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, NDF, ADF, and lignin were determined. Based on the obtained values, natural matter, dry matter, and nutrient accumulation in the aboveground part of the plants were recalculated, along with bromatological quality and the percentage allocation of dry matter in the ear. Descriptive statistical analyses were performed for the variables analyzed. The crop yield was high, with an average of 22.49 t of dry matter per hectare, ranging from 20.45 to 24.79 t ha⁻¹. Nutrient removal was high, both due to the concentration of elements in the forage and the high dry matter production. Average values for nitrogen, phosphorus, and potassium removal were 344, 68, and 349 kg ha⁻¹, respectively. The bromatological quality of the forage was also very good, with average values of 96, 396, 243, and 47 g kg⁻¹ for crude protein, NDF, ADF, and lignin, respectively. On average, 58.27% of the P3862H aerial biomass was allocated in the ear.

Keywords: Technology, production systems, nutrient cycling, sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do município de Viçosa – MG.....	15
Figura 2 – Planta de milho no estágio de quatro folhas definitivas, estágio fenológico que define o potencial produtivo da lavoura e época máxima para a aplicação de nitrogênio em cobertura(CECA-UFAL-2024.....	16
Figura 3 - Espigas de milho, nos estágios de $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ da linha do dente (CECA-UFAL-2024).....	17
Figura 4 – Locais das amostragens sistemáticas utilizadas no presente estudo (CECA-UFAL-2024).....	17

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1**-Resultados das análises de solo da área cultivada com o híbrido de milho P3862H, nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm(CECA-UFAL-2024).....16
- Tabela 2** –Acúmulo de matéria seca (MS), concentração de nutrientes na matéria seca da biomassa aérea, e a remoção de nutrientes pela colheita do milho P3862H para a ensilagem, cultivado em solo de alta fertilidade(CECA-UFAL-2024).....20
- Tabela 3** –Tóes de proteína bruta (PB), fósforo, enxofre, fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), lignina, e alocação percentual da matéria seca nas espigas em relação ao total acumulado na parte aérea do P3862H, cultivado em solo de alta fertilidade(CECA-UFAL-2024).....24

SUMÁRIO

1INTRODUÇÃO.....	10
2REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 Técnicas gerenciais, agronômicas e zootécnicas em sistemas intensivos de produção de leite.....	12
2.2 Colheita do milho para a ensilagem e avaliação da qualidade da forragem	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1 Acúmulo de Matéria Seca, Concentração de Nutrientes na Matéria Seca e Remoção de Nutrientes pela Colheita do Milho para a Ensilagem.....	20
4.2 Qualidadebromatológica da forragem do P3862H.....	25
5CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira no Brasil e no mundo evolui muito nos últimos anos, com sistema de produção cada vez mais tecnificados, desde o planejamento da lavoura e da escolha de insumos, incluindo os fertilizantes químicos, os híbridos de milho e os defensivos agrícolas, até novos procedimentos na condução das lavouras e colheita e ensilagem das forragens, havendo também melhorias acentuadas na condição sanitária do rebanho, na qualidade do leite, na genética e ambiência das instalações e no conforto térmico dos animais (OLIVEIRA et al., 2023).

O aumento do potencial produtivo de vacas leiteiras também aumentou a exigência nutricional dos animais, havendo a necessidade de produção de uma silagem de milho de maior qualidade bromatológica. A busca por híbridos de milho com maior potencial produtivo e mais responsivos à melhoria das propriedades física, químicas e biológicas do solo, também tem sido outra tecnologia muito utilizada pelos produtores rurais, que visam não somente o aumento de produtividade, mas também a obtenção de uma forragem de melhor qualidade bromatológica. A qualidade bromatológica das forragens tem-se sido avaliadas, dentre outros, pelos teores de proteína bruta, fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), lignina, amido e participação percentual da espiga e dos grãos na massa ensilada (OLIVEIRA et al., 2011; DUARTE et al., 2013; MARAFON, 2013; OLIVEIRA et al., 2020b).

Técnicas de amostragem do solo também foram desenvolvidas visando diminuir a variabilidade da fertilidade do solo, que associadas ao conhecimento da nutrição e do metabolismo mineral da cultura do milho, permitiram fornecer mais adequadamente os nutrientes às plantas. Um dos fatores que interfere negativamente na produtividade e qualidade das lavouras é a deficiência hídrica, principalmente na fase de polinização e de enchimentos de grãos. Para atenuar essa deficiência e aumentar a eficiência da água da chuva têm sido adotadas práticas agrícolas para aumentar a infiltração da chuva no solo e aprofundar o sistema radicular do milho, o que resulta em maior quantidade de água disponível para a cultura (RAIJ, 2008; OLIVEIRA et al., 2018a). Dentre estas práticas pode-se citar o uso de plantas de cobertura de solo associadas a semeadura direta, a calagem e a gessagem que objetivam elevar a saturação por bases na camada arável e diminuir a saturação por alumínio na subsuperfície, e o planejamento da semeadura do milho baseado no histórico de chuva da região de forma que as fases de polinização e de enchimentos de grãos coincidam com a

máxima disponibilidade de água (BROCH & RANNO, 2011; OLIVEIRA et al., 2017a; OLIVEIRA et al., 2023).

Ante ao exposto, presente estudo foi avaliado produção de forragem, remoção de nutrientes e a composição química da forragem do híbrido de milho P3862H, cultivado em solo de alta fertilidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A pecuária leiteira é uma atividade agropecuária de grande importância socioeconômica para diversos municípios do Brasil, pois, emprega grande número de pessoas de diferentes classes sociais. Em muitos municípios do Brasil a pecuária leiteira é uma das principais fontes de renda, especialmente naqueles que predominam a agricultura familiar. Atualmente em grande parte destas propriedades, mesmo naquelas de agricultura familiar, há predominância de sistemas intensivos de produção, caracterizado por alta produtividade da terra, dos animais, da mão-de-obra e dos insumos (OLIVEIRA et al., 2007; BUSO et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2023).

As vacas leiteiras da propriedade da maioria destas propriedades são animais de alta produtividade, tendo conseqüentemente exigência alimentar alta quanto a energia, proteína, minerais e qualidade de fibra do volumoso utilizado. Normalmente esses animais são alimentados com silagem de milho e ração concentrada e, isoladamente, a alimentação das vacas leiteiras é o item que mais onera a produção de leite (CORDEIRO & CEQUINE, 2008; DANIEL et al., 2019; RESENDE et al. 2015; OLIVEIRA et al., 2017c).

Para diminuir os custos de produção, aumentar a produtividade da terra, da mão-de-obra e a sustentabilidade do sistema, tem sido propostas várias técnicas de produção, que dentre outras, incluem um bom planejamento da lavoura e dos insumos a serem utilizados, escolha de híbridos de milho de alto potencial produtivo e responsivos a adubação, ensilagem do milho no estágio fenológico adequado, construção de ambientes com maior conforto térmico, principalmente quando os animais são confinados, e retorno ao solo dos dejetos bovinos para repor os nutrientes removidos pela colheita e manter ou melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (UENO et al., 2011, HULSE, 2014; DA ROS et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2023).

2.1 Técnicas gerenciais, agronômicas e zootécnicas em sistemas intensivos de produção de leite

Nos sistemas mais tecnificados de produção de leite tem havido bastante sincronismo entre as atividades de planejamento, compra antecipada de insumos, melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, especialmente a neutralização do alumínio trocável na camada arável e na subsuperfície, fornecimento adequado de nutrientes às plantas, semeadura de híbridos de milho com diferentes ciclos fenológicos e portes da planta (precoces e semiprecoces, e portes altos, médios ou baixos), de forma a escalonar a colheita das lavouras e permitir a semeadura da segunda safra, e também controle eficiente de pragas e de plantas daninhas (BROCH & RANNO, 2011; DUARTE et al., 2013; MARAFON, 2013; OLIVEIRA et al., 2020a; OLIVEIRA et al., 2020b).

Em áreas de produção intensiva de milho destinado à ensilagem, após a colheita da forragem, permanece no solo muito pouco do material vegetal da parte aérea da cultura. Nestas áreas, além do solo ficar desprotegido, o trânsito intenso de máquinas também contribui para a degradação das propriedades físicas do terreno, principalmente o selamento da camada superficial e o aumento da densidade do solo (OLIVEIRA et al., 2022). Em diversas lavouras destinadas a produção de silagem, o milho é semeado sem revolvimento do solo e a cobertura morta do terreno com palhada é um dos fatores responsáveis pelo sucesso na semeadura direta, principalmente na emergência das plântulas e nas fases iniciais de desenvolvimento do milho. A cobertura morta atua como reguladora da temperatura do solo, diminui a erosão e o selamento da camada superficial do terreno, aumentando a infiltração da água da chuva e a disponibilidade hídrica, facilitando, desta forma, a emergência das plântulas de milho, resultando em lavouras mais uniformes e de maior potencial produtivo (UENO et al., 2013; NEUMANM et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2022).

Diversas plantas têm sido utilizadas como cobertura de solo, sobressaindo as gramíneas quanto a produtividade de biomassa, enquanto as leguminosas se destacam quanto a fixação biológica do nitrogênio do ar atmosférico. Entre as gramíneas usadas como plantas de cobertura morta do solo, as mais comuns têm sido as braquiárias, o milheto, o capim Mombaça, o sorgo forrageiro, e aveia preta. Entre as leguminosas mais usadas estão a crotalária juncea, o feijão guandu, o feijão de porco e as mucunas cinza e preta (NEUMANM et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2022).

A cultura do milho destinado a ensilagem remove grandes quantidades de nutrientes do solo e deve estar atento a reposição deste elemento para que a fertilidade do solo não seja um fator limitante a produtividade e a qualidade da forragem. Em relação à avaliação da

fertilidade do solo é recomendado coletar amostras de solo na camada de 0 a 20 cm e, 20 a 40 cm, para recomendações de calagem e gessagem, respectivamente (OLIVEIRA et al., 2007; UENO et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2018a). Estas amostragens devem ser realizadas de forma sistemática, para monitoramento mais seguro das alterações químicas do solo (OLIVEIRA et al., 2018b).

Há grande remoção de cálcio, magnésio e enxofre pela colheita de toda a parte aérea do milho para a ensilagem e, também, ocorre acidificação do solo pelo uso de adubos nitrogenados, especialmente os amoniacais e os amídicos. Por esse motivo é prática rotineira na cultura do milho a aplicação de calcário e de gesso agrícola, visando neutralizar a acidez e o alumínio tóxico; e, repor o cálcio, o magnésio e o enxofre removidos com a colheita do milho (BROCH & RANNO, 2011; UENO et al., 2011; REZENDE et al, 2016; OLIVEIRA et al., 2023).

O calcário não percola no perfil do solo, neutralizando a acidez somente no solo em que foi incorporado, dessa forma, os benefícios proporcionados pela prática da calagem concentram-se na camada arável. Como opção de manejo para melhoria do ambiente de produção em profundidade tem-se utilizado o gesso agrícola (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2008, RAIJ, 2011). Nas áreas de semeadura de híbridos de milho mais produtivos a saturação por bases na camada de 0 a 20 cm deve situar-se entre 60 a 70%, com teor mínimo de magnésio de 0,40 cmol_c por dm³ de solo. Quando se utiliza o acetato de cálcio na determinação da capacidade de troca catiônica do solo, deve-se aplicar de uma e meia a duas vezes a quantidade de calcário predita analiticamente (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2017b; OLIVEIRA et al., 2018a).

A presença do alumínio em suas formas fitotóxicas ($\text{Al}(\text{OH})_2^+$; $\text{Al}(\text{OH})_2^{2+}$ e o Al^{3+}) afeta a divisão celular, inibi o crescimento das raízes, além disso o alumínio se liga fortemente ao fósforo do solo, contribuindo para a sua indisponibilidade às plantas, afetando os processos fotossintéticos, a passagem de nutrientes pela membrana celular devido a rigidez provocada pela ligação deste elemento às formas fosfatadas da bicamada fosfolipídica. Há também diminuição da absorção de água e de nutrientes, consequentemente, menores rendimentos da cultura. Com a aplicação do corretivo, ocorre a elevação do pH do solo e a neutralização da acidez, precipitando o alumínio e disponibilizando o fósforo para as plantas (OLIVEIRA et al., 2007; NETO et al., 2013; RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2017b).

2.2 Colheita do milho para a ensilagem e avaliação da qualidade da forragem

Várias técnicas têm sido propostas para aumentar a produtividade da lavoura e a qualidade bromatológica da silagem, incluindo novos procedimentos no campo e na ensilagem. Uma destas técnicas é a elevação da altura de corte das plantas, que aumenta proporcionalmente os grãos na silagem e diminui a quantidade de colmos, folhas mortas e folhas senescentes, que são as partes da planta de milho que tem menos carboidratos solúveis e maiores teores de lignina e fibras de baixa digestibilidade. No entanto, a elevação da altura de corte resulta em redução na massa de forragem a ser ensilada (OLIVEIRA et al., 2011; HÜLSE, 2014, BUSO et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2020).

O corte das plantas de milho com teor adequado de matéria seca propicia condições para que os processos fermentativos que ocorrem durante a conservação da forragem, na forma de silagem, limitem ao máximo o crescimento de microrganismos que deterioram a qualidade bromatológica da silagem. A ensilagem das plantas com teor de matéria seca acima de 35% (350 g kg^{-1}) dificulta a compactação e aumenta a concentração de oxigênio na massa ensilada, favorecendo o desenvolvimento de microrganismos aeróbicos indesejáveis, com perda de nutrientes (BUSO et al., 2018; MARAFON, 2013; OLIVEIRA et al., 2020).

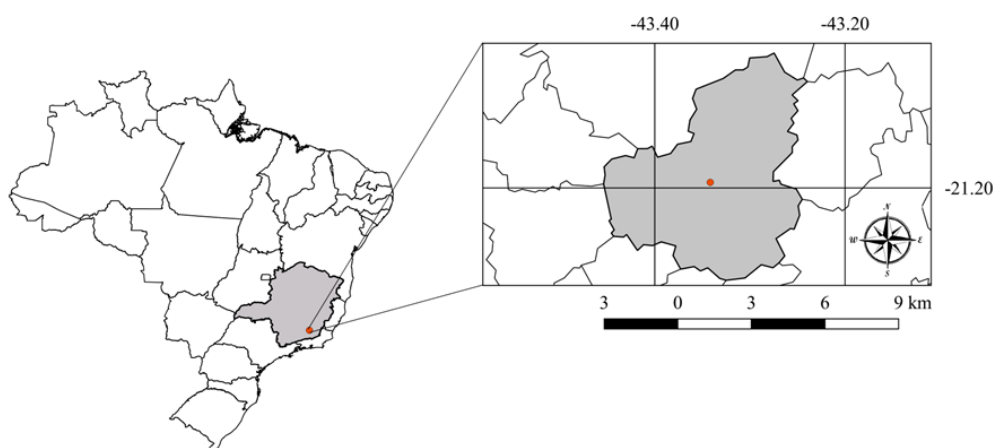
Por outro lado, quando o percentual de matéria seca das plantas de milho é inferior a 30% (300 g kg^{-1}) há perdas por efluentes, e a redução do pH da massa ensilada é menor, há menor formação de ácido lático (desejável) e formação de ácido acético e butírico. Estas condições favorecem o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, como os clostrídios. Então, para que no processo fermentativo haja mais produção de ácido lático, e a qualidade da silagem tenha pequenas alterações bromatológicas negativas, as plantas de milho devem ser colhidas com teor de matéria seca oscilando em torno de 33% (300 g kg^{-1}), ou no estágio de $\frac{1}{2}$ da linha do dente, conforme citado por Duarte et al. (2013); Rezende et al. (2015), Buso et al. (2018), Oliveira et al. (2023).

A qualidade nutricional da silagem de milho está relacionada com os componentes da parede celular, principalmente com os teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e também com o amido e as proteínas (OLIVEIRA et al., 2011; BUSO et al., 2018). Buso et al. (2018) citando vários autores relatam que, nos estádios iniciais da cultura de milho, esses teores são altos devido à baixa presença de amido na planta. Com o decorrer da maturidade fisiológica da planta, há aumento na quantidade de grãos e, a presença do amido dilui o teor de FDN e FDA da planta inteira de milho (OLIVEIRA et al., 2023).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma fazenda produtora de leite, localizada na região de Viçosa, Zona da Mata de Minas Gerais, Brasil (Figura 1). O clima da área de estudo é conforme a classificação de Koppen, tropical de altitude com chuvas durante o verão e temperatura média anual de 18 °C, com variações entre 24 °C (média das máximas) e 13,8 °C (média das mínimas). A precipitação média anual é cerca de 1.200 mm, com um excedente hídrico de outubro a abril (OLIVEIRA et al., 2023). O relevo varia de plano a suavemente ondulado, e o solo da área de cultivo do milho é um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, de textura média.

Figura 1 - Localização do município de Viçosa - MG



Fonte:

Em setembro, antecedendo a semeadura do híbrido de milho P3862H, foram coletadas amostras de solo para avaliar a fertilidade do solo, especialmente a saturação por bases na camada de 0 a 20 cm, e a saturação por alumínio na camada de 20 a 40 cm. A área escolhida para a semeadura do P3862H é utilizada a muitos anos para a produção de silagem de milho, na primeira safra, e semeadura de feijão com alto nível tecnológico, na segunda safra. A rotação de cultura, além dos benefícios clássicos, permite melhoria da fertilidade do solo devido às adubações realizadas na cultura do feijão, que é bem menos extrativo que a produção de milho para silagem. Nesta fazenda, nas áreas de produção de milho para silagem é usual a aplicação de dejetos de bovinos ou de cama de vacas leiteiras.

As amostras de solo foram coletadas de forma sistemática, tomando-se um ponto de referência na lavoura, a partir do qual estabeleceu-se uma equidistância entre as amostragens, seguindo procedimento descrito por Oliveira et al. (2020a). Os resultados da análise química

do solo estão apresentados na tabela 1. Pela análise da tabela 1 verifica-se que a área escolhida tinha fertilidade alta, com boa disponibilidade de cálcio e magnésio, sem alumínio trocável na camada de 0 a 20 e de 20 a 40 cm, além de altos teores de fósforo e de potássio.

Tabela 1-Resultados das análises de solo da área cultivada com o híbrido de milho P3862H, nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm.

Camada	pH	P	K	Na	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m
	H ₂ O	.----- mg dm ⁻³ -----.			.-----cmol _c dm ⁻³ -----.							----- (%) -----	
0 a 20	6,0	34	110	0	0,00	2,48	3,72	1,30	5,30	5,30	7,78	68,13	0,00
20 a 40	5,5	12	45	0	0,00	3,01	2,64	0,84	3,60	3,60	6,61	54,43	0,00

pH em H₂O (Relação 1:2,5). P e K: Extrator Mehlich. Ca, Mg e Al³⁺: Extrator KCl. H⁺+Al³⁺: Extrator Acetato de Cálcio.

Fonte:

Ohíbrido de milho P3862H é um híbrido simples, adaptado a amplos ambientes de produção, sendo por isto recomendado para cultivo em diversas regiões do Brasil, incluindo, centro-sul, nordeste, Roraima e Acre (VIEIRA et al, 2015; FARIA, 2016), contudo é muito responsivo a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Em outubro, logo após ter chovido cerca de 50 mm, realizou-se a semeadura do P3862H, com espaçamento de 0,7m entre linhas de semeadura, numa densidade semente que permitisse população próxima a 60 mil plantas por hectare. Por ocasião da semeadura aplicou-se no fundo do sulco de semeadura 400 kg do adubo 08-28-16 por hectare, e no estágio fisiológico de quatro folhas definitivas (Figura 2) foi realizada a adubação em cobertura com 700 kg por hectare do adubo 30-00-20. O adubo foi enterrado na entrelinha para evitar possíveis perdas por volatilização de amônia (OLIVEIRA et al., 2023). O controle de plantas daninhas e de pragas foi químico.

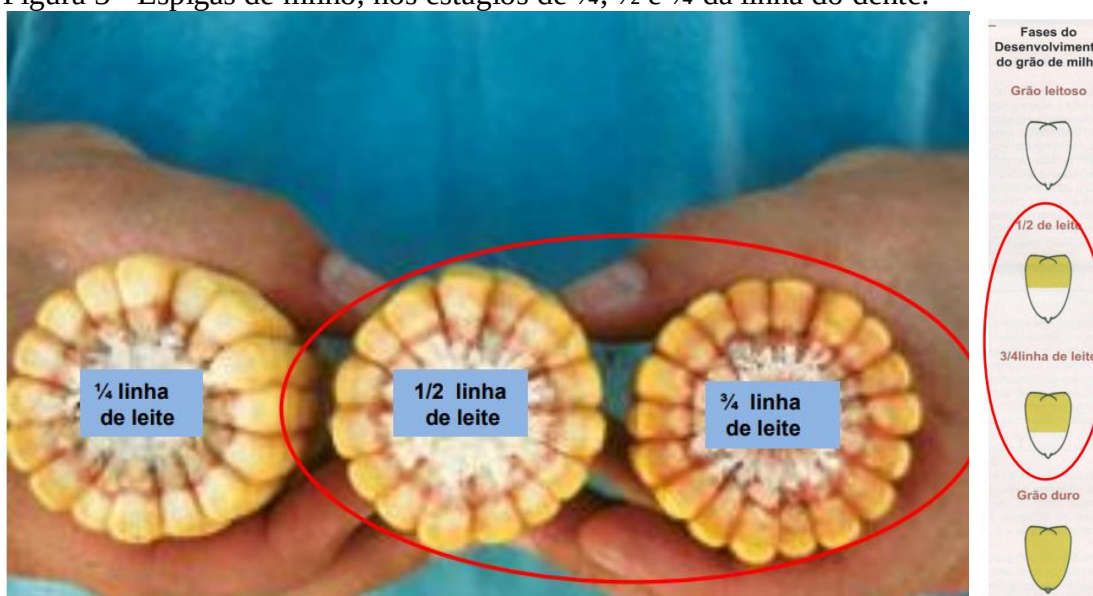
Figura 2 – Planta de milho no estágio de quatro folhas definitivas, estágio fenológico que define o potencial produtivo da lavoura e época máxima para a aplicação de nitrogênio em cobertura.



Fonte: Broche Ranno (2011).

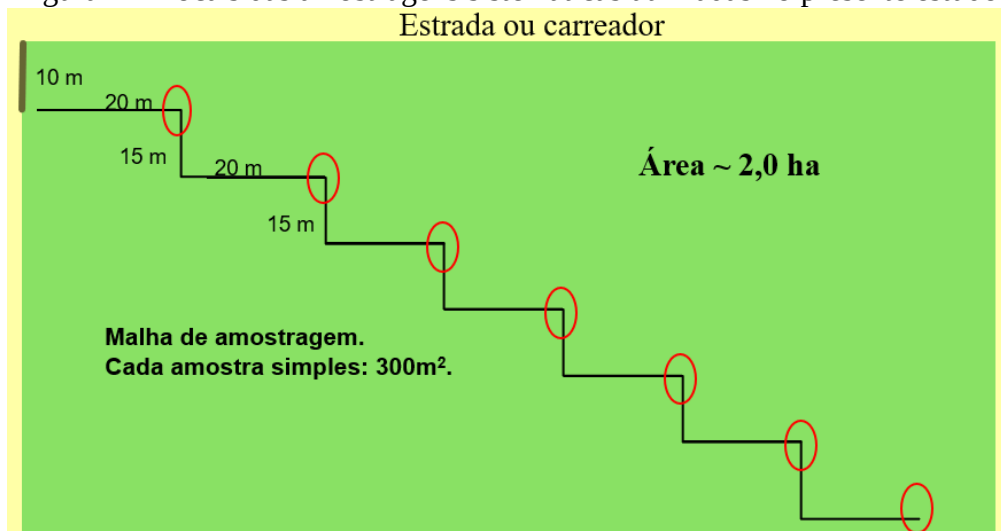
Quando as plantas de milho estavam com teor médio de matéria seca próximo a 330 g kg^{-1} , estágio de $\frac{1}{2}$ da linha do dente (Figura 3), conforme citado por Duarte et al. (2013); Rezende et al. (2015), Buso et al. (2018) e Oliveira et al. (2020b), foi realizada a colheita do milho para avaliar o acúmulo de matéria natural, o acúmulo e a partição da matéria seca, o acúmulo de macronutrientes e a qualidade bromatológica da forragem, amostrando-se de forma sistemática (Figura 4), em sete pontos da lavoura, áreas de $2,1 \text{ m}^2$ (3,0 m de sulco x 0,7 m de espaçamento). Na figura 3, abaixo, são mostradas três espigas de milho, nos estágios de $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ da linha do dente.

Figura 3 - Espigas de milho, nos estágios de $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ da linha do dente.



Fonte: Duarte et al. (2013).

Figura 4 – Locais das amostragens sistemáticas utilizadas no presente estudo.



Fonte:

Após o corte as plantas foram pesadas, subamostradas e passadas em picadeira de forragem. Subsubamostras da biomassa aérea do milho foram secas em estufa de ventilação forçada, a 65 °C, até massa constante. Posteriormente o material foi passado em moinho de aço inoxidável e submetido às digestões sulfúricas e nitricoperclóricas. As biomassas secas foram analisadas quanto aos teores de teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Os teores de nitrogênio e proteína bruta serão obtidos pelo método de Kjeldahl, o potássio por fotometria de chama e o fósforo espectrofotometria. O cálcio e o magnésio serão determinados por meio da espectrofotometria de absorção atômica, e o enxofre por turbodimetria, conforme descrito por Malavolta et al. (1997), e Silva e Queiroz (2006). Os teores de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), lignina e amido foram determinados conforme descrito por Silva e Queiroz (2006).

No local de cada amostragem foram selecionadas e pesadas oito espigas médias visando determinar o peso médio de cada espiga, com base na matéria natural. Destas espigas, quatro foram passadas em picadeira de forragem, homogeneizadas, subamostradas, pesadas e também secas a 65 °C em estufa de ventilação forçada até massa constante, e novamente pesadas para a determinação da matéria seca. Nas outras quatro espigas, foram retiradas as palhas e cortados os grãos rentes ao sabugo para a determinação da alocação da matéria seca nos grãos, seguindo os mesmos procedimentos citados acima.

A partir dos valores obtidos, foi calculado o acúmulo de matéria natural, de matéria seca e de nutrientes na parte aérea das plantas, bem como a qualidade bromatológica e a alocação percentual da matéria seca na espiga e nos grãos. Realizou-se análises estatísticas descritivas para variáveis analisadas (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente serão apresentados e discutidos os resultados relacionados ao acúmulo de matéria seca (MS), à concentração de nutrientes na matéria seca da biomassa aérea e a remoção de nutrientes pela colheita do milho para a ensilagem. Posteriormente será discutida a qualidade bromatológica da forragem, abordando os teores de proteína bruta, fósforo, enxofre, fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), lignina, amido, e alocação percentual da matéria seca da parte aérea, nas espigas.

4.1 Acúmulo de Matéria Seca, Concentração de Nutrientes na Matéria Seca e Remoção de Nutrientes pela Colheita do Milho para a Ensilagem

Na tabela 2 estão apresentados os resultados do acúmulo de matéria seca, de concentração de nutrientes na matéria seca da biomassa aérea e a remoção de nutrientes pela colheita do milho para a ensilagem. Pela análise da tabela 2 pode-se notar que a produtividade de forragem pelo P3862H foi alta, com valor médio de 22,49 t de matéria seca por hectare. A produtividade mínima foi de 20,45 e a máxima de 24,79 t ha⁻¹, com pequena variabilidade entre as amostragens, uma vez que o coeficiente de variação foi de 6,40%.

A fertilidade do solo, a ausência de alumínio trocável na camada de 20 a 40 cm e o potencial produtivo do híbrido P3862H, conforme citado anteriormente, um híbrido simples, provavelmente foram as principais causas desta alta produtividade de matéria seca. Oliveira et al. (2023) afirma que a produtividade de um híbrido de milho depende das tecnologias adotadas, da disponibilidade de água e de nutrientes para a cultura, especialmente nas fases de formação e enchimento de grãos e, também do controle de plantas daninhas e pragas.

Ainda de acordo com Oliveira et al. (2023), de modo geral, há pequenas diferenças de nível de tecnologia nas pesquisas científicas conduzidas em diferentes regiões produtoras de silagem no centro-sul do Brasil, sendo possível comparar os resultados dessas pesquisas com os do presente estudo. No estudo conduzido por Oliveira et al. (2020b), com os híbridos K9555 VIP3 e K9960 VIP3, na segunda safra, cultivados em solos muito fértil, foram observados valores de 60,93 t de matéria natural e 20,06 t de matéria seca por hectare. Vasconcelos et al. (2005) conduziram estudos por três safras agrícolas, com treze cultivares de milho de diferentes bases genéticas, ciclo e tipos de grãos, todas adaptadas à região Sul de Minas Gerais. Os cultivos foram durante o período de primavera-verão e o acúmulo médio de matéria seca na parte aérea das plantas relatado pelos autores foi de 18,60 t ha⁻¹.

Tabela 2 –Acúmulo de matéria seca (MS), concentração de nutrientes na matéria seca da biomassa aérea, e a remoção de nutrientes pela colheita do milho P3862H para a ensilagem, cultivado em solo de alta fertilidade.

Amostragem	Ac. MS t/ha	Concentração de nutrientes na matéria seca (g kg ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
1	24,40	15,7	3,0	15,9	2,0	1,6	1,4
2	21,95	16,2	2,8	16,4	2,1	1,5	1,5
3	22,33	14,8	3,3	14,2	1,9	1,7	1,3
4	20,45	16,7	2,7	16,5	1,8	1,6	1,4
5	21,72	13,9	3,3	15,3	2,2	1,5	1,5
6	24,79	14,7	2,9	14,3	2,0	1,6	1,4
7	21,80	15,3	3,1	16,1	2,3	1,4	1,6
Média	22,49	15,33	3,01	15,53	2,04	1,56	1,44
Minimo	20,45	13,90	2,70	14,20	1,80	1,40	1,30
Máximo	24,79	16,70	3,30	16,50	2,30	1,70	1,60
C.V.(%)	6,40	5,78	7,19	5,71	7,79	5,80	6,26

Amostragem	Remoção de nutrientes pela colheita (kg ha ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
1	383	73	388	49	39	34
2	356	61	360	46	33	33
3	331	74	317	42	38	29
4	342	55	337	37	33	29
5	302	72	332	48	33	33
6	364	72	355	50	40	35
7	333	68	351	50	31	35
Média	344	68	349	46	35	32
Minimo	302	55	317	37	31	29
Máximo	383	74	388	50	40	35
C.V.(%)	7,07	9,56	6,04	9,67	9,78	7,41

Em uma área comercial, em Unaí -MG, Cordeiro e Cequine (2008), avaliaram a produção de forragem de cinco híbridos de milho. Os híbridos avaliados foram: AG1051, AG-2060, DKB-789, DKB-390 e DKB -499. Cordeiro e Cequine (2008) verificaram que o acúmulo de matéria seca na parte aérea do milho não foi influenciado pelos híbridos, tendo-se obtido valor médio de 14,58 t por hectare. Produtividade maior que a citada por Cordeiro e Cequine (2008) foi observada por Marafon (2013) em pesquisa conduzida em Guarapuava – PR, com o milho SG-6418, híbrido duplo, de ciclo precoce, porte médio e textura de grãos duro, usado tanto para a produção de silagem quanto para a produção de grãos. Marafon (2013) relata que os acúmulos de matéria natural e de matéria seca na parte aérea das plantas, no estágio de grão farináceo-duro (R5), foram respectivamente de 46,50 e 18,30 t por hectare.

Em estudo realizado por Oliveira et al (2011), no distrito de Iguatemi, Maringá, norte do Paraná foram avaliados cinco híbridos de milho quanto à produtividade de matéria seca. Oshíbridos avaliados foram AS 32, AG 9090, CD 308, DKB 747 e P 30F87. A produtividade média de matéria seca destes híbridos foi 14,60 t por hectare. Rezende et al. (2015) em estudo conduzido com o BM3061, com altura de corte a 20 cm do solo, relatam produtividade de matéria seca de 18,60 t por hectare. Produtividade média de 18,36 t por hectare foi obtida por Oliveira et al. (2020a) com o híbrido BM3066 PRO2, cultivado sob bom fornecimento de nutrientes.

Em avaliações realizadas por Oliveira et al. (2023), em quatro pequenas propriedades rurais localizadas na zona da Mata Mineira, nas quais foram semeados os híbridos Biomatrix-Agroceres (BM), DeKalbGenetics Corporation (DKB), e KleinwanzlebenerSaatzucht (KWS). Em três propriedades, que tinham solos de média fertilidade, e pouco alumínio trocável na camada de 20 a 40 cm, observou-se produtividade média de 19,24 t por hectare. Na quarta lavoura, instalada em solo com alta fertilidade e sem nenhum alumínio trocável na camada de 20 a 40 cm, constatou-se diferença de apenas 2,01 t de matéria seca a mais que nas outras três lavouras, uma vez que na quarta propriedade a produtividade alcançou 21,25 t por hectare. Oliveira et al. (2023), então especularam, que os incrementos nas lavouras de altas produtividades estarão cada vez mais difíceis de serem alcançados. Raij (2011) refere-se a esse fato como incrementos não proporcionais na melhoria dos fatores de produção, como disponibilidade de água e de nutrientes, controle de pragas e de plantas daninhas, dentre outros, que resulta no mesmo aumento da produtividade.

A alta fertilidade do solo, como mostrado na tabela 1, influenciou positivamente na absorção do nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, resultando em concentração elevada destes nutrientes na biomassa aérea do P3862H. Como consequência da alta produtividade de matéria seca e também da elevada concentração de nutrientes na biomassa da parte aérea, a remoção de nutrientes foi grande (Tabela 2). Para o nitrogênio, a remoção situou-se entre 302 a 383 kg ha⁻¹, com valor médio de 344 kg por hectare. O valor médio de remoção do potássio foi ligeiramente maior que a remoção do nitrogênio: 349 kg de K por hectare, com um coeficiente de variação um pouco menor que o verificado para o nitrogênio. Os valores médios de remoção do cálcio, magnésio e enxofre foram de 46, 35 e 32 kg por hectare.

A absorção e o metabolismo do nitrogênio são muito influenciados pela disponibilidade de fósforo e do magnésio (RUFTY et al., 1990; OLIVEIRA et al., 2007; NETO et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2018a). Esses resultados são decorrentes do maior crescimento do sistema radicular do milho, e dos efeitos das alterações causadas na absorção e

no metabolismo do N, conforme citado por Rufty et al. (1990), Neto et al. (2013) e Oliveira et al. (2018a). Em plantas com suprimento adequado de P há maior absorção do nitrato da solução do solo; a translocação de nitrato das raízes para a parte aérea aumenta, aumentando a síntese de aminoácidos, proteína e enzimas nas folhas e raízes.

Citando estudos conduzidos por Magalhães (1996), Oliveira et al. (2007) relatam a enorme influência da disponibilidade de P, tanto da solução nutritiva quanto da endógena, na absorção e metabolismo do N pelo milho. Plantas bem supridas de fósforo antes e durante o estudo de cinética apresentaram absorção de nitrato praticamente constante durante o experimento. No entanto, plantas que foram privadas antes e durante a fase experimental não conseguiram absorver o nitrato da solução.

O suprimento adequado de Mg as plantas resulta em maior eficiência nutricional e produtiva do milho. A eficiência da adubação fosfatada é maior quando há suprimento adequado de magnésio no solo. O magnésio além de diminuir a adsorção do fósforo pelo solo e aumenta a eficiência de absorção do fósforo pelas raízes. Neto et al. (2013) avaliaram a cinética de absorção de fósforo em café sob duas concentrações de Mg na solução nutritiva: 0,02 e 2,00 mmol L⁻¹. Em 2,00 mmol de Mg, o P foi absorvido em 120 horas e atingiu uma concentração mínima (C_{min}) de 1,63 µmol, enquanto a C_{min} não foi atingida em 0,02 mmol L⁻¹ de Mg mesmo após 192 horas, pois ainda havia 23,26 µmol de P na solução. A taxa máxima de absorção (I_{max}) e para a absorção de fósforo aumentaram 7,5 vezes e a constante de Michaelis-Menten (K_m) reduziu 1,8 vezes na concentração de 2,00 mmol de Mg, respectivamente.

Uma diferença na atividade do íon hidrogênio, H⁺, designada de ΔpH, entre o citoplasma e o apoplasma é a principal força motriz para a absorção de nutrientes através da membrana plasmática, contra um gradiente de concentração eletroquímico. Em condições de normalidade da célula, o pH é de 7,3 a 7,6 no citoplasma; 4,5 a 5,9 nos vacúolos; 7,0 nas mitocôndrias; 7,2 a 7,8 nos cloroplastos e 5,5 no apoplasma. Assim, o citoplasma é menos ácido quando comparado aos vacúolos e ao apoplasma. Essa diferença de pH é regulada por bombas de prótons (H⁺-ATPase e H⁺-PPase) localizadas na membrana plasmática e no tonoplasto, respectivamente, conduzindo H⁺ do citoplasma para o apoplasma ou o vacúolo (MALAVOLTA et al., 1997; NETO et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2018a).

A atividade da H⁺-ATPase é muito influenciada pela concentração de Mg²⁺ dentro do citoplasma. Oliveira et al. (2023) relatam estudos nos quais constataram-se que a toxidez do alumínio na solução nutritiva, na ausência de Mg²⁺, inibiu a H⁺-ATPase em 37%, no entanto, a adição de Mg²⁺ à solução nutritiva, numa concentração de apenas 10 micromolar restaurou

a atividade da H^+ -ATPase da membrana plasmática, sem haver nenhuma alteração na atividade do Al^{3+} na solução nutritiva.

Em uma revisão realizada por Mu e Chen (2021) foram abordadas as respostas fisiológicas das plantas à deficiência ou, ao suprimento adequado de nitrogênio. Segundo Mu e Chen (2021) uma das razões pelas quais o nitrogênio é um dos elementos para importantes para o crescimento das plantas deve-se a esse nutriente ser constituintes de aminoácidos, proteínas, parede celular das células, membranas e ácidos nucleicos. Quando o suprimento de N não é adequado há redução na área foliar, e a longevidade das folhas é menor devido a mais rápida senescência foliar, resultando em menor absorção de luz solar pelas clorofilas, com redução na fotólise da molécula de água, afetando negativamente a produção de ATP nas folhas, levando a menor atividade da PEPcarboxilase e da RUBISCO, consequentemente menor fixação do CO_2 atmosférico, culminando em menor produtividade da lavoura (OLIVEIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2023)

O acúmulo médio dos macronutrientes observados no presente estudo superou os citados por outros autores (UENO et al., 2013; REZENDE et al., 2016; DA ROS et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2020). Na pesquisa conduzida por Ueno et al. (2013), em Guarapuava -PR, o acúmulo médio de matéria seca na biomassa aérea do milho no momento da silagem, foi de 17,6 t de matéria seca, com acúmulos médios de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente de, 241; 42; 142; 35 e 38 kg por hectare. Em avaliação do potencial produtivo e da remoção de nutrientes por quatro híbridos de milho, em um Latossolo Vermelho distroférrico, representativo do cerrado da região central de Minas Gerais, em Sete Lagoas, Rezende et al. (2016) citam acúmulos médios de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente de, 281; 28; 153; 57; 41 e 21 kg por hectare. Em estudos conduzidos na Universidade Federal de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, com três híbridos de milho destinados a ensilagem, Da Ros et al. (2019) constataram acúmulos de matéria seca variando de 18,2 a 23,6 t por hectare. Para estes três híbridos de milho as remoções médias de fósforo e de potássio, foram, respectivamente de 33 e 257 kg por hectare.

Concordando com os resultados do presente estudo, Oliveira et al. (2023) também relatam que os maiores acúmulos de nutrientes na biomassa aérea do milho destinado a ensilagem foram os de nitrogênio e de potássio. Nas médias das quatro lavouras a remoção de nutrientes, pela colheita da parte aérea do milho para a ensilagem, foi de 247, 34, 245, 34, 23 e 22 kg por hectare para o N, P, K, Ca, Mg e o enxofre, respectivamente. Oliveira et al. (2020a), em estudos realizados como híbrido BM3066, citam acúmulos de nitrogênio variando de 198 a 226 kg por hectare para o nitrogênio. Para o fósforo a amplitude foi de 31 a 43 kg, e para o potássio, as variações estiveram entre 189 a 256 kg por hectare.

4.2 Qualidade bromatológica da forragem do P3862H

Na tabela 3 estão apresentados os teores de proteína bruta (PB), fósforo, enxofre, fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), lignina, amido, e alocação percentual da matéria seca nas espigas em relação ao total acumulado na parte aérea do P3862H. Como conforme comentado anteriormente para a produção de matéria seca e remoção de nutrientes, a fertilidade do solo também influenciou positivamente na qualidade bromatológica da forragem. O teor médio de proteína bruta foi de 96 g kg⁻¹, variando de 87 a 104 g por kg de matéria seca. Esses teores de PB excedem aos relatados por Oliveira et al. (2011); Ueno et al. (2013), Neumanm et al. (2017) e Oliveira et al. (2023). Nas avaliações realizadas por Oliveira et al. (2011) com quatro híbridos de milho de alto potencial produtivo foi obtido valor médio de proteína bruta de 84,0 g kg⁻¹, não havendo efeito de híbrido sobre o teor de PB. Ueno et al. (2013) também relata valor de proteína bruta de 85,60 g kg⁻¹, muito próximo ao citado por Oliveira et al. (2011).

Tabela 3 –Tores de proteína abruta (PB), fósforo, enxofre, fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), lignina, e alocação percentual da matéria seca nas espigas em relação ao total acumulado na parte aérea do P3862H, cultivado em solo de alta fertilidade.

Amostragem	Qualidade da forragem (g por kg de matéria seca)						Aloc. % da MS nas espigas
	PB	P	S	FDN	FDA	Lignina	
1	98,1	3,0	1,4	428	233	43,5	58,52
2	101,3	2,8	1,5	377	234	44,9	58,23
3	92,5	3,3	1,3	394	255	51,2	60,58
4	104,4	2,7	1,4	411	251	44,8	55,02
5	86,9	3,3	1,5	372	229	47,3	62,48
6	91,9	2,9	1,4	406	262	45,1	56,12
7	95,6	3,1	1,6	384	238	48,9	56,97
Média	96	3,01	1,44	396	243	47	58,27
Minimo	87	2,70	1,30	372	229	44	55,02
Máximo	104	3,30	1,60	428	262	51	62,48
C.V.(%)	5,78	7,19	6,26	4,71	4,84	5,44	4,10

Nas avaliações realizadas em quatro lavouras na zona da Mata Mineira, em solos com menor fertilidade que os do presente estudo, Oliveira et al. (2023) citam valores mínimos de proteína bruta de 72,00g kg⁻¹, médios de 78,42 e máximo de 88g kg⁻¹. Para o bom funcionamento do rúmen e um desempenho animal satisfatório, as dietas oferecidas aos animais devem ter conteúdo mínimo de 70,0 g por kg de matéria seca (SNIFFEN et al., 1992). Dietas com teores menores podem prejudicar o metabolismo e o crescimento microbiano,

resultando em diminuição na quantidade de proteína microbiana que alcança o intestino delgado. O teor de fósforo na forragem também desempenha papel importante na nutrição dos ruminantes, por participados processos energéticos e reprodutivos da célula, contribuindo para uma atuação mais efetiva dos microrganismos do rúmen (OLIVEIRA et al., 2023).

A exigência para a alimentação de bovinos em pastejo é de 1,8 g de P por kg de matéria seca de forragem. Os teores de fósforo obtidos no presente estudo superam em cerca de 25% aos relatados por Ueno et al. (2013) na biomassa do híbrido SG 6010, no estágio R5, ocasião da ensilagem do milho: 2,4 g por kg de matéria seca. O enxofre (S) participa da estrutura de alguns aminoácidos essenciais, tais como a metionina, cistina e cisteína. A deficiência de aminoácidos contendo S, é um dos problemas encontrados na nutrição animal. Para um bom desenvolvimento e resposta dos ruminantes, os níveis de S na matéria seca devem estar entre 0,8 a 1,5 g de P por kg de matéria seca de forragem (VALADARES FILHO et al., 2008).

Os valores médios de FDN, FDA, lignina, amido, obtidos no presente estudo foram respectivamente de 396, 243, 47 e 250 g kg⁻¹ de matéria seca, com coeficiente de variação inferior a 6% (Tabela 3). A FDN é constituída pela celulose, hemicelulose e lignina. A FDA é composta pela hemicelulose e lignina (SILVA & QUEIROZ, 2006; OLIVEIRA et al., 2017a). Oliveira et al. (2017b) ao analisarem uma lavoura de milho BM 3066, constataram valores médios de 490 g kg⁻¹ para a FDN. Oliveira et al. (2017a) relatam estudos conduzidos por outros pesquisadores, em 32 propriedades rurais produtoras de leite localizadas em Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo, verificaram-se para as silagens destas fazendas valores médios de 503 g kg⁻¹ para a FDN. Daniel et al. (2019) relatando resultados de análises de silagem realizadas no centro-sul do Brasil, citam valores médios (média $\pm$ desvio padrão) de 428 $\pm$ 60 g kg⁻¹ para a FDN.

A alocação percentual da matéria seca nas espigas em relação ao total acumulado na parte aérea do P3862H foi alta, tendo-se obtido média de 58,27%, com valores oscilando entre 55,02 a 62,48%, sendo pequena a variabilidade experimental, denotando uniformidade da lavoura. Maior alocação percentual da matéria seca nas espigas em relação ao total acumulado na parte aérea aumenta a qualidade bromatológica da forragem, por aumentar proporcionalmente a quantidade de amido e a digestibilidade da silagem (OLIVEIRA et al., (2023). Valores médios de alocação percentual da matéria seca nas espigas da ordem de 60% foram relatados por Neumanm et al. (2017) no estudo conduzido em Guarapuava -PR, com o híbrido P30R50YH. Numa avaliação realizada por Oliveira et al. (2020), em lavoura de milho de segunda safra, com os híbridos K9555 VIP3 e K99960VIP3, implantada em solo muito fértil, foram obtidos valores médios de 53,03%, para a alocação percentual da matéria seca

nas espigas em relação ao total acumulado na parte aérea.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produtividade da lavoura do P3862 H, instalada em solo de alta fertilidade, foi elevada, tendo-se obtido média de 22,49 t de matéria seca por hectare, com valores oscilando de 20,45 a 24,79 t ha⁻¹.

A alta produtividade da lavoura, associada também aos elevados teores de nutrientes na biomassa, resultou em grande remoção de nutrientes pela colheita da biomassa. Para o nitrogênio, fósforo e potássio foram obtidos valores médios de 344, 68 e 349 kg ha⁻¹.

A qualidade bromatológica da forragem também foi muito boa com valores médios de 96, 396, 243, 47 g kg⁻¹, respectivamente, para proteína bruta, FDN, FDA e lignina. Em média, 58,27% da biomassa aérea do P3862H estava alocada na espiga.

Pelos resultados obtidos no presente estudo, verifica-se que nas lavouras de milho de alta produtividade, destinadas à ensilagem, a remoção de nutrientes também é alta, devendo-se, portanto, adotar práticas que mantenham ou elevem a fertilidade do solo, reciclem nutrientes e contribuam para uso mais eficiente dos fatores de produção.

REFERÊNCIAS

- BROCH, D.L.; RANNO, S. K. Fertilidade do Solo, Adubação e Nutrição da Cultura do Milho. Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2011/2012. **Circular Técnica n.12**. 2011. Fundação Mato Grosso do Sul. 12p.
- BUSO, W. H. D.; MACHADO, A. S.; RIBEIRO, T. B.; SILVA, L. O. Produção e composição bromatológica da silagem de híbridos de milho sob duas alturas de corte. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 4, p. 74-80, 2018.
- CORDEIRO, L. A.; CEQUINE, L. Avaliação de cultivares de milho para produção de silagem em área comercial em Unaí-MG. **RevistaFactuCiência**, v. 15, n. 8, p. 145, 2008.
- DANIEL, J. L. P.; BERNARDES, T. F.; JOBIM, C. C.; SCHMIDT, P.; NÚSSIO, L. G. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. **Grass and Forage Science**, v.1, p.1-13, 2019.
- DA ROS, C.O.; DAMIAN, J. M.; MATSUOKA, M.; CAMPOS, G. L.; LUZ, F.B.; OLIBONE, A.J.; SOMAVILLA, L. Manejo da adubação fosfatada e potássica no cultivo sucessivo de milho e sorgo para silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.18., n.1., 1-14-29, 2019.
- DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; PAZIANI, S. F. Avaliação de cultivares de milho para a produção de silagem, na safra 201/2013. Secretaria de Agricultura e Abastecimento – Agência Paulista de Tecnologia e Agronegócio. 44 p. 2013.
- FARIA, S. V. **Adaptabilidade e estabilidade de híbridos comerciais de milho pelos métodos de Eberhart& Russell, Centróide, Ammi e modelos mistos**. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa. 33p. 2016.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computerstatisticalanalysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.
- FRITSCH, R; MÔRO, G.V. Escolha do cultivar é determinante e deve considerar toda informação disponível. **Visão Agrícola**. n.13, p.12-15. USP/ESALQ. 2015.
- HÜLSE, J. **Altura de colheita do milho para silagem: valor nutritivo, balanço de nutrientes, produção animal e desempenho econômico**. Dissertação, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR. 2014. 99 p.
- MAGALHÃES, J. V. **Absorção e translocação de nitrogênio por plantas de milho (Zeamays, L.) submetidas a períodos crescentes de omissão de fósforo na solução nutritiva**. Viçosa, MG. 76 p. Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas – Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas** – Princípios e Aplicações (2ª Edição). Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.
- MARAFON, F. **Efeito da colheita da planta de milho em diferentes estádios reprodutivos e do processamento do grão sobre a qualidade da silagem**. Dissertação. Guarapuava, 2013, 94 f.
- MU, X.; CHEN, Y. The physiological response of photosynthesis to nitrogen deficiency. **PlantPhysiologyandBiochemistry**,v. 158, p.76-82, 2021.

NETO, A. P., FAVARIN, J. L., CARVALHO, P. P. T., TEZOTTO, T., SOUZA, K. M. Cinética de absorção de fósforo em razão do teor de magnésio em cafeeiro. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 8., 2013, Salvador. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 5 p. 2013.

NEUMANN, M. et al. Produção de milho para silagem sob níveis crescentes de adubação nitrogenada em cobertura. **Brazilian Journal of Applied Tecnology for Agricultural Science Sorgo**, v. 10, n.2, p. 61-70, 2017.

OLIVEIRA, M. W.; FREIRE, F. M.; MACÊDO, G. A. R.; FERREIRA, J. J. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.28, n.239, p.30-43, 2007.

OLIVEIRA, F.C.L.; JOBIM, C. C., SILVA, M. S., CALIXTO JUNIOR, M.; BUMBIERIS JUNIOR, V. H., ROMAN, J. Produtividade e valor nutricional da silagem de híbridos de milho em diferentes alturas de colheita. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.720-727, 2011.

OLIVEIRA, I. L.; LIMA, L. M.; CASAGRANDE, D. R.; LARA, M. A. S; BERNARDES, T. F. NutritivevalueofcornsilagefromintensiveDairyfarms in Brazil. **RevistaBrasileira de Zootecnia**, v.46., n. 6, p.494-501, 2017a.

OLIVEIRA, M. W.; OLIVEIRA, T. B. A.; PAULA, A. C. B.; SILVA, V. S. G.; BRITO, F. S.; FRANCO JUNIOR, C. L.; ALLAGBE, K. A. Production of forage by corn hybrid BM 3066 in function of magnesium doses In: **Anais do V International Symposium on Forage Quality and Conservation**. Piracicaba: Departamento de Zootecnia, 2017b. CD ROM.

OLIVEIRA, T.B.A; OLIVEIRA, M.W.; NASCIF, C.; RODRIGUES, T.C.; LIMA JÚNIOR, D. M.; BRITO, F.S.; FRANCO JÚNIOR, C.L. Maizequality for silageandcostofproduction. In: **Anais do V International Symposium on Forage Quality and Conservation**.ESALQ, Piracicaba: Departamento de Zootecnia, 2017c. CD ROM.

OLIVEIRA, M. W.; MACÊDO, G. A. R.; MARTINS, J. A.; SILVA, V. S. G.; OLIVEIRA, A. B. **Mineral NutritionandFertilizationofSugarcane**. In: Alexandre Bosco de Oliveira. (Org.). Sugarcane - Technology and Research. 1ed. Londres: INTECH - Open Science, v. 1, p. 169-191, 2018a.

OLIVEIRA, M. W. *et al.* Variabilidade da fertilidade do solo, do estado nutricional e da produtividade em canavial manejado homogeneamente e visualmente uniforme. In: **Agronomia, elo da cadeia produtiva**. Vol. 2. ALFARO, TROJAM, Organizadores. Ponta Grossa -PR. Atena Editora, p.293-309. 2018b.

OLIVEIRA, M.W., SILVA, V.S. G.; SOARES, A. R. S.; OLIVEIRA, T. B. A.; SILVA, D. S.; MACHADO, P. A. S. Nutrition status nutriente accumulationandfieldofcorngrown in Yellow-Re Oxisol. **Revista GEAMA**, v.6., n.2., p.43-50. 2020a.

OLIVEIRA, M.W.; RODRIQUES, T. C.; MIRANDA, L. M.; OLIVEIRA, T.B.A.; ASSIS, W. O. **Produtividade e partição da matéria seca em dois híbridos de milho, na segunda safra**. In: Congresso Internacional da Agroindústria. Recife, 2020b.

OLIVEIRA, M.W. et al. Análise do crescimento da braquiária brizantha, usada como planta de cobertura do solo e recicladora de nutrientes. IN: **Congresso Internacional das Ciências Agrárias (COINTER PDVAgro 2021)**. 2021.

OLIVEIRA, M.W.; SILVA, J. D. B.; OLIVEIRA, T.B.A.; SANTOS, D. F.; SSANTOS, D. F. SOARES, E. C.; TENÓRIO, T. M.; ROCHA, G. L. Dry matter accumulation and nutrient cycling by soil cover plants in an intensive corn silage production system. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, e45611831008, 2022.

OLIVEIRA, M.W.; BHATT, R.; LESSA, J. B.; SANTOS, D. F.; ASSIS, W. O.; TENÓRIO, T. M. Removal of nutrients and bromatological quality of corn in high productivity crops. **Desarrollo Local Sostenible**, v.16, n.42, p. 525-543, 2023.

PADILHA, F. A. **Desempenho de híbridos de milho em dois níveis de investimento tecnológico na região de Sete Lagoas – MG**. 2014. 72 f. Dissertação (Mestrado em 2014) Universidade Federal de São João del Rey. São João del Rey. 2014.

RAIJ, B.V. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, 2008. 233p.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

REZENDE, A.V.; WATANABE, D. J.; RABÊLO, F. H. S.; RABÊLO, C. H. S.; NOGUEIRA, D. A. Características agrônômicas, bromatológicas e econômicas de altura de corte para ensilagem da cultura de milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36., n.2., p.961-970, 2015.

REZENDE, A.V.; SILVA, G.M.; GUTIÉRREZ, A.M.; SIMÃO, E.P.; GUIMARÃES, J.M.; MOREIRA, S.G.; BORGHI, E. **Indicadores de demanda de macro e micronutrientes por híbridos modernos de milho**. Circular técnica 220. EMBRAPA, Sete Lagoas -MG. 9 p. 2016.

RUFTY, T.W.; MACKOWN, C.T.; ISRAEL, D.W. Phosphorus stress effectsonassimilationofnitrate. **PlantPhysiology**, v.94, p.328-333, 1990.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: UFV. 2006. p.235.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

UENO, R. K.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; BASI, S.; ROSÁRIO, J. G. Dinâmica dos nutrientes do solo em áreas destinadas a produção de milho para forragem. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 182-203, 2011.

UENO, R. K.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; REINEHR, L. L.; POCZYNEK, M.; MICHALOVICZ, L. Exportação de nutrientes do solo em área cultivada com milho para a alimentação de bovinos confinados.**Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3001-3018, 2013.

VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZOTTI, M. L.; BENEDETTI, P. B.; SILVA, L. F. C. Otimização de dietas à base de cana-de-açúcar. In: Simpósio de Produção de Gado de Corte, 6. **Anais...**Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p.121-182.

VASCONCELOS, R. C.; VON PINHO, R. G.; REZENDE, A.V.; PEREIRA, M. N.; BRITO, A. H.Efeito da altura de corte das plantas na produtividade de matéria seca e em características bromatológicasda forragem de milho.**Ciênc. agrotec.**, v. 29, n. 6, p. 1139-1145, 2005.

VIEIRA, A. F.; NUNES, R. L. C.; TORRES, R. A.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. B. Avaliação agrônômica de híbridos de milho para silagem em Baraúna, região semiárida nordestina. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.14, n.2, p. 282-289, 2015.