



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

GABRIELE FERREIRA CAMPOS

**COMPORTAMENTO DO MILHO EM FUNÇÃO DA CALAGEM, CULTURAS DE
COBERTURA E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Ilha Solteira
2024

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

GABRIELE FERREIRA CAMPOS

**COMPORTAMENTO DO MILHO EM FUNÇÃO DA CALAGEM, CULTURAS DE
COBERTURA E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Engenharia de
Ilha Solteira – UNESP como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Engenheira Agrônoma.

Prof. Dr. Edson Lazarini
Orientador

Ilha Solteira
2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- C198c Campos, Gabriele Ferreira.
Comportamento do milho em função da calagem, culturas de cobertura e adubação nitrogenada em sistema plantio direto / Gabriele Ferreira Campos. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
48 f. : il.
- Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2024
- Orientador: Edson Lazarini
- Inclui bibliografia
1. Calcário . 2. *Crotalaria juncea*. 3. Gesso. 4. Milheto. 5. spd. 6. *Zea mays*.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

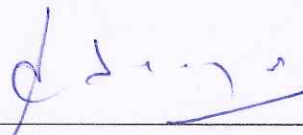
TÍTULO: "COMPORTAMENTO DO MILHO EM FUNÇÃO DA CALAGEM,
CULTURAS DE COBERTURA E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SISTEMA
PLANTIO DIRETO".

ALUNA: GABRIELE FERREIRA CAMPOS RA: 201050366

ORIENTADOR: PROF. DR. EDSON LAZARINI

Aprovada (X) - Reprovada () pela Comissão Examinadora. Nota: 9,5 (nove inteiros e cinco
décimos)

Comissão Examinadora:



PROF. DR. EDSON LAZARINI

(ORIENTADOR)

Documento assinado digitalmente

gov.br

VITÓRIA ALMEIDA MOREIRA GIRARDI

Data: 07/01/2025 21:59:00 -0300

Verifique em <https://validar.rti.gov.br>

MSc VITÓRIA ALMEIDA MOREIRA GIRARDI



PROFa. DRa. MARTHA FREIRE DA SILVA



GABRIELE FERREIRA CAMPOS

ALUNA

Ilha Solteira (SP) 19 de dezembro de 2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão por proporcionar condições para o desenvolvimento do experimento e ao meu Professor Orientador pela oportunidade e orientação em desenvolver o presente experimento.

RESUMO

O Brasil desempenha um papel crucial na produção de milho, predominantemente cultivado em solos do Cerrado. O sistema plantio direto (SPD), inicialmente desenvolvido como uma ferramenta de conservação do solo, evoluiu para um sistema altamente tecnificado e amplamente utilizado em diversas regiões do país. Para assegurar a sustentabilidade do SPD, é essencial produzir palhada e melhorar a fertilidade do solo, sendo a correção do solo, por meio de culturas de cobertura e calagem, fundamental para alcançar bons resultados. Este trabalho teve por objetivo identificar a influência dos tratamentos com aplicação de calcário e gesso, doses de N e duas plantas de cobertura nas características agronômicas, estado nutricional da planta e produtividade de grãos de milho, em um experimento de SPD de longa duração. O experimento de longa duração, iniciado ano 2000, está sendo realizado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizado em Selvíria – MS. O delineamento utilizado é o em blocos casualizados em esquema fatorial $5 \times 3 \times 2$, sendo 5 tratamentos com uso de calcário e gesso aplicados ao longo de 23 anos, (T1: 10,49 kg ha⁻¹ de calcário; T2: 18,24 kg ha⁻¹ de calcário; T3: 11,13 kg ha⁻¹ de calcário + 5,1 kg ha⁻¹ de gesso; T4: 17,43 kg ha⁻¹ de calcário + 5,1 kg ha⁻¹ de gesso; T5 0,81 kg ha⁻¹ de calcário), 3 doses de N (0, 90, 180 kg ha⁻¹), 2 culturas de cobertura (Milheto e *Crotalaria juncea*). As avaliações são referentes a safra 2023/24 e constituíram-se da análise da produção de matéria seca pelas culturas de cobertura, do estado nutricional das plantas através da amostragem foliar, características agronômicas e produtividade de grãos. Através dos resultados obtidos, conclui-se que o milheto se destaca na produção de matéria seca e responde positivamente ao residual das doses de N utilizadas no milho; o teor foliar de nitrogênio aumenta em função das doses de N utilizadas e o teor foliar de Zn aumenta onde há aplicação de nitrogênio; na dose de 0 kg ha⁻¹ de N, a *Crotalaria juncea* proporciona maior teor foliar de N no milho; o gesso aplicado não alterou o estado nutricional das plantas e a produtividade do milho.

Palavras-chave: Calcário. *Crotalaria juncea*. Gesso. Milheto. SPD. *Zea mays*.

ABSTRACT

Brazil plays a crucial role in corn production, predominantly cultivated in the Cerrado soils. The no-tillage system (NTS), initially developed as a soil conservation tool, has evolved into a highly technical system widely used in various regions of the country. To ensure the sustainability of NTS, it is essential to produce crop residues and improve soil fertility, with soil correction, through cover crops and liming, being fundamental to achieving good results. This study aimed to identify the influence of treatments involving the application of lime and gypsum, nitrogen (N) doses, and two cover crops on the agronomic characteristics, plant nutritional status, and grain yield of corn in a long-term NTS experiment. The long-term experiment, initiated in 2000, is being conducted at the Teaching, Research, and Extension Farm of UNESP, Ilha Solteira Campus, Selvíria county, Mato Grosso do Sul State, Brazil. The experimental design is a randomized block design in a 5 x 3 x 2 factorial scheme, with five treatments using limestone and gypsum applied over 23 years (T1: 10.49 kg ha⁻¹ of limestone; T2: 18.24 kg ha⁻¹ of limestone; T3: 11.13 kg ha⁻¹ of limestone + 5.1 kg ha⁻¹ of gypsum; T4: 17.43 kg ha⁻¹ of limestone + 5.1 kg ha⁻¹ of gypsum; T5: 0.81 kg ha⁻¹ of limestone), three N doses (0, 90, and 180 kg ha⁻¹), and two cover crops (pearl millet and Sunn hemp *Crotalaria juncea*). The evaluations refer to the 2023/24 growing season and include the analysis of dry matter production by cover crops, plant nutritional status through leaf sampling, agronomic characteristics, and grain yield. The results show that pearl millet stands out in dry matter production and responds positively to residual N doses applied to corn. Leaf nitrogen content increases with higher N doses, and zinc content also rises where nitrogen is applied. At the 0 kg ha⁻¹ N dose, *Crotalaria juncea* provides a higher leaf N content in corn. Gypsum application did not affect plant nutritional status or corn yield.

Keywords: *Crotalaria juncea*. Gypsum. Limestone. NTS. Pearl Millet. *Zea mays*.

Lista de Figuras

Figura 1 - Amostras foliares moídas para pesagem	21
Figura 2 - <i>Amostra foliar moída</i>	22
Figura 3 - Pesagem das amostras para determinação dos nutrientes	22
Figura 4 - Amostras nos tubos de digestão para determinação de N.	23
Figura 5 - Amostras prontas nos tubos após digestão, para determinação de N.	23
Figura 6 . Reagente e pipeta automática utilizada para determinação de N.	24
Figura 7 – Destilador de N.	24

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Resultados da análise química da amostra de solo da área experimental. Selvíria-MS, 2000.....	18
Tabela 2. Valores de F e massa da matéria seca produzida pelas culturas de cobertura em função dos tratamentos. Selvíria – MS, 2023.....	25
Tabela 3. Desdobramento da interação calcário ou calcário + gesso x cultura de cobertura x doses de N, significativa para massa seca das culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2023.	26
Tabela 4. Valores de F e teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S, na cultura do milho, em função dos tratamentos. Selvíria – MS, 2024.....	28
Tabela 5. Desdobramento da interação culturas de cobertura x doses de nitrogênio, significativa para o teor foliar de N no milho. Selvíria – MS, 2024.....	30
Tabela 6. Desdobramento da interação calcário x doses de nitrogênio, significativa para o teor foliar de P no milho. Selvíria – MS, 2024.	31
Tabela 7. Desdobramento das interações calcário x doses de nitrogênio e culturas de cobertura x doses de nitrogênio, significativa para o teor foliar de Mg no milho. Selvíria – MS, 2024.	32
Tabela 8. Desdobramento da interação culturas de cobertura x doses de N, significativa para o teor foliar de S no milho. Selvíria – MS, 2024.....	33
Tabela 9. Valores de F e teores foliares de Cu, Fe, Mn e Zn, na cultura do milho, em função dos tratamentos. Selvíria – MS, 2024.....	34
Tabela 10. Desdobramento da interação calcário x cultura de cobertura x doses de nitrogênio, significativa para o teor foliar de Cu, na cultura do milho. Selvíria – MS, 2024.	36
Tabela 11 – Desdobramento da interação culturas de cobertura x doses de N, significativa para o teor foliar de Fe. Selvíria – MS, 2024.	37
Tabela 12 – Desdobramento da interação calcário x doses de N, significativa para o teor foliar de Mn. Selvíria – MS, 2024.	38
Tabela 13 – Valores de F e médias de população de plantas, altura de inserção da primeira espiga e de planta, número de fileiras e grãos por fileira, comprimento e diâmetro da espiga de milho, em função dos tratamentos. Selvíria – MS, 2024.....	39
Tabela 14 – Valores de F e médias de massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho, em função dos tratamentos. Selvíria – MS, 2024.	41

Lista de Abreviaturas e Siglas

MOS – Matéria Orgânica do Solo

SPC – Sistema de Plantio Convencional

SPD – Sistema Plantio Direto

RL – Regressão Linear

RQ – Regressão Quadrática

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Sistema Plantio Direto	14
2.2 Culturas de cobertura	14
2.3 Calagem e gessagem no sistema plantio direto	15
2.4 Adubação nitrogenada do milho em sistema de plantio direto	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 – Avaliações na cultura do milho	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
6. CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1 INTRODUÇÃO

A região do Cerrado brasileiro é definida como de clima tropical sazonal, apresentando estação seca no inverno, com temperaturas amenas e chuvosa no verão, com altas temperaturas e propensas a curtos períodos de seca denominados de veranicos, o qual é responsável por proporcionar diversos problemas para os sistemas de cultivo (COUTINHO, 2002). Com intuito de amenizar os efeitos deste sobre as culturas de verão, tem-se utilizado alternativas de manutenção de palha sobre o solo durante o ano todo, propiciando condições de aumento de matéria orgânica e manutenção de umidade do solo por maiores períodos de tempo (RIBEIRO *et al.*, 2018). Uma das alternativas para aumentar o incremento de palha nos sistemas é a utilização de consórcios ou culturas de cobertura no período de outono/inverno ou primavera.

Os solos em condições tropicais, além de o clima favorecer a rápida decomposição de restos culturais, é na sua maioria pobre como os encontrados na região de Cerrado, levando a necessidade de um manejo mais adequado quanto à quantidade e a persistência dos resíduos vegetais produzidos pelas espécies antecessoras à cultura principal (ALVES *et al.*, 1995). De acordo com Costa *et al.* (2016), o sucesso do Sistema Plantio Direto (SPD) está relacionado diretamente com as alterações na dinâmica de decomposição dos resíduos vegetais, que por sua vez, pode ser obtida a partir da produção das culturas, dos resíduos de colheita, da parte aérea das culturas em desenvolvimento e das plantas de cobertura do solo (CARVALHO *et al.*, 2015; KLIEMANN *et al.*, 2006).

A crescente busca por uma agricultura sustentável encontrou no SPD um forte aliado, pois a sua prática aumenta a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas; devido ao acúmulo de matéria orgânica e liberação de nutrientes pelas culturas, acarretando melhoria nas condições químicas e físicas do solo, reduzindo os prejuízos causados pelo uso intenso da agricultura e garantindo um eficiente controle de erosão (NOGUEIRA *et al.*, 2016).

No SPD, a calagem apresenta uma dinâmica diferente dos preparos convencionais, ou seja, há a necessidade da aplicação superficial dos corretivos, sem que haja incorporação ao solo, mecanicamente (CAIRES *et al.*, 1999). Neste sistema, a atividade do calcário se dá nas camadas mais superficiais e de maneira lenta,

porém, deve-se ressaltar que a velocidade de reação do corretivo com o solo depende de fatores como dose utilizada, granulometria, precipitação pluvial e/ou irrigação, manejo da adubação, rotação de culturas, aporte de matéria orgânica do solo (MOS), características físicas e poder tampão do solo (MIRANDA *et al.*, 2005). Dessa maneira, a eficiência da calagem superficial pode ser diferente em cada região e sistemas produtivos.

Neste sistema tem-se realizado a aplicação simultânea de gesso agrícola e calcário, pois além de disponibilizar cálcio (Ca^{2+}) e enxofre (SO_4^{2-}) em solução, onde após ser lixiviado, enriquece de nutrientes as camadas subsuperficiais e reduz a saturação por alumínio (Al^{3+}) em profundidade (CAIRES *et al.*, 2008). A dose de calcário a ser aplicada varia de acordo com a análise de solo da área, da demanda da cultura, da textura do solo, qual o sistema de produção (sistema convencional ou sistema plantio direto), qual a granulometria do calcário escolhido e seu teor de MgO e CaO (TOMÉ JÚNIOR, 1997)

Dentro de um sistema com rotação de culturas, o uso de fertilizantes nitrogenados, dependendo da cultura, é essencial. A má escolha da fonte, pode levar a acidificação do solo, sendo o sulfato de amônio, o adubo considerado de maior capacidade na redução do pH do solo (ABREU, 2011). Visto isso, a fonte de N utilizada no experimento foi a ureia. Sendo de extrema importância estudos para entender a dinâmica entre corretivos, fertilizantes, solo e plantas.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar em uma área com vinte e três anos no SPD, a influência dos diferentes modos de aplicação e doses de calcário, gesso ao longo do período de experimentação, culturas de cobertura e doses de nitrogênio, na produção de massa seca das culturas de cobertura e no comportamento da cultura do milho quanto ao estado nutricional das plantas, características agronômicas e produtividade de grãos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema Plantio Direto

O SPD traz benefícios à conservação do solo e da água e com isso vem sendo adotado em todo o mundo. No Cerrado brasileiro, começou a ser implantado em 1980 com o intuito de proporcionar maior lucratividade, melhorar a conservação do solo e da água, reduzir os efeitos da erosão, o uso de maquinários, combustíveis e custos com mão de obra (BOLLIGER *et al.*, 2006; CORBEELS *et al.*, 2016).

Com a não realização do preparo de solo com as etapas de aração e gradagem, a próxima semeadura acontece de forma mais rápida, e com isso ocorre um menor gasto com combustíveis, visto que as horas trabalhadas com os maquinários em campo têm uma redução significativa (ZOTARELLI *et al.*, 2012). O SPD proporciona uma cobertura do solo por meio da palhada deixada pela cultura, assim, ocorre uma proteção superficial do solo evitando erosões, melhorando as propriedades físicas do solo, visto que não há perda de solo (LONDERO *et al.*, 2021).

2.2 Culturas de cobertura

Na região em que se encontra o Cerrado, o clima apresenta temperaturas altas e invernos secos, condições ótimas para a aceleração da decomposição da matéria orgânica, dificultando a manutenção da palhada no solo e sendo um obstáculo para a consolidação do SPD (PACHECO *et al.*, 2017). Visto isso, é fundamental que seja feita a distribuição elevada e contínua dos resíduos vegetais para que seja mantida a cobertura do solo pelo tempo necessário, aumentando a matéria orgânica e melhorando a estrutura do solo (CANALLI *et al.*, 2020).

Os resíduos vegetais das culturas de cobertura são a fonte inicial de matéria orgânica e conservam a umidade do solo, diminuem os extremos de temperatura e permitem maior atividade biológica no solo. A não reposição dos resíduos vegetais acarreta em diminuição do desempenho do SPD (DERPSCH *et al.*, 2014).

As plantas de cobertura mais utilizadas no SPD são as gramíneas e as leguminosas, que contribuem para a ciclagem de nutrientes. As leguminosas são muito utilizadas pois fornecem N ao solo e possuem raízes profundas que absorvem os nutrientes que estão em camadas mais baixas e os transferem para a superfície como resíduos vegetais (LOSS *et al.*, 2009). Já as gramíneas possuem sistema radicular profundo e grande produção de biomassa, disponibilizando nutrientes por um longo tempo (SANTOS *et al.*, 2014).

Sendo assim, o produtor deve selecionar e optar pelas gramíneas e leguminosas corretas, que proporcionem boa quantidade de matéria orgânica na superfície do solo e boa ciclagem de nutrientes, viabilizando o SPD (LEAL *et al.*, 2013).

2.3 Calagem e gessagem no sistema plantio direto

As áreas localizadas no Cerrado brasileiro foram, por muito tempo cultivadas no Sistema de Plantio Convencional (SPC), onde eram realizadas operações de aração, gradagem e intenso uso de corretivos de solo e fertilizantes. Com a mudança do SPC para o SPD, muitos produtores não realizaram análises químicas do solo e conseqüentemente não fizeram a correta aplicação dos corretivos do solo (RHEINHEIMER *et al.*, 2018).

No SPC o calcário é incorporado ao solo pela aração e gradagem para corrigir problemas de toxidez causados por alta concentração de elementos tóxicos e acidificação do solo, porém, essas etapas ocasionam a quebra dos agregados do solo, facilitando a ocorrência de erosão (BRONICK e LAL, 2005). Com o intuito de amenizar esse problema, os produtores estão mudando seu modo de cultivo para o SPD, onde não há o revolvimento do solo e há depósito de matéria orgânica na superfície (HONTORIA *et al.*, 2018).

Mesmo no SPD, a realização da calagem é indispensável, porém, é feita sem que haja a incorporação no solo, somente com a aplicação em superfície (CAIRES *et al.*, 1999). A aplicação do calcário deve ser feita de forma antecipada e de maneira uniforme, visto que o calcário quase não possui movimentação no solo (CAIRES *et al.*, 2000; SILVA *et al.*, 2014).

Como complemento há o uso do gesso agrícola, um condicionador de subsuperfície, que contribui para a disponibilização do cálcio e enxofre nas camadas subsuperficiais do solo, através da lixiviação, reduzindo a saturação por alumínio em profundidade (CAIRES *et al.*, 2008).

2.4 Adubação nitrogenada do milho em sistema de plantio direto

O nitrogênio é o nutriente que as gramíneas mais necessitam e absorvem, e muitas das vezes sua demanda não é totalmente suprida. Mesmo nos anos em que as condições climáticas estão favoráveis para o desenvolvimento da cultura do milho, é necessário a aplicação de mais de 150 kg ha⁻¹ de N para que se possa aumentar a produtividade. Quantidade essa que não é suprida pelo solo, é necessária a complementação com fertilizantes minerais e plantas leguminosas, usados em conjunto ou separados (AMADO *et al.*, 2002).

Em 1995 a Comissão Fertilidade Sul (CFS-RS/SC) apresentou uma recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do milho que levava em consideração o teor de matéria orgânica do solo e a expectativa de rendimento da cultura. Porém, no SPD quando há a implementação de leguminosas como cultura antecessora do milho, há a probabilidade de redução de 50% da dose de N que seria aplicada na cultura do milho (AMADO *et al.*, 2002).

Para que a recomendação de adubação seja feita de forma correta no sistema SPD, deve ser levado em consideração os seguintes fatores: I) estimativa do potencial de mineralização do N do solo; II) quantidade de N mineralizada ou imobilizada da cultura de cobertura anterior; III) demanda de N pela cultura de interesse para alcançar o rendimento desejado; IV) expectativa da eficiência de recuperação do N disponível das diferentes fontes (culturas de cobertura, fertilizante mineral e solo); V) histórico de cultivos anteriores da área (AMADO *et al.*, 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em área experimental inserida no bioma Cerrado, onde tem sido realizado há 23 anos. Neste trabalho as avaliações referem-se ao ano agrícola de 2023/2024. A região, considerada de baixa altitude possui clima classificado como tipo Aw, ou seja, definido como tropical úmido com estação chuvosa e quente no verão, com possibilidades de veranico e inverno e temperaturas amenas.

O solo da área experimental de acordo com a nomenclatura atual é um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2013).

A área experimental era utilizada no sistema convencional de cultivo a vários anos. Na safra 2000/01, após preparo convencional do solo, foi semeada a cultura da soja. Após sua colheita, iniciou-se a implantação do SPD através da instalação dos tratamentos com modos e épocas de aplicação de calcário e culturas de cobertura na entressafra, tendo a soja, como a cultura principal, cultivada no período de primavera/verão.

Os tratamentos iniciais constituíram de 5 modos e épocas de aplicação de calcário, sendo eles: T1 - aplicação total da dose recomendada em outubro de 2001 e sua incorporação a 0 – 0,20 m; T2 - aplicação total da dose recomendada em outubro de 2001, em superfície; T3 - aplicação de 1/2 da dose recomendada em outubro de 2001 e 1/2 em agosto de 2002, todas em superfície; T4 - aplicação de 1/3 da dose recomendada em março de 2001, 1/3 em outubro de 2001 e 1/3 em agosto 2002, todas em superfície; T5 - testemunha (sem aplicação de calcário). Nos anos agrícolas 2001/02 e 2002/03, a soja foi novamente cultivada na área, sempre no período de primavera/verão, utilizando-se o sistema de semeadura direta. As culturas de cobertura utilizadas foram, em junho de 2001, milho e sorgo, em outubro de 2001, milheto em área total e, em setembro de 2002, capim pé-de-galinha (*Eleusine coracana*) e sorgo.

A dose de calcário determinada foi de 1,59 t ha⁻¹ a partir dos resultados da análise química da amostra de solo da área experimental, apresentada na Tabela 1, com o objetivo de elevar a saturação por bases a 70%. O calcário utilizado apresentava as seguintes características: CaO - 39,6%, MgO - 13%; PN-102%; PRNT- 91%; peneira ABNT 10 (2,0 mm) - 100%, peneira ABNT 20 (0,84 mm) - 93% e peneira ABNT 50 (0,3 mm) - 80%.

Tabela 1 – Resultados da análise química da amostra de solo da área experimental. Selvíria-MS, 2000.

Prof.	P resina	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
M	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	mmol _c dm ⁻³							%
0-0,2	37	26	4,7	2,1	19	11	34	2	31,7	65,7	48

Método de extração de P (P resina), Matéria orgânica (M.O.), potássio (K), magnésio (Mg), hidrogênio (H), Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), (V%).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com os tratamentos dispostos em esquema fatorial (5 x 2), ou seja, 5 modos e épocas de aplicação de calcário e 2 culturas de cobertura em cada entressafra, com três repetições, onde cada parcela possuiu 12 x 15 m de dimensão.

A partir do ano agrícola 2003/04, as culturas de cobertura sempre foram o milho e a crotalária (*C. juncea*), semeadas na primavera com o milho em sucessão (2003/04, 04/05 e 05/06), subdividindo-se as parcelas para a aplicação anual de doses de N (0, 90 e 180 kg ha⁻¹). Portanto, o experimento passou a possuir tratamentos dispostos em esquema fatorial 5x2x3, ou seja, 5 modos de aplicação de calcário na implantação do sistema plantio direto, 2 culturas de cobertura de primavera (crotalária e milho) e 3 doses de nitrogênio em cobertura (0, 90 e 180 kg ha⁻¹), utilizando-se como fonte o sulfato de amônio (2003/04 e 2004/05) e/ou uréia (2005/06). Todos os tratamentos continuaram com 3 repetições. As parcelas passaram as dimensões de 12,0 x 5,0 m.

No ano agrícola 2006/07 a soja sucedeu o milho como cultura de verão, mantendo-se as culturas de cobertura implantadas na primavera, modos de aplicação de calcário na implantação do SPD e residual das doses de N aplicadas em cobertura na cultura do milho nos anos agrícolas anteriores. Em outubro de 2007, foi reaplicado em superfície e em todas parcelas dos tratamentos T1, T2 e T5, 812 kg ha⁻¹ de calcário. O delineamento experimental, portanto, passou a ser o em blocos casualizados com os tratamentos dispostos em esquema fatorial de 3 x 2 x 3, sendo residual de 3 doses de nitrogênio em cobertura (0, 90, e 180 kg ha⁻¹), 2 culturas de cobertura milho (*Pennisetum americanum*) e crotalária e residual de 3 modos de aplicação de calcário na implantação do SPD. As parcelas possuíam 5 m de largura e 12 m de comprimento. Esses tratamentos foram avaliados na cultura da soja nos anos

agrícolas 2007/08 e 2008/09. No tratamento T4 não foi reaplicado calcário e no T3 foi aplicado em superfície 1.624 kg ha^{-1} de calcário. Sendo assim, os tratamentos T2, T3 e T4, passaram a ser considerados um novo experimento com doses de calcário em superfície, mantendo-se o residual de doses nitrogênio aplicadas no milho e as culturas de cobertura semeadas na primavera. Esses tratamentos foram avaliados na cultura da soja nos anos agrícolas 2007/08 e 2008/09. Nos anos agrícolas 2009/10, 2010/2011 e 2011/12 substituiu-se a soja pelo milho e manteve-se as culturas de cobertura de primavera, e aplicou-se anualmente, as mesmas doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho, sendo a ureia a fonte.

Nos anos agrícolas 2012/13, 2013/2014 e 2014/15 a cultura da soja substituiu o milho, mantendo-se as culturas de cobertura, milheto e crotalária, sendo elas sempre semeadas em setembro/outubro. Na primeira semana de dezembro/2012 em função dos resultados da análise de solo, as doses de calcário determinadas e aplicadas foram: T1 e T3 – $2,26 \text{ t ha}^{-1}$ (recomendada para elevar a saturação por bases a 60%); T2 e T4 – $4,52 \text{ t ha}^{-1}$ (dobro da recomendação) e T5 – 0 t ha^{-1} de calcário (testemunha). Utilizou-se nesta ocasião o calcário dolomítico, com CaO – 28%; MgO – 20,0%; PN - 99% e PRNT - 80,3%.

Nos anos agrícolas 2015/16, 2016/17 e 2017/18, a cultura da soja foi substituída pelo milho, mantendo-se a semeadura das culturas de cobertura no início da primavera. Em 23/02/17 houve reaplicação de calcário, semelhante em termos de doses e parcelas a aplicação realizada em dezembro/2012. Acrescentou-se nos tratamentos T3 e T4, $1,7 \text{ t ha}^{-1}$ de gesso agrícola, aplicado simultaneamente a aplicação do calcário. O calcário utilizado apresentava as seguintes características: CaO – 40%; MgO – 10,0% e PRNT - 85%; 03/06/17 – colheita do milho. Portanto, desde 2001, os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, receberam as seguintes quantidades de calcário, respectivamente: 6,92; 11,44; 7,73; 10,63 e $0,81 \text{ t ha}^{-1}$. Os Tratamentos T3 e T4, também receberam $1,7 \text{ t ha}^{-1}$ de gesso.

Nesses três anos agrícolas, as doses de nitrogênio foram aplicadas superficialmente e ao lado das plantas, parcelada em 2 vezes (geralmente as plantas encontravam-se com 4 e 8 folhas em cada aplicação). A fonte de N utilizada nestes experimentos foi a uréia. Nos anos agrícolas 2018/19, 2019/20 e 2020/21, o milho foi substituído pela soja, mantendo-se as culturas de cobertura com semeadura na primavera. Em 10/2020, foi reaplicado calcário e gesso nas seguintes dosagens para T1, T2, T3, T4 e T5: 1130; 2260; 1130; 2260 e 0 kg ha^{-1} , respectivamente. Os

tratamentos T2 e T4 também receberam 1,7 t ha⁻¹ de gesso. No início de setembro/2023, foi reaplicado calcário e gesso nas seguintes dosagens para T1, T2, T3, T4 e T5: 1130; 2260; 1130; 2260 e 0 kg ha⁻¹, respectivamente. Os tratamentos T2 e T4 também receberam 1,7 t ha⁻¹ de gesso. Logo após a reaplicação, foram semeadas as culturas de cobertura (milheto e *Crotalária juncea*). Assim, desde o início do experimento, os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, receberam as seguintes quantidades totais de calcário (C) e gesso (G), respectivamente: 10,49 (C), 18,24 (C), 11,13 (C) + 5,1 (G), 17,43 (C) + 5,1 (G) e 0,81 (C) t ha⁻¹.

Em novembro, sob a palhada destas, foi semeado o milho, optando-se por um híbrido indicado para a região. O espaçamento entrelinhas foi de 0,90 m. Como adubação de base, utilizou-se ao redor de 60 kg de P₂O₅ e 60 kg de K₂O ha⁻¹. O nitrogênio em cobertura nas respectivas doses teve sua aplicação parcelada, quando as plantas estavam com 4 e 6 folhas. O manejo das plantas daninhas e de pragas foi realizado buscando evitar qualquer influência na cultura do milho.

Quadro 1 – Resumo das culturas implementadas durante os anos de experimentação.

Ano agrícola	Cultura safra	Culturas de cobertura
2000/01	Soja	-
2001/02	Soja	Milho e Sorgo/ Milheto
2002/03	Soja	Capim pé-de-galinha e Sorgo
2003/04	Milho	Milheto e Crotalária
2004/05	Milho	Milheto e Crotalária
2005/06	Milho	Milheto e Crotalária
2006/07	Soja	Milheto e Crotalária
2007/08	Soja	Milheto e Crotalária
2008/09	Soja	Milheto e Crotalária
2009/10	Milho	Milheto e Crotalária
2010/11	Milho	Milheto e Crotalária
2011/12	Milho	Milheto e Crotalária
2012/13	Soja	Milheto e Crotalária
2013/14	Soja	Milheto e Crotalária
2014/15	Soja	Milheto e Crotalária
2015/16	Milho	Milheto e Crotalária
2016/17	Milho	Milheto e Crotalária
2017/18	Milho	Milheto e Crotalária
2018/19	Soja	Milheto e Crotalária
2019/20	Soja	Milheto e Crotalária
2020/21	Soja	Milheto e Crotalária
2021/22	Milho	Milheto e Crotalária
2022/23	Milho	Milheto e Crotalária
2023/24	Milho	Milheto e Crotalária

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

3.1 – Avaliações na cultura do milho

Foi avaliado o estado nutricional das plantas mediante a amostragem foliar (coletou-se o terço mediano com a nervura central, da folha da base da espiga) quando as plantas emitiram a espiga (início do florescimento feminino). A metodologia utilizada para a determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn foi realizada de acordo com Malavolta *et al* (1997). Foram avaliadas a população de plantas por hectare, altura de planta e da espiga, número de fileiras por espiga e grãos por fileira, massa de 100 grãos e produtividade de grãos (mediante a trilha mecanizada das espigas colhidas em 2 linhas com 3,0 m de comprimento, na região central de cada parcela). Os pesos foram corrigidos para 13% de umidade – base úmida.

Os dados foram submetidos à análise de variância individual ANOVA pelo teste F ($p \leq 0,05$), e quando houve diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para os fatores doses de calcário ou calcário + gesso e culturas de cobertura e regressão polinomial para as doses de N. Os atributos químicos do solo foram avaliados em cada camada, não havendo comparação entre as mesmas.

Nas Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, são apresentados alguns materiais, vidrarias e aparelhos utilizados nas análises laboratoriais.

Figura 1 - Amostras foliares moídas para pesagem



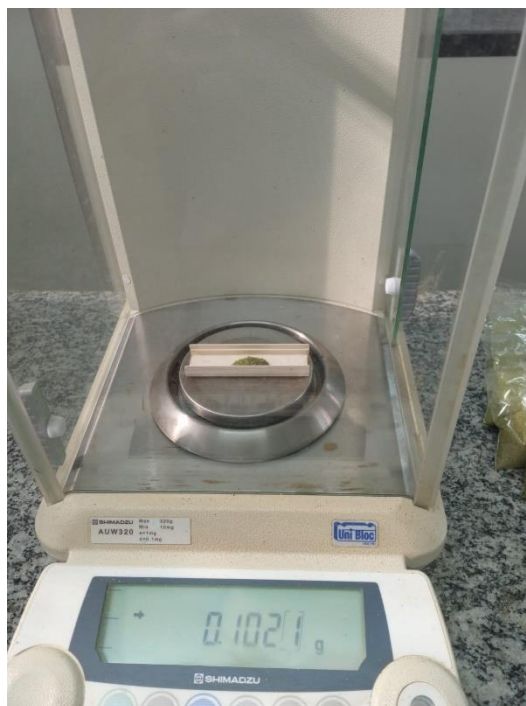
Fonte: do próprio autor.

Figura 2 - Amostra foliar moída.



Fonte: do próprio autor.

Figura 3 - Pesagem das amostras para determinação dos nutrientes



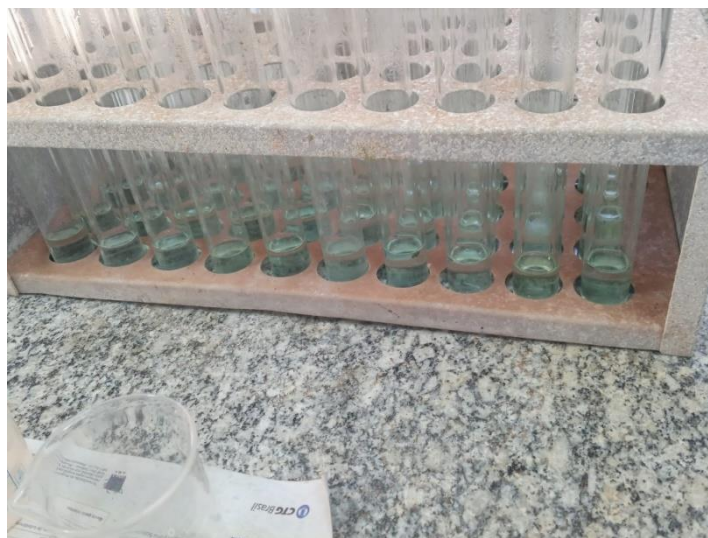
Fonte: do próprio autor.

Figura 4 - Amostras nos tubos de digestão para determinação de N.



Fonte: do próprio autor.

Figura 5 - Amostras prontas nos tubos após digestão, para determinação de N.



Fonte: do próprio autor.

Figura 6. Reagente e pipeta automática utilizada para determinação de N.



Fonte: do próprio autor.

Figura 7 – Destilador de N.



Fonte: do próprio autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da análise estatística e as médias da massa seca produzida pelas plantas de cobertura em função dos tratamentos. Observa-se que o Teste F foi significativo para as culturas de cobertura utilizadas e para doses de N, bem como houve interação significativa entre calcário x doses de nitrogênio e calcário x culturas de cobertura x doses de nitrogênio.

Tabela 2. Valores de F e massa da matéria seca produzida pelas culturas de cobertura em função dos tratamentos. Selvíria – MS, 2023.

C. Variação	Massa Seca kg ha ⁻¹
Calcário (C)	
T1	4763
T2	4691
T3	4523
T4	4917
T5	4235
C. Cobertura (CC)	
Milheto	5727
Crotalária	3524
Dose N (D)	
0	4562
90	4217
180	5099
Teste F	
C	0,95
CC	85,16**
D	4,61*
C*CC	0,51
C*D	4,80**
CC*D	2,64
C*CC*D	2,23*
CV%	24,48

Quantidades de calcário (c) + gesso (g) aplicadas por tratamento, acumulados no período de 2001 a 2023: T1- 8,05 (c), T2 – 13,70 (c), T3 – 8,86 (c) + 3,4 (g), T4 – 12,89 (c) + 3,4 (g) e T5 – 0,81 (c). Coeficiente de Variação (CV).

Na Tabela 3, são apresentados os resultados do desdobramento da interação tripla calcário ou calcário + gesso x culturas de cobertura x doses de nitrogênio.

Tabela 3. Desdobramento da interação calcário ou calcário + gesso x cultura de cobertura x doses de N, significativa para massa seca das culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2023.

Dose/Cult. Cobertura	0		90		180					
Calcário	Milheto	Crotalária	Milheto	Crotalária	Milheto	Crotalária				
	kg ha ⁻¹									
T1	5514	4303	5006 A	1566 bB	7509 abA	4683 B				
T2	4735	3473	6446 A	3813 abB	5857bcA	3820 B				
T3	6218	4650	4812 A	2360 abB	5445bc	3653				
T4	4830 A	2872 B	4724	4331 a	9292 aA	3452 B				
T5	5353	3668	5569 A	3544 abB	4595 cA	2681 B				
	DMS 2603									
Cultura Cobert./dose	Milheto			RL	RQ	Crotalária			RL	RQ
Calcário	0	90	180			0	90	180		
	kg ha ⁻¹					kg ha ⁻¹				
T1	5514	5006	7509	4,65*	3,53	4303	1566	4683	0,16	13,37**
T2	4735	6446	5857	1,47	2,06	3473	3813	3820	0,14	0,04
T3	6218	4812	5445	0,69	1,62	4650	2360	3653	2,16	5,01**
T4	4830	4724	9292	23,30**	8,52**	2872	4331	3452	0,39	2,13
T5	5353	5569	4595	0,67	0,55	3668	3544	2681	1,14	0,21

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ).

Quantidades de calcário (c) + gesso (g) aplicadas por tratamento, acumulados no período de 2001 a 2023: T1- 10,32 (c), T2 – 18,24 (c), T3 – 11,13 (c) + 5,1 (g), T4 – 17,43 (c) + 5,1 (g) e T5 – 0,81 (c). Diferença mínima significativa (DMS),

Y (T1, Crotalária) = 4303 – 62,943333x + 0,361412x² R² = 100

Y (T1, Milheto) = 5011,6611 + 11,085x R² = 56,84

Y (T3, Crotalária) = 4649,666667 – 45,342778x + 0,221150x² R² = 100

Y (T4, Milheto) = 4829,833333 – 27,138333x + 0,288496x² R² = 100

Verifica-se na Tabela 3, que dentro de cada dose de nitrogênio, onde houve diferença significativa entre as culturas de cobertura, sempre o milho apresentou a maior massa seca produzida. Na comparação dos tratamentos com calcário ou calcário + gesso, apenas observou-se diferença entre os tratamentos, para a crotalária, dentro da dose 90 kg ha⁻¹ de N, destacando-se o tratamento T4 com maior valor e o T1 com a menor massa produzida. Também verifica-se a diferença entre os tratamentos com calcário ou calcário + gesso, para a cultura do milho, dentro da dose 180 kg ha⁻¹ de N, onde verifica-se novamente o tratamento T4 com a maior massa produzida e neste caso, o tratamento T5, foi o que proporcionou a menor massa seca produzida. Os melhores resultados apresentados no T4 são devido à aplicação do gesso, visto que o mesmo promove maior crescimento de raízes em profundidade e uma melhor absorção de nutrientes, proporcionando melhor desenvolvimento da planta e, consequentemente, maior teor de matéria seca (ALCARDE *et al*, 2003).

Avaliando-se o efeito das doses de N na cultura do milho, verifica-se na Tabela 3, que houve efeito apenas dentro dos tratamentos T1 e T4, onde no tratamento T1, os resultados ajustaram-se a uma função quadrática e no tratamento T4, o ajuste foi linear crescente, ou seja, houve uma maior produção de massa seca, nas parcelas com o residual da maior dose de N utilizada. Dentro da cultura de cobertura crotalária, o ajuste foi quadrático dentro dos tratamentos T1 e T3, com os menores valores de massa produzida nas parcelas com residual da dose de 90 kg ha⁻¹ de N.

Na Tabela 4, encontram-se os resultados da análise estatística e as médias obtidas para os teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), Ca, magnésio (Mg) e S na cultura do milho, em função dos tratamentos. Verifica-se interação significativa entre culturas de cobertura x doses de N para o teor de N, interação entre tratamentos com calcário ou calcário + gesso x doses de N para os teores foliares de P, efeitos dos tratamentos nos teores de K, efeito dos tratamentos com calcário ou calcário + gesso nos teores de Ca, interação entre calcário ou calcário + gesso x doses de N e culturas de cobertura x doses de N para os teores de Mg e efeito dos tratamentos com calcário e interação entre cultura de cobertura x doses de N para os teores de S.

Para os teores de S, os tratamentos T3 e T4 apresentaram melhores resultados em comparação com os demais, o que pode ser explicado devido ao fornecimento de gesso nesses tratamentos.

Tabela 4. Valores de F e teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S, na cultura do milho, em função dos tratamentos. Selvíria – MS, 2024.

C. Variação	N	P	K	Ca	Mg	S
g kg ⁻¹						
Calcário (C)						
T1	23,8	2,4	29,2b	4,0ab	4,7	3,6b
T2	23,7	2,5	29,1b	4,4 a	5,4	3,8ab
T3	23,6	2,5	30,3ab	5,0 a	5,2	4,2 a
T4	24,6	2,6	29,3ab	4,9 a	5,5	4,2 a
T5	25,7	2,8	31,2 a	3,4b	4,1	3,8ab
Cobertura (CC)						
Milheto	23,6	2,5	29,2b	4,5	5,2	3,8
Crotalária	25,0	2,6	30,5 a	4,2	4,8	4,0
Dose N (D)						
0	20,7	2,3	29,0	4,1	4,9	3,7
90	25,7	2,6	30,2	4,5	5,0	3,9
180	26,5	2,8	30,4	4,4	5,1	4,1
Teste F						
C	2,42	1,99	3,49*	7,42**	18,94**	5,16**
CC	7,96**	1,93	8,92**	1,38	8,84**	3,05
D	48,04**	7,86**	4,08*	1,19	1,51	2,87
C*CC	0,21	0,5	1,01	0,80	0,33	0,33
C*D	0,65	2,33*	1,22	1,66	3,59*	0,64
CC*D	10,39**	1,38	0,04	1,96	6,02*	3,32*
C*CC*D	0,27	0,96	0,96	0,90	1,66	0,99
CV%	10,21	18,32	6,93	24,19	11,56	14,58

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Resultados significativos a 1% (**) e 5% (*). Coeficiente de variação (CV), Quantidades de calcário (c) + gesso (g) aplicadas por tratamento, acumulados no período de 2001 a 2023: T1- 10,32 (c), T2 – 18,24 (c), T3 – 11,13 (c) + 5,1 (g), T4 – 17,43 (c) + 5,1 (g) e T5 – 0,81 (c).
 $Y(K) = 29,127778 + 0,007815x$ $R^2 = 84,92$

Verifica-se na Tabela 4, que os teores foliares de cálcio variaram apenas em função dos tratamentos com aplicação de calcário ou calcário + gesso, destacando-se o tratamento testemunha com o menor teor. Destaca-se que o calcário ou calcário + gesso utilizado nos tratamentos T1, T2, T3 e T4, são considerados fonte de Ca e Mg, no caso do calcário e Ca e S, no caso do gesso, portanto, as doses utilizadas proporcionaram maior teor de Ca nas folhas em relação ao tratamento testemunha (T5).

Em comparação com os teores foliares adequados de macronutrientes descritos no Boletim Técnico 100 (2022), os teores de N obtidos estão abaixo do adequado que seria entre 25-35 g kg⁻¹, apenas o T5 apresentou teor dentro da faixa (25,7 g kg⁻¹), porém, ainda está baixo. Os teores de P estão dentro da faixa ideal, que seria entre 1,9-3,5 g kg⁻¹. Os teores de K estão dentro da faixa ideal, que seria entre 17-30 g kg⁻¹, os tratamentos T3 e T5 apresentaram teores maiores que o ideal, com 30,3 e 31,2 g kg⁻¹, respectivamente. Os teores de Ca estão dentro da faixa ideal, que seria entre 2,5-6,0 g kg⁻¹. Os teores de Mg dos tratamentos T1 e T5 estão dentro da faixa ideal e os tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram teores de 5,4; 5,2 e 5,5 g kg⁻¹, respectivamente, estando acima da média que seria entre 1,5-4,0 g kg⁻¹. Os teores de S estão todos acima da faixa ideal, que seria entre 1,5-3,0 g kg⁻¹, os tratamentos apresentaram teores de 3,6; 3,8; 4,2; 4,2 e 3,8 g kg⁻¹, respectivamente para T1, T2, T3, T4 e T5.

Com relação aos teores foliares de N, verifica-se na Tabela 5, que no tratamento na dose 0 kg ha⁻¹ de N, obteve-se maiores teores foliares de N nas parcelas onde cultivou-se a crotalária como cultura de cobertura. A melhoria nos atributos do solo ocasionados pela rotação de culturas nesse sistema, possivelmente beneficiou a cultura atual, refletindo em maior aproveitamento da nutrição realizada na safra antecessora (SILVA *et al.*, 2015). Nas parcelas com residual das doses de 90 e 180 kg ha⁻¹ de N, não houve diferença entre as culturas de cobertura. Atribui-se a esse resultado a possibilidade da crotalária como cultura de cobertura antecessora ao milho, disponibilizar mais N para a cultura em sucessão, por ser uma leguminosa, em comparação ao milheto.

Tabela 5. Desdobramento da interação culturas de cobertura x doses de nitrogênio, significativa para o teor foliar de N no milho. Selvíria – MS, 2024.

Cultura	Doses de N			RL	RQ
Cobertura	0	90	180		
	g kg ⁻¹				
Milheto	18,3 b	25,8	26,6	84,40**	18,22**
Crotalária	23,1 a	25,6	26,4	12,79**	1,24
DMS 1,8					

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Diferença mínima significativa (DMS), Resultados significativos a 1% (**).

Y (crotalária) = 23,411111 + 0,018x R² = 91,17

Y (milheto) = 18,273333 + 0,121037x R² = 100,00

Com relação ao teor de N foliar em função das doses de N, verifica-se que, no tratamento do milho como cultura de cobertura, os resultados ajustaram-se a uma função quadrática, com o maior valor para a dose de 180 kg ha⁻¹ de N. Dentro da cultura de cobertura crotalária, o ajuste foi linear e crescente.

Na Tabela 6, verifica-se que o teor foliar de fósforo dentro dos tratamentos com calcário ou calcário + gesso, variou apenas dentro do tratamento com a dose de 180 kg ha⁻¹ de N, destacando-se o tratamento T5 (testemunha), com o maior teor obtido. Em relação ao comportamento do teor de P em função das doses de N utilizadas, verifica-se um ajuste linear crescente nos tratamentos T3 e T5, ou seja, nas parcelas onde aplicou-se a maior dose de N, obteve-se o maior teor foliar de P. Resultados semelhantes foram constatados por Ziadi *et al.* (2008), onde plantas de trigo que apresentavam maiores concentrações de N por conta da fertilização nitrogenada, apresentaram maiores teores de P no seu tecido, podendo ser atribuído a uma relação sinérgica em que o N funcionou como um facilitador na absorção de P. (Sugerido pela Vitória).

Com relação aos teores foliares de K, verifica-se na Tabela 4, que os maiores teores foliares foram obtidos com os tratamentos T5 (testemunha), crotalária e dose 180 kg ha⁻¹ de N, ou seja, comportamento semelhante aos teores foliares de P, onde houve efeito significativo dentro dos tratamentos com calcário ou calcário + gesso ou efeito de doses de N.

Tabela 6. Desdobramento da interação calcário x doses de nitrogênio, significativa para o teor foliar de P no milho. Selvíria – MS, 2024.

Calcário	Doses de N			RL	RQ
	0	90	180		
	g kg ⁻¹				
T1	2,0	2,6	2,6 b	3,87	1,63
T2	2,5	2,6	2,4 b	0,00	0,36
T3	2,1	2,6	3,0 ab	11,03**	0,02
T4	2,6	2,6	2,6 b	0,03	0,00
T5	2,4	2,6	3,5 a	14,52**	2,90
DMS 0,7					

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Diferença mínima significativa (DMS)

Quantidades de calcário (c) + gesso (g) aplicadas por tratamento, acumulados no período de 2001 a 2023: T1- 10,32 (c), T2 – 18,24 (c), T3 – 11,13 (c) + 5,1 (g), T4 – 17,43 (c) + 5,1 (g) e T5 – 0,81 (c).

Y (T3) = 2,077778 + 0,005x R² = 99,82

Y (T5) = 2,3 + 0,005741x R² = 83,35

Na Tabela 7, encontram-se os resultados do desdobramento das interações significativas calcário ou calcário + gesso x doses de N e culturas de coberturas x doses de N. Verifica-se que na comparação dos tratamentos com calcário ou calcário + gesso, dentro das doses de N, obteve-se diferença quanto aos teores de Mg dentro das doses 90 e 180 kg ha⁻¹ de N, destacando-se a testemunha (T5) com os menores teores foliares, ou seja, a aplicação de corretivo (calcário) favorece a absorção de Mg, quando da utilização de adubação nitrogenada. Em relação ao comportamento do teor de Mg em função dos tratamentos com dose de N, verificou-se ajuste quadrático para os teores de Mg dentro dos tratamentos T1 e T3 e linear decrescente dentro do tratamento T5 (testemunha), enfatizando novamente, onde há aplicação de maiores doses de N e não aplicação de corretivo, há uma menor absorção de Mg pelas plantas de milho.

Tabela 7. Desdobramento das interações calcário x doses de nitrogênio e culturas de cobertura x doses de nitrogênio, significativa para o teor foliar de Mg no milho. Selvíria – MS, 2024.

Calcário/ Cultura de Cobertura	Doses de N			RL	RQ
	0	90	180		
	g kg ⁻¹				
T1	4,6	4,4 b	5,3 a	5,28*	4,07*
T2	5,2	5,5 a	5,7 a	1,95	0,00
T3	4,8	5,7 a	5,1 a	1,32	6,29*
T4	5,2	5,8 a	5,7 a	2,71	1,39
T5	4,6	4,1 b	3,6 b	8,69**	0,02
DMS 0,9					
Milheto	4,7	5,4 a	5,4 a	9,78**	3,67
Crotalária	5,0	4,7 b	4,8 b	0,78	0,83
DMS 0,4					

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Diferença mínima significativa (DMS), Resultados significativos a 1% (**) e 5% (*).

Quantidades de calcário (c) + gesso (g) aplicadas por tratamento, acumulados no período de 2001 a 2023: T1- 10,32 (c), T2 – 18,24 (c), T3 – 11,13 (c) + 5,1 (g), T4 – 17,43 (c) + 5,1 (g) e T5 – 0,81 (c).

Y (T1) = 4,55 – 0,008704x + 0,000072x² R² = 100,00

Y (T3) = 4,75 + 0,018241x – 0,00009x² R² = 100,00

Y (T5) = 4,586111 – 0,005463x R² = 99,76

Y (milheto) = 4,85 + 0,003667x R² = 72,73

Com relação aos teores de Mg em função das culturas de cobertura, verifica-se que onde houve aplicação de nitrogênio, obteve-se menor teor de Mg nas folhas do milho, onde a cultura de cobertura antecessora foi a crotalária e onde a dose de N foi 0 kg ha⁻¹, não houve diferença significativa. Ainda na Tabela 7, verifica-se um ajuste linear crescente para o teor de Mg, em função das doses de N utilizadas, dentro da cultura milheto, como antecessora ao milho.

Os teores foliares de S foram influenciados pelos tratamentos com calcário ou calcário + gesso, onde observa-se na Tabela 4, maiores teores foliares de S nos tratamentos onde houve aplicação de gesso (T3 e T4) e o menor teor no tratamento T1. O gesso é considerado uma das principais fontes de S para as plantas além da função de neutralizador de Al em subsuperfície e também fonte de Ca para as plantas (SORATTO *et al.*, 2008). (citação)

Na Tabela 8, referente ao desdobramento da interação culturas de cobertura x doses de N para os teores foliares de S, observa-se que, dentro das doses de N, apenas na dose 0 obteve-se diferença entre as culturas utilizadas, obtendo-se nas parcelas com crotalária como cultura antecessora, os maiores teores. Em relação aos teores em função das doses de N, observa-se apenas dentro da cultura milho, um ajuste linear crescente, ou seja, à medida que aumentou-se a dose de N aplicada, houve maior absorção de S pelas plantas de milho, semelhante ao observado para os teores foliares de N e Mg. Segundo Dubey e Khan (1993), isso acontece pois o N e o S possuem interação sinérgica, onde a aplicação conjunta dos nutrientes apresenta melhores resultados nas plantas quando comparado à aplicação do nutriente de forma separada.

Tabela 8. Desdobramento da interação culturas de cobertura x doses de N, significativa para o teor foliar de S no milho. Selvíria – MS, 2024.

Cultura de Cobertura	Doses de N			RL	RQ
	0	90	180		
	g kg ⁻¹				
Milho	3,4 b	4,0	4,1	9,77**	1,57
Crotalária	4,1 a	3,9	4,1	0,06	0,98
DMS	0,1				

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. (RL), (RQ), Diferença mínima significativa (DMS). Resultados significativos a 1% (*).
 $Y (\text{milho}) = 3,495556 + 0,00363x \quad R^2 = 86,17$

Na Tabela 9, são apresentados os resultados da análise estatística e as médias dos teores foliares de Cu, Fe, Mn e Zn, em função dos tratamentos. Verifica-se nesta tabela, interação significativa entre calcário ou calcário + gesso x culturas de cobertura x dose de N para os teores de Cu, interação culturas de cobertura x doses de N para teores de Fe, efeito de culturas de cobertura e interação calcário ou calcário + gesso x doses de N para os teores de Mn e efeito de doses de N nos teores foliares de Zn.

Tabela 9. Valores de F e teores foliares de Cu, Fe, Mn e Zn, na cultura do milho, em função dos tratamentos. Selvíria – MS, 2024.

C. Variação	Cu	Fe	Mn	Zn
mg kg ⁻¹				
Calcário (C)				
T1	8,9	135,7	50,7	82,3
T2	10,2	135,7	50,8	84,5
T3	10,8	131,5	56,8	82,6
T4	9,2	132,9	48,0	79,8
T5	10,6	140,5	106,7	82,1
C. Cobertura (CC)				
Milheto	9,8	143,3	58,4b	82,2
Crotalária	10,1	127,2	66,9 a	82,3
Dose N (D)				
0	9,3	131,7	48,8	78,5
90	10,2	137,7	61,4	92,8
180	10,4	136,4	77,6	84,5
Teste F				
C	2,76*	0,37	42,08**	0,71
CC	0,69	10,29**	6,16*	0,00
D	2,27	0,52	23,69**	4,65*
C*CC	0,84	0,79	0,53	0,26
C*D	1,12	0,95	6,30**	0,74
CC*D	2,69	5,35**	0,04	0,11
C*CC*D	2,53*	1,81	0,34	0,61
CV%	21,63	17,63	25,98	10,18

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Resultados significativos a 1% (**) e 5% (*). Coeficiente de Variação (CV).

Quantidades de calcário (c) + gesso (g) aplicadas por tratamento, acumulados no período de 2001 a 2023: T1- 10,32 (c), T2 – 18,24 (c), T3 – 11,13 (c) + 5,1 (g), T4 – 17,43 (c) + 5,1 (g) e T5 – 0,81 (c).

Y (Zn) = 79,255556 + 0,033333x R² = 88,82

Em comparação com os teores foliares adequados de micronutrientes descritos no Boletim Técnico 100 (2022), os teores de Cu obtidos estão todos dentro da faixa ideal que seria entre 6-15 mg kg⁻¹. Os teores de Fe estão todos dentro da faixa ideal, que seria entre 70-200 mg kg⁻¹. Os teores de Mn dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 estão dentro da faixa ideal, que seria entre 40-100 mg kg⁻¹, o tratamento T5

apresentou teores maiores que o ideal, com 106,7 mg kg⁻¹. Os teores de Zn estão todos acima da faixa ideal, que seria entre 20-50 mg kg⁻¹, os tratamentos apresentaram teores de 82,3; 84,5; 82,6; 79,8 e 82,1 mg kg⁻¹.

Na Tabela 10, observa-se que dentro de cada dose de N, houve diferença entre os tratamentos com calcário ou calcário + gesso, apenas nas parcelas com a cultura antecessora milho e dose de 180 kg ha⁻¹ de N, onde o tratamento T5, proporcionou o maior teor de Cu nas folhas de milho, em relação tratamento T1. Na comparação entre culturas de cobertura, apenas observou-se diferença dentro do tratamento T3, na dose 0 kg ha⁻¹ de N, onde obteve-se maiores teor de Cu nas parcelas com a cultura crotalária antecedendo o milho, bem como, no tratamento T5, na dose 180 kg ha⁻¹ de N, onde, neste caso, o maior teor de Cu foi obtido na parcela com a cultura do milho antecedendo o milho.

Na avaliação do comportamento dos teores foliares de Cu em função das doses de N, dentro de cada tratamento com calcário ou calcário + gesso, verifica-se, dentro da cultura de cobertura milho, um ajuste quadrático para os teores de Cu dentro dos tratamentos T1, T3 e T5 e também quadrático para o T3, dentro da cultura de cobertura crotalária.

Com relação aos teores foliares de Fe, verifica-se na Tabela 11 que a diferença entre culturas de cobertura, ocorreu apenas dentro da dose 0 kg ha⁻¹ de N, onde o maior valor foi obtido com a cultura crotalária como antecessora do milho. Em relação aos teores foliares em função das doses de N utilizadas, verificou-se um ajuste linear crescente para os teores, dentro do milho como cultura de cobertura.

Tabela 10. Desdobramento da interação calcário x cultura de cobertura x doses de nitrogênio, significativa para o teor foliar de Cu, na cultura do milho. Selvíria – MS, 2024.

Cálc..	0		90		180		DMS			
	Mil.	Crot.	Mil.	Crot.	Mil.	Crot.				
	mg kg ⁻¹									
T1	7,7	8,0	12,0	8,7	8,3b	9,0	3,5			
T2	9,3	9,7	11,7	11,0	9,7ab	10,0				
T3	7,7 B	12,3A	12,3	9,3	10,7ab	12,7				
T4	8,0	10,7	7,7	9,3	9,7ab	9,7				
T5	9,0	10,3	8,3	11,7	14,3abA	9,7B				
DMS	4,9									
	Mil.			RL	RQ	Crot.			RL	RQ
	0	90	180			0	90	180		
	mg kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
T1	7,7	12,0	8,3	0,1	6,9*	8,0	8,7	9,0	0,3	0,1
T2	9,3	11,7	9,7	0,0	2,0	9,7	11,0	10,0	0,0	0,6
T3	7,7	12,3	10,7	2,9	4,3*	12,3	9,3	12,7	0,0	4,3*
T4	8,0	7,7	9,7	0,9	0,6	10,7	9,3	9,7	0,3	0,3
T5	9,0	8,3	12,3	9,2**	4,8*	10,3	11,7	9,7	0,1	1,2

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Diferença mínima significativa (DMS), Resultados significativos a 1% (**) e 5% (*).

Quantidades de calcário (c) + gesso (g) aplicadas por tratamento, acumulados no período de 2001 a 2023: T1- 10,32 (c), T2 – 18,24 (c), T3 – 11,13 (c) + 5,1 (g), T4 – 17,43 (c) + 5,1 (g) e T5 – 0,81 (c).

Y (T1milheto) = $9,0 + 0,003704x$ $R^2 = 2,04$

Y (T3 crotalaria) = $12,333333 - 0,068519x + 0,000391x^2$ $R^2 = 100$

Y (T3 milho) = $7,666667 + 0,087037x - 0,000391x^2$ $R^2 = 100$

Y (T5 milho) = $9,0 - 0,044444x + 0,000412x^2$ $R^2 = 100$

Tabela 11 – Desdobramento da interação culturas de cobertura x doses de N, significativa para o teor foliar de Fe. Selvíria – MS, 2024.

Cultura de Cobertura	Doses de N			RL	RQ
	0	90	180		
	g kg ⁻¹				
Milheto	128,5	149,0 a	152,5 a	7,63**	1,27
Crotalária	134,9	126,3 b	120,3 b	2,81	0,03
DMS	17,4				

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Diferença mínima significativa (DMS).

Y (milheto) = 131,3 + 0,133704x R² = 85,74

Em relação aos teores foliares de Mn, verifica-se na Tabela 9 que entre a culturas de cobertura utilizadas, o maior teor foliar de Mn foi obtido nas parcelas com crotalária antecedendo o milho. Na Tabela 12, referente ao desdobramento da interação calcário ou calcário + gesso x doses de N, observa-se que na comparação dos resultados entre tratamentos com calcário ou calcário + gesso, obteve-se diferença apenas dentro das doses de 90 e 180 kg ha⁻¹ de N, destacando-se o tratamento testemunha com os maiores valores obtidos. No tratamento com 0 kg ha⁻¹ de N, apesar da não diferença entre os tratamentos, o maior teor foliar de Mn também foi obtido no tratamento testemunha. Assim, destaca-se que a não utilização de calcário ou a aplicação de doses de nitrogênio, pode aumentar a acidez do solo, proporcionando uma maior disponibilidade de Mn para as plantas de milho.

Na avaliação do comportamento dos teores foliares de Mn em função das doses de N utilizadas, verifica-se na Tabela 12, que dentro dos tratamentos T3 e T5, o ajuste foi linear crescente, ou seja, à medida que aumentou-se a dose de N, favoreceu a absorção de Mn pelas plantas de milho

Com relação aos teores foliares de Zn, observa-se na Tabela 9, apenas o efeito dos tratamentos com doses de N, onde os resultados ajustaram-se a uma função linear crescente. Assim, verifica-se que a aplicação de maiores doses de N na cultura do milho, também favorece a absorção de Cu, Mn e Zn.

Tabela 12 – Desdobramento da interação calcário x doses de N, significativa para o teor foliar de Mn. Selvíria – MS, 2024.

Calcário	Doses de N			RL	RQ
	0	90	180		
	g kg ⁻¹				
T1	41,5	51,8 b	58,7 b	3,34	0,04
T2	47,3	48,0 b	57,2 b	1,09	0,27
T3	50,0	49,8 b	70,7 b	4,84*	1,66
T4	43,7	46,7 b	23,7 b	1,13	0,06
T5	61,5	110,7 a	148,0 a	84,85**	0,52
DMS	26,4				

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Diferença mínima significativa (DMS), Resultados significativos a 1% (**) e 5% (*).

Quantidades de calcário (c) + gesso (g) aplicadas por tratamento, acumulados no período de 2001 a 2023: T1- 10,32 (c), T2 – 18,24 (c), T3 – 11,13 (c) + 5,1 (g), T4 – 17,43 (c) + 5,1 (g) e T5 – 0,81 (c).

Y (T3) = 46,5 + 0,114815x R² = 74,40

Y (T5) = 63,472222 + 0,480556x R² = 99,38

Na Tabela 13, são apresentados os resultados da análise estatística e as médias de população de plantas, altura de planta e da espiga, número de fileiras e grãos por fileira, comprimento e diâmetro da espiga de milho, em função dos tratamentos.

Verifica-se que houve efeito do calcário ou calcário + gesso para altura da espiga, número de grãos por fileira e comprimento da espiga. Quanto a população de plantas, verifica-se que os valores obtidos, estão compatíveis com o número de sementes utilizadas na semeadura. Essa não diferença entre os tratamentos, é importante para as demais avaliações, no sentido de que a população de plantas era homogênea em todos os tratamentos e dentro do recomendado para a cultura.

Quanto a altura de plantas (Tabela 13), verifica-se que não houve diferença nos tratamentos com aplicação de calcário ou calcário + gesso. Apenas observa-se o menor resultado para o tratamento testemunha (T5), onde foi aplicado apenas 0,81 t ha⁻¹ de calcário no período em que o experimento está sendo conduzido, denotando a importância da aplicação deste corretivo para a melhoria da fertilidade do solo e correção do pH e consequentemente o bom desenvolvimento das plantas. Esse

mesmo comportamento dos tratamentos com calcário ou calcário + gesso, repetiu-se nas avaliações de número de grãos por fileira e comprimento da espiga.

Tabela 13 – Valores de F e médias de população de plantas, altura de inserção da primeira espiga e de planta, número de fileiras e grãos por fileira, comprimento e diâmetro da espiga de milho, em função dos tratamentos. Selvíria – MS, 2024.

C. Variação	População de plantas Plantas ha ⁻¹	Altura espiga (cm)	Altura planta (cm)	Número fileiras	Número grãos fileira	Comp. Espiga (cm)	Diâmetro espiga (cm)
Calcário (C)							
T1	59477	132,3	216,1 a	15,7	34,4 a	15,9 a	4,5
T2	62418	129,3	210,9 a	15,5	34,7 a	15,8 a	4,3
T3	62091	154,7	213,2 a	15,7	34,0 a	15,6	4,4
						ab	
T4	59150	126,6	210,7 a	15,7	33,9 a	15,7 a	4,4
T5	62091	106,3	117,0 b	15,2	30,9 b	14,6 b	4,2
C. Cobertura (CC)							
Milheto	61307	136,2	205,1	15,7	33,7	15,5	4,3
Crotalária	60784	123,5	205,2	15,4	33,4	15,5	4,4
Dose N (D)							
0	61764	123,1	203,1	15,6	33,3	15,4	4,3
90	60196	126,0	208,9	15,5	34,0	15,6	4,3
180	61176	140,4	204,6	15,5	33,3	15,6	4,4
Teste F							
C	1,61	2,23	7,19**	1,11	6,21 **	4,42**	2,06
CC	0,21	1,51	0,02	2,93	0,24	0,37	0,01
D	0,66	1,07	0,41	0,07	0,66	0,43	0,74
C*CC	1,00	0,78	0,10	1,16	0,77	00,24	0,51
C*D	0,99	0,76	0,12	0,76	1,26	1,43	1,16
CC*D	1,48	0,72	0,12	1,57	1,00	0,47	2,02
C*CC*D	1,19	0,64	0,09	1,52	0,68	0,73	0,41
CV%	8,70	37,75	12,42	5,34	7,85	7,05	6,92

Quantidades de calcário (c) + gesso (g) aplicadas por tratamento, acumulados no período de 2001 a 2023: T1- 10,32 (c), T2 – 18,24 (c), T3 – 11,13 (c) + 5,1 (g), T4 – 17,43 (c) + 5,1 (g) e T5 – 0,81 (c). Coeficiente de Variação (CV).

Na Tabela 14, são apresentados os resultados da massa de 100 grãos e da produtividade de grãos. Observa-se que para a massa de grãos, não houve efeito dos tratamentos, no entanto, para a produtividade de grãos, novamente houve efeito dos tratamentos com calcário ou calcário + gesso, destacando-se a não diferença entre os tratamentos T1, T2, T3 e T4, onde ocorreu aplicação de calcário ou calcário + gesso, no entanto, os tratamentos T1, T3 e T4, apresentaram produtividade de grãos superiores a testemunha (T5), onde houve aplicação de apenas 0,81 t ha⁻¹ de calcário durante o período de condução do experimento. O tratamento T2 não foi estatisticamente diferente da testemunha, o entanto, sua produtividade foi cerca de 26,2% superior em relação a T5.

Esse mesmo comportamento dos tratamentos com calcário, também foi observado nas avaliações da altura de plantas e número de fileiras de grãos por espiga (Tabela 13). Destaca-se também que a aplicação do gesso junto ao calcário, não proporcionou acréscimos na produtividade de grãos, bem como, variação significativa em qualquer outra característica agrônômica avaliada. Desta forma, com base nos resultados obtidos, fica evidente que a aplicação de calcário é essencial para aumentar a produtividade de grãos na cultura do milho e que, as doses utilizadas foram adequadas uma satisfatória produção de grãos.

Segundo dados da CONAB (2024), a produtividade de milho no Brasil na safra 2023/24, foi de 5784, 5491 e 5496 kg ha⁻¹, respectivamente para 1ª, 2ª safras e produtividade média do total de milho. Assim, verifica-se que as produtividades obtidas com os tratamentos onde foram aplicados calcário ou calcário + gesso, foram maiores que a média nacional e nas diferentes épocas de cultivo do milho. Somente o tratamento testemunha (T5), apresentou produtividade menor que a média nacional.

Não observou-se efeito das culturas de cobertura e doses de N na produtividade de grão. Na condição de SPD, é essencial o cultivo de culturas para produção de massa seca, com o objetivo de ciclagem de nutrientes, cobertura do solo e outros benefícios destas culturas, sendo a palha, considerada um dos pilares para manutenção do SPD. Com relação as doses de N utilizadas, apesar da não obtenção de ajuste para as médias obtidas, observa-se que as doses de 90 e 180 kg ha⁻¹ de N, aumentaram a produtividade de grãos em 14,9 e 13,4%, respectivamente. Sendo assim, pelo menos o uso de 90 kg ha⁻¹ de N, nas condições em que o experimento vem sendo conduzido, torna-se importante para aumentar a produtividade do milho.

Tabela 14 – Valores de F e médias de massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho, em função dos tratamentos. Selvíria – MS, 2024.

C. Variação	Massa 100 grãos g	Produtividade grãos T ha ⁻¹
Calcário (C)		
T1	27,8	7110 a
T2	26,8	6678 ab
T3	27,4	6879 a
T4	26,8	6854 a
T5	27,4	5293 b
C. Cobertura (CC)		
Milheto	27,1	6463
Crotalária	27,4	6662
Dose N (D)		
0	26,0	5998
90	27,6	6889
180	28,1	6800
Teste F		
C	0,70	4,05 **
CC	0,47	0,38
D	7,42*	3,07
C*CC	0,32	0,28
C*D	1,78	1,39
CC*D	1,85	1,09
C*CC*D	1,41	0,25
CV%	8,04	23,33

Quantidades de calcário (c) + gesso (g) aplicadas por tratamento, acumulados no período de 2001 a 2023: T1- 10,32 (c), T2 – 18,24 (c), T3 – 11,13 (c) + 5,1 (g), T4 – 17,43 (c) + 5,1 (g) e T5 – 0,81 (c).
 Y massa de 100 grãos = $26,204444 + 0,011444x$ $R^2 = 89,43$
 Coeficiente de Variação (CV), Resultados significativos a 1% (**) e 5% (*).

6. CONCLUSÃO

De acordo com os dados apresentados, pode-se concluir que a cultura do Milheto se destaca na produção de massa seca e responde positivamente ao residual das doses de N utilizadas no milho. O teor foliar de nitrogênio aumenta em função das doses de N utilizadas e o teor foliar de Zn aumenta onde há aplicação de nitrogênio. Na dose de 0 kg ha⁻¹ de N, a crotalária proporciona maior teor foliar de N. O gesso aplicado não alterou a produtividade do milho, mas proporcionou um aumento do teor de S nos tratamentos T3 e T4, mostrando diferença significativa.

É importante que sejam feitas reaplicações de calcário devido estar mantendo a produtividade da cultura milho superior a testemunha e elevando os teores foliares de Ca e Mg, no entanto, deve-se observar os teores foliares de Mn e Zn, devido a possibilidade da redução da disponibilidade deste para a cultura do milho ou outras culturas dentro do sistema de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F. R. M.; SIQUEIRA, F. C. J.; OLIVEIRA, B. M.; SILVA, M. A. S.; CARVALHO, M. T. M. Dinâmica do nitrato, amônio e potencial hidrogeniônico em resposta a diferentes fontes de nitrogênio na cultura do feijoeiro comum irrigado em spd. In: **10º CONAFE - Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão**, 2011, Goiânia. 10º CONAFE - Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão, 2011.

ALCARDE, J. C.; RODELLA, A. A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURTI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V.,V.H. eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2003. p.291- 334.

ALVES, A. G. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 19, p. 127-132, 1995.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. & AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:241-248, 2002.

BOLLIGER, A.; MAGID, J.; AMADO, T. J. C.; SKÓRA NETO, F.; RIBEIRO, M. F. S.; CALEGARI, A.; RALISCH, R.; NEERGAARD, A. Taking stock of the Brazilian “zero-till revolution”: A review of landmark research and farmers practice. **Advances in agronomy**, v. 91, p. 47-110, 2006.

BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v. 124, n. 1-2, p. 3-22, 2005.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.; MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p. 315-327, 1999.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2000.

CAIRES, E.F., F.J. GARBUIO, S. CHURKA, G. BARTH e J.C.L. CORRÊA. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 28, p. 57-64, 2008.

CANALLI, L. B. S.; SANTOS, J. B.; BENASSI, D. A.; FRANCISCO, A. L. O.; BENASSI, C.; AGUIAR, A. N.; CORDEIRO, E.; MENDES, R. S. Soil carbon and structural quality in crop rotations under no-tillage system. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 63, p. e20190603, 2020.

CARVALHO, A. M. de.; COSER, T. R.; REIN, T. A.; DANTAS, R. de A.; SILVA, R. R.; SOUZA, K. W. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 7, p. 551-561, 2015.

CONAB. Boletim Safra de Grãos: Produção e balanço de oferta e demanda de grãos – 15/10/2024. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em 13/11/2024

CORBEELS, M.; MARCHÃO, R. L.; SIQUEIRA NETO, M.; FERREIRA, E. G.; MADARI, B. E.; SCOPEL, E.; BRITO, O. R. Evidence of limited carbon sequestration

in soils under no-tillage systems in the Cerrado of Brazil. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 1-8, 2016.

COSTA, C. H. M. D.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; FERRARI NETO, J.; MORO, E. Nitrogen fertilization on palisadegrass: phytomass decomposition and nutrients release. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.46, n.2, p.159-168, 2016.

COUTINHO, LEOPOLDO MAGNO. O bioma do cerrado. **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois**, p. 77-91, 2002.

DERPSCH, R.; FRANZLUEBBERS, A. J.; DUIKER, S. W.; REICOSKY, D. C.; KOELLER, K.; FRIEDRICH, T.; STURNY, W. G.; SÁ, J. C. M.; WEISS, K. Why do we need to standardize no-tillage research?. **Soil and Tillage Research**, v. 137, p. 16-22, 2014.

DUBEY, O.P.; KHAN, R.A. Effect of nitrogen and sùlfur on dry matter, grain yield and nutrient contente at diferente growth stages of mustard (*Brassica juncea* L.) under irrigate vertisol. **Indian Jpurnal of Agronomy**, Delhi, n.38, p.270-276, 1993.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília, DF, 2013. p.356.

HONTORIA, C.; GÓMEZ-PACCARD, C.; VÁZQUEZ, E.; MARISCAL-SANCHO, I.; ORDÓÑEZ-FERNÁNDEZ, R.; CARBONELL-BOJOLLO, R.; ESPEJO, R. Mid-long term effects of no tillage and Ca-amendment on degraded acid soils under contrasting weather conditions, **Soil and Tillage Research**, v. 183, p. 83- 92, 2018.

INSTITUTO AGRONÔMICO (IAC). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, p. 200, (Boletim Técnico, 100), 2022.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. Taxa de composição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36. n. 1. p. 21-28, 2006.

LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; MARCANDALLI, L. H. Forms of lime application, cover crops and nitrogen rates in maize. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 491-501, 2013.

LONDERO, A. L.; MINELLA, J. P. G.; SCHNEIDER, F. J. A.; DEUSCHLE, D.; MENEZES, D.; EVRARD, O.; BOENI, M.; MERTEN, G. H. Quantifying the impact of no-till on runoff in southern Brazil at hillslope and catchment scales. **Hydrological Processes**, v. 35, p. e14094, 2021.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; FERREIRA, E. P.; SANTOS, L. L.; BEUTLER, S. J.; FERRAZ-JUNIOR, A. S. L. Frações oxidáveis do carbono orgânico do solo em sistemas de aleias sob Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 867-874, 2009.

MALAVOLTA, E. *et al.* Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. **Piracicaba: Potafos**, 1997.

MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C.; REIN T. A. Utilização de calcário em plantio direto e convencional de soja e milho em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 6, p. 563-572, 2005.

NOGUEIRA, K. B.; ROQUE, C. G.; BORGES, M. C. R. Z.; TROLEIS, M. J. B.; BARRETO, R. F.; Oliveira, M. P. Atributos físicos do solo e matéria orgânica sob dois manejos e efeito residual da aplicação de calcário e gesso agrícola. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Maracaibo, v. 115, n.1, p.45-54, 2016.

PACHECO, L. P.; MIGUEL, A. S. D. C. S.; SILVA, R. G.; SOUZA, E. D.; PETTER, F. A.; KAPPES, C. Biomass yield in production systems of soybean sown in succession to annual crops and cover crops. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 52, n. 8, p. 582-591, 2017.

RHEINHEIMER, D. S.; TIECHER, T.; GONZATTO, R.; ZAFAR, M.; BRUNETTO, G. Residual effect of surface-applied lime on soil acidity Properties in a long-term experiment under no-till in a Southern Brazilian sandy Ultisol. *Geoderma*, v. 313, p. 7-16, 2018.

RIBEIRO, L. M., CECCON, G., MECI, I. A., DOS SANTOS, A. L. F., MAKINO, P. A., & FACHINELLI, R. Produtividade da soja em sucessão a cultivos de outono-inverno. **Agrarian**, v.11, n.40, p.120-131, 2018.

SANTOS, I. L.; CAIXETA, C. F.; SOUSA, A. A. T. C.; FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; CARVALHO, A. M. Cover plants and mineral nitrogen: effects on organic matter fractions in an oxisol under no-tillage in the Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1874-1881, 2014.

SILVA, H. A.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; FONSECA, A. F.; CAIRES, E. F.; DIAS, C. T. S. Chemical and physical soil attributes in integrated crop-livestock system under no-tillage. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 5 (Especial), p. 946-955, 2014.

SILVA, F. A.; FREITAS, F. C. L.; ROCHA, P. R. R.; CUNHA, J. L. X. L.; DOMBROSKI, J. L. D.; COELHO, M. E. H.; LIMA, M. F. P. Milho para ensilagem cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional sob efeito de veranico. **Semina: Ciências Agrárias**. 2015.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2008.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. Manual para interpretação de análise de solo. **Guaíba: Agropecuária**, 1997.

ZIADI, N., BÉLANGER, G., CAMBOURIS, A. N., TREMBLAY, N., NOLIN, M. C., CLAESSENS, A. Relationship between phosphorus and nitrogen concentrations in spring wheat. **Agronomy Journal**, v. 100, n. 1, p. 80-86, 2008.

ZOTARELLI, L.; ZATORRE, N. P.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; FRANCHINI, J. C.; ALVES, B. J. R. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. **Field Crops Research**, v. 132, p. 185- 195, 2012.