



MICHEL PEREIRA

**FONTES E DOSES DE ADUBOS POTÁSSICOS EM PRÉ PLANTIO NA CULTURA DO
MILHO – SAFRA VERÃO (2022/2023)**

LAVRAS-MG

2023

MICHEL PEREIRA

**FONTES E DOSES DE ADUBOS POTÁSSICOS EM PRÉ PLANTIO NA CULTURA DO
MILHO – SAFRA VERÃO (2022/2023)**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Alexandre Alves de Carvalho
Orientador

LAVRAS-MG
2023

FONTES E DOSES DE ADUBOS POTÁSSICOS EM PRÉ PLANTIO NA CULTURA DO MILHO – SAFRA VERÃO (2022/2023)

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 22 de novembro de 2023.

Alexandre Alves de Carvalho, Professor DAG, UFLA

Jerónimo Alexandre Rafael, Doutorando em Fitotecnia/UFLA

Gustavo Cardoso de Paiva Civitereza, Coordenador de Desenvolvimento de Mercado - Terra de Cultivo

Prof. Dr. Alexandre Alves de Carvalho
Orientador

LAVRAS-MG

2023

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, por me conceder as forças para lutar todas minhas batalhas diárias, me permitindo chegar até aqui.

À minha mãe, Dirlene, por todo incentivo com a minha vida acadêmica, com todos os esforços que ela não poupou para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos meus irmãos, Rafael e Rafaela, que me deram o exemplo, e sempre me cativaram para que eu pudesse seguir o bom caminho, e que sempre estiveram presentes nos momentos em que eu precisei.

Ao meu pai, Aroldo, por me ensinar o valor da simplicidade da vida do campo, que me fez apaixonar pela agricultura.

Ao Núcleo de Estudos Em Sistema de Plantio Direto (NESPD), por me proporcionar conhecimentos durante a graduação, amizade e trabalho. Agradeço a cada membro do NESPD, os trabalhos e esforços para que pudéssemos conduzir um experimento em campo.

Ao meu orientador, professor Alexandre, por me auxiliar nessa monografia, além de me passar conhecimentos únicos para minha formação e também pela amizade.

A empresa Terra de Cultivo, que auxiliou esse trabalho de todas as formas possíveis, contribuindo com a pesquisa dentro da nossa universidade.

A Universidade Federal de Lavras, por me proporcionar uma formação de qualidade, com experiências únicas.

A todos meus amigos que conheci durante a graduação por tornarem a caminhada mais leve.

MUITO OBRIGADO!!

A persistência é o menor caminho para o êxito.

(Charles Chaplin)

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Pereira, Michel.

FONTES E DOSES DE ADUBOS POTÁSSICOS EM
PRÉ PLANTIO NA CULTURA DO MILHO – SAFRA
VERÃO (2022/2023) / Michel Pereira. - 2023.

39 p. : il.

Orientador(a): Alexandre Alves De Carvalho.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2023.
Bibliografia.

1. Cultura do milho. 2. Adubação organomineral. 3.
Potássio e nutrição mineral. I. De Carvalho, Alexandre Alves.
II. Título.

RESUMO

A adubação organomineral é uma alternativa sustentável de fertilização que vem crescendo nos últimos anos, aliando os benefícios da adubação mineral convencional com os da orgânica e que podem trazer benefícios à cultura do milho. Sua utilização pode reduzir as perdas de nutrientes no solo e aumentar a eficiência do fertilizante. Logo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes doses de fertilizantes organomineral e mineral potássico, em pré-plantio, nos componentes de produção do milho. O experimento foi instalado no painel de aulas práticas do Departamento de Agricultura, localizado na Universidade Federal de Lavras, utilizando-se sementes do milho híbrido DKB 335 PRO3 PO. Os tratamentos consistiram no uso de duas fontes de adubos potássicos, em pré-plantio, sendo o cloreto de potássio (62% de K_2O) e organomineral Productive[®] (30% de K_2O), nas dosagens de 100, 70 e 50% da dose base (150 kg/ha de K_2O). O tratamento adicional foi representado pela ausência da adubação potássica. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial (2x3) +1, com 5 blocos. As amostras de solo foram coletadas antes e após a colheita do milho para análise química de fertilidade. Também, foram coletadas folhas no estágio fenológico R1 a fim de comparar o teor de K no tecido foliar de plantas dos diferentes tratamentos. Após a colheita, foram analisados os componentes de produção para estimar a produtividade de cada tratamento.

Palavras-chave: *Zea mays*; Adubo organomineral; Nutrição mineral; Potássio.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 A cultura do milho no Brasil.....	12
2.3 Aspectos técnicos sobre o cultivo do milho.....	13
2.3 Potássio e adubação potássica.....	15
2.4 Adubos organominerais	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
3.1 Área experimental.....	21
3.2 Implantação e condução do experimento.....	23
3.3 Avaliações	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5. CONCLUSÃO.....	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Escala fenológica do milho, Adaptado de Fancelli (1986)	13
FIGURA 2 –Área utilizada para a realização do experimento, Lavras – MG	21
FIGURA 3 – Precipitação e temperatura média (mínima e máxima) referente ao período de implantação do experimento (26 de outubro de 2022 a 27 de abril de 2023), Lavras – MG.	22
FIGURA 4 – Operações de plantio e adubação	24
FIGURA 5 – Croqui do experimento	25
FIGURA 6 – Aplicação de agrodefensivos no experimento	26

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Requerimento de nutrientes pela cultura do milho.....	15
TABELA 2 – Resultados de análise química de amostras do solo utilizado no experimento.....	23
TABELA 3 – Tratamentos do experimento.....	24
TABELA 4 – Quadrados médios de pesos de espiga na planta e peso por planta cultivados em diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos no estádio R5.5.....	29
TABELA 5 - Médias de pesos de espiga na planta e peso por planta cultivados em diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos no estádio R5.5.....	29
TABELA 6 – Quadrados médios da altura de plantas e altura da inserção da primeira espiga em milho safra cultivado em diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos no estádio R6...30	30
TABELA 7 - Médias da altura de plantas e altura da inserção da primeira espiga em milho safra cultivado em diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos no estádio R6.....	31
TABELA 8 – Quadrados médios do número de espiga produtivas por planta, peso de mil grãos e produtividade de milho cultivado em diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos....	31
TABELA 9 - Médias do número de espiga produtivas por planta, peso de mil grãos e produtividade de milho safra cultivado em diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos.....	32
TABELA 10 - Quadrados médios dos teores de macronutrientes nas folhas de milho safra cultivado em diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos no estádio R1.....	33
TABELA 11 Tabela 11 – Médias dos teores de macronutrientes nas folhas de milho safra cultivado em diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos no estádio R1.....	33
TABELA 12 – Quadrados médios dos dados relativos a teores de K ₂ O no solo pós cultivo de milho safra.....	34
TABELA 13 - Média de teores de K ₂ O no solo pós cultivo de milho safra.....	35

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de milho no mundo. A produção na safra 2022/2023 foi de 131.866 milhões de toneladas de milho colhidos em 22.260 milhões de hectares (CONAB, 2023). Em Minas Gerais, espera-se queda na produção do grão na safra 2023/2024 devido às reduções em áreas cultivadas com esse cereal. Possivelmente, essa redução foi ocasionada pelas baixas cotações do cereal, além da maior liquidez e melhores cotações da soja (CONAB, 2023). A cultura do milho tem grande representatividade no Brasil, sendo cultivada por grandes e pequenos produtores visando o mercado interno e externo, subsistência e alimentação animal. Além disso, também é uma cultura que abrange duas janelas de semeadura no ano, tudo isso consolida o milho como um dos principais cereais produzidos no Brasil (CONTINI et al., 2019).

O potássio (K) é o segundo macronutriente mais requerido pelas plantas, sendo esse nutriente escasso na maioria dos solos brasileiros, sendo necessária e suplementação desse nutriente para as plantas. Além disso, os adubos potássicos normalmente vêm do exterior, o que onera ainda mais o custo da produção. Ademais, ainda existe o problema da lixiviação do k, principalmente em solos arenosos, devido à baixa capacidade dos solos em reter esse nutriente (TEIXEIRA 2013; MALAQUIAS E SANTOS, 2017).

O K, considerado macronutriente de plantas, está relacionado a vários processos fisiológicos nos vegetais, como regulação da abertura e fechamento estomático e ativação de enzimas, sendo, portanto, imprescindível para que a planta complete seu ciclo de vida (MALAVOLTA, 2006). Do ponto de vista agrônomo, o teor de adubação potássica afeta diretamente em componentes de produção, como a massa de mil grãos, produção de massa seca entre outros, em suma, o potássio está atrelado a produtividade (OLIVEIRA et al., 2019).

Assim, como a adubação potássica é onerosa no sistema de produção, e o nutriente é passível de ser perdido no solo por lixiviação e não ser efetivamente assimilado pelas plantas, faz-se necessário que sejam elaboradas formas eficientes de adicionar o nutriente no solo, minimizando perdas e aumentando a eficiência das plantas, com o intuito de reduzir os custos de produção, aumentar a rentabilidade e tornar os sistemas de produção agrícola mais sustentáveis. Nesse sentido, a adubação organomineral se torna uma alternativa plausível para conseguir esses resultados.

A estratégia de usar matéria orgânica para fornecer nutriente e melhorar a composição do solo já é antiga na agricultura. Zapparoli e Barros (2016) lista como benefícios no solo a melhora da CTC (capacidade de troca catiônica), redução da oscilação térmica do solo,

melhores condições para desenvolvimento da microfauna, melhora da penetração de água e retenção no solo, entre outros. No entanto, usar somente a matéria orgânica que tem baixa concentração de nutrientes pode ser oneroso, visto que seria necessário um grande volume de composto para suprir a necessidade de nutrientes das plantas.

O organomineral surge como um intermediário entre o composto orgânico puro que tem baixa concentração de nutrientes e o fertilizante mineral convencional que é altamente concentrado em nutrientes. Além de suprir as demandas da planta por nutrientes, visto que tem uma concentração intermediária, esse adubo visa maior eficiência da adubação, tendo em sua composição mecanismos que assegurem que maior parte dos nutrientes liberados no solo sejam absorvidos pela planta (DA SILVA, 2020).

Como o adubo organomineral contém a parte mineral associada a matéria orgânica, espera-se que haja uma liberação lenta do nutriente no solo, maximizando o potencial de aproveitamento do mesmo pela planta. Além disso, há também a melhora da CTC do solo, definida como a capacidade de retenção de cátions, em suma, o adubo organomineral também tem a capacidade fazer o solo reter com mais eficiência a matéria orgânica. Além de aumentar a eficiência dos adubos solúveis reduzindo a lixiviação no solo, esses adubos dão um destino ecologicamente correto para resíduos de produção de outras áreas. Assim, o adubo organomineral permite fazer uma agricultura mais sustentável (Benites; Polidoro, 2010).

Ao observar a dinâmica do adubo organomineral correlacionada a importância da adubação potássica na cultura do milho, este trabalho objetivou avaliar o comportamento produtivo da cultura do milho quando adubada com fertilizantes mineral convencional - cloreto de potássio (KCl) e organomineral Productive[®], em diferentes doses.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do milho no Brasil

O milho sempre foi um dos grandes pilares comerciais da agricultura brasileira, representando uma quantia significativa do PIB. De acordo com Neto (2016) e Bezerra et al. (2008), esse cereal tem grande importância econômica devido sua gama de utilização, principalmente na alimentação. Aproximadamente 70% do seu consumo no mundo é destinado a alimentação animal, compondo a base energética das dietas da maioria dos sistemas de produção animal. Há também representatividade na alimentação humana, sendo o milho verde matéria prima de várias comidas típicas brasileiras.

Normalmente o milho colhido como grão é destinado para a composição de rações, principalmente da bovinocultura, avicultura e suinocultura. O milho silagem é destinado em grande parte para bovinos em confinamento. Na alimentação humana o milho normalmente é usado como um substituto para farinha de trigo, componente de bebidas alcoólicas não maltadas ou extração de óleos entre outras funções (SILVA et al. 2017).

Além da importância econômica dessa cultura, há ainda relevância social e energética. A semeadura do milho para subsistência é comum por pequenos produtores e produtores familiares. Portanto, torna-se uma das culturas mais comuns do Brasil, semeadas em pequenas áreas e grandes áreas com altos níveis tecnológicos (CONTINI et al., 2019). No setor energético brasileiro, evidencia-se crescimento em relação aos aspectos técnicos e econômicos da produção de etanol de milho. No ano de 2020 registra-se 15 usinas aptas a produção de etanol a partir de milho, com capacidade de produção de aproximadamente 3 milhões de litros.

A cultura do milho pode ser implantada em todas as regiões do país, na primeira safra (plantio de setembro a janeiro) e na segunda safra (plantio de janeiro a fevereiro). A produção mais expressiva de milho no Brasil advém da segunda safra, também denominada de safrinha. Esse termo foi originado nos primeiros cultivos do Paraná, por gerar uma baixa produtividade. No entanto, o milho de segunda safra representa 74% da produção nacional deste cereal, portanto, mais expressivo que o milho de primeira safra no Brasil. Apesar da grande produtividade, a segunda safra pode enfrentar intempéries, como veranicos e ataque severos de pragas (CRUZ et al., 2010; CONAB 2022).

Os avanços na tecnologia genética, permitem aos produtores adquirirem no mercado sementes de híbridos de milho. São semente que contém tecnologia genética embarcada, como adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas, crescimento homogêneo, ciclos precoces, boas respostas a fertilizantes e principalmente alta produtividade (EMBRAPA,

2012). No entanto, para que os híbridos expressem seu potencial produtivo, as condições de nutrição devem ser ideais. O milho possui altos custos de produção por exigir uma grande quantidade de nutrientes para a produção de grãos ou silagem. Assim, é importante se atentar na forma de fornecimento de nutrientes e na quantidade, para que haja maior aproveitamento do adubo (KANeko et al.,2010). A adubação com N e K₂O podem apresentar até 54% do custo total da produção de milho (PAVINATO et al. 2008). Além disso, a dinâmica desses nutrientes no solo é complexa, podendo ocorrer diversos processos e perdas que fazem com que o nutriente colocado no solo via adubação não seja efetivamente aproveitado pela planta. Por isso a tecnologia embarcada nesses adubos cresce a cada dia, a fim de aumentar a eficiência dos fertilizantes

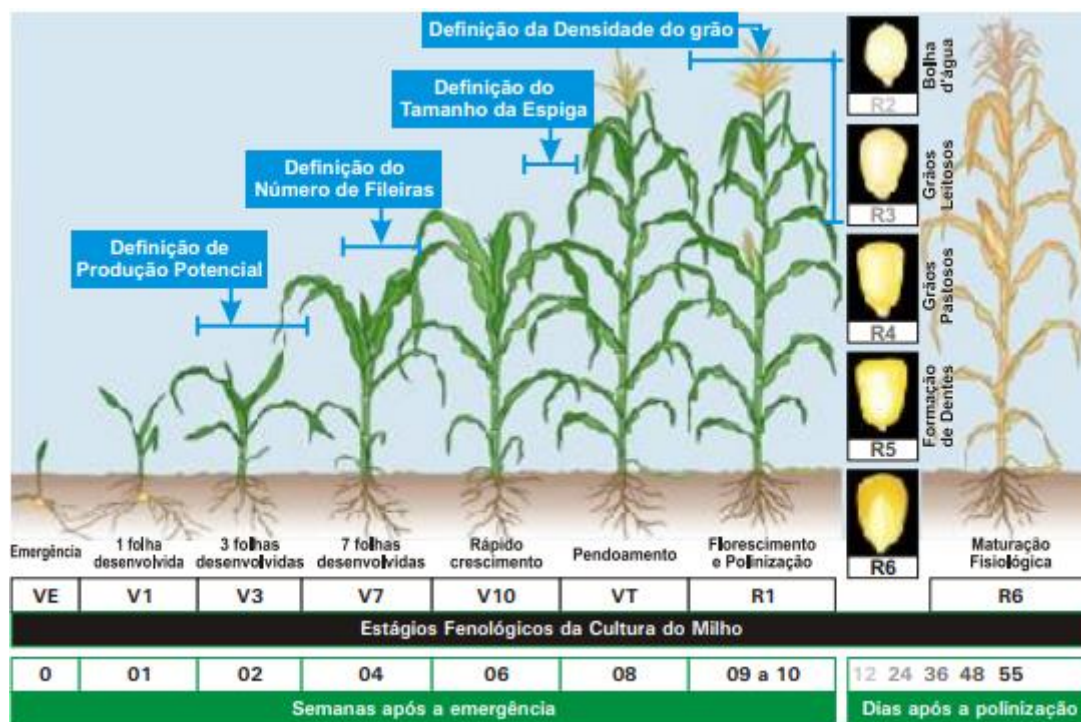
2.2 Aspectos técnicos sobre o cultivo do milho

Para aprimorar o cultivo do milho, vários estudos são feitos em torno da cultura. A partir desses estudos, é possível tomar decisões acerca da cultura de forma mais assertiva. Por exemplo, a partir dos fatores climáticos que envolvem o cultivo da cultura, como disponibilidade de chuvas, temperatura e outras variáveis climáticas. O Ministério da Agricultura e Pecuária desenvolveu, desde 1996, o zoneamento agrícola de risco climático, propondo zonas consideradas de risco ou não em uma determinada data, para o cultivo de várias culturas diferentes (MALDANER et al., 2014).

No Brasil, o milho pode apresentar ciclos variando de 110 a 160 dias, de acordo com o genótipo que podem ser classificados como: superprecoce, precoce e tardio (FANCELLI, 2015). Assim, com o objetivo de melhorar ainda mais o cultivo dessa cultura, foi elaborada uma escala que divide os eventos e mudanças morfológicas durante o ciclo da planta. Nesse raciocínio, tomar decisões agronômicas baseadas na escala fenológica oferece maior assertividade do que tomar decisões baseadas em dias após o plantio da planta, visto que, o ciclo pode variar de acordo com os fenótipos ou de acordo com as condições ambientais.

Na figura 1, é possível ver a escala fenológica proposta por Fancelli em 1986, sendo essa escala utilizada até os dias atuais.

Figura 1- escala fenológica do milho



Fonte: Adaptado de Fancelli (1986).

Existem alguns aspectos técnicos que afetam diretamente na produção de milho. O controle de plantas daninhas é imprescindível para uma produção agrícola economicamente rentável, pode ser feito de forma manual, mecânica ou química, sendo a última forma a mais utilizada. Atualmente, o manejo integrado tem sido amplamente empregado como uma forma mais eficiente e sustentável de controlar plantas daninhas. Esse manejo leva em consideração a planta daninha e o sistema em que a mesma está inserida adotando técnicas alternativas para o auxílio no controle dessas plantas invasoras, como uso de plantas de cobertura ou até mesmo consórcios, reduzindo custos de produção e até mesmo reduzindo casos de resistência a herbicidas (RODRIGUES, 2022).

Outro ponto de extrema relevância na produção de milho é a nutrição. É de comum consenso que a planta produz mais em áreas com índices maiores de fertilidade, e mesmo em áreas com a fertilidade já construída é imprescindível o fornecimento de Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) para a produção economicamente rentável. Os demais nutrientes também são imprescindíveis para a produção agrícola, no entanto o trio NPK é responsável por grande parte do custo de produção, e é quase uma regra a adubação em cada safra com esses três nutrientes (SIMÃO et al., 2018).

A tabela 1 mostra os valores de extração e exportação para cada nutriente em relação a uma expectativa de produção em sacos de milho.

Tabela 1 – requerimento de nutrientes pela cultura do milho

Nutrientes	Produtividade (sc/ha)							
	60		80		100		120	
	Extração	Exportação	Extração	Exportação	Extração	Exportação	Extração	Exportação
Macro	-----Kg/ha-----							
N	90	57	120	76	149	95	179	114
P	35	31	47	42	59	52	71	63
K	79	21	105	28	131	35	157	42
Ca	14	2	19	2	23	3	28	4
Mg	16	5	21	7	26	9	32	11
S	10	4	12	5	15	7	19	8
Micro	-----g/ha-----							
Fe	848	42	1131	56	1414	70	1697	84
Mn	154	22	205	29	257	37	308	44
Cu	36	4	48	6	60	7	72	9
Zn	174	99	232	132	290	166	348	199
B	65	12	86	15	108	19	130	23
Mo	4	2	4,8	3	6	4	7	4

Fonte: Adaptado de Pauletti, 2004.

Além do controle de plantas invasoras e a adubação, o controle de pragas e doenças também é fundamental no milho. Em conformidade com Contini et al., (2019), nos sistemas de produção predominantes atualmente que visam cultivar duas ou três culturas por ano agrícola, existe acentuação dessas pragas e doenças pela chamada ponte verde. O clima tropical brasileiro oferece condições ambientais que favorece a propagação de patógenos. Doenças como: mancha branca, ferrugem, cercosporiose, podridão de espiga e enfezamento são de grande importância na cultura e podem inviabilizar total uma produção caso não seja controlada. Juntamente com as doenças, as pragas também devem ser controladas para que a produção agrícola seja possível. Dessa forma, o manejo químico e biológico já é uma prática rotineira adotada por produtores, e são consideradas pelos mesmos com indispensável na produção.

2.3 Potássio e adubação potássica

O potássio (K) é o segundo macronutriente mais requerido pelas plantas por estar envolvido nos processos de respiração, fotossíntese, abertura e fechamento estomáticos (MALAQUIAS

E SANTOS, 2017). Nos solos tropicais brasileiros são encontrados em baixos teores ($<1,5 \text{ mmolc dm}^{-3}$), sendo a adubação potássicas imprescindível para a produção agrícola brasileira. Ademais, quando se fala em fertilizantes potássicos, existe também o problema da baixa disponibilidade de reservas do nutriente no Brasil, além de alto custo para a exploração das reservas existentes. De acordo com Teixeira (2013), aproximadamente 90% dos fertilizantes potássicos utilizados em solo brasileiro são importados, onerando o custo do nutriente e fazendo com que esse se torne um dos principais componentes do custo da produção agrícola nacional.

Quanto a sua disponibilidade para a assimilação pelas plantas, o k está presente no solo de quatro formas: estrutural (mineral), pouco trocável, trocável e em solução, sendo as duas últimas formas as que mais são assimiladas pelas plantas (TEIXEIRA, 2013). São nessas formas mais disponíveis também que o K colocado no solo a partir de adubação se encontra, e pela alta disponibilidade também existe o problema de grandes perdas que existem principalmente por lixiviação desse nutriente.

Do ponto de vista molecular, o k é importante por participar da ativação de enzimas que são essenciais para a planta (MALAVOLTA, 2006). Por essa razão, é definido com um nutriente essencial para a planta, sendo aquele que a planta não consegue completar o seu ciclo reprodutivo na sua ausência. Além da ativação enzimática, esse elemento está envolvido também na abertura e fechamento estomáticos (responsável pelo controle da transpiração pela planta), respiração, composição de carboidratos, respiração entre outros. Em suma, é possível perceber que o elemento está diretamente ligado com o controle de perda de água pela planta, sendo um fator crítico principalmente na produção de milho segunda safra.

Além disso a adubação com K pode afetar a concentração de outros nutrientes como N, Ca e Mg nos tecidos foliares. Redução de tamanho de internódios, redução de dominância apical ou no crescimento de plantas, atraso na frutificação e enchimento de grãos originando grãos menores e com coloração menos intensa, e clorose nas folhas, são alguns dos sintomas da deficiência de K no milho (LANGE et al., 2019).

De acordo com Takasu et al. (2014) o potássio está correlacionado também com a precocidade do aparecimento da inflorescência feminina, uniformidade de maturação e resistência de colmo. Caso sejam disponibilizadas quantidades inadequadas de potássio para as plantas, podem ser encontradas espigas amareladas e flexíveis e com abortamento nas pontas. Esses prejuízos, em plantas deficientes de potássio, decorrem devido a intensa absorção desse nutriente no período de embonecamento (R1) e sua ausência acarreta em má formação.

De acordo com Oliveira et al., (2019), a massa de mil grãos é o componente de produção com maior peso no aumento da produtividade. A massa de mil grãos é afetada diretamente pelo acúmulo de fotoassimilados durante a fase vegetativa, e também pela quantidade desses que são translocados para os grãos. Tendo em vista que o potássio participa ativamente no transporte de carboidratos e acúmulo nos grãos, pode-se entender que existe uma correlação direta entre a extração de K pela planta e a produtividade (SIMÃO et al., 2018). Essa importância do K pode ser confirmada pela alta extração e exportação deste nutriente pela cultura do milho. De acordo com Embrapa (2016), em média a cultura do milho extrai 181 kg/ha de K_2O do solo até o estágio R6. De todo o potássio extraído, cerca de 21% desse nutriente é exportado juntamente com os grãos na colheita.

Nessa perspectiva, fica claro a importância de ser feita uma boa adubação potássica na cultura do milho para se obter altas produtividades. Com o crescente aumento da tecnologia agrícola, tendo em mente que os materiais genéticos usados no dia de hoje possuem grande potencial produtivo, é possível detectar respostas à adubação potássica em doses de até 120 kg ha^{-1} de K_2O para o milho (COELHO, 2006, LANGE et al., 2019).

Ainda de acordo com Coelho (2006), mesmo com aumentos significativos na produção, a interpretação da análise de solo para calcular a dose de potássio é imprescindível. Em solos com teores adequados de potássio no solo, denominados de solos com a fertilidade construída, a adubação pode ser calculada apenas visando repor aquilo que foi exportado nos grãos. É importante ressaltar também que o índice salino do K_2O pode ser prejudicial em doses grandes posicionadas no sulco de plantio. Assim, quando a recomendação exceder 60 kg/ha de K_2O , o mais adequado é que a dose de potássio seja parcelada no plantio, e o restante juntamente com a cobertura de nitrogênio, para evitar danos às sementes.

Cavalli e Lange (2018) estudaram a dinâmica do potássio nos sistemas de produção, principalmente na sucessão de soja e milho. O K colocado na cultura de verão apresenta significativa importância nos resíduos deixados para a cultura subsequente, no caso o milho safrinha é influenciado pela adubação da cultura anterior. Esse K residual deixado para o milho segunda safra garante melhores respostas do milho sob stress hídrico, situação comum na safrinha do cerrado brasileiro.

O K é um nutriente com valor expressivo para o produtor e facilmente lixiviado, principalmente em solos arenosos (BERTOL et al. 2007). Neste sentido, é importante a adoção de técnicas para reduzir as perdas desse nutriente no solo e garantindo sua assimilação pela planta. O uso dos fertilizantes organominerais pode-se tornar uma solução para esse problema, pois o mesmo pode associar os nutrientes presentes nos minerais com compostos orgânicos que

têm alta capacidade de se ligar às cargas do solo (DA SILVA, 2020). Além disso, as fontes minerais de K são finitas, e como o Brasil não consegue suprir com a produção local nem o que usa na sua própria produção, associar compostos orgânicos é uma questão de sustentabilidade. Além da melhora na eficiência de absorção dos nutrientes, a matéria orgânica presente nos fertilizantes organominerais favorece outras características importantes no solo como: melhoria da estrutura, densidade, porosidade, capacidade de retenção de água e favorecer a biota do solo. Todos esses fatores condicionantes do solo caminham juntos para um aumento de produtividade (CRUZ; PEREIRA; FIGUEIREDO, 2017).

2.4 Adubos organominerais

De acordo com Associação Nacional para Difusão de Adubos - ANDA (2022), o Brasil importou, de janeiro a novembro de 2022, mais de 32 milhões de toneladas de fertilizantes. Esse valor apresentou uma redução de 9,3% comparado com o ano anterior. Essa redução pode sinalizar um aumento da eficiência brasileira em produzir seu próprio fertilizante, associado com um melhor aproveitamento do mesmo devido às práticas modernas de agricultura.

Teixeira (2013) descreve que aproximadamente $\frac{1}{4}$ dos solos brasileiros são provenientes do bioma cerrado, sendo característico desses solos a presença de alumínio e manganês tóxico para plantas cultivadas. Nesse mesmo trabalho também é destacado que a maioria dos solos brasileiros são ácidos e pobres em P e K, sendo assim, a agricultura nacional dependente da importação de adubos que contenham esses nutrientes para que a produção agrícola seja possível. Destaca-se também a grande dependência do Brasil pela importação de adubo quando comparado com outros países de produção agrícola elevada.

Nos últimos anos, os adubos minerais convencionais como ureia, nitrato de amônio, cloreto de potássio, MAP, entre outros, têm tido uma significativa alta de preços. Essa alta nos preços aliada a uma preocupação com a dependência dessas fontes não renováveis para produzir, fez surgir uma nova vertente tecnológica de adubação. Nesse cenário, a ideia de utilizar matéria orgânica para potencializar a adubação mineral convencional conquista adeptos. De acordo com Malaquias e Santos (2017), a associação de resíduos orgânicos oriundos de outros sistemas de produção com adubo convencional é uma estratégia de baixo custo, que pode inclusive tornar o produto final mais barato.

Os resíduos orgânicos quando usados na adubação, apresentam muitas vantagens. Algumas dessas vantagens são listadas por Zapparoli e Barros (2016), como o aumento da CTC do solo, especialmente em solos arenosos ou muito intemperizados, melhora da estrutura do solo, aumentando infiltração da água assim reduzindo a susceptibilidade a erosão, aumento da

retenção de água, redução da temperatura e oscilação térmica e nutrição da fauna microbiana presente no solo além de melhorar as condições de sobrevivência de microrganismos. Todas essas características favoráveis que a matéria orgânica traz ao solo somam cumulativamente para o aumento de produtividade das culturas e sustentabilidade da agricultura.

O uso único de resíduos orgânicos para suprir a necessidade de nutrientes das plantas cultivadas, tende a ser mais oneroso, dado que a concentração de nutrientes nesses resíduos é baixa quando comparados com os adubos minerais ou químicos convencionais, assim para alcançar a mesma quantidade de nutrientes seria necessário um volume muito alto de composto para uma adubação exclusivamente feita com resíduos orgânicos. De acordo com Macan, Pinto e Homma (2019), também há o entrave da liberação lenta de nutrientes, relacionada ao processo de mineralização e quebra de moléculas orgânica que o adubo orgânico tem que passar. Essa liberação lenta pode dificultar a liberação de nutrientes acompanhando a marcha de absorção da planta. Assim, entende-se que o adubo organomineral tende a ser mais eficiente do que o adubo orgânico.

A Instrução Normativa nº 23, de 31 de agosto de 2005, define o fertilizante organomineral como produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos. Nessa mesma instrução são definidas as formas em que podem ser comercializados esses produtos, sendo elas: farelada, granulada e peletizada. No Capítulo III da Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009, encontram-se especificações, garantias e características dos organominerais para a sua aplicação no solo no art. 8º, § 1º consta que os organominerais devem possuir em sua composição, no mínimo: 8% de carbono orgânico; CTC de 80 mmolc kg⁻¹; 10% de macronutrientes primários isolados (N, P, K) ou em misturas (NP, NK, PK ou NPK); 5% de macronutrientes secundários e umidade máxima de 30%. Essas normativas são de grande importância, pois estabelecem teores mínimos de concentração de nutrientes e respaldam a qualidade mínima para que sejam calculadas as doses de adubação.

Os adubos organominerais associam a alta concentração de nutrientes dos adubos minerais com todas as vantagens que a matéria orgânica traz para o solo. Assim, com os nutrientes complexados a matéria orgânica, espera-se que haja uma liberação gradativa para a solução do solo, reduzindo perdas. Além disso, a matéria orgânica é capaz de proteger os nutrientes de reações de adsorção que ocorrem no solo e que podem deixá-los indisponíveis para plantas (DA SILVA, 2020). Segundo Teixeira (2013) e Guessier et al. (2021), o K vendido em sua maior parte no Brasil como cloreto de potássio (KCl), esbarra com o problema da perda por lixiviação nos solos brasileiros, esse efeito é acentuado em áreas com grandes volumes de precipitação. A lixiviação do K está intimamente ligada a CTC (T) do solo, dado que quanto

maior o valor dessa, maior é a capacidade que o solo tem de reter nutrientes na sua solução e evitar a lixiviação. Logo, entendendo que o potássio organomineral é liberado de forma gradativa na solução do solo e que a fração orgânica deste adubo promova um aumento nos valores da CTC, espera-se menores perdas de K quando esse nutriente é fornecido via adubação organomineral.

Quando comparados com o uso de fertilizantes *in natura* como cama de frango, os organominerais apresentam redução na perda de nitrogênio (N) devido ao enterrio ou inserção do fertilizante no sulco, quando se trata de peletizados. Para o fósforo (P), espera-se maior aproveitamento de organominerais em relação aos fertilizantes minerais comuns, em função de ânions orgânicos presentes no fertilizante, que irão ligar-se aos sítios de adsorção presentes nos coloides dos solos tropicais do Brasil, aumentando a proporção de fósforo colocado por adubação que irá efetivamente ficar disponível para a planta (BENITES; POLIDORO, 2010). Benefícios como melhora do desenvolvimento radicular, aumento e diversificação da microbiota do solo, redução da acidificação do solo, aumento da retenção de água, e até mesmo redução do número de operações de maquinário em razão da liberação lenta do N contido nos organominerais também foram descritos por Oliveira (2016).

Dessa forma, Martin et. al (2022) confirma alguns dos pontos já levantados, listando resultados de trabalhos em que o organomineral obteve melhores desempenhos que o mineral convencional, em que foram descritas maiores produtividades com o organomineral na cultura do milho e da soja. Nesse mesmo trabalho, o autor concluiu que a adubação com organomineral pode responder de forma diferente de acordo com a cultivar utilizada, no entanto, a adubação organomineral pode ser usada em substituição a adubação convencional sem nenhum prejuízo na produção da cultura.

Outra vantagem do uso de fertilizantes organominerais quando comparado com os minerais convencionais é dar um destino ecologicamente sustentável a resíduos de produção de outros sistemas. Ademais, quando se opta por produzir organominerais com resíduos da produção intensiva de suínos ou aves, há um considerável ganho de logística para as áreas produtoras de grãos que se encontram perto dessas áreas de processamento de fertilizantes, resultando em redução de custos e tornando a prática ainda mais sustentável (BENITES; POLIDORO, 2010).

Além do advindo da produção animal, os grandes centros urbanos também são responsáveis pela produção de uma grande parte de resíduos orgânicos. De acordo com Zapparoli e Barros (2016), residências, indústrias e comércio produzem uma grande quantidade de resíduos que não são aproveitados, e ainda são destinados a aterros ou lixões, causando significativos impactos ambientais, como contaminação de águas, solo e ar. A compostagem é uma forma de

transformar esse resíduo em composto orgânico que, por sua vez, pode ser aproveitado na formulação de adubos organominerais. Assim, conclui-se que optar pelo uso de organominerais em vez do mineral convencional é uma forma de tornar a agricultura mais sustentável.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi realizado no painel de aulas práticas do Departamento de Agricultura (DAG)/Universidade Federal de Lavras – UFLA (Figura 2), localizada no município de Lavras – MG a 21°13'52'' de latitude Sul e 44°58'10'' de longitude Oeste.

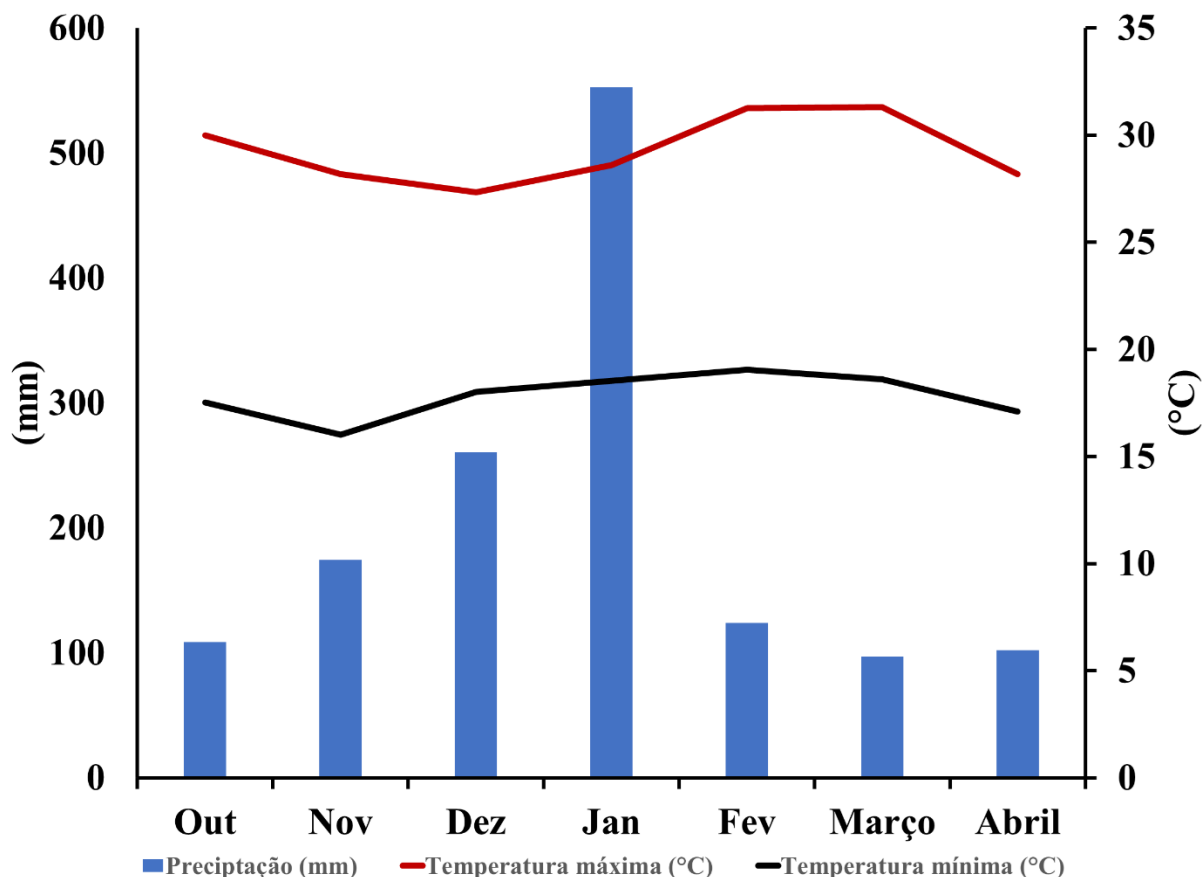
Figura 2 – Área utilizada para a realização do experimento, Lavras – MG



Fonte: Google Earth; Michel Pereira.

De acordo com DANTAS et. al (2007), o clima de Lavras segundo a classificação de Köppen é CWA. Trata-se de um clima temperado, com invernos secos e verões chuvosos. Já na classificação climática de Thornthwaite, o clima de Lavras é B_{3r}B_{3a}, úmido com pequenas deficiências de água. A precipitação e as temperaturas médias (mínima e máxima) referente ao período de implantação do experimento estão demonstradas na Figura 3.

Figura 3- Precipitação e temperaturas médias (mínima e máxima) referente ao período de implantação do experimento (26 de outubro de 2022 a 27 de abril de 2023), Lavras – MG.



Fonte: INMET/BDMEP (2023)

O solo presente na área foi caracterizado como textura argilo-arenosa, contendo 48,7 % de argila, 45,1% de areia e 6,2% de silte. Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo a fim de se conhecer as condições físicas e químicas do solo em que seria instalado o experimento. As amostras foram levadas para o laboratório 3r LAB na cidade de Lavras/MG. Os resultados da análise estão na tabela 2.

A área em que o experimento foi implantando possuía um histórico de cultivo de cana, seguido uma implantação de milho. O histórico de cultivo dessa área pode ter contribuído para que o teor de K encontrado na área fosse elevado, como observado na tabela 2.

Tabela 2- Resultados de análise química de amostras do solo utilizado no experimento. UFLA, Lavras-MG.

Características	Valores
pH em água	5,70
P disponível (mg/dm ³)	2,80
P remanescente (mg/L)	22,20
K (mg/dm ³)	99,60
Ca (cmolc/dm ³)	2,40
Mg (cmolc/dm ³)	0,80
Al (cmolc/dm ³)	0,00
H+Al (cmolc/dm ³)	2,30
S (mg/dm ³)	4,90
T (cmolc/dm ³)	5,76
t (cmolc/dm ³)	3,46
V (%)	60,07

3.2 Implantação e condução do experimento

O preparo do solo foi feito aproximadamente 2 meses antes da semeadura do ensaio. Foi feita aração, seguida de calagem (2 t ha⁻¹) para elevação dos teores de Ca e Mg no solo, visando atingir 60% da CTC do solo com Ca e 20% com Mg.

A semeadura foi feita de forma manual (Figura 4). Utilizou-se uma semeadora para abrir os sulcos na área experimental. Depois que os sulcos foram abertos, foram delimitados a área de cada parcela. Cada parcela foi composta de 8 linhas de 5 metros, espaçadas a 50 cm entre si. A unidade experimental recebeu o fertilizante potássico em pré-plantio, na dose calculada para cada tratamento. O fertilizante foi distribuído a lanço de forma manual, visando atingir toda área da parcela de forma homogênea, tentando simular ao máximo a distribuição mecânica que ocorre nas lavouras.

Depois da adubação pré-plantio, foi feita a adubação no sulco com o adubo Evolutions® (05-24-00), na dose de 500 kg/ha de forma homogênea para todos os tratamentos. Para isso, foi feito uma medida com capacidade de 125 g do adubo para ser distribuída em 5 m lineares. Para o plantio, foram usados gabaritos que visavam posicionar 3,5 sementes por metro linear,

para atingir a população calculada de 70.000 plantas por hectare. As sementes utilizadas foram do híbrido DKB 335 PRO3 PO. A semeadura foi realizada no dia 26 de outubro de 2022, na janela recomendada pelo Zoneamento de Risco Climático (ZARC – Plantio Certo), a fim de se minimizar os riscos de fatores ambientais associados a época de plantio.

Figura 4 – Operações de plantio e adubação



Fonte: Michel Pereira, UFLA.

Dois adubos potássicos foram usados em pré-plantio. O KCl com aproximadamente 62% de K em sua composição, representando o adubo mineral convencional. Para testar a eficiência da linha dos organominerais foi utilizado o adubo Produtive®, contendo 30% de K em sua composição. Os tratamentos utilizados foram descritos na Tabela 3.

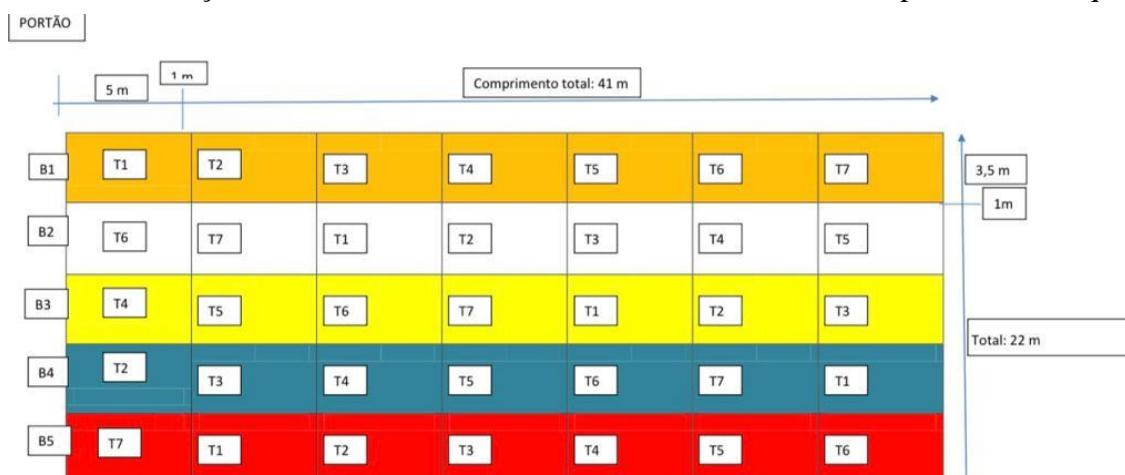
Tabela 3 – Tratamentos do experimento

Tratamento	Adubo	Dose (kg/ha)
1	sem aplicação de fertilizantes potássicos em pré-plantio	
2	KCl (00-00-62)	241 kg/ha (100% da dose de K)
3	KCl (00-00-62)	170 kg/ha (70% da dose de K)
4	KCl (00-00-62)	120 kg/ha (50% da dose)
5	Produtive (00-00-30)	500 kg/ha (100% da dose de K)
6	Produtive (00-00-30)	350 kg/ha (70% da dose de K)
7	Produtive (00-00-30)	250 kg/ha (50% da dose de K)

O delineamento experimental em blocos casualizados foi utilizado, a fim de se reduzir a influência das condições ambientais nos resultados do experimento. Foram utilizados 7 tratamentos com 5 repetições e distribuídos aleatoriamente (Figura 5).

Figura 5 – Croqui do experimento.

A adubação de cobertura foi fracionada em dois momentos. A primeira feita quando a



Descrição do ensaio	
Fatores	Quantidade dos fatores
Manejos	7
Número de tratamentos: 7 (Manejos) = 7 Tratamentos	
Número total de parcelas: 7 tratamentos x 5 repetições = 35 parcelas	
Tamanho das parcelas: 8 linhas x 5 m de comprimento	
Delineamento experimental: DBC	

maioria das plantas se encontravam no estágio fenológico V3, sendo esse caracterizado por 3 folhas totalmente abertas, com bainha e lígula totalmente visíveis, e a segunda entrada em V5 com 5 folhas totalmente abertas. Foi aplicada uma dose correspondente a 200 Kg/ha de ureia em cada entrada de adubação de cobertura, totalizando 400 kg/ha de ureia em cobertura. A unidade experimental foi representada por oito linhas de cinco metros, sendo as quatro linhas centrais consideradas como parcela útil.

O controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação do herbicida não seletivo Glifosato®, quando as plantas de milho estavam em V3 e depois em V5, antes de receberem as adubações de cobertura. Foi adicionado 1% do volume da calda de adjuvante para potencializar o efeito do herbicida (Figura 6).

As demais capinas foram feitas de forma manual apenas em áreas localizadas, onde o crescimento de plantas indesejadas poderia atrapalhar a condução do experimento.

Figura 6 - Aplicação de agrodefensivos no experimento



Fonte: Michel Pereira

Durante toda a condução do experimento foi feito o monitoramento de pragas e doenças da cultura do milho. Para o controle de insetos, em V3 foi feito controle de lagartas e percevejo com Clorpirifós, Acetamiprido + Bifentrina. Em V5 e V8 foi aplicado novamente Acetamiprido + Bifentrina associado com Bifentrina + Carbosulfano visando o controle da cigarrinha do milho. No estágio V6, foi aplicado Metomil visando a redução da desfolha causada por lagartas. Para o controle de doenças foram feitas duas entradas de Piraclostrobina + fluxaproxade em V5 e V8.

Durante a condução do experimento foi possível observar danos de desfolha causados por lagartas, predominantemente do complexo Spodoptera, além de danos causados por percevejos, sendo o percevejo de barriga verde (*Dichelops furcatus*) o mais predominante na área. A cigarrinha do milho também esteve presente no estágio vegetativo e reprodutivo do milho, sendo que para essa houve uma menor tolerância, sendo feitas aplicações de inseticida aos primeiros sinais da mesma devido ao grande histórico de problemas de enfezamento do milho na área. Com relação aos sintomas de doenças encontrados na cultura foram poucos, na condução do experimento a maior preocupação foi com os danos causados por insetos.

3.3 Avaliações

As primeiras avaliações foram feitas quando o milho estava no ponto de colheita para silagem, no estágio fenológico R5.5, sendo definido esse estágio fenológico pela ocorrência da linha de leite na metade do grão. A linha do leite é marcada pela parte dura do grão, onde já houve o acúmulo de amido em contraste com a parte aquosa do grão. Foi analisado então dois

componentes que definem a produção bruta de silagem, o peso das espigas com a palha, e o peso do restante da planta, quando cortada rente ao solo.

Para isso foram coletadas 5 plantas por parcela, na parte central da parcela, sendo plantas aleatórias consideradas representativas da parcela em questão. As espigas foram separadas do restante da planta, então foram pesadas as espigas com a palha de cada planta e o restante da planta, a fim de se estimar o potencial de produção de silagem.

Após as avaliações no ponto de corte para silagem, foram avaliadas outras características, voltadas para a morfologia da planta. A altura total que as plantas atingem, além da altura de inserção da primeira espiga são variáveis que normalmente se correlacionam com a produtividade. Quando uma planta se desenvolve mais durante os estádios fenológicos vegetativos, é esperado que essas variáveis sejam superiores às de plantas que não desenvolveram adequadamente.

Por volta do estágio fenológico R6, com o auxílio de um bastão graduado, foi medida a altura total de plantas, pegando a distância do chão até a inflorescência masculina (pendão) de cada planta, em 5 plantas aleatórias no centro de cada parcela. O mesmo processo foi repetido para altura de inserção da primeira espiga, tomando como referência o solo até a base de inserção da espiga mais baixa para plantas que possuíam mais de uma espiga.

Após as variáveis morfológicas, foram avaliadas outras variáveis diretamente correlacionadas com a produtividade. Durante a condução do experimento, foi possível grande parte das plantas de milho produziram mais de uma espiga, foram encontradas inclusive plantas com 4 espigas, embora esse evento ocorreu em uma quantidade pequena de plantas e a maioria produziu apenas 1 ou 2 espigas. Sabe-se que o híbrido utilizado no experimento tem a tendência a produzir mais de uma espiga por planta, mas não foi possível concluir se o fator genético foi o único responsável por esse número de espigas ou se algum fator ambiental contribuiu para isso.

Dessa forma, o número de espigas que efetivamente produziram grãos foi analisado e levados em consideração, a fim de se verificar se as plantas com mais de uma espiga iriam ter uma produção final de grãos diferente das demais.

Para analisar os componentes de produção, foram coletadas as espigas de 3 plantas aleatórias do centro da parcela, de forma aleatória. Então foram contabilizados o número de grãos por linha (linha de grãos horizontal na espiga), e número de grãos por fileira (linha de grãos vertical). Com base nesses componentes de produção, foi possível estimar o número de grãos que continha cada espiga e cada planta. Com esses componentes, foi pesado a massa de 1000 grãos e corrigido para 12% de umidade, a fim de se chegar na produtividade final em

sc/ha de cada tratamento.

A fim de se avaliar se a mudança no estilo da adubação ou as dosagens usadas em cada tratamento proporcionaram acúmulo de nutrientes nas folhas das plantas, foi retirado em R1 uma amostra da folha, e avaliado os teores de nutrientes nas folhas por meio de análise foliar em laboratório.

Para fazer a amostragem foliar de cada parcela, coletou-se a folha oposta a espiga principal, foi destacado a nervura e as extremidades de cada folha, de modo que só a parte central da folha fez parte da amostra. As folhas foram condicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e levadas ao laboratório de análise no mesmo dia.

Após a colheita do experimento, foram coletadas amostras de solo nas parcelas equivalentes a cada tratamento para estimar o Teor de K no solo, para cada tratamento. Usando a delimitação remanescente do experimento, na área de cada parcela foram coletadas três amostras simples de solo, na profundidade de 0-10 cm, que foram posteriormente homogenizadas, embaladas em sacos de coletadas, identificadas, e mandadas para laboratório para análise.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença estatística em relação às doses de fertilizantes utilizados visando a produção do milho silagem, sendo encontradas médias estatisticamente iguais para peso de espiga e de planta (Tabela 4). Já para a análise de peso de espiga, nota-se uma diferença estatística entre o uso de fertilizantes mineral e organomineral.

Tabela 4 – Quadrados médios de pesos de espiga na planta e peso por planta cultivados em diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos no estádio R5.5. UFLA, Lavras – MG, 2023.

Fontes de variação	GL	Peso espiga na planta	Peso por planta
Bloco	4	2275,31	18603,18
Fonte (F)	1	2776,14	750,00
Dose (D)	2	15080,23*	2675,96
F*D	2	3014,43	2194,47
Ad*Fatorial	1	1361,80	17493,99
Resíduo	24	3842,12	10279,38
CV		12,00	11,16

* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade

As médias de peso de espigas com a palha variaram entre 475 e 509 gramas, já o peso do restante da planta sem as espigas variou entre 853 e 926 gramas (Tabela 5). Para a variável peso de espiga, nota-se uma diferença estatística na dose de 100%, correspondente a média de 475g de peso de espigas, sendo estatisticamente menor que as doses de 50 e 70.

Tabela 5 - Médias de pesos de espiga na planta e peso por planta cultivados em diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos no estádio R5.5

Fontes de variação	Peso espiga na planta (g)	Peso por planta (g)
Fonte (F)		
KCl	509,41 a	912,22 a
Produtiva	528,65 a	922,22 a
Dose (%)		
50	548,54 a	898,33 a
70	533,50 a	926,67 a
100	475,03 b	926,67 a
Adicional	501,20 a	853,33 a
Fatorial	519,03 a	917,22 a

*Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Comumente, espera-se que as maiores doses de fertilizantes proporcionem maiores produtividades. Além disso, esperava-se que a dose calculada de 100% seria a dose ideal para o plantio. Nesse cenário, uma possível explicação seria que os teores de K no solo já se encontravam ideais e a dose maior de adubação reduziu a produção. Esse fato já é conhecido na fitotecnia, sendo descrito pela lei de incrementos decrescentes, visto que depois de uma certa proporção ótima, o aumento da disponibilidade de um nutriente acaba por reduzir a produção.

No caso do K, essa redução poderia ser explicada pela redução de absorção de Ca no solo quando o K se encontra muito disponível, visto que, os dois nutrientes competem pelo mesmo sítio de absorção. Já para as doses de 50 e 70%, não se observou variação no peso das espigas. Esses resultados apontam pouca responsividade do milho cultivado para o nutriente K₂O. Possivelmente, anteriormente a adubação, o solo já teria potássio disponível em quantidades suficientes para que a produção não fosse comprometida mesmo com baixas doses de adubação.

Não houve diferenças significativas para altura de plantas e de inserção da 1ª espiga quanto à fonte e dose de adubos utilizados (Tabela 6).

Tabela 6 – Quadrados médios da altura de plantas e altura da inserção da primeira espiga em milho safra cultivado em diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos no estádio R6. UFLA, Lavras – MG, 2023.

Fontes de variação	GL	Altura de plantas	Altura de inserção da 1ª espiga
Bloco	4	0,02	0,07
Fonte (F)	1	0,00	0,02
Dose (D)	2	0,01	0,01
F*D	2	0,02	0,00
Ad*Fatorial	1	0,00	0,01
Resíduo	24	3842,12	0,01
CV		3,82	6,73

* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade

A altura das plantas de milho variou entre 2,48 e 2,51 m, enquanto a altura de inserção da primeira espiga na planta variou entre 1,39 e 1,43 m (Tabela 7). Esperava-se significativas variações na altura de plantas e de inserção da primeira espiga, porém não foi observado. Possivelmente, o solo já tinha um teor adequado de K₂O, fato que pode ser observado pela ausência de diferença nos valores encontrados no tratamento adicional (sem adubação). Caso houvesse alguma extensão no período vegetativo, devido a fonte de adubo utilizado ou a dose, isso poderia impactar diretamente na produtividade no final das análises do experimento.

Tabela 7 - Médias da altura de plantas e altura da inserção da primeira espiga em milho safra cultivado em diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos no estádio R6. UFLA, Lavras – MG, 2023.

Fontes de variação	Altura de plantas (m)	Altura de inserção da 1º espiga (m)
Fonte (F)		
KCl	2,51 a	1.39 a
Produtiva	2,50 a	1.40 a
Dose (%)		
50	2,50 a	1.37 a
70	2,48 a	1.43 a
100	2,53 a	1.40 a
Adicional	2,44 a	1.39 a
Fatorial	2,50 a	1.40 a

*Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

De acordo com a tabela 8, não houve diferenças estatísticas para espigas produtivas por planta, peso de mil grãos, produção e grãos por linha e por fileira (Tabela 8). O número de espigas produtivas por plantas variou entre 1,14 e 1,23 espigas por planta, enquanto o peso de 1000 grãos variou de 309,12 a 325 gramas (Tabela 9). O número de grãos por linha e fileiras é utilizado para calcular o número de grãos por espiga. O número de espigas por planta, o número de grãos por espiga e o peso de grãos são importantes componentes de produção, que definem a produtividade final. Qualquer diferença nessas variáveis é capaz de impactar a produtividade.

Tabela 8 – Quadrados médios do número de espiga produtivas por plantas, peso de mil grão, número de grãos por linha e fileira e produtividade de milho safra cultivado em diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos. UFLA, Lavras – MG, 2023.

Fontes de variação	de GL	Espigas produtivas por planta	Peso de mil grãos	Produção (sc/ha)	Grãos por linha (horizontal)	Grãos por fileira (vertical)
Bloco	4	0,24	81.06769	2039.4	3,34	75,8
Fonte (F)	1	0,01	5.57283	2217,6	9,34	26,94
Dose (D)	2	0,04	90.39001	461,0	5,52	179
F*D	2	0,06	59.83228	1658,37	9,36	7,93
Ad*Fatorial	1	0,02	1.42025	386,65	10,05	2,31
Resíduo	24	0,03	34.84172	1294,58	6,41	57,47
CV		14,45%	5,55%	19,5%	16,58%	21,06%

* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 9 - Médias do número de espiga produtivas por planta, peso de mil grãos, número de grãos por linha e fileira e produtividade de milho safra cultivado em diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos. UFLA, Lavras – MG, 2023.

Fontes de variação	Espigas produtivas por planta	Peso de 1000 grãos	Produção (sc/ha)	Grãos por linha (horizontal)	Grãos por fileira (vertical)
Fonte (F)					
KCl	1,18 a	320,78 a	177,33 a	14,93 a	35,15 a
Produtiva	1,23 a	318,20 a	194,53 a	16,05 a	37,05 a
Dose (%)					
50	1,14 a	325 a	191,97 a	15,16 a	39,04 a
70	1,26 a	323,63 a	178,58 a	16,34 a	31,25 a
100	1,22 a	309,12 a	187,24a	14,96 a	38,02 a
Adicional	1,28 a	317,76 a	176,43 a	13,96 a	35,37 a
Fatorial	1,20 a	319,49 a	185,93 a	15,49 a	36,10 a

*Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Do mesmo modo, em relação a essas variáveis analisadas não houve diferença estatística entre o uso do KCl e do organomineral. A ausência de diferença estatística novamente pode ser explicada pelo teor inicial de K no solo, que já era alto antes da implantação do experimento, não realçando os efeitos das duas adubações. Um indicativo dessa hipótese se deve ao fato do tratamento adicional, que não recebeu nenhuma adubação potássica em pós plantio, obter valores semelhantes de todos componentes de produção avaliados, e também na produtividade final.

Quanto a presença da matéria orgânica que acompanha o adubo organomineral, sabe-se que o processo de aumento de matéria orgânica no solo e todos os benefícios que a mesma pode trazer consigo é lento e gradual, sendo inviável de ser avaliado em apenas uma única adubação. Dessa forma, pode-se formular a hipótese de que o uso de organomineral pode incrementar a produtividade final com o uso sequencial, sendo em uma única aplicação difícil de avaliar os benefícios que essa adubação pode trazer.

Para as fontes e doses de fertilizantes utilizadas não houveram diferenças estatísticas no acúmulo de P, K e Ca (Tabela 10). Por outro lado, observou-se que a adubação potássica interferiu diretamente no acúmulo de N no tecido foliar. No entanto, esse acúmulo de N não significou necessariamente aumento de produtividade.

Tabela 10 – Quadrados médios dos teores de macronutrientes nas folhas de milho safra cultivado em diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos no estágio R1. UFLA, Lavras – MG, 2023.

Fontes de variação	de GL	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio
Bloco	4	27,00	2,03	2,66	4,31
Fonte (F)	1	0,90	0,133	11,90	0,48
Dose (D)	2	8,61*	0,04	9,84	0,30
F*D	2	1,18	0,16	10,45	2,07
Ad*Fatorial	1	14,30*	0,44	0,94	0,27
Resíduo	24	2,12	0,11	6,50	0,84
CV		2,84%	11,5%	12,48%	9,45%

* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade

Os teores de nitrogênio acumulados no tecido foliar variaram entre 49,7 e 52,28 g/kg (Tabela 11). Quanto as doses utilizadas, as doses de 70% e 100% de K não diferiram estatisticamente, já a dose de 50%, mostrou-se estatisticamente inferior as outras, acumulando uma média de 50,49 g/kg de N no tecido foliar. Quanto ao tratamento adicional, que não recebeu K em pré-plantio, houve menor acúmulo que nos tratamentos fatoriais em geral. O tratamento que não recebeu K₂O acumulou apenas 49,7 g/kg de N, enquanto os tratamentos que receberam potássio acumularam uma média de 51,52 g/kg.

Tabela 11 – Médias dos teores de macronutrientes nas folhas de milho safra cultivado em diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos no estágio R1. UFLA, Lavras – MG, 2023

Fontes de variação	Nitrogênio no tecido foliar (g/kg)	Fósforo no tecido foliar (g/kg)	Potássio no tecido foliar (g/kg)	Cálcio no tecido foliar (g/kg)
Fonte (F)				
KCl	51,70 a	3,06 a	20,10 a	9,54 a
Produtiva	51,35 a	2,93 a	19,70 a	9,79 a
Dose (%)				
50	50,49 b	3,02 a	19,98 a	9,52 a
70	51,81 a	3,05 a	21,45 a	9,62 a
100	52,28 a	2,93 a	19,56 a	9,86 a
Adicional	49,70 a	2,68 a	20,80 a	9,92 a
Fatorial	51,52 b	3,00 a	20,33 a	9,66 a

*Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O acúmulo de P no tecido foliar variou entre 2,68 e 3,05 g/kg (Tabela 11). Não foram observadas diferenças entre as doses, fontes, ou até mesmo para o tratamento adicional. Dessa forma, pode-se notar baixa correlação do acúmulo de P₂O com a adubação potássica. Os teores

de Ca encontrados no tecido foliar variaram de 9,52 até 9,92 g/kg (Tabela 11). Embora sabe-se que existe uma relação entre Ca e K, visto que competem pelo sítio de absorção na planta, não houve nenhuma alteração significativa do acúmulo de Ca no tecido foliar proporcionado pela adubação potássica.

Quanto ao acúmulo de K₂O propriamente dito, não houve alterações significativas para nenhuma das fontes e nem das doses, tampouco do tratamento adicional. A média do acúmulo de K foi de 20,10 g/kg para o KCl e 19,70 g/kg para o adubo organomineral, sendo essas médias consideradas estatisticamente iguais (Tabela 11). O tratamento adicional que não recebeu adubação potássica acumulou média 20,80 g/kg de K₂O no tecido foliar, sendo considerada igual a média de acúmulo dos tratamentos que receberam a adubação em 20,33. O acúmulo de potássio no tratamento adicional é um indicativo de que os teores de K no solo já estavam altos antes da implantação do experimento. Como já haviam teores adequados no solo, a adubação avaliada não produziu os efeitos desejados no experimento. Caso o experimento fosse implantado em uma área com teores menores de potássio, poderiam ter sido obtidos resultados diferentes.

De acordo com a tabela 12, a fonte de adubo utilizada (KCl ou Produtive) não afetou estatisticamente o teor de K₂O no solo, Entretanto as observou-se diferenças estatísticas em relação às doses utilizadas.

Tabela 12 – Quadrados médios dos dados relativos a teores de K₂O no solo pós cultivo de milho safra. UFLA, Lavras – MG, 2023.

Fontes de variação	GL	Teor de K ₂ O no solo
Bloco	4	823,83
Fonte (F)	1	290,34
Dose (D)	2	2425,45*
F*D	2	430,12
Ad*Fatorial	1	1221,77
Resíduo	24	545,40
CV		32,13%

* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade

Os teores de K₂O no solo após a colheita do experimento variaram entre 58,21 até 92,25 mmolc/dm⁻³ (Tabela 13). Nota-se um teor médio menor no tratamento adicional que não recebeu adubação, com média de 58,21 mmolc/dm⁻³ havendo aumento gradativo nos teores de acúmulo de K para as doses de 50, 70 e 100%, no entanto somente a dose de 100% mostrou-se estatisticamente superior as outras.

Tabela 13 - Média de teores de K₂O no solo pós cultivo de milho safra. UFLA, Lavras – MG, 2023.

Fontes de variação	Teor de K₂O no solo (mmolc/dm⁻³)
Fonte (F)	
KCl	71,98 a
Produtive	78,21 a
Dose (%)	
50	64,94 b
70	68,11 b
100	92,25 a
Adicional	58,21 a
Fatorial	75,10 a

*Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Com o objetivo de verificar se os teores anteriores de K no solo já eram adequados, foi realizado o seguinte cálculo. Para isso, utilizou-se os dados do resultado da análise química de solo antes da instalação do experimento (Tabela 2). Os teores de K no solo era de 99,60 mg dm⁻³, que ao multiplicar por um fator de conversão de 0,39, obtém-se 38,84 mmol/dm⁻³. Esse valor foi dividido por 10, a fim de que o resultado final esteja em cmolc/dm⁻³. Com o teor de K na mesma unidade da CTC do solo (T), foi calculado a relação do K/T x 100 para encontrar o valor em % do quanto o K está ocupando na CTC do solo.

De acordo com os cálculos, antes da instalação do experimento, 6,73% da CTC do solo já estava saturada com potássio. De acordo com a literatura o valor ideal situa-se ente 3 a 5% da CTC do solo ocupada com K. Observa-se, portanto, que antes da instalação do experimento, os teores de K₂O no solo já estavam acima do ideal. Nesse raciocínio, fica evidente que a dose de 100% de potássio utilizada no experimento pode ter elevado os teores de K muito além do valor ideal, causando uma reação de redução na produtividade das plantas, como constatado na tabela 5 em que a dose de 100% teve média menor no peso de espigas para silagem.

Além das avaliações descritas acima, foi realizado o estudo de viabilidade do uso do organomineral. Para isso, comparou-se o preço de custo sem o frete do adubo organomineral Produtive (00-00-30) e também do adubo mineral convencional cloreto de potássio (00-00-62). Na data de 19/09/2023, a tonelada do Produtive foi cotada em R\$2.330,00, sem o frete, valor fornecido pelo fabricante. Já o KCl foi cotado na mesma data, em 4 revendas e cooperativas da região de Lavras MG, sendo que o valor médio por tonelada de R\$3090,00, não incluso frete ou demais custos. Sabe-se que o KCl entrega uma maior proporção de K₂O na composição, no entanto, o organomineral pode resultar em mais eficiência de aproveitamento.

5. CONCLUSÃO

De modo geral, não houve diferença significativa quanto ao uso e doses de organomineral ou de adubo mineral convencional. No entanto, como discutido, esse resultado pode ter sido obtido pela presença de um alto teor de K_2O no solo, antes da instalação do experimento, sendo suficiente para que as plantas produzissem bem mesmo sem adubação. Dessa forma, torna-se necessário a condução de novos estudos, principalmente em áreas com baixos teores de K.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (Brasil). Pesquisa Setorial. São Paulo: ANDA, 2023. Disponível em: https://anda.org.br/pesquisa_setorial/. Acesso em: 10 de fev. 2023.
- BENITES, V. de M. et al. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. 2013.
- BERTOL, Ildegardis et al. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 133-142, 2007.
- BEZERRA, L. L. SILVA FILHO. J. H.; FERNADES, D.; ANDRADE. R.; MADALENA, J. A .S. Avaliação da aplicação de biofertilizante na cultura do milho: crescimento e produção. *Revista Verde*, v.3, n.3, p. 131 - 139, julho/setembro, 2008.
- BRASIL. Instrução Normativa 23, de 31 de agosto de 2005. Dispõe sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos organominerais e biofertilizantes destinados a agricultura. Diário oficial da União, DF, 31 de agost. de 2005,. p.12.
- BRASIL. Instrução Normativa 25, de 23 de julho de 2009. Dispõe sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Diário Oficial da União, DF, 23 de jul. de 2009 p.18.
- CAVALLI, Edilson; LANGE, Anderson. Efeito residual do potássio no sistema de cultivo soja-milho safrinha no cerrado Mato-Grossense. **Revista Cultura Agronômica**, v. 27, n. 2, p. 310-326, 2018.
- COELHO, Antonio Marcos. Nutrição e adubação do milho. 2006.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira safra 23/24. 2023. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safradegraos/item/download/49593_596c818070b5dc225a4d1750a9747c79
- CONTINI, Elisio et al. Milho: caracterização e desafios tecnológicos. **Brasília: Embrapa.(Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2)**, 2019.
- CRUZ, José Carlos et al. Sistema de produção de milho safrinha de alta produtividade. In: **n: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**. 2010.

- DANTAS, Antonio Augusto Aguilar; CARVALHO, Luiz Gonsaga de; FERREIRA, Elizabeth. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, p. 1862-1866, 2007.
- DANTAS, Antonio Augusto Aguilar; CARVALHO, Luiz Gonsaga de; FERREIRA, Elizabeth. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. ***Ciência e Agrotecnologia***, v. 31, p. 1862-1866, 2007.
- econômico-financeira da implantação da cultura do milho no município de Santa TeresaES. *Revista Univap*, v. 23, n. 43, p. 17-25, 2017.
- EMBRAPA. Sistema de produção do milho, 2012. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/plantio.htm Acesso em: 23 de dezembro de 2022.
- FANCELLI, A. L. Plantas Alimentícias: guia para aula, estudos e discussão. Centro Acadêmico “Luiz de Queiroz”. ESALQ/USP: 1986. 131p
- FANCELLI, Antonio Luiz. Manejo baseado na fenologia aumenta eficiência de insumos e produtividade. ***Visão Agrícola***, v. 13, n. 1, p. 24-29, 2015.
- GARCIA, Jose Luiz M. Equilíbrio de Bases Adequado e Fertilidade Agrícola. Disponível em: <https://codeagro.agricultura.sp.gov.br/uploads/capacitacao/equilibrio-de-bases-e-fertilidade-agricola.pdf>
- GUESSER, Vagner Portes et al. Adubação organomineral e mineral e resposta da soja em terras baixas. ***Brazilian Journal of Development***, v. 7, n. 1, p. 2376-2390, 2021.
- KANEKO, Flávio Hiroshi et al. Custos e rentabilidade do milho em função do manejo do solo e da adubação nitrogenada. ***Pesquisa Agropecuária Tropical***, v. 40, n. 1, p. 102-109, 2010.
- LANGE, ANDERSON et al. Adubação potássica e seu efeito residual no sistema soja-milho safrinha em Mato Grosso. ***Revista Brasileira de Milho e Sorgo***, v. 18, n. 2, p. 192-205, 2019.
- MALAQUIAS, Carlos Arnaldo Alcântara; SANTOS, Alessandro José Marques. Adubação organomineral e NPK na cultura do milho (*Zea mays* L.). ***Pubvet***, v. 11, n. 5, p. 501-512, 2017.
- MALAVOLTA, E. Funções dos macros e micronutrientes. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres, 2006. p. 126-402.
- MALDANER, Luciano J. et al. Exigência agroclimática da cultura do milho (*Zea mays*). ***Revista Brasileira de Energias Renováveis***, v. 3, n. 1, p. 13-23, 2014.

- MARTIN, Thomas Newton et al. Fontes alternativas de adubação na cultura da soja. **Vivências**, v. 18, n. 37, p. 245-261, 2022.
- NETO, Mario de Oliveira Reboucas et al. Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino. **Cadernos Cajuína**, v. 1, n. 3, p. 4-14, 2016.
- OLIVEIRA, Douglas Prates et al. Fontes de matéria orgânica para a formulação de fertilizantes organominerais peletizados no desenvolvimento da cultura do sorgo. 2016.
- OLIVEIRA, Douglas Prates et al. Fontes de matéria orgânica para a formulação de fertilizantes organominerais peletizados no desenvolvimento da cultura do sorgo. 2016.
- PAULETTI, Volnei. Nutrientes: teores e interpretações. Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, 2004.
- PAVINATO, Paulo Sérgio et al. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, v. 38, p. 358-364, 2008.
- RODRIGUES, Rubens Piske. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho: uma revisão bibliográfica. 2022.
- SILVA, Bruno Eustáquio Cirilo; SILVA, Marlinda Rufina Jolomba. Viabilidade
- SILVA, Renan Cesar Dias da et al. Fertilização Organomineral no milho em condições de Cerrado. 2020.
- SIMÃO, E. de P. et al. Resposta do milho safrinha à adubação em duas épocas de semeadura. 2018.
- TAKASU, ANDERSON TERUO et al. Produtividade da cultura do milho em resposta à adubação potássica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 2, p. 154-161, 2014.
- TEIXEIRA, Welldy Gonçalves et al. Biodisponibilidade de fósforo e potássio provenientes de fertilizantes mineral e organomineral. 2013.
- ZAPAROLI, Murilo Rezende; BARROS, RT de V. Viabilidade do uso de resíduos orgânicos na agricultura como composto para melhoria de sua gestão mediante agregação de valor. In: **Congresso brasileiro de gestão ambiental**. 2015. p. 2015.