

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

VINÍCIUS CÁBRIO FERNANDES

**CALAGEM, GESSAGEM, CULTURAS DE COBERTURA E ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM SISTEMA PLANTIO DIRETO: características químicas do solo,
estado nutricional e produtividade do milho**

Ilha Solteira
2019

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

VINÍCIUS CÁBRIO FERNANDES

**CALAGEM, GESSAGEM, CULTURAS DE COBERTURA E ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM SISTEMA PLANTIO DIRETO: características químicas do solo,
estado nutricional e produtividade do milho**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção

Edson Lazarini
Orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

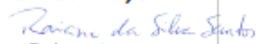
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

F363c Fernandes, Vinícius Cábrio.
Calagem, gessagem, culturas de cobertura e adubação nitrogenada em sistema plantio direto: características químicas do solo, estado nutricional e produtividade do milho / Vinícius Cábrio Fernandes. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2019 57 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2019

Orientador: Edson Lazarini
Inclui bibliografia

1. Crotalária. 2. Milheto. 3. Nitrogênio. 4. Calcário. 5. Gesso. 6. *Zea mays*.


Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Seção: Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

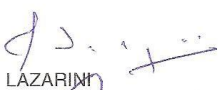
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Calagem, gessagem, culturas de cobertura e adubação nitrogenada em sistema plantio direto: características químicas do solo, estado nutricional e produtividade do milho

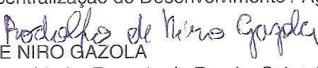
AUTOR: VINICIUS CÁBRIO FERNANDES

ORIENTADOR: EDSON LAZARINI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, área:
Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. EDSON LAZARINI
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Dr. GUSTAVO PAVAN MATEUS
Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios


Prof. Dr. RODOLFO DE NIRO GAZOLA
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Ilha Solteira, 19 de agosto de 2019

DEDICO...

*Ao meu pai **Izaías Fernandes Filho** e minha mãe **Selma Cábrio Fernandes** pelo carinho, educação, incentivo, estando ao meu lado em todos os momentos, sem medirem esforços. Obrigado meus pais pelo exemplo de vida e humildade, paciência para enfrentar todos os problemas da vida, e acima de tudo pelo amor que me deram. Por isso, à vocês dedico minha eterna gratidão pela pessoa que sou hoje.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** pelas oportunidades concedidas, pelo aprendizado, pela proteção e motivação nesta caminhada.

À **Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”**, (Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira), por proporcionar minha formação profissional até o presente momento.

Ao **Prof. Adj. Edson Lazarini**, pelo conhecimento transmitido, confiança, incentivo e paciência, expressei minha gratidão pelo profissionalismo, mas, muito mais pela referência de pessoa íntegra, honesta e amigável.

À todo apoio que sempre tive de minha família, aos meus pais **Izaías e Selma** que sacrificaram muitos de seus sonhos para que o meu se torne realidade e à minha irmã **Súria**. Agradeço especialmente a minha esposa **Ana Carolina** pelo companheirismo, paciência e ajuda, permanecendo sempre meu lado nos momentos difíceis.

A todos os **orientados** do professor Edson Lazarini, meu muito obrigado por todos os momentos de muita risada e de também muito trabalho. Os quais contribuíram para a instalação e condução deste e de outros experimentos realizados na FEPE.

Aos demais **colegas** da turma de Pós Graduação em Agronomia UNESP de Ilha Solteira – SP.

Aos **membros da banca**, pela participação e valiosa contribuição.

A todos os **funcionários** da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE, pela ajuda e suporte dados no desenvolvimento deste experimento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)** - Código de Financiamento 001.

Muito Obrigado!

RESUMO

No cerrado, o Sistema Plantio Direto assume importância devido ao não revolvimento do solo, utilizar culturas de cobertura e preconizar rotação de culturas. Em área experimental no município de Selvíria – MS implantou-se o sistema plantio direto no ano agrícola 2000/01, com o objetivo de avaliar os tratamentos com diferentes modos e épocas de aplicação de calcário, culturas de cobertura e doses de N, no comportamento das culturas de milho e soja. Os resultados abordados neste trabalho, referem-se aos anos agrícolas 2015/16, 2016/2017 e 2017/18, quando utilizou-se o milho como cultura principal, o milheto e a *Crotalaria juncea* como culturas de cobertura, diferentes doses de calcário aplicadas durante os anos anteriores, complementadas com a reaplicação de calcário na presença e ou ausência de gesso e doses de N em cobertura. A área experimental pertence a UNESP – Campus de Ilha Solteira, sendo o solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico com textura argilosa. O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados com os tratamentos disposto em esquema fatorial. O calcário foi aplicado em 2001, 2007 e 2012, perfazendo um total de (T1) 4,66; (T2) 6,90; (T3) 5,47; (T4) 6,11 e (T5) 0,81 t ha⁻¹. No ano de 2016, foi realizado uma nova reaplicação de calcário, aplicando respectivamente nos tratamentos, 2,26; 4,52; 2,26; 4,52 e 0 t ha⁻¹, acrescido para os tratamentos T3 e T4, 1,7 t ha⁻¹ de gesso. As plantas de cobertura forma mantidas e as doses de N utilizadas anualmente foram 0, 90 e 180 kg ha⁻¹, utilizando como fonte a uréia. As avaliações foram do estado nutricional do milho, características agronômicas do milho e valores de pH do solo, nas profundidades de 0 – 0,10, 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m. As diferentes doses de calcário utilizadas, com e sem adição de gesso, não alteram os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, características agronômicas e produtividade de grãos do milho; a demanda por fertilizante nitrogenada pela cultura do milho é menor quando este é cultivado em sucessão a crotalária; as doses de N em cobertura proporcionaram incrementos na produtividade de grãos nos 3 anos agrícolas avaliados; a crotalaria propicia maior acidificação do solo em relação ao milheto; a aplicação de calcário em superfície em função do tempo corrige valores de pH até a profundidade de 0,20 m e doses de N de 90 a 180 kg ha⁻¹ elevam a acidez do solo até a camada de 0,20 m de profundidade.

Palavras-chave: Crotalária. Milheto. Nitrogênio. Calcário. Gesso. *Zea mays*.

ABSTRACT

In the Cerrado region, the no-tillage system assumes importance because of no soil tillage, use of cover crops and crop rotation. In an experimental area in Selvíria county, Mato Grosso do Sul State, Brazil, the no-tillage system was implemented in the agricultural year 2000/01, aiming to evaluate the treatments with different modes and times of application of limestone, cover crops and N rates, on the behavior of corn and soybean crops. The results to be presented in this work refer to the agricultural years 2015/16, 2016/2017 and 2017/18, when maize was used as the main crop, millet and *Crotalaria juncea* as cover crops, different doses of limestone applied during the previous years, complemented by the reapplication of limestone in the presence and / or absence of gypsum and N rates in topdressing. The experimental area of UNESP - Ilha Solteira Campus has soil classified as dystrophic Red Latosol with clay texture. The experimental design was a randomized complete block with treatments arranged in a factorial scheme. Limestone was applied in 2001, 2007 and 2012, totaling (T1) 4.66; (T2) 6.90; (T3) 5.47; (T4) 6.11 and (T5) 0.81 t ha⁻¹. In 2016, a new limestone reapplication was performed, applying respectively 2.26; 4.52; 2.26; 4.52 and 0 t ha⁻¹, plus for treatments T3 and T4, 1.7 t ha⁻¹ of gypsum. The cover crops were maintained and the doses of N used annually were 0, 90 and 180 kg ha⁻¹, using urea as source. Evaluations were based on corn nutritional status, corn agronomic characteristics and soil pH values at depths of 0 - 0.10, 0.10 - 0.20 and 0.20 - 0.40 m. The results allowed to conclude that the different doses of limestone used, with and without the addition of gypsum, do not alter the leaf contents of N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn and Zn, agronomic characteristics and yield corn grains; the demand for nitrogen fertilizer for corn crop is lower when it is grown in succession to sunn hemp; N rates in cover provided increases in grain yield in the 3 agricultural years evaluated; sunn hemp leads to greater soil acidification compared to millet; applying limestone on the surface as a function of time corrects pH values up to the depth of 0.20 m and N rates from 90 to 180 kg ha⁻¹ increase soil acidity to the 0.20 m depth layer.

Key words: Sunn Hemp. Millet. Nitrogen. Limestone. Gypsum. *Zea mays*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima do ar (°C) durante as safras 2015/16 (A), 2016/17 (B) e 2017/18 (C).Selvíria - MS, Brasil, 2015-2018	21
-----------------	---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resultados da análise química da amostra de solo da área experimental ¹ . Selvíria-MS, 2000.	21
Tabela 2	Valores de F e médias dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S na cultura do milho em função de plantas de cobertura, doses de calcário e gesso e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16, 2016/17 e 2017/18.	26
Tabela 3	Teor de nitrogênio foliar no milho em função de plantas de cobertura e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16 e 2017/18.	27
Tabela 4	Teor de nitrogênio foliar no milho em função de doses de calcário e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16.	27
Tabela 5	Teor de fósforo foliar de milho em função de plantas de cobertura e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16 e 2017/18.	28
Tabela 6	Teor foliar de potássio no milho em função doses de calcário + gesso e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16 e 2016/17.	29
Tabela 7	Teor foliar de potássio no milho em função de plantas de cobertura e doses de calcário + gesso. Selvíria – MS, 2017/18.	29
Tabela 8	Teor de magnésio foliar no milho em função das plantas de cobertura e doses de calcário. Selvíria – MS, 2017/18.	30
Tabela 9	Teor de magnésio foliar no milho em função de doses de calcário e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16.	31
Tabela 10	Teor de magnésio foliar no milho em função de doses de calcário e doses de N. Selvíria – MS, 2017/18.	31
Tabela 11	Teor de enxofre foliar no milho em função de doses de calcário e culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2017/18.	32
Tabela 12	Valores de F e médias dos teores foliares de Cu, Fe, Mn e Zn na cultura do milho em função de plantas de cobertura, doses de calcário e gesso e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16, 2016/17 e 2017/18.	34
Tabela 13	Teor de cobre foliar no milho em função de culturas de cobertura e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16.	35
Tabela 14	Teor de zinco foliar no milho em função de culturas de cobertura e doses de calcário e gesso. Selvíria – MS, 2015/16.	35
Tabela 15	Teor de zinco foliar no milho em função de doses de calcário e gesso	35

	x doses de N. Selvíria – MS, 2015/16.	
Tabela 16	Teor de zinco foliar no milho em função de culturas de cobertura e doses de calcário e gesso. Selvíria – MS, 2017/18.	36
Tabela 17	Teor de zinco foliar no milho em função de doses de calcário e gesso x doses de N. Selvíria – MS, 2017/18.	36
Tabela 18	Valores de F e médias para população final de plantas, altura de plantas, altura de inserção da espiga para a cultura do milho. Selvíria – MS. 2015/16, 2016/17 e 2018/19.	38
Tabela 19	População final de plantas em função de plantas de cobertura e doses de N. Selvíria – MS. 2015/16 e 2016/17.	39
Tabela 20	Altura de inserção de espiga em função de plantas de cobertura e doses de calcário e gesso. Selvíria – MS. 2016/17.	39
Tabela 21	Valores de F e médias das características agronômicas: número de fileiras, grãos por espiga, diâmetro de espiga, comprimento de espiga e produtividade de grãos de milho. Selvíria – MS, 2015/16.	40
Tabela 22	Número de grãos por fileira em função das doses de nitrogênio e plantas de coberturas. Selvíria – MS, 2015/16.	41
Tabela 23	Valores de F e médias das características agronômicas: número de fileiras, grãos por espiga, diâmetro de espiga, comprimento de espiga e rendimento de grãos de milho. Selvíria – MS, 2016/17.	42
Tabela 24	Produtividade de grãos em função das doses de nitrogênio e plantas de coberturas. Selvíria – MS, 2016/17.	42
Tabela 25	Valores de F e médias das características agronômicas: número de fileiras, grãos por espiga, diâmetro de espiga, comprimento de espiga e produtividade de grãos de milho. Selvíria – MS, 2017/18.	43
Tabela 26	Número de grãos por fileira em função de plantas de coberturas e doses de N. Selvíria – MS, 2017/18.	44
Tabela 27	Comprimento de espiga em função de plantas de coberturas e doses de N. Selvíria – MS, 2017/18.	44
Tabela 28	Valores de F e de pH do solo em diferentes profundidades em função dos tratamentos. Selvíria - MS, Brasil, 2017.	46
Tabela 29	Valores de pH do solo na profundidade de 0-10 cm em função de plantas de cobertura e calcário. Selvíria - MS, Brasil, 2017.	47

Tabela 30	Valores de pH do solo na profundidade de 10-20 cm em função de plantas de cobertura e calcário. Selvíria - MS, Brasil, 2017.	47
Tabela 31	Valores de pH do solo na profundidade de 20-40 cm em função de plantas de cobertura e calcário. Selvíria - MS, Brasil, 2017.	47
Tabela 32	Valores de pH do solo na profundidade de 0-10 cm em função de plantas de cobertura e doses de nitrogênio. Selvíria - MS, Brasil, 2017.	48
Tabela 33	Valores de pH do solo na profundidade de 10-20 cm em função de doses de calcário + gesso e doses de nitrogênio. Selvíria - MS, Brasil, 2017.	48
Tabela 34	Valores de pH do solo na profundidade de 10-20 cm em função de doses de calcário + gesso e doses de nitrogênio. Selvíria - MS, Brasil, 2017.	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA.	14
2.1	SISTEMA PLANTIO DIRETO	14
2.2	CULTURAS DE COBERTURA	15
2.3	CALAGEM E GESSAGEM NO SISTEMA PLANTIO DIRETO	16
2.4	ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO.....	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1	ESTADO NUTRICIONAL E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA CULTURA DO MILHO.....	25
4.2	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO (pH)	45
5	CONCLUSÕES	50
	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado concentra a segunda maior formação vegetal brasileira, com área composta de aproximadamente 207 milhões de hectares, sendo superado apenas pela Amazônia. A região contém limitações como a baixa fertilidade natural dos seus solos, representada por elevada acidez e alta saturação por alumínio, baixa saturação por bases, baixos teores de fósforo, boro e zinco disponíveis (LOPES, 1983).

No entanto, existem fatores que corroboram para que o Cerrado seja um dos maiores potenciais agrícolas do país, possuindo, por exemplo, facilidade de mecanização, correção e construção da fertilidade, possibilidade de irrigação, elevada profundidade, friabilidade, porosidade e boa drenagem interna dos solos (KERET *et al.*, 1992). O Cerrado com possibilidade de ocorrência de veranicos encontra no Sistema Plantio Direto (SPD), um sistema de manejo que pode superar as restrições impostas pelo ecossistema, permitindo manter ou incrementar a produtividade das culturas (RESCK, 1998). O SPD constitui-se numa prática eficiente para o controle de erosão, propicia maior disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, melhora as condições físicas e químicas do solo com o aumento da matéria orgânica (BALBINO *et al.*, 1996). O emprego da calagem é fundamental para o sucesso do cultivo de grandes culturas, principalmente no Cerrado, atuando na neutralização de elementos tóxicos, como o alumínio e o manganês, no aumento da disponibilidade de nutrientes e na promoção de melhorias no solo (EMBRAPA, 1996).

Com o aumento da prática do Sistema Plantio Direto (SPD) no Cerrado, surgem questionamentos em relação à calagem quanto à quantidade, época de aplicação e seu período residual, melhor cultura de cobertura utilizada na entressafra para manutenção de palhada, dose adequada de nitrogênio na cultura do milho, quando semeado em sucessão a diferentes tipos de culturas de cobertura. Souza, Lobato e Rein (2005) consideram que o uso do gesso agrícola pode melhorar o ambiente radicular em profundidade, verificado para a maioria das culturas anuais, como para o milho e soja. Essas respostas são atribuídas à melhor distribuição das raízes das culturas em profundidade no solo, o que proporciona às plantas o aproveitamento de maior volume de água quando ocorre veranico.

O manejo da adubação nitrogenada no sistema plantio direto requer estudos a médio e longo prazo que envolva os processos de transformação do N inseridos nos sistemas de rotação cultural em nível regional (LARA CABEZAS, 1998). Segundo Leal *et al.* (2005), há evidências de possíveis interações entre o modo de aplicação do calcário e doses de

nitrogênio, culturas de cobertura e quantidade ideal de nitrogênio a ser utilizada, tanto no que se refere a acidificação do solo pelos cultivos, como para o desempenho da cultura do milho.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito residual da calagem e gessagem, doses de nitrogênio e a influência de culturas de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto consolidado, em região do cerrado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMA PLANTIO DIRETO

O sistema plantio direto (SPD) começou a ser estudado na região sul do Brasil na década 1970, com o objetivo de buscar um melhor método de manejo do solo que controlasse a erosão em áreas submetidas a sucessivos cultivos (KOCHHANN; DENARDIN, 2000). Expandiu-se rapidamente entre os agricultores, chegando às regiões do Cerrado, consolidando-se na década de 1990 nesta região com a chegada dos migrantes do sul (VILAS BOAS *et al.*, 2007). A área cultivada com este sistema tem aumentado significativamente no Brasil, alcançando no último levantamento de 2017 cerca 32,8 milhões de hectares, sendo os estados de Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Paraná os maiores detentores da superfície sob o SPD (FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA - FEBRAPDP, 2018).

De acordo com Muzilli (1991), o SPD caracteriza-se por ser um processo em que a realização da semeadura ocorre sem o revolvimento do solo, colocando-se as sementes nos sulcos, com largura e profundidade suficientes para a adequada cobertura e contato com o solo. A não mobilização do solo, conforme Bortoleti Junior *et al.* (2015), por sua vez, acaba promovendo novas condições ambientais ao solo. 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 das culturas antecessoras há uma melhoria nas condições químicas e físicas do solo, reduzindo os prejuízos causados pelo uso intenso da agricultura, garantindo um eficiente controle de erosão (NOGUEIRA *et al.*, 2016).

Os solos em condições tropicais, além de o clima favorecer a rápida decomposição de restos culturais, é na sua maioria pobre como os encontrados nas regiões 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 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; BRAZ; SILVEIRA, 2006).

Atualmente, o conceito de plantio direto vai além do mínimo revolvimento de solo, envolve um sistema complexo com a necessidade de rotação de culturas, uso de plantas de

cobertura, semeadoras apropriadas, manejo amplo da fertilidade do solo (física, química e biológica) e racionalização do uso de insumos químicos para reduzir custos e contaminação ambiental (CASÃO JÚNIOR *et al.*, 2006). Desta forma, a rotação de culturas torna-se fundamental, permitindo a inclusão de culturas produtoras de fitomassa, podendo ou não fornecer retorno econômico, porém, garantindo a sustentabilidade de todo o sistema (NAKAO, 2016).

2.2 CULTURAS DE COBERTURA

No sistema plantio direto, a manutenção da cobertura vegetal morta possui importante papel no aspecto da conservação do solo e da reciclagem de nutrientes (SANTOS *et al.*, 1998). Culturas que possuem sistemas radiculares profundos, por exemplo, podem atenuar possíveis efeitos de compactação, devido ao não revolvimento do solo no SPD, permitindo assim, a continuidade do sistema (AMARAL *et al.*, 2004).

De acordo com Kappes (2012), os benefícios que as culturas de coberturas podem proporcionar à cultura comercial são cada vez mais explorados, como a capacidade de fixação biológica de nitrogênio, reciclagem de nutrientes, principalmente em camadas mais profundas, assim como, a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes para o sistema. Contudo, um dos maiores desafios é a manutenção da palhada até o final do ciclo da principal cultura, é preciso que a cultura de cobertura possua algumas características como: rápido crescimento; relação C/N adequada à região (FRAGA JÚNIOR *et al.*, 2008). Ainda, de acordo com a Embrapa (2001), as culturas de coberturas empregadas no SPD devem atender algumas das seguintes características: produzir grande quantidade de matéria seca; elevada relação C/N, permitindo sua persistência na área por um maior período; crescimento rápido; resistência à seca e ao frio; não infestar áreas; ser de fácil manejo; ter sistema radicular vigoroso e profundo; elevada capacidade de reciclar nutrientes; além de possuir fácil produção de sementes.

Segundo Ohland *et al.* (2005), as fabáceas, também conhecidas como leguminosas, apresentam capacidade de fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico, contribuem para o aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo, da absorção de nitrogênio pela planta e conseqüentemente da produtividade de milho, contudo apresentam menor relação C/N em comparação às poáceas, também conhecidas como gramíneas. A *Crotalaria juncea* L., destaca-se entre as fabáceas, apresentando grande potencial de cultivo na região de Cerrado, promove rápida cobertura do solo; possui boa produção de matéria seca de 4 à 15 t ha⁻¹; se

desenvolve bem em regiões com precipitação pluvial de 200 a 400 mm, além de possuir excelente capacidade de fixação de N, entre 150 e 165 kg ha⁻¹ por ano. Já entre as poáceas destaca-se o milheto (*Pennisetum glaucum* L.), com bom desempenho na região de Cerrado; boa resistência a veranicos; crescimento rápido; sistema radicular vigoroso; alto potencial de perfilhamento e de ciclagem de nutrientes, com produção média de 10 t ha⁻¹ de massa seca (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014).

Estudos com culturas de cobertura antecedendo a cultura do milho demonstram que o milheto e também a crotalária são as opções mais interessantes em região de Cerrado (DELAVALLE, 2002). Em áreas com solos corrigidos e adubados em região dos cerrados, a cultura do milheto ganha importante destaque para a manutenção do SDP, apresentando elevada capacidade de produção de biomassa (PITOL, 1996).

2.3 CALAGEM E GESSAGEM NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

Os solos tropicais são naturalmente acidificados em função do seu material de origem, ação constante de intemperismo, ou ainda, devido ao manejo inadequado, levando à perda de bases trocáveis (COSTA *et al.*, 2015), baixa fertilidade, prejudicando o desenvolvimento das plantas e o alcance de altas produtividades (BOTTEGA *et al.*, 2012). A baixa saturação por bases e a toxidez causada por Al e Mn em decorrência da acidez do solo, limita a produção agrícola em consideráveis áreas no mundo (COLEMAN; THOMAS, 1967).

A prática mais recomendada e usual para corrigir camadas acidificadas do solo é a calagem, promovendo o uso eficiente de fertilizantes pelas plantas (GOMES *et al.*, 1997), elevação do pH do solo; neutralização do alumínio tóxico, que afeta o desenvolvimento do sistema radicular das plantas; fornecimento de cálcio e magnésio e melhor aproveitamento por exemplo do nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, molibdênio, entre outros, que em conjunto, resultam em aumento de produtividade às culturas (SANTOS; RESENDE, 2009).

Para que se tenha uma boa eficiência da calagem no sistema convencional de cultivo ou quando da implantação do sistema plantio direto, é importante realizar a incorporação do calcário ao solo através de aração e gradagens, possibilitando desta forma, o máximo contato entre as partículas do corretivo aos colóides do solo (RHEINHEIMER *et al.* 2000), tais operações são importantes, visto que, o calcário possui reação restrita a uma pequena área em torno do local de aplicação, apresentando baixa mobilidade no solo devido sua baixa solubilidade, sendo necessário portanto, a realização antecipada da aplicação de calcário, de maneira uniforme e profunda (SILVA *et al.*, 2015).

Já no sistema plantio direto, a calagem apresenta uma dinâmica diferente dos preparos convencionais, há a necessidade da aplicação superficial no solo, sem que haja incorporação (CAIRES *et al.*, 1999). Contudo, há controvérsias quanto à eficiência da aplicação de calcário superficial em solos sob plantio direto, em relação à correção do subsolo e efeito sobre a cultura (CAIRES *et al.*, 2000), uma vez que os corretivos de acidez do solo apresentam baixa solubilidade em água e, portanto, baixa mobilidade nas camadas do solo (CASTRO; CRUSCIOL, 2013). Outro fator relevante em relação à calagem em superfície, principalmente quando empregado doses além da necessidade, é a possibilidade de redução na absorção de Zn e Mn, em decorrência do aumento do pH nas camadas superficiais do solo, podendo vir até a prejudicar a produtividade das culturas (CAIRES *et al.*, 2001).

Entretanto, alguns experimentos demonstram boa eficácia na correção da acidez do solo, assim como boa produtividade das culturas, quando realizado a calagem em superfície no SPD, sendo tão eficiente quanto à incorporação do corretivo (SÁ, 1998). Tal eficiência tem sido atribuída a ausência de revolvimento do solo que acarreta na permanência de resíduos vegetais na superfície, reduzindo a taxa de decomposição dos ligantes orgânicos por microrganismos (LIMA, 2001), onde, com a disponibilidade de água, os complexos orgânicos são solubilizados e podem ser lixiviados (CAIRES, 2000).

Portanto, no SPD, é imprescindível o uso de métodos que proporcionem maior eficiência de corretivos do solo também em profundidade. O uso de gesso agrícola destaca-se como opção, pois seu uso possibilita o aumento da saturação por bases no subsolo e reduz os efeitos tóxicos do Al^{3+} (CAIRES *et al.*, 2003), agindo conseqüentemente em dois fatores que limitam o desenvolvimento radicular das plantas, a alta disponibilidade de Al^{3+} e a deficiência de cálcio (CAIRES *et al.*, 2004).

O gesso agrícola ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) pode ter sua origem tanto da exploração de minérios de gipsita, quanto da reação do ácido sulfúrico com rocha fosfatada (COSTA *et al.*, 2015), sua aplicação juntamente com o calcário, pode proporcionar o aumento do desenvolvimento do sistema radicular em profundidade (ALCARDE *et al.*, 2003). Desta forma, no sistema plantio direto, costuma-se realizar 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 combinação de aplicação de gesso e calcário pode compensar o efeito reduzido de reação do calcário apenas no local de aplicação, onde o gesso atua nas camadas subsuperficiais, sem que ocorra a necessidade de incorporação prévia ou revolvimento do solo (CAIRES *et al.*, 2003).

Devido à alta capacidade do gesso agrícola em movimentar as bases trocáveis do perfil do solo, ocorre a lixiviação de bases, principalmente a de Mg^{2+} para camadas mais profundas do solo, podendo diminuir sua disponibilidade em camadas mais superficiais (CAIRES *et al.*, 2011), reforçando-se portanto, a necessidade de sua utilização em conjunto com o calcário ao invés de seu uso avulso (CAIRES, 2000).

2.4 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO

O nitrogênio (N) além de possuir importante função como integrante da molécula de clorofila é um elemento essencial para o crescimento das plantas, pois é parte de cada célula viva, sendo constituinte de moléculas de proteína, enzimas, ácidos nucleicos e citocromos (BÜLL, 1993).

Na cultura do milho, o N é o nutriente mais exigido, sua deficiência causa redução da produtividade de grãos, clorose generalizada, diminuição de área foliar e deformações na espiga (SUBEDI; MA, 2009). Os fertilizantes nitrogenados mais utilizados são a uréia e o sulfato de amônio e estão sujeitos a perdas por lixiviação, escoamento superficial, volatilização da amônia (uréia) ou imobilização na biomassa microbiana (ALVA *et al.*, 2005). Desta forma o N se torna o nutriente que tem o manejo e a recomendação de adubação mais complexa (CANTARELLA; DUARTE, 2004).

Nos solos, o maior reservatório de N está ligado a cadeias carbônicas da matéria orgânica, em formas não diretamente disponíveis para as plantas. Da matéria orgânica do solo, o N é responsável por 5%, sendo que deste volume, cerca de 98% está na forma orgânica e apenas 2% encontra-se na forma mineral, sendo elas o amônio, nitrato e nitrito (MALAVOLTA, 2006). Manejos como a utilização de culturas com baixa relação C/N na matéria seca, em rotação ou sucessão, incorporação dos restos culturais, aliados ao uso intensivo das áreas de produção com a presença do clima quente e úmido, tornam a decomposição e a mineralização mais rápida e a ciclagem do N ocorre em curto espaço de tempo (PAVINATO *et al.*, 2008).

A presença de resíduos, com maior ou menor relação C/N, influencia diretamente na dinâmica de liberação de N ao sistema. Se a finalidade é o fornecimento de nutrientes para cultura econômica sucessora, em curto espaço de tempo, deve-se optar por plantas que apresentam menor relação C/N (KAPPES, 2012). Embora ocorra maior imobilização do N na biomassa, devido ao maior consumo de nitrato pelos microrganismos (VITTI *et al.*, 1999),

essa maior perda de N pode ser compensada pela liberação lenta e gradual desse nutriente, ao longo dos anos, através da mineralização do material orgânico que parece equilibrar a oferta e a demanda pelas culturas (SÁ, 1993).

Para se obter altos rendimentos de grãos depende, dentre outros fatores, de uma adequada disponibilidade de nutrientes às plantas (MUZILLI; OLIVEIRA, 1982); e principalmente da eficiência da absorção de N pela planta e sua translocação para os grãos (MORTATE *et al.*, 2018). A cultura do milho em condições climáticas favoráveis, pode requerer valores superiores a 160 kg ha⁻¹ de N para otimizar o rendimento de grãos (SILVA *et al.*, 2005). Neste contexto, o uso de plantas de cobertura antecessora a cultura do milho, torna-se opções de fontes suplementares deste nutriente, onde que a quantidade de N acumulada pelas leguminosas, a velocidade com que o nutriente é liberado dos resíduos culturais, a disponibilidade de N do solo, o potencial de rendimento do milho e o nível tecnológico empregado na cultura, são fatores importantes para tomada de decisão (AITA *et al.*, 2001).

Vale ressaltar ainda que para a adequada disponibilidade de nutrientes na camada arável do solo e sua absorção pelas raízes, os solos não podem apresentar reações ácidas, pois a presença do Al³⁺ impede o crescimento e absorção radicular, bem como as proteínas transportadoras presentes nas membranas das células (SILVA *et al.*, 2015). O uso da calagem aumenta a mineralização e a nitrificação, disponibilizando nitrogênio às plantas e aumentando a lixiviação de nitrato no perfil do solo, independente do modo e aplicação do corretivo (ROSOLEM *et al.*, 2003)

Diante destas informações, o manejo da adubação nitrogenada no sistema plantio direto requer estudos a médio e longo prazo que envolva os processos de transformação do N inseridos nos sistemas de rotação cultural em nível regional (LARA CABEZAS, 1998).

3 MATERIAL E MÉTODOS

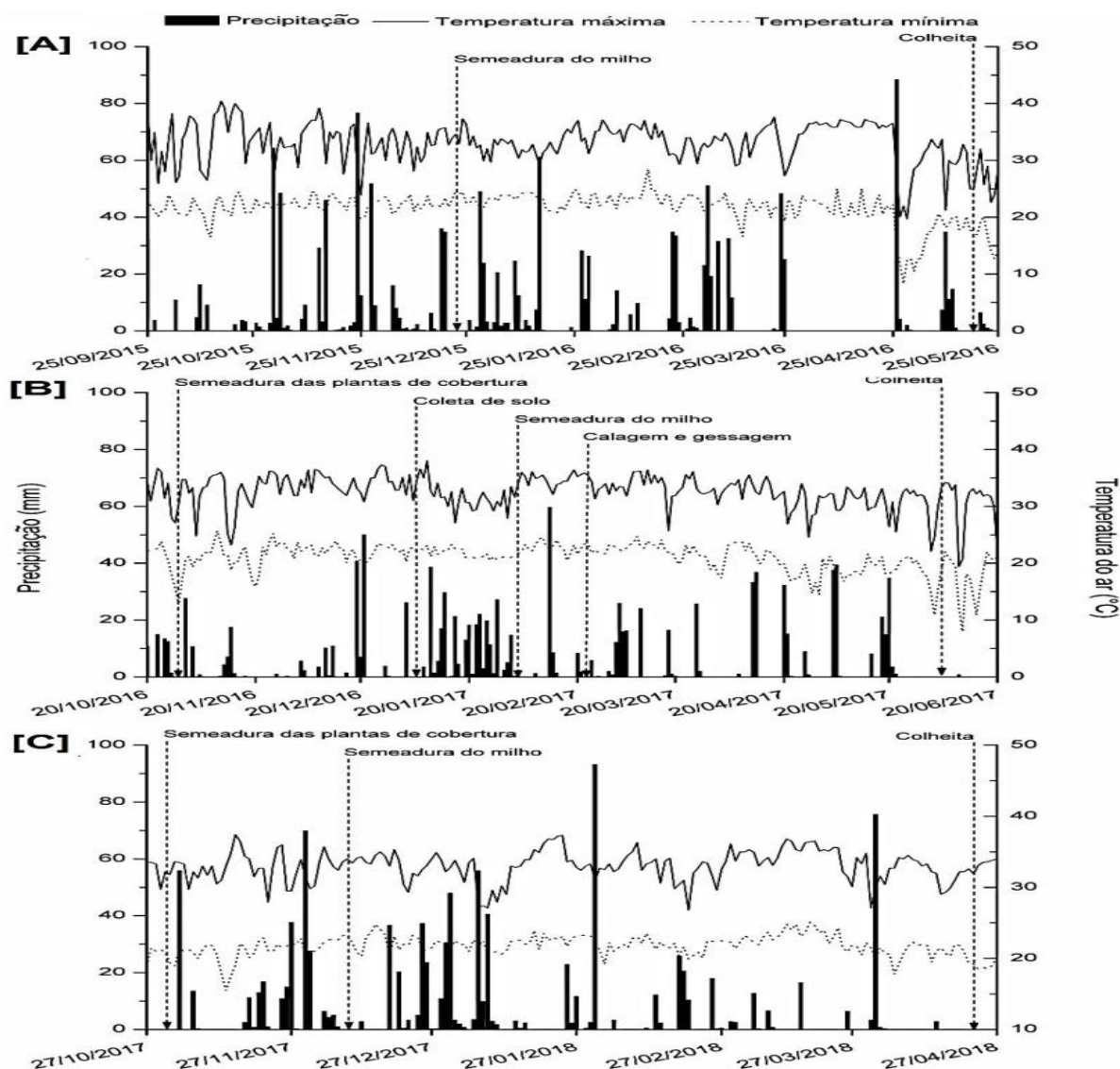
Os experimentos foram desenvolvidos na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia - UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria - MS, (51°22'W e 20°22'S e altitude de 335 m, aproximadamente), região caracterizada por clima tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura e precipitação média anual de 24,5°C e 1.370 mm, respectivamente, e umidade relativa do ar média anual de 64,8% (HERNANDEZ *et al.*, 1995). O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso (LVd) (SANTOS *et al.*, 2013). Na Figura 1, encontram-se os dados de temperatura máxima e mínima e precipitação pluvial, ocorrida na área experimental, durante o período de condução das culturas de primavera e verão, nos anos agrícolas 2015/16, 2016/17 e 2017/18.

A instalação dos tratamentos ocorreu após a implantação da cultura da soja na safra 2000/01, esta semeada após preparo convencional do solo com aração e gradagens leves. Após a colheita da soja, para a implantação do sistema plantio direto, iniciou-se o trabalho 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, incorporada 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%.

Figura 1 - Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima do ar (°C) durante as safras 2015/16 (A), 2016/17 (B) e 2017/18 (C). Selvíria - MS, Brasil, 2015-2018.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Tabela 1 – Resultados da análise química da amostra de solo da área experimental¹. 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

Nota: ¹—metodologia de Raij e Quaggio (2001).

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

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 milheto 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 milheto) e 3 doses de nitrogênio em cobertura (0, 90 e 180 kg ha⁻¹), utilizando-se como fonte o sulfato de amônio e/ou uréia. Todos os tratamentos apresentavam 3 repetições.

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 milheto (*Pennisetum americanum*) e crotalária (*Crotalaria juncea*) e residual de 3 modos de aplicação de calcário na implantação do Sistema Plantio Direto. 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, utilizando-se desta vez, apenas o sulfato de amônio como fonte.

Nos anos agrícolas 20012/13, 2013/2014 e 2014/15 a cultura da soja substitui o milho, mantendo-se as culturas de cobertura, milheto e crotalária, sendo elas semeadas na terceira semana de outubro/2012 e 2013 e na quarta semana de setembro/2014, respectivamente. 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 t ha⁻¹ (recomendada para elevar a saturação por bases a 60%); T2 e T4 – 4,52 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 2018/18, a cultura da soja foi substituída pelo milho e foram realizadas as seguintes atividades: 2015/16 – 17/09/15 – dessecação das plantas daninhas existente na área e manutenção da área em pousio; 21/12/15 – semeadura do milho (híbrido DKB 350 VTPRO, 300 kg ha⁻¹ de 04-20-20) e 20/05/16 – colheita do milho; 2016/17 – setembro/2016 – amostragem do solo; 26/10/16 - dessecação das plantas daninhas existentes na área; 27/10/16 – semeadura das culturas de cobertura (*Crotalaria juncea* e milheto); 15/12/16 – dessecação das culturas de cobertura; 02/02/17 – manejo da palhada com triton; 03/02/17 – semeadura da cultura do milho (híbrido BG 7049 YH, 300 kg ha⁻¹ de 04-20-20); 23/02/17 – aplicação de calcário, semelhante em termos de doses e parcelas a aplicação realizada em dezembro/2012. Acrescentou-se nos tratamentos T3 e T4, 1,7 t ha⁻¹ de gesso agrícola, aplicado em superfície 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 t ha⁻¹. Os Tratamentos T3 e T4, também receberam 1,7 t ha⁻¹ de gesso. 2017/18 – 31/10/17 – dessecação das plantas daninhas e semeadura da crotalaria e o milheto; 05/12/17 – dessecação das culturas de cobertura; 16/12/17 – semeadura da cultura do milho (híbrido 2B 710 PW, 200 kg ha⁻¹ de 08-28-16); 25/04/18 - colheita do milho. O espaçamento utilizado para as culturas de cobertura foi de 0,34 m entrelinhas e para o milho, 0,90 m.

Nos 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), aplicando-se metade da dose em cada ocasião e desconsiderou-se a quantidade de N utilizada na semeadura. A fonte de N utilizada nestes experimentos foi a uréia, procurou-se realizar o manejo da cultura em termos de plantas daninhas e pragas, de acordo com as recomendações para a cultura.

As avaliações realizadas foram:

- **Estado nutricional das plantas:** No momento do florescimento da parte feminina foram coletadas em cada parcela, amostras do terço médio de 10 folhas da base da espiga superior, conforme metodologia descrita por Raji *et al.* (1996). O material foi seco em estufa

com circulação forçada de ar a 65°C até peso constante, moído em moinho tipo Wiley e posteriormente armazenamento em saquinhos plásticos, devidamente identificados. Nesse material foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, segundo a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

- **População final de plantas:** foi estimada contando-se as plantas contidas em 2 linhas com 2 m de comprimento, na área útil de cada parcela, na época da colheita e os valores foram transformados em população de plantas por hectare.

- **Altura de plantas e da espiga:** antes da colheita de cada parcela avaliou-se a distância entre o solo e a base da espiga e do solo a inserção da última folha, em 10 plantas seguidas em uma das linhas da área útil da parcela.

- **Número de fileiras, diâmetro e comprimento de espiga:** foi avaliado através da contagem do número de fileiras de grãos e do número de grãos por fileira em 3 espigas provenientes da área útil de cada parcela, separadas aleatoriamente antes da trilha mecânica;

- **Produtividade de grãos:** foram coletadas todas as espigas das plantas contidas em 2 linhas com 3 m de comprimento na área útil da parcela, que foram trilhadas mecanicamente, sendo os grãos pesados e os dados transformados em kg ha⁻¹ e corrigidos para umidade de 13% (base úmida). A umidade foi determinada por aparelho digital, momento antes da pesagem dos grãos.

Atributos químicos do solo:

Em setembro/2016, foram realizadas amostragens do solo nas camadas de 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade. Foram retiradas aleatoriamente 5 amostras simples, na área útil de cada parcela, para constituir uma amostra composta, sempre na entrelinha da cultura presente na área, com a utilização de trado tipo sonda. As amostras compostas foram secadas ao ar e peneiradas (malha 2 mm). Posteriormente foram submetidas à análise para determinação do pH (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) e acidez potencial (H+Al) e cálculo do valor da saturação por bases (V%), conforme metodologia proposta por Raij (2011). Por ocasião da amostragem, os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 tinham recebido as seguintes quantidades de calcário, respectivamente: 4,66; 6,90; 5,47; 6,11 e 0,81 t ha⁻¹.

Os dados foram analisados estatisticamente pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, para modos de aplicação de calcário e culturas de cobertura, enquanto para as doses de N realizou-se análise de regressão polinomial. Para tanto, utilizou-se o programa estatístico Sisvar 5.0 (FERREIRA, 2003).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ESTADO NUTRICIONAL E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA CULTURA DO MILHO

Verifica-se na Tabela 2 que o teor de N foliar foi influenciado linear e positivamente nas três safras com o aumento das doses de N. No entanto, observa-se que o efeito de culturas de cobertura e calcário + gesso, somente ocorreu na safra 2017/18. Também verifica-se interação significativa entre culturas de cobertura e doses de N nos anos agrícola 2015/16 e 2017/18 e calcário + gesso x doses de N, somente no ano agrícola 2015/16.

Na safra 2016/17, o teor de N na folha ajustou-se a função quadrática em função das doses de N aplicadas com ponto de máximo em 227,15 kg ha⁻¹ de N (Tabela 2). Na Tabela 3, verifica-se que para o ano de 2015/16, entre as culturas de cobertura, não há diferença quanto ao teor foliar de N, no entanto, dentro das coberturas crotalária e milheto, os resultados ajustaram-se a uma função linear crescente e a uma função quadrática (ponto de máxima de 148,24 kg ha⁻¹ de N) respectivamente. Na safra 2017/18, observa-se que o comportamento do teor foliar de N variou em função das culturas de cobertura, diferente do observado no ano agrícola 2015/16, onde que, na ausência de aplicação de N em cobertura, o maior teor foliar de N foi observado em área onde anteriormente foi cultivada a crotalária, no entanto, quando aplicou-se 90 ou 180 kg há⁻¹ de N, o maior teor foliar de N foi obtido onde anteriormente ao milho cultivou-se o milheto. Dentro de cada cultura de cobertura, o comportamento dos teores foliar de N em função das doses de N aplicadas em cobertura, foi semelhante ao ano agrícola 2015/16, ou seja, linear crescente quando a cultura de cobertura foi a crotalária e ajuste quadrático com ponto de máxima de 204,96 kg ha⁻¹ de N quando a cultura de cobertura foi o milheto. Essa resposta linear do teor foliar de N às doses de N aplicadas, também foi observada na Tabela 4, dentro dos tratamentos T1, T2, T4 e T5, para o mesmo ano agrícola (2015/16).

Tabela 2 - Valores de F e médias dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S na cultura do milho em função de plantas de cobertura, doses de calcário e gesso e doses de N. Selvíria – MS, 2016, 2017 e 2018.

Tratamentos	N			P			K			Ca			Mg			S		
	15/16	16/17	17/18	15/16	16/17	17/18	15/16	16/17	17/18	15/16	16/17	17/18	15/16	16/17	17/18	15/16	16/17	17/18
Pl. Cobertura (PC)	----- g kg ⁻¹ -----																	
Crotalária	33,4	34,9	26,6	2,8	2,2	3,3	16,4	19,2	13,6	2,7	2,8	2,7	2,8	1,7	3,9	2,3	2,5	2,1
Milheto	32,9	39,9	29,6	3,0	2,5	3,5	14,9	16,8	12,9	2,5	2,4	2,6	2,8	1,6	4,0	2,7	2,8	2,6
DMS cobertura	5,5	6,0	1,3	0,8	1,1	0,6	1,8	3,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,9	0,6	0,6	0,6
Calc. e gesso t ha ⁻¹ (C)																		
T1 - C: 6,92	34,2	38,5	27,6 ab	2,9	2,3	3,5	15,6	18,1	13,1	2,6	2,7	2,5 a	2,7	1,8	3,7	2,2 b	2,3	2,0
T2 - C: 11,44	32,6	36,4	25,5 b	3,0	2,4	3,5	16,0	18,5	13,4	2,6	2,5	2,6 a	3,1	1,6	4,6	2,5ab	2,4	2,6
T3 - C: 7,73 + G: 1,70	34,6	39,3	27,8 ab	2,8	2,4	3,3	15,7	18,5	12,8	2,5	2,5	2,5 a	2,8	1,6	4,0	2,8 a	3,1	2,5
T4 - C: 10,63 + G: 1,70	31,3	37,3	28,5 ab	2,9	2,4	3,4	15,3	17,4	13,2	2,6	2,6	2,7 a	2,8	1,6	3,9	2,7 a	2,8	2,7
T5 - C: 0,81	33,1	35,3	30,9 a	2,7	2,1	3,3	15,7	17,6	13,8	2,7	2,6	2,8 a	2,6	1,6	3,6	2,2b	2,7	1,9
DMS	4,0	4,3	4,3	0,4	0,3	0,6	2,9	5,20	1,5	0,8	1,5	0,3	0,6	0,8	0,7	0,5	0,9	0,3
N kg ha ⁻¹ (N)																		
0	27,7	29,3	22,9	2,8	2,3	3,3	14,9	16,8	13,0	2,5	2,6	2,4	2,8	1,7	4,0	2,3	2,4	2,2
90	34,3	39,9	29,0	2,9	2,3	3,5	16,3	18,9	13,7	2,7	2,6	2,8	2,8	1,7	3,9	2,6	2,9	2,3
180	37,4	43,9	32,4	2,9	2,4	3,4	15,7	18,3	13,1	2,7	2,6	2,7	2,9	1,6	4,1	2,6	2,7	2,5
Teste F																		
PC	0,16 ^{ns}	12,67 ^{ns}	100,1 ^{**}	1,17 ^{ns}	1,18 ^{ns}	1,09 ^{ns}	14,49 ^{ns}	8,99 ^{ns}	36,83 [*]	6,31 ^{ns}	8,55 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,04 ^{ns}	8,04 ^{ns}	3,15 ^{ns}	14,26 ^{ns}
C	2,11 ^{ns}	2,57 ^{ns}	3,72 [*]	1,17 ^{ns}	2,41 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,17 ^{ns}	1,18 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,04 ^{ns}	3,05 [*]	1,70 ^{ns}	0,14 ^{ns}	6,87 ^{**}	4,77 [*]	2,25 ^{ns}	22,68 ^{**}
N	44,30 ^{**}	80,62 ^{**}	49,73 ^{**}	0,77 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,36 ^{ns}	5,67 ^{**}	3,00 ^{ns}	3,70 [*]	1,84 ^{ns}	0,00 ^{ns}	14,03 ^{**}	0,49 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,03 ^{ns}	4,77 [*]	5,55 ^{**}	1,33 ^{ns}
PC x C	1,01 ^{ns}	2,75 ^{ns}	1,36 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,51 ^{ns}	2,23 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,48 ^{ns}	3,34 [*]	0,10 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,87 ^{ns}	2,45 ^{ns}	0,38 ^{ns}	6,05 ^{**}	2,92 ^{ns}	1,12 ^{ns}	9,40 ^{**}
PC x N	5,30 ^{**}	0,01 ^{ns}	17,33 ^{**}	4,86 [*]	1,14 ^{ns}	4,52 [*]	1,45 ^{ns}	2,53 ^{ns}	1,92 ^{ns}	1,64 ^{ns}	1,14 ^{ns}	2,61 ^{ns}	1,61 ^{ns}	1,62 ^{ns}	1,86 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,33 ^{ns}
C x N	2,72 [*]	1,66 ^{ns}	1,46 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,70 ^{ns}	1,10 ^{ns}	3,61 ^{**}	3,37 ^{**}	0,73 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,86 ^{ns}	2,41 [*]	0,48 ^{ns}	5,58 ^{**}	0,39 ^{ns}	0,54 ^{ns}	1,03 ^{ns}
PC x C x N	1,65 ^{ns}	1,86 ^{ns}	0,83 ^{ns}	1,28 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,32 ^{ns}	3,45 ^{**}	3,17 ^{**}	1,26 ^{ns}	1,96 ^{ns}	2,43 ^{**}	1,77 ^{ns}	2,31 [*]	1,18 ^{ns}	2,08 ^{ns}	1,25 ^{ns}	1,16 ^{ns}	1,76 ^{ns}
CV (%)	12,29	12,13	13,36	13,63	15,76	18,84	10,29	18,44	8,53	17,37	29,76	12,24	12,91	28,05	12,94	17,02	23,06	22,92
RL N	85,09 ^{**}	155,6 ^{**}	96,93 ^{**}	1,36 ^{ns}	1,79 ^{ns}	0,43 ^{ns}	3,90 ^{ns}	3,00 ^{ns}	0,28 ^{ns}	2,52 ^{ns}	1,00 ^{ns}	19,57 ^{**}	0,32 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,78 ^{ns}	7,07 [*]	5,25 [*]	2,58 ^{ns}
RQ N	3,52 ^{ns}	5,59 [*]	2,53 ^{ns}	0,18 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,29 ^{ns}	7,43 ^{**}	2,99 ^{ns}	7,13 [*]	1,15 ^{ns}	1,20 ^{ns}	8,50 [*]	0,66 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,27 ^{ns}	2,47 ^{ns}	5,86 [*]	0,08 ^{ns}

Nota: N: RQ 16/17 – y = 29,25 + 0,1344x – 0,00029584x² (R² = 1,00); K: RL – y = 12,9653333 + 0,0158963x – 0,0000835x² (r² = 1,00);

Ca: RQ 17/18 – y = 2,37733333 + 0,00671111x – 0,00002593x² (r² = 1,00); S: RL 15/16 – y = 2,35111111 + 0,00162222x (r² = 0,74).

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Tabela 3 - Teor de nitrogênio foliar no milho em função de plantas de cobertura e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16 e 2017/18.

PC	Doses N (kg ha ⁻¹)									
	0		90		180		RL		RQ	
	2015/16	2017/18	2015/16	2017/18	2015/16	2017/18	2015/16	2017/18	2015/16	2017/18
Crotalária	29,6	24,6 a	32,8	26,4 b	37,8	28,7 b	29,99**	9,12**	0,52 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Milheto	25,8	21,1 b	35,8	31,5 a	37,1	36,1 a	57,28**	118,89**	11,40**	6,07*
DMS									4,3	2,3

Médias seguidas letras minúsculas distintas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RL 15/16 Crotalária: $y = 29,322222 + 0,04525926x$ ($r^2 = 0,98$)

RQ 15/16 Milheto: $y = 25,8066667 + 0,15922222x - 0,00053704x^2$ ($r^2 = 1,00$)

RL 17/18 Crotalária: $y = 24,4936667 + 0,02296667x$ ($r^2 = 0,99$)

RQ 17/18 Milheto: $y = 21,1253333 + 0,14785556x - 0,0003607x^2$ ($r^2 = 1,00$)

Tabela 4. Teor de nitrogênio foliar no milho em função de doses de calcário e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16.

Calcário e gesso (t ha ⁻¹)	Doses N (kg ha ⁻¹)			RL	RQ
	0	90	180		
T1 - C: 6,92	26,8 b	35,5	40,4	33,43**	0,89 ^{ns}
T2 - C: 11,44	27,4 b	33,8	36,6	15,30**	0,82 ^{ns}
T3 - C: 7,73 + G: 1,70	34,3 a	33,9	35,6	0,32 ^{ns}	0,28 ^{ns}
T4 - C: 10,63 + G: 1,70	25,3 b	32,9	35,6	19,11**	1,44 ^{ns}
T5 – 0,81	24,8 b	35,6	39,0	35,93**	2,81 ^{ns}
DMS			6,5		

Nota: Médias seguidas de letras minúsculas distintas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RL T1: $y = 27,422222 + 0,07555556x$ ($r^2 = 0,97$)

RL T2: $y = 27,9833333 + 0,0511111x$ ($r^2 = 0,94$)

RL T4: $y = 26,1138889 + 0,05712963x$ ($r^2 = 0,93$)

RL T5: $y = 26,022222 + 0,07833333x$ ($r^2 = 0,92$)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

De acordo com Cantarella *et al.* (1997), a faixa de teor foliar de N adequada para a cultura do milho encontra-se entre 27 e 35 g kg⁻¹. Desta forma verifica-se nas Tabelas 2 e 4, que na dose 0 de N, os teores de N na folha geralmente estão abaixo desta faixa, contudo, na Tabela 4, na dose 0 de N, o T3 com acréscimo de gesso apresentou maior teor de N foliar que os demais tratamentos. O aumento no teor de N proveniente da aplicação do gesso pode estar associado a uma melhoria química do solo em camadas subsuperficiais, apresentando maior absorção de N, sobretudo na forma de NO₃⁻ (ROSOLEM *et al.*, 2003). Ainda, verifica-se que na dose 0 de N em cobertura, o cultivo da crotalária anterior ao milho, aumentou o teor de N foliar, em comparação ao milheto, chegando ao ponto dessa diferença ser significativa na safra 2017/18 ou proporcionando teor dentro da faixa adequada na safra 2015/16 (Tabela 3). A medida que se aplica N em cobertura, independente da cultura de cobertura antecessora ao milho, o teor foliar de N aumenta em função das doses aplicadas, estando os valores sempre dentro da faixa considerada adequada.

Leal (2008), trabalhando com milho nesta mesma área experimental observou que, após três cultivos sucessivos de milho, após três cultivos sucessivos de soja, caso a opção seja

utilizar crotalária como cultura de cobertura antecessora ao milho, há baixa necessidade de N-fertilizante, para aumentar do teor de N na folha a valores considerados normais. Perin *et al.*, (2006) relataram que a crotalária em cultivo solteiro, pode acumular em sua parte aérea, 173 kg ha⁻¹ de N, sendo a metade deste, possível ser liberado em 15 dias após seu manejo para a cultura subsequente.

Quanto ao teor foliar de fósforo verifica-se na Tabela 2, que apenas a interação culturas de cobertura x doses de N, para os anos agrícolas 2015/16 e 2017/18, foi significativa. Os teores foliares de P de forma geral, ficaram inferiores ao recomendado para a cultura do milho (2,5 - 3,5 g kg⁻¹), segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Na Tabela 5, observa-se no desdobramento da interação culturas de cobertura x doses de N, que os teores de P não variaram em função das culturas de coberturas, com exceção para a dose de 180 kg ha⁻¹ de N, na safra 2017/18, onde foi utilizado o milheto como cultura de cobertura, o teor foliar de P na cultura do milho foi maior.

Verifica-se também na Tabela 5, que os teores de fósforo nas folhas do milho cultivado em sucessão ao milheto, foi estatisticamente influenciado pelas doses de N, com as médias ajustando-se ao modelo linear positivo nos dois anos agrícolas. Leal (2008), na mesma área experimental, também observou aumento nos teores de fósforo nas folhas do milho em função das doses de N utilizadas. Casagrande e Fornasieri Filho (2002) também obtiveram maior teor de P nas folhas de dois híbridos de milho cultivados em safrinha quando estes receberam adubação nitrogenada.

Tabela 5 - Teor de fósforo foliar de milho em função de plantas de cobertura e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16 e 2017/18.

PC	Doses N (kg ha ⁻¹)										RL	RQ
	0		90		180							
	2015/16	2017/18	2015/16	2017/18	2015/16	2017/18	2015/16	2017/18	2015/16	2017/18		
CROTALÁRIA	2,9	3,5	2,8	3,4	2,7	3,1 b	1,78 ^{ns}	2,72 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}		
MILHETO	2,7	3,1	3,0	3,6	3,2	3,7 a	8,92 ^{**}	6,66 [*]	0,55 ^{ns}	0,35 ^{ns}		
DMS									0,7	0,5		

Nota: RL Milheto15/16 – $y = 2,75911111 + 0,00237037x$ ($r^2 = 0,94$)

RL Milheto 17/18 – $y = 3,16933333 + 0,003355561x$ ($r^2 = 0,95$)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Verifica-se na Tabela 2 que há interação significativa entre calcário + gesso e doses de N nas safras 2015/16 e 2016/17 e também interação significativa entre plantas de cobertura x calcário + gesso, somente na safra 2017/18, em relação ao teor foliar de potássio.

Na Tabela 6, verifica-se que independente da dose de N utilizada e do ano agrícola (2015/16 ou 2016/17), não se observou diferença entre os tratamentos com calcário ou calcário + gesso, no entanto, quando avaliou-se os teores foliares de K em função das doses

de N dentro de cada tratamento com calcário ou calcário + gesso, verifica-se para os tratamentos T2 (C – 11,44 t ha⁻¹) nos anos agrícolas 2015/16 e 2016/17 e para o tratamento T3 (C – 7,73 t ha⁻¹ + G – 1,70 t ha⁻¹) no ano agrícola 2016/17, que os teores foliares de K se ajustaram a uma função linear positiva em relação as doses de N utilizadas.

Na Tabela 7, verifica-se entre culturas de cobertura, que apenas no T4, houve diferença entre os teores foliares de potássio, apresentando o milho cultivado em sucessão a crotalária, maiores teores. Na avaliação dos teores de K dentro de cada cultura de cobertura, em função dos tratamentos com calcário ou calcário + gesso, verificou-se diferença entre os tratamentos apenas em milho cultivado após milheto, destacou-se o tratamento com a menor dose de calcário proporcionando o maior teor foliar de K, diferindo este do tratamento com 10,63 t ha⁻¹ de calcário + 1,7 t ha⁻¹ de gesso. A calagem promove o aumento das concentrações de Ca e Mg do solo, relativamente à do K, podendo haver inibição competitiva, reduzindo a absorção de K pelas raízes e provocando até sua deficiência (Goedert *et al.*, 1975).

Tabela 6 - Teor foliar de potássio no milho em função doses de calcário + gesso e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16 e 2016/17.

Calcário e Gesso (t ha ⁻¹)	Doses N (kg ha ⁻¹)						RL		RQ	
	0		90		180					
	2015/16	2016/17	2015/16	2016/17	2015/16	2016/17	2015/16	2016/17	2015/16	2016/17
T1 - C: 6,92	15,7	18,1	16,5	19,8	14,5	16,3	1,51 ^{ns}	0,93 ^{ns}	3,18 ^{ns}	2,42 ^{ns}
T2 - C: 11,44	13,3	13,7	16,7	19,4	17,9	22,3	24,33**	20,02*	1,72 ^{ns}	0,69 ^{ns}
T3 - C: 7,73 + G: 1,70	14,3	15,7	16,5	19,8	16,1	19,9	3,77 ^{ns}	4,95*	2,73 ^{ns}	1,51 ^{ns}
T4 - C: 10,63 + G: 1,70	15,7	18,7	15,2	17,0	15,0	16,6	0,55 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,17 ^{ns}
T5 – 0,81	15,5	18,0	16,5	18,3	15,1	16,5	0,24 ^{ns}	0,59 ^{ns}	2,21 ^{ns}	0,44 ^{ns}
DMS	3,5									

Nota: RL T2 15/16 - $y = 13,6772222 + 0,02548148x$ ($r^2 = 0,93$)

RL T2 16/17 - $y = 14,2077778 + 0,0477037x$ ($r^2 = 0,96$)

RL T3 16/17 - $y = 16,3480556 + 0,02373148x$ ($r^2 = 0,76$)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Tabela 7 - Teor foliar de potássio no milho em função de plantas de cobertura e doses de calcário + gesso. Selvíria – MS, 2017/18.

PC	Calcário e Gesso (t ha ⁻¹)					DMS
	T1	T2	T3	T4	T5	
CROTALÁRIA	13,6	13,9	13,3	14,3a	13,2	2,1
MILHETO	12,6AB	13,0AB	12,4AB	12,0Bb	14,4A	
DMS	1,3					

Nota: Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O teor foliar de cálcio foi influenciado apenas pelos tratamentos calcário + gesso e doses de N, no ano agrícola 2017/18 (Tabela 2). Verifica-se que mesmo o Teste F ter sido significativo em função dos tratamentos calcário + gesso, através do teste de Tukey não

observou-se diferença entre os tratamentos. Neste mesmo ano agrícola, os teores foliares de cálcio em função das doses de N em cobertura, ajustaram-se a uma função quadrática com ponto de máximo na dose 129,41 kg ha⁻¹ de N. Os teores dentro da faixa de 2,5 a 8,0 g kg⁻¹ de Ca na folha são considerados adequados para a cultura do milho. Mesmo considerando o calcário e o gesso como as principais fontes de cálcio para as culturas, nos experimentos realizados, não observou-se aumento do teor foliar em função das maiores doses de calcário utilizadas, na presença ou ausência de gesso. Desta forma, os teores observados estão dentro da faixa considerada como teores adequados, no entanto, estão próximos ao limite inferior desta faixa.

Quanto ao teor foliar de magnésio, verifica-se na Tabela 2 que há interação significativa entre calcário + gesso e doses de N nas safras 2015/16 e 2017/18 e interação significativa entre plantas de cobertura e calcário + gesso na safra 2017/18, somente para o ano agrícola 2017/18. Na Tabela 8 verifica-se entre as culturas de cobertura, houve diferença significativa apenas quando foram avaliadas no tratamento T2 (C - 11,44 t ha⁻¹), ou seja, na maior dose utilizada, destacando-se nas parcelas com milheto, o milho apresentou o maior teor foliar de Mg. Na comparação entre os tratamentos com calcário ou calcário + gesso, houve diferença quanto ao teor foliar de Mg apenas na área com milheto, destacando-se novamente o tratamento T2 com maior teor foliar de Mg.

Tabela 8 - Teor de magnésio foliar no milho em função das plantas de cobertura e doses de calcário. Selvíria – MS, 2017/18.

PC	Calcário e Gesso (t ha ⁻¹)					DMS
	T1	T2	T3	T4	T5	
Crotalária	3,9	4,0b	3,8	4,2	3,8	1,0
Milheto	3,4 B	5,3Aa	4,1 B	3,7 B	3,4 B	
DMS	0,8					

Nota: Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Nas Tabelas 9 e 10 verifica-se que nos anos agrícolas 2015/16 e 2017/18, o tratamento onde houve aplicação da maior quantidade de calcário durante os anos de experimentação (T2), normalmente obteve-se o maior teor de magnésio foliar. Isso provavelmente aconteceu em função de o calcário ser a principal fonte de magnésio para os solos e os tipos de calcários utilizados, apresentavam um bom teor de MgO em sua composição, sendo considerados calcários dolomíticos.

Nas Tabelas 9 e 10 também observa-se que os teores foliares de magnésio no ano agrícola 2015/16 ajustaram-se a funções quadrática e linear crescente, respectivamente para os tratamentos T3 (ponto de mínimo – 107,19 kg ha⁻¹ de N) e T4, em função das doses de N utilizadas. No ano agrícola 2017/18, os ajustes foram linear crescente para os tratamentos T2 e T4 e quadrática (ponto de mínimo – 114,90 kg ha⁻¹ de N) para o tratamento T3. Destaca-se nas Tabelas 9 e 10 que, nos tratamentos com as maiores doses de calcário aplicadas, o teor foliar de magnésio foi crescente em função das doses de N aplicadas. No entanto, todos os tratamentos proporcionaram teores de magnésio na folha diagnose dentro da faixa considerada adequada (1,5 a 5,0 g kg⁻¹), segundo Cantarella *et al.* (1996).

Tabela 9 - Teor de magnésio foliar no milho em função de doses de calcário e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16.

Calcário e Gesso (t ha ⁻¹)	Doses N (kg ha ⁻¹)			RL	RQ
	0	90	180		
T1 - C: 6,92	2,8	2,7	2,7	0,08 ^{ns}	0,05 ^{ns}
T2 - C: 11,44	2,9	3,1	3,3	3,14 ^{ns}	0,04 ^{ns}
T3 - C: 7,73 + G: 1,70	3,1	2,5	2,8	3,05 ^{ns}	6,98*
T4 - C: 10,63 + G: 1,70	2,5	3,0	2,9	4,04*	2,13 ^{ns}
T5 – 0,81	2,7	2,6	2,6	0,33 ^{ns}	0,04 ^{ns}
DMS	0,8				

Nota: RQ T3: $y = 3,13833333 - 0,0127037x + 0,00005926x^2$ ($r^2 = 1,00$)

RL T4: $y = 2,58 + 0,00244444x$ ($r^2 = 0,67$)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Tabela 10. Teor de magnésio foliar no milho em função de doses de calcário e doses de N. Selvíria – MS, 2017/18.

Calcário (t ha ⁻¹)	Doses N (kg ha ⁻¹)			RL	RQ
	0	90	180		
T1 - C: 6,92	3,8 bc	3,5 b	3,7 b	0,10 ^{ns}	1,22 ^{ns}
T2 - C: 11,44	4,3 ab	4,7 a	4,9 a	5,11*	0,33 ^{ns}
T3 - C: 7,73 + G: 1,70	4,8 a	3,4 b	3,8 b	10,70**	11,66**
T4 - C: 10,63 + G: 1,70	3,2 c	4,2ab	4,4 ab	14,98**	2,79 ^{ns}
T5 – 0,81	3,7 bc	3,6 b	3,6 b	0,24 ^{ns}	0,06 ^{ns}
DMS	0,9				

Nota: RL T2: $y = 4,31222222 + 0,00372222x$ ($r^2 = 0,93$)

RQ T3: $y = 4,73 - 0,02487037x + 0,00010823x^2$ ($r^2 = 1,00$)

RL T4: $y = 3,38472222 + 0,00626852x$ ($r^2 = 0,83$)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

No ano agrícola 2015/16, observa-se influência nos teores foliares de S pelas doses de calcário + gesso e também pelas doses de N (Tabela 2), esta, ajustando-se a uma equação linear positiva. O tratamento com a maior dose de calcário (T2), assim como os tratamentos que receberam gesso (T3) e (T4) respectivamente, obtiveram maiores teores foliares de S,

contudo nota-se que em todos os tratamentos os teores de S encontrados estão dentro da faixa de referência (1,5 -2,0 g kg⁻¹). Na safra 2016/17 também verifica-se diferença significativa para os teores de S em função das doses de N, ajustando-se estes a uma função linear crescente (Tabela 2). Já no ano agrícola 2017/18, houve interação significativa entre plantas de cobertura e doses de calcário + gesso (Tabela 11). Nesta Tabela, observa-se que na comparação entre culturas de cobertura, para os tratamentos T2 e T4 (maiores doses de calcário e presença de gesso no T4), os maiores teores de S foliar foram obtidos onde o milho foi cultivado em sucessão ao milheto. Dentro de cada cultura de cobertura, os maiores teores de S foliar foram obtidos com diferentes tratamentos a calcário ou calcário + gesso, no entanto, no T5 (menor dose de calcário utilizada), normalmente se obteve os menores teores foliares de S.

O gesso além de melhorar a exploração radicular pela neutralização do alumínio trocável libera no solo enxofre e cálcio passível de absorção pelas plantas, fato de suma importância, uma vez que solos do Cerrado apresentam baixas concentrações destes nutrientes em condições naturais (AMARAL *et al.*, 2017).

Tabela 11 - Teor de enxofre foliar no milho em função de doses de calcário e culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2017/18.

PC	Calcário e Gesso (t ha ⁻¹)					DMS
	T1	T2	T3	T4	T5	
CROTALÁRIA	2,0AB	2,1ABb	2,4 ^a	2,2ABb	1,8 B	0,5
MILHETO	2,0BC	3,2Aa	2,5B	3,2 Aa	1,9C	
DMS	0,5					

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

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Na Tabela 12 encontram-se os teores foliares de Cu, Fe, Mn e Zn na cultura do milho em função de plantas de cobertura, doses de calcário e gesso e doses de N. Verifica-se que a maior dose de calcário (T2), proporcionou maiores teores foliares de Fe na safra 2017/18 e de Zn nas safras 2015/16 e 2016/17. No último ano agrícola, safra 2017/18, nota-se que o teor foliar de Fe, geralmente está abaixo da faixa de suficiência para a cultura do milho em todos os tratamentos (50,0 - 250,0 mg kg⁻¹), conforme recomendações de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). A disponibilidade de micronutrientes na solução do solo pode ser influenciada diretamente a medida que o pH do solo se eleve acima da faixa considerada ótima, principalmente em doses elevadas de calcário em superfície (HARMSSEN; VLEK, 1985; CAIRES *et al.*, 2000; CAIRES *et al.*, 2006). A diminuição na produção de muitas culturas,

quando submetida à calagem superficial, tem sido associada com a redução na biodisponibilidade de Cu, Fe, Zn e Mn no solo (SUMNER *et al.*, 1978, SORATTO, 2005).

Contudo, nota-se na Tabela 12 que todos os micronutrientes, inclusive o Fe nas safras 2015/16 e 2016/17, estão dentro da faixa considerada ideal para a cultura do milho, sendo de (6,0 - 20,00 mg kg⁻¹), (50,0 - 150,0 mg kg⁻¹) e (15,0 - 50,00 mg kg⁻¹) para o Cu, Mn e Zn respectivamente, de acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Verifica-se na Tabela 12, resposta significativa dos teores de Mn nas safras 2015/16 e 2017/18, assim como para o Fe na safra 2017/18, à doses de N, ajustando-se a equações quadráticas, apresentando pontos de máxima de 106,17; 101,42 e 113,30 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Nota-se ainda, interação significativa ente culturas de cobertura e doses de N para os teores foliares de Cu na safra 2015/16 (Tabela 13), entre culturas de cobertura não houve diferença significativa, já as doses de N no milho semeado em sucessão ao milheto, proporcionaram diferença, ajustando-se a uma função linear positiva.

Tabela 12 - Valores de F e médias dos teores foliares de Cu, Fe, Mn e Zn na cultura do milho em função de plantas de cobertura, doses de calcário e gesso e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16, 2016/17 e 2017/18.

	Cu			Fe			Mn			Zn		
Tratamentos/anos	15/16	16/17	17/18	15/16	16/17	17/18	15/16	16/17	17/18	15/16	16/17	17/18
----- mg kg ⁻¹ -----												
Plantas Cobertura (PC)												
Crotalária	13,5	12,3	14,9	111,3	171,4	51,2a	118,0	54,9	181,0	51,5	48,7 b	54,2
Milheto	12,9	13,4	13,5	109,5	180,4	38,7b	129,0	56,3	201,6	50,8	50,3 a	51,3
DMS cobertura	6,1	6,35	7,0	14,4	34,5	5,9	15,0	14,2	20,8	4,4	1,4	8,1
CALCÁRIO t ha ⁻¹ (C)												
T1 - C: 6,92	13,1	12,7	13,5	111,6	178,8	44,9abc	120,2	53,6	186,7	48,3 c	51,4ab	45,2
T2 - C: 11,44	13,7	14,2	13,2	113,9	179,8	48,0a	120,6	53,9	187,4	60,0 a	53,3 a	66,8
T3 - C: 7,73 + G: 1,70	14,3	12,1	16,4	109,4	175,8	43,0bc	125,4	64,2	186,6	53,3 b	49,1ab	57,6
T4 - C: 10,63 + G: 1,70	12,6	11,7	13,5	113,3	178,8	47,7ab	123,7	53,2	194,2	48,0 c	47,4 b	48,6
T5 - C: 0,81	12,6	10,9	14,2	103,9	166,61	41,2c	127,4	53,2	201,7	46,1 c	46,5 b	45,7
DMS calcário	5,5	6,9	8,1	10,6	21,8	4,9	13,4	14,6	17,7	3,0	5,6	5,5
Nitrogênio kg ha ⁻¹ (N)												
0	12,7	10,8	14,6	108,1	174,5	41,8	116,4	53,1	179,6	51,7	48,9	54,5
90	14,1	14,3	13,8	112,4	177,2	47,5	130,3	56,0	204,6	50,5	48,7	52,4
180	13,0	11,9	14,1	110,8	175,9	45,7	123,7	57,7	189,7	51,2	51,0	51,4
Teste F												
PC	0,22 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,26 ^{ns}	84,76*	9,91 ^{ns}	0,17 ^{ns}	18,22 ^{ns}	0,39 ^{ns}	25,79*	2,30 ^{ns}
C	0,34 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,50 ^{ns}	2,72 ^{ns}	1,14 ^{ns}	6,74**	1,01 ^{ns}	2,05 ^{ns}	2,64 ^{ns}	67,65**	4,78**	53,73**
N	0,59 ^{ns}	1,72 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,13 ^{ns}	7,40**	5,12*	0,76 ^{ns}	5,04*	0,42 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,96 ^{ns}
PC x C	1,59 ^{ns}	2,44 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,97 ^{ns}	1,16 ^{ns}	1,59 ^{ns}	1,31 ^{ns}	1,75 ^{ns}	2,68 ^{ns}	7,77**	0,19 ^{ns}	9,99**
PC x N	3,82*	2,02 ^{ns}	1,49 ^{ns}	1,58 ^{ns}	2,36 ^{ns}	0,50 ^{ns}	2,70 ^{ns}	0,75 ^{ns}	1,94 ^{ns}	1,01 ^{ns}	1,47 ^{ns}	0,11 ^{ns}
C x N	0,74 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,39 ^{ns}	1,83 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,51 ^{ns}	4,10**	0,67 ^{ns}	5,70**
PC x C x N	0,39 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,80 ^{ns}	2,34**	0,46 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,50 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,84 ^{ns}
CV (%)	39,02	60,89	27,24	10,25	12,02	12,96	13,66	26,26	16,06	9,68	12,19	16,41
RL nitrogênio	0,04 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,07 ^{ns}	6,60*	2,86 ^{ns}	1,49 ^{ns}	1,63 ^{ns}	0,14 ^{ns}	1,75 ^{ns}	1,84 ^{ns}
RQ nitrogênio	1,15 ^{ns}	3,15 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,19 ^{ns}	8,20**	7,38**	0,03 ^{ns}	8,44**	0,70 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,08 ^{ns}

Nota: Mn: RQ 15/16 – $y = 116,366667 + 0,2687037x - 0,00126543x^2$ ($r^2 = 1,00$); Fe: RQ 17/18 – $y = 41,8 + 0,10444444x - 0,00046091x^2$ ($r^2 = 1,00$); Mn: RQ 17/18 – $y = 179,6 + 0,5x - 0,00246502x^2$ ($r^2 = 1,00$)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Tabela 13 - Teor de cobre foliar no milho em função de culturas de cobertura e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16.

PC	Doses N (kg ha ⁻¹)			RL	RQ
	0	90	180		
Crotalária	15,1	13,9	11,8	3,11 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Milheto	10,3	14,3	14,2	4,12*	1,52 ^{ns}
DMS	4,8				

Nota: RL Milheto – $y = 11,0055556 + 0,0212963x$ ($r^2 = 0,73$)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para os teores de Zn houve interações entre culturas de cobertura e doses de calcário e gesso (Tabela 14), apesar do tratamento com maior dose de calcário (T2), proporcionar maiores teores foliares de zinco ao milho, seja ele em sucessão a crotalária ou ao milheto, de forma geral os teores estão altos, próximos ou acima da faixa recomendada para a cultura, nota-se que no ano agrícola 2017/18 a interação se comporta da mesma forma (Tabela 15). Já em relação ao T4, o milho em sucessão a crotalária apresentou maiores teores foliares de Zn na safra 2015/16 (Tabela 14) e na safra 2017/18, o mesmo efeito também para o T5 (Tabela 15).

Tabela 14 - Teor de zinco foliar no milho em função de culturas de cobertura e doses de calcário e gesso. Selvíria – MS, 2015/16.

PC	Calcário e Gesso (t ha ⁻¹)					DMS
	T1	T2	T3	T4	T5	
Crotalária	46,6 C	60,2 A	52,2 B	51,1Ba	47,2 C	2,9
Milheto	50,0 C	59,8 A	54,4 B	44,8Db	45,1 D	
DMS	3,6					

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

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Tabela 15 - Teor de zinco foliar no milho em função de culturas de cobertura e doses de calcário e gesso. Selvíria – MS, 2017/18.

PC	Calcário e Gesso (t ha ⁻¹)					DMS
	T1	T2	T3	T4	T5	
Crotalária	43,0C	67,6A	55,4B	55,8Ba	49,2BCa	7,8
Milheto	47,3B	66,0A	59,8A	41,3Bb	42,2Bb	
DMS	6,7					

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

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Verifica-se na Tabela 16, interação significativa entre doses de calcário e gesso x doses de N na safra 2015/16, onde que os T2 e T4 foram influenciados linear e positivamente às doses de N, já o T5 ajustou-se a uma função quadrática, com ponto de máxima de 95,26 kg

ha⁻¹ de N, tendo estes tratamentos, o mesmo comportamento no ano agrícola 2017/18 (Tabela 17). Neste ano agrícola, o ponto de máxima para o teor foliar de Zn em função do tratamento T5 foi de 93,21 kg ha⁻¹ de N. Acrescenta-se que nesse ano agrícola (Tabela 17), os teores foliares de Zn em função do tratamento T1 também ajustaram-se a uma função linear crescente, semelhante ao efeito dos tratamentos T2 e T4. Entre as doses de calcário e gesso, para as doses de 90 e 180 kg ha⁻¹ N, o T2 proporcionou os maiores teores foliares de Zn, o mesmo observado na safra 2015/16 (Tabela 16).

Tabela 16 - Teor de zinco foliar no milho em função de doses de calcário e gesso x doses de N. Selvíria – MS, 2015/16.

Calcário e Gesso (t ha ⁻¹)	Doses N (kg ha ⁻¹)			RL	RQ
	0	90	180		
T1 - C: 6,92	51,4ab	45,3bc	48,3bc	1,23 ^{ns}	3,43 ^{ns}
T2 - C: 11,44	55,6 a	59,9 a	64,6 a	9,90 ^{**}	0,00 ^{ns}
T3 - C: 7,73 + G: 1,70	51,5ab	55,5 a	53,0 b	0,28 ^{ns}	1,72 ^{ns}
T4 - C: 10,63 + G: 1,70	51,0ab	50,2 b	42,8 d	8,32 ^{**}	1,77 ^{ns}
T5 – 0,81	49,0 b	41,8 c	47,5cd	0,28 ^{ns}	6,71 [*]
DMS	5,1				

Nota: RL T2 – $y = 55,5277778 + 0,05x$ ($r^2 = 0,99$)

RL T4 – $y = 52,0972222 - 0,04583333x$ ($r^2 = 0,82$)

RQ T5 – $y = 49,0 - 0,15092593x + 0,00079218x^2$ ($r^2 = 1,00$)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Tabela 17 - Teor de zinco foliar no milho em função de doses de calcário e gesso x doses de N. Selvíria – MS, 2017/18.

Calcário e Gesso (t ha ⁻¹)	Doses N (kg ha ⁻¹)			RL	RQ
	0	90	180		
T1 - C: 6,92	55,0	38,0 c	42,5 c	6,24 [*]	6,16 [*]
T2 - C: 11,44	58,3	68,8 a	73,2 a	8,79 ^{**}	0,51 ^{ns}
T3 - C: 7,73 + G: 1,70	53,3	62,8 ab	56,7 b	0,44 ^{ns}	3,27 ^{ns}
T4 - C: 10,63 + G: 1,70	53,2	52,8 b	36,7 c	15,20 ^{**}	2,19 ^{ns}
T5 – 0,81	49,5	39,5 c	48,2bc	0,07 ^{ns}	4,64 [*]
DMS	12,6				

Nota: RL T1 – $y = 55,0 - 0,30833333x + 0,00132716x^2$ ($r^2 = 1,00$)

RL T2 – $y = 59,3611111 + 0,08240741x$ ($r^2 = 0,94$)

RL T4 – $y = 58,3055556 - 0,10833333x$ ($r^2 = 0,87$)

RQ T5 – $y = 49,5 - 0,21481481x + 0,00115226x^2$ ($r^2 = 1,00$)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A população final de plantas nos dois primeiros anos agrícolas, não apresentou resposta significativa isoladas em relação às plantas de cobertura, doses de calcário + gesso e doses de N (Tabela 18). Houve influência no último ano, safra 2017/18, em relação às doses de calcário e gesso, onde que o tratamento com ausência de aplicação (T5), apresentou menor população final; e também houve influência em relação às doses de N, ajustando-se a uma função linear positiva. Apesar de não se observar influência isolada dos tratamentos nos dois

primeiros anos agrícolas, verifica-se interação significativa entre plantas de cobertura e doses de N (Tabela 19). Nota-se que não houve influência das doses de N na população de plantas de milho semeados em sucessão ao milheto, contudo, dentro da dose de 90 kg ha⁻¹, a população de plantas foi superior sobre o milheto do que quando semeado em sucessão a crotalária na safra 2015/16.

A população de plantas de milho merece atenção especial, pois a cultura não tem capacidade de perfilhamento, sendo uma gramínea sensível à alteração da população (FORNASIERI FILHO, 2007). Um aspecto a ser considerado para que não se obtenha conclusões errôneas, é de que em cada ano agrícola, foi utilizado um material diferente para a semeadura do milho, portanto não se pode afirmar que diferenças na população final de plantas seriam em função dos tratamentos ao longo dos três anos de estudo, assim como para as demais características agronômicas avaliadas.

A altura de plantas sofreu influência em relação às plantas de cobertura, onde o milho semeado em sucessão ao milheto apresentou maior altura nos dois primeiros anos, assim como maior altura de inserção de espiga, sendo este, apenas no primeiro ano (Tabela 18). Também observa-se nesta tabela que os tratamentos T2, T3 e T4, onde se tem as maiores doses de calcário e presença do gesso (T4 e T5), obteve-se normalmente os maiores valores de altura de planta, nos três anos agrícolas avaliados. Muraishi *et al.* (2005), estudando a influência de palhada de milheto, pé-de-galinha, *Urochoa decumbens*, arroz, *Urochoa brizantha* e sorgo, no milho em sucessão, verificaram maior altura de plantas de milho nos tratamentos com milheto, pé-de-galinha e *U. brizantha*, em relação ao sorgo. Leal (2008), nesta mesma área experimental observou que após o primeiro ano de estudo, o milho semeado em sucessão a crotalária apresentou maior altura de planta e de inserção de espiga em comparação a área com milheto como cultura antecessora ao milho.

É possível que a não resposta do milho ao uso de uma leguminosa antecedendo seu cultivo no primeiro ano deve-se, provavelmente, ao histórico anterior de três cultivos com a cultura da soja, fato que possibilitou bom desenvolvimento do milheto, gramínea com alto poder de ciclagem de nutrientes, disponibilizando este nutriente e os demais com a sua decomposição durante o desenvolvimento do milho, possibilitando um bom desenvolvimento desta cultura.

Tal característica também foi observada na Tabela 20, onde a altura de inserção da espiga na safra 2016/17, independente das doses de calcário e gesso, a não ser no T5, a altura de inserção no milho em sucessão ao milheto foi maior em relação ao semeado sobre a crotalária.

Tabela 18 - Valores de F e médias para população final de plantas, altura de plantas, altura de inserção da espiga para a cultura do milho. Selvíria – MS. 2015/16, 2016/17 e 2018/19.

Tratamentos	População (plantas/ha ⁻¹)			Altura de plantas (m)			Inserção da espiga (cm)		
	2015/16	2016/17	2017/18	2015/16	2016/17	2017/18	2015/16	2016/17	2017/18
Plantas de Cobertura (PC)									
Crotalária	50422	56305	61086	1,6 b	1,56 b	1,98	82 b	73	99
Milheto	51893	56702	58907	1,8 a	1,70 a	1,90	93 a	83	95
DMS cobertura	6813	7943	9632	0,1	0,06	0,21	5	04	19
CALCÁRIO t ha ⁻¹ (C)									
T1 - C: 6,92	51223	53584	58166 ab	1,7ab	1,63 ab	1,96 a	88 a	79	99 a
T2 - C: 11,44	51059	53849	61651 a	1,8 a	1,67 a	2,00 a	91 a	82	100 a
T3 - C: 7,73 + G: 1,70	51794	57561	62306 a	1,8 a	1,65 a	1,99 a	88 ab	79	100 a
T4 - C: 10,63 + G: 1,70	51468	55607	61870 a	1,8 a	1,67 a	1,99 a	91 a	80	102 a
T5 – 0,81	50242	55915	55988 b	1,6 b	1,55 b	1,75 b	80 b	72	83 b
DMS calcário	4694	5977	5393	0,1	0,10	0,11	7	6	5
Nitrogênio kg ha ⁻¹ (N)									
0	51958	57746	57251	1,8	1,64	1,93	88	79	97
90	50880	56712	609111	1,8	1,64	1,95	88	78	98
180	50634	55052	61826	1,7	1,61	1,93	86	77	96
Teste F									
PC	0,46 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,95 ^{ns}	284,25 ^{**}	76,95 [*]	2,51 ^{ns}	83,08 [*]	111,08 ^{**}	1,18 ^{ns}
C	0,29 ^{ns}	0,31 ^{ns}	5,00 ^{**}	5,07 ^{**}	4,30 [*]	16,25 ^{**}	6,89 ^{**}	5,50 ^{**}	38,88 ^{**}
N	0,35 ^{ns}	1,53 ^{ns}	3,36 [*]	1,42 ^{ns}	2,03 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,56 ^{ns}	1,41 ^{ns}
PC x C	0,80 ^{ns}	0,13 ^{ns}	1,45 ^{ns}	1,92 ^{ns}	1,91 ^{ns}	0,94 ^{ns}	2,90 ^{ns}	3,82 [*]	0,32 ^{ns}
PC x N	5,06 [*]	6,13 ^{**}	0,30 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,66 ^{ns}	2,02 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,34 ^{ns}	1,25 ^{ns}
C x N	0,42 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,70 ^{ns}	1,14 ^{ns}	1,81 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,90 ^{ns}
PC x C x N	0,72 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1,16 ^{ns}	1,92 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,58 ^{ns}
CV (%)	12,78	10,66	12,06	5,62	4,73	4,93	8,76	9,26	6,62
RL nitrogênio	0,61 ^{ns}	3,00 ^{ns}	6,00 [*]	1,93 ^{ns}	2,99 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,12 ^{ns}	0,36 ^{ns}
RQ nitrogênio	0,08 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,91 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,46 ^{ns}

Nota: População –N: RL 17/18 – y = 57708,8444 + 25,4166667x (r² = 0,89)

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 19 - População final de plantas em função de plantas de cobertura e doses de N. Selvíria – MS. 2015/16 e 2016/17.

PC	Doses N (kg ha ⁻¹)									
	0						90		180	
	2015/16	2016/17	2015/16	2016/17	2015/16	2016/17	2015/16	2016/17	2015/16	2016/17
Crotalária	54213	60661	47939 b	54584	49115	53669	4,56*	10,11**	3,24 ^{ns}	1,84 ^{ns}
Milheto	49703	54830	53821 a	58841	52154	56435	1,05 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,96 ^{ns}	2,84 ^{ns}
DMS									5531	6093

RL Crotalária 15/16 – $y = 52970,8889 - 28,3207407x$ ($r^2 = 0,58$)

Médias seguidas por mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tuckey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 20 - Altura de inserção de espiga em função de plantas de cobertura e doses de calcário e gesso. Selvíria – MS. 2016/17.

PC	Calcário e Gesso (t ha ⁻¹)					DMS
	T1	T2	T3	T4	T5	
Crotalária	73b	77b	72b	73b	72a	9
Milheto	85 Aa	86 Aa	86 Aa	88 Aa	73 Ba	
DMS				6		

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

Fonte: Elaboração do próprio autor.

A produtividade de grãos no ano agrícola 2015/16 aumentou em função das doses de N utilizadas, sendo esta de forma linear (Tabela 21). O número de grãos por fileira também variou em função das doses de N, quando a cultura de cobertura antecessora foi o milho, ajustando - se os dados a uma função quadrática com ponto de máxima de 123,25 kg ha⁻¹ de N (Tabela 22). Assim, o aumento do número de grãos por fileira em função das doses de N, pode levar ao aumento da produtividade, conforme observado. Também na Tabela 22, observa-se o número de grãos por fileira, efeito positivo da crotalária com cultura de cobertura antecessora ao milho, quando não se realiza aplicação de nitrogênio em cobertura.

No ano agrícola 2016/17, verifica-se que a produtividade de grãos foi influenciada pelos tratamentos culturas de cobertura e calcário, também verifica-se interação entre culturas de cobertura e doses de N (Tabela 23). Quanto ao efeito do calcário, observa-se que a diferença ocorreu entre o tratamento com a maior quantidade de calcário aplicada após a implantação do sistema plantio direto e a testemunha, que recebeu menor quantidade de calcário e onde se obteve a menor produtividade. O efeito positivo da maior quantidade de calcário aplicada também foi observado para o número de fileiras por espiga (Tabela 23), característica essa que tem uma relação direta com a produtividade de grãos.

Na Tabela 24 observa-se que na ausência de aplicação de N, não houve diferença entre as culturas de cobertura quanto a produtividade e nas demais doses, onde se cultivou o milho como cultura de cobertura, obteve-se maior produtividade de grãos. Também verifica-

se que as produtividades de grãos em função das doses de N em área com crotalária, não se ajustaram a função linear ou quadrática, no entanto, quando a cultura de cobertura foi o milho, a produtividade aumentou linearmente em função das doses de N. A crotalária destaca-se como cobertura importante para fornecimento de N a cultura sucessora, principalmente com cultivo de gramíneas em sucessão, com ausência ou baixas doses de N em cobertura, provavelmente devido a este fato, as doses de N não proporcionaram resposta significativa quanto à produtividade do milho semeado em sucessão a crotalária. Leal (2008), na mesma área experimental, observou que a produtividade de grãos sobre crotalária, sem a adubação nitrogenada superou em 1910 kg ha⁻¹ o obtido sobre milho, indicando a viabilidade da utilização deste adubo verde antecedendo o cultivo do milho, na região de Cerrado.

Tabela 21 - Valores de F e médias das características agrônômicas: número de fileiras, grãos por espiga, diâmetro de espiga, comprimento de espiga e produtividade de grãos de milho. Selvíria – MS, 2015/16.

Tratamentos	Nº Fileiras	Grãos/Fil eira	Diâmetro Espiga	Comprimento Espiga	Produtividade de grãos
Pl. de Cobertura (PC)			cm	cm	kg ha ⁻¹
Crotalária	14,9	31,2	4,4	14,8	4487
Milho	14,7	30,6	4,5	14,5	4782
DMS	0,6	3,0	0,3	0,7	1600
Calcário e Gesso (t ha ⁻¹) (C)					
T1 - C: 6,92	14,9	30,4	4,4	14,6	4670
T2 - C: 11,44	14,7	30,4	4,5	14,5	4640
T3 - C: 7,73 + G: 1,70	14,9	31,2	4,6	14,7	4543
T4 - C: 10,63 + G: 1,70	14,9	32,0	4,5	15,0	4885
T5 - 0,81	14,6	30,4	4,4	14,5	4435
DMS	0,7	3,8	0,2	1,3	759
Nitrogênio kg ha ⁻¹ (N)					
0	15,0	26,7	4,4	14,0	4106
90	14,6	31,5	4,5	14,8	4859
180	14,8	31,4	4,5	15,1	4939
<i>Teste F</i>					
PC	2,23 ^{ns}	0,64 ^{ns}	1,95 ^{ns}	4,13 ^{ns}	0,63 ^{ns}
C	0,77 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1,85 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,91 ^{ns}
N	1,00 ^{ns}	2,09 ^{ns}	2,51 ^{ns}	4,50*	5,82**
PC x C	0,60 ^{ns}	1,98 ^{ns}	2,20 ^{ns}	1,20 ^{ns}	2,94 ^{ns}
PC x N	2,57 ^{ns}	4,53*	0,14 ^{ns}	2,97 ^{ns}	1,09 ^{ns}
C x N	0,92 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,35 ^{ns}
PC x C x N	0,65 ^{ns}	0,30 ^{ns}	2,08 ^{ns}	1,98 ^{ns}	1,63 ^{ns}
CV (%)	6,06	12,70	6,51	9,65	22,51
RL nitrogênio	0,50 ^{ns}	3,00 ^{ns}	2,61 ^{ns}	8,19**	9,56**
RQ nitrogênio	1,49 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,80 ^{ns}	2,08 ^{ns}

Nota: RL comprimento da espiga: $y = 14,1328889 + 0,00580741x$ ($r^2 = 0,91$).

RL produtividade: $y = 4218,03333 + 4,62962963x$ ($r^2 = 0,82$). Fonte: Elaboração do próprio autor.

Destaca-se na Tabela 23 a diferença significativa entre crotalária e milho, quando das avaliações de diâmetro e comprimento da espiga, obtendo-se os maiores valores em área com milho como cultura de cobertura antecessora. Esse comportamento provavelmente levou as maiores produtividades obtidas em área com milho, quando da aplicação de 90 ou 180 kg ha⁻¹ de N, conforme observado na Tabela 24.

Tabela 22 - Número de grãos por fileira em função das doses de nitrogênio e plantas de coberturas. Selvíria – MS, 2015/16.

PC	Doses N (kg ha ⁻¹)			RL	RQ
	0	90	180		
Crotalária	31,7 a	30,6	31,2	0,13 ^{ns}	0,43 ^{ns}
Milho	27,7 b	32,4	31,7	7,88 ^{**}	4,81 [*]
DMS	2,8				

Nota: RQ milho: $y = 27,6893333 + 0,08282593x - 0,00033601x^2$ ($r^2 = 1,00$)

Médias seguidas por mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tuckey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

No ano agrícola 2017/18, observa-se efeito dos tratamentos com calcário e doses de N quanto a produtividade de grãos. Apesar do Teste F ter sido significativo para os tratamentos com calcário, não se obteve diferença entre estes tratamentos quando analisados através do Teste de Tukey. No ano agrícola 2016/17, também observou-se o Teste F significativo para calcário e neste experimento, a menor produtividade foi obtida com o T5, ou seja, o tratamento testemunha com a menor quantidade de calcário aplicada após a implantação do sistema plantio direto. No ano agrícola 2017/18, este tratamento proporcionou produtividade 1000 kg menor que os demais tratamentos com aplicação de calcário ou calcário + gesso, enfatizando a importância do uso desses insumos na cultura do milho (Tabela 25).

Quanto a resposta do milho em produtividade em função das doses de N utilizadas em cobertura, obteve-se um ajuste quadrático com ponto de máxima em 153,40 kg ha⁻¹ de N. A resposta do milho em produtividade às doses de N também foi observada de forma linear no ano agrícola 2015/16 e no ano agrícola 2016/17, quando a cultura antecessora ao milho foi o milho. Assim, o aumento da produtividade de grãos em função das doses de N foi encontrada nos 3 anos agrícolas de condução dos experimentos, enfatizando a importância deste nutriente para a produtividade de grãos da cultura.

Tabela 23 - Valores de F e médias das características agrônômicas: número de fileiras, grãos por espiga, diâmetro de espiga, comprimento de espiga e rendimento de grãos de milho. Selvíria – MS, 2016/17.

Tratamentos	Nº Fileiras	Grãos/Fileira	Diâmetro Espiga	Comprimento Espiga	Produtividade de grãos
Pl. de Cobertura (PC)			cm	cm	kg ha ⁻¹
Crotalária	14,7	32,1	4,5 b	16,6 b	3692
Milheto	15,5	34,0	4,7 a	17,6 a	4857
DMS	1,0	3,6	0,1	0,6	751
Calcário t ha ⁻¹ (C)					
T1 - C:6,92	15,0 ab	32,99	4,6	17,1	4324 ab
T2 - C:11,44	15,8 a	32,86	4,7	16,9	4629 a
T3 - C:7,73 + G: 1,70	15,0 ab	33,64	4,6	17,2	4326 ab
T4 - C:10,63 + G: 1,70	15,0 ab	32,92	4,6	17,4	4260 ab
T5 - 0,81	14,7 b	32,64	4,6	16,9	3834 b
DMS	1,0	2,71	0,2	1,5	578
N kg ha ⁻¹ (N)					
0	15,3	32,84	4,6	17,3	4227
90	15,9	33,36	4,7	17,1	4274
180	15,0	32,83	4,6	16,9	4322
Teste F					
PC	12,20 ^{ns}	5,21 ^{ns}	24,75*	39,28*	44,41*
C	3,05*	0,36 ^{ns}	1,09 ^{ns}	0,40 ^{ns}	4,55*
N	0,37 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,54 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,11 ^{ns}
PC x C	2,93 ^{ns}	0,14 ^{ns}	1,18 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,31 ^{ns}
PC x N	0,76 ^{ns}	1,17 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,93 ^{ns}	3,64*
C x N	1,24 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,42 ^{ns}	1,02 ^{ns}
PC x C x N	0,78 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,63 ^{ns}
CV (%)	8,70	9,83	4,76	8,26	18,06
RL nitrogênio	0,70 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,56 ^{ns}	1,46 ^{ns}	0,23 ^{ns}
RQ nitrogênio	0,03 ^{ns}	0,52 ^{ns}	1,51 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}

Nota: Médias seguidas por mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tuckey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 24. Produtividade de grãos em função das doses de nitrogênio e plantas de coberturas. Selvíria – MS, 2016/17.

PC	Doses N (kg ha ⁻¹)			RL	RQ
	0	90	180		
Crotalária	3952	3575 b	3549 b	2,05 ^{ns}	0,52 ^{ns}
Milheto	4502	4973 a	5097 a	4,44*	0,51 ^{ns}
DMS			630		

Nota: RL Milheto: $y = 4560,44444 + 3,30148148x$ ($r^2 = 0,89$)

Médias seguidas por mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tuckey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 25 - Valores de F e médias das características agrônômicas: número de fileiras, grãos por espiga, diâmetro de espiga, comprimento de espiga e produtividade de grãos de milho. Selvíria – MS, 2017/18.

Tratamentos	Nº Fileira	Grãos/ Fileira	Diâmetro Espiga	Comprimento Espiga	Produtividade de grãos
Pl. de Cobertura (PC)			cm	cm	kg ha ⁻¹
Crotalaria	18,0	36,8	5,3	12,3	5718
Milheto	17,8	36,9	5,1	12,3	4826
DMS	0,3	4,0	0,3	1,3	3427
Calcário t ha ⁻¹ (C)					
T1 - C: 6,92	17,9	37,6	5,2	12,5	5581 a
T2 - C: 11,44	17,9	37,2	5,2	12,4	5516 a
T3 - C: 7,73 + G: 1,70	17,9	35,9	5,3	12,0	5492 a
T4 - C: 10,63 + G: 1,70	18,1	37,2	5,3	12,4	5492 a
T5 - 0,81	17,6	36,3	5,0	12,1	4438 a
DMS	1,1	2,1	0,30	0,7	1175
Nitrogênio kg ha ⁻¹ (N)					
0	17,6	35,5	5,1	11,8	4240
90	17,9	37,8	5,2	12,6	5666
180	18,1	37,7	5,3	12,4	5908
Teste F					
PC	17,29 ^{ns}	0,02 ^{ns}	4,48 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,25 ^{ns}
C	0,67 ^{ns}	1,94 ^{ns}	2,62 ^{ns}	1,99 ^{ns}	3,07*
N	1,78 ^{ns}	5,01*	1,55 ^{ns}	5,06*	15,13**
PC x C	1,27 ^{ns}	1,13 ^{ns}	2,88 ^{ns}	1,11 ^{ns}	1,10 ^{ns}
PC x N	0,45 ^{ns}	4,78*	0,90 ^{ns}	4,92*	1,64 ^{ns}
C x N	0,41 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,44 ^{ns}	1,88 ^{ns}
PC x C x N	0,58 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,98 ^{ns}
CV (%)	5,74	7,85	7,63	7,83	24,07
RL nitrogênio	3,55 ^{ns}	4,78*	2,99 ^{ns}	4,72*	25,90**
RQ nitrogênio	0,01 ^{ns}	5,25*	0,10 ^{ns}	5,40*	4,35*

Nota: RQ Produtividade: $y = 1240,46667 + 22,4203704x - 0,07307819x^2$ ($r^2 = 1,00$)

Fonte: Elaboração do próprio autor.

No último ano de condução dos experimentos, verifica-se que o número de grãos por fileira, em área com milheto como cultura de cobertura, ajustou-se a uma função quadrática com ponto de máxima em 123,90 kg ha⁻¹ de N (Tabela 26). Na Tabela 27, observa-se o mesmo comportamento para o comprimento da espiga em relação às doses de N, quando a cultura de cobertura foi o milheto, ou seja, um ajuste quadrático com ponto de máxima de 123,66 kg ha⁻¹.

Tabela 26 - Número de grãos por fileira em função de plantas de coberturas e doses de N.Selvíria – MS, 2017/18.

PC	Doses N (kg ha ⁻¹)			RL	RQ
	0	90	180		
Crotalária	36,8	37,1	36,4	0,14 ^{ns}	0,34 ^{ns}
Milheto	34,3	38,5	37,9	12,04 ^{**}	7,07 [*]
DMS	3,1				

Nota: RQ Milheto: $y = 34,2666667 + 0,07444444x - 0,00030041x^2$ ($r^2 = 1,00$)

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 27 - Comprimento de espiga em função de plantas de coberturas e doses de N.Selvíria – MS, 2017/18.

PC	Doses N (kg ha ⁻¹)			RL	RQ
	0	90	180		
Crotalária	12,3	12,4	12,1	0,17 ^{ns}	0,35 ^{ns}
Milheto	11,4	12,8	12,6	12,18 ^{**}	7,26 [*]
DMS	1,0				

Nota: RQ Milheto: $y = 11,4133333 + 0,02503704x - 0,00010123x^2$ ($r^2 = 1,00$)

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Segundo Conab (2017, 2018 e 2019), as médias de produtividade do milho no Brasil foram respectivamente para as safras 2015/16, 2016/17 e 2017/18, 4178, 5562 e 4857 kg ha⁻¹. Nas Tabelas 21, 23 e 25, verifica-se que os valores de produtividade obtidos foram próximos, inferiores e superiores, respectivamente, quando comparados às produtividades médias apresentadas pela Conab. As menores produtividades obtidas nos três anos agrícolas, foram as do ano 2016/17 e as melhores na safra 2017/18. Atribui-se a época de semeadura utilizada na safra 2016/17, condições climáticas presentes e somente após a implantação da cultura é que foi realizada a aplicação do calcário ou calcário + gesso, portanto, pouco tempo para reação do corretivo no solo existiu, como os prováveis fatores da redução da produtividade. No terceiro ano agrícola de cultivo do milho, as condições climáticas foram mais favoráveis (Figura 1C) e houve um maior tempo da presença do corretivo e do gesso no solo, levando a obtenção de maiores produtividades.

Com relação ao tempo de reação do calcário aplicado em área com sistema plantio direto, cita-se os resultados obtidos por Caires *et al.* (2006), ou seja, os mesmos não verificaram influência do calcário aplicado em superfície, independente da dose, sobre o rendimento de grãos, teores foliares de macro e micronutrientes no milho em Latossolo Vermelho distrófico areno-argiloso. A pouca influência dos modos de calagem sobre os teores de Ca e Mg pode estar relacionada ao tempo decorrido entre as aplicações e o plantio de milho ou uma possível, menor exigência ou menor sensibilidade do milho cultivado em sistema plantio direto à correção do solo.

Com relação a importância da adubação nitrogenada no milho, Silva *et al.* (2005) obteve ponto de máxima de 166 kg de N ha⁻¹, em condições de Cerrado sob irrigação, valor este superior ao obtido por Fernandes *et al.* (2005) também em condições de Cerrado, ou seja, 110 kg de N ha⁻¹. Amado *et al.* (2004) obtiveram resposta do milho até 150 kg de N ha⁻¹.

4.2 CARACTERÍSTICA QUÍMICA DO SOLO (PH)

Na Tabela 28, encontram-se os valores de pH do solo, amostrado em diferentes profundidades, em função dos tratamentos utilizados. A amostragem ocorreu antes da instalação das culturas de cobertura do ano agrícola 2016/17, ou seja, antes da semeadura do segundo ano da cultura do milho e da última aplicação de calcário ou calcário + gesso. Verifica-se que todos os tratamentos influenciaram os valores de pH em todas as camadas avaliadas. Observa-se também que houve interação entre culturas de cobertura e calcário em todas as camadas avaliadas, interação entre plantas de cobertura e doses de N, apenas na camada de 0-10 cm e interação entre calcário e doses de N nas camadas de 0 - 0,10 e 0,10 – 0,20 m de profundidade.

Verifica-se no desdobramento da interação entre plantas de cobertura e calcário na profundidade de 0-10 cm (Tabela 29) que onde houve a aplicação das maiores doses de calcário (T2 e T4), houve diferença entre as culturas de cobertura, apresentando a área com milheto, maiores valores de pH. Também verifica-se nessa área com milheto, que os tratamentos T5 e T1, que receberam as menores doses de calcário, proporcionaram os menores valores de pH, diferindo dos tratamentos T2 e T4 (maiores doses de calcário utilizadas), no entanto, na área com crotalária, a diferença somente existiu entre os tratamentos T2 e T5, apresentando o tratamento T2, o maior valor de pH.

No desdobramento desta mesma interação para os valores de pH na camada de 0,10 – 0,20m (Tabela 30), verifica-se que a diferença entre culturas de cobertura ocorreu em todos os tratamentos que receberam calcário em maior quantidade, ou seja, T1, T2, T3 e T4, e nestes tratamentos, os valores obtidos na área com milheto, foi maior novamente. Dentro de cada cultura de cobertura, os tratamentos T2 e T4, que receberam as maiores doses de calcário, foram os que apresentaram os maiores valores de pH. Na camada de 0,20 – 0,40m (Tabela 31), somente observa-se diferença entre culturas de cobertura para os tratamentos T4 e T5 e novamente os valores obtidos na área com milheto foram maiores. Dentro de cada cultura de cobertura o menor valor foi obtido com o tratamento T1, onde na implantação do sistema plantio direto, houve incorporação do calcário na camada de 0 – 0,20 m.

Independente da profundidade, quando observou-se diferença entre culturas de cobertura, os menores valores foram obtidos com a crotalária, concordando com a afirmação de Caires *et al.* (2006), ou seja, leguminosas podem acidificar o solo com tempo. Também verifica-se que valores de pH acima de 5,0 somente foram obtidos com os tratamentos T2, T3 e T4 na camada de 0 – 0,10 m e com milheto. Assim, verifica-se que na área experimental, os valores de pH (CaCl₂) observados estão dentro da faixa considerada de acidez alta (4,4 – 5,0) ou muito alta (até 4,3), segundo Raij *et al.* (1997), podendo isto interferir de forma marcante na disponibilidade de nutrientes para o milho.

Tabela 28 - Valores de F e de pH do solo em diferentes profundidades em função dos tratamentos. Selvíria - MS, Brasil, 2017.

Tratamentos	pH (CaCl ₂)		
	0-10	10-20	20-40
Plantas de Cobertura (PC)			
Crotalária	4,7	4,3	4,2
Milheto	5,0	4,6	4,3
DMS cobertura	0,1	0,2	0,04
Calcário (kg ha⁻¹) (C)			
T1 - C: 4,66	4,7	4,3	4,1
T2 - C: 6,90	5,1	4,6	4,8
T3 - C: 5,47	4,9	4,4	4,4
T4 - C: 6,11	5,0	4,6	4,3
T5 - C: 0,81	4,5	4,2	4,3
DMS calcário	0,3	0,1	0,1
Nitrogênio (kg ha⁻¹) (N)			
0	5,0	4,4	4,2
90	4,8	4,4	4,2
180	4,8	4,5	4,4
Teste F			
PC	240,16**	53,51*	97,32*
C	16,57**	78,71**	12,13**
N	5,62**	2,45 ^{ns}	5,59**
PC x C	10,67**	22,17**	3,45*
PC x N	4,37*	0,90 ^{ns}	1,27 ^{ns}
C x N	2,24*	4,66**	1,18 ^{ns}
PC x C x N	6,77**	1,35 ^{ns}	1,10 ^{ns}
CV (%)	5,31	5,22	5,01
RL nitrogênio	10,27**	4,73*	10,91**
RQ nitrogênio	0,97 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,27 ^{ns}

RL - pH – 0,20-0,40 $y=4,19833333 + 0,00101852x$ ($r^2=0,97$)

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 29 - Valores de pH do solo na profundidade de 0-10 cm em função de plantas de cobertura e calcário. Selvíria - MS, Brasil, 2017.

PC	Calcário e Gesso (t ha ⁻¹)					DMS
	T1	T2	T3	T4	T5	
Crotalária	4,7 AB	5,0bA	4,9 AB	4,5bB	4,5 B	0,2
Milheto	4,6 CD	5,3aAB	5,0 BC	5,4aA	4,5 D	
DMS	0,4					

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

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 30 – Valores de pH do solo na profundidade de 10-20 cm em função de plantas de cobertura e calcário. Selvíria - MS, Brasil, 2017.

PC	Calcário e Gesso (t ha ⁻¹)					DMS
	T1	T2	T3	T4	T5	
Crotalária	4,2bB	4,4bA	4,2bB	4,5bA	4,2 B	0,1
Milheto	4,3aC	4,9aA	4,6aB	4,7aB	4,3 C	
DMS	0,1					

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

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 31 – Valores de pH do solo na profundidade de 20-40 cm em função de plantas de cobertura e calcário. Selvíria - MS, Brasil, 2017.

PC	Calcário e Gesso (t ha ⁻¹)					DMS
	T1	T2	T3	T4	T5	
Crotalária	4,1 B	4,3 A	4,4 A	4,2bAB	4,2bAB	0,2
Milheto	4,1 B	4,4 A	4,3 A	4,4aA	4,4aA	
DMS	0,1					

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

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na Tabela 32, verifica-se que no desdobramento da interação plantas de cobertura e doses de N, para valores de pH na camada de 0 - 0,10 m, onde houve aplicação de nitrogênio em cobertura, independente da dose, ocorreu diferença entre culturas de cobertura, apresentando a área com milheto, maiores valores. Dentro da cultura de cobertura crotalária, os resultados ajustaram-se a uma função quadrática em função das doses de N, com valor de mínima de 123,40 kg de N ha⁻¹.

Tabela 32 – Valores de pH do solo na profundidade de 0-10 cm em função de plantas de cobertura e doses de nitrogênio. Selvíria - MS, Brasil, 2017.

PC	Doses N (kg ha ⁻¹)			RL	RQ
	0	90	180		
Crotalária	4,9	4,6 b	4,6 b	10,62**	6,43**
Milheto	5,0	5,0 a	4,9 a	1,63 ^{ns}	1,31 ^{ns}
DMS	0,2				

Nota: RQ Crotalaria $y=4,94 - 0,0062963x + 0,00002551x^2$ ($r^2 = 1,00$)

Médias seguidas por mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tuckey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

No desdobramento da interação calcário e doses de nitrogênio para valores de pH na camada de 0 – 0,10 m (Tabela 33), independente da dose de N utilizada, os maiores valores de pH nesta camada foram obtidos com os tratamentos com as maiores doses de calcário utilizadas (T2, T3 e T4). Na Tabela 34, referente aos valores de pH para a camada de 0,10 – 0,20 m, também observa-se esse comportamento entre os tratamentos com doses de calcário. Na camada de 0,20 – 0,40 m, essa interação não foi significativa, portanto, não verifica-se diferença entre os tratamentos com calcário em função das doses de N. Assim, nota-se que em experimento de longa duração, o calcário aplicado em superfície consegue corrigir acidez até a camada de 0 – 0,20 m. Destaca-se também, que no T1, apesar de ter-se utilizado dose maior de calcário em relação ao T5, não observou-se diferença entre esses tratamentos nas diferentes profundidades avaliadas, mesmo diferença quanto a dose de calcário utilizada e a incorporação do calcário no T1, quando da instalação do sistema plantio direto, na camada de 0 – 0,20m.

Tabela 33 – Valores de pH do solo na profundidade de 0-10 cm em função de doses de calcário + gesso e doses de nitrogênio. Selvíria - MS, Brasil, 2017.

Calcário e Gesso (t ha ⁻¹)	Doses N (kg ha ⁻¹)			RL	RQ
	0	90	180		
T1 - C: 4,66	4,8 b	4,6bc	4,6bc	1,52 ^{ns}	0,71 ^{ns}
T2 - C: 6,90	5,3 a	5,2 a	5,0ab	4,06 ^{ns}	0,82 ^{ns}
T3 - C: 5,47	4,9ab	4,9ab	5,1 a	2,12 ^{ns}	0,20 ^{ns}
T4 - C: 6,11	5,1ab	5,0 ab	4,8ab	3,62 ^{ns}	0,04 ^{ns}
T5 - C: 0,81	4,9 ab	4,3 c	4,3 c	12,05**	4,02 ^{ns}
DMS	0,4				

Nota: RL T5 $y=4,76388889 - 0,00287037x$ ($r^2 = 0,75$)

Médias seguidas por mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tuckey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 34 – Valores de pH do solo na profundidade de 10-20 cm em função de doses de calcário + gesso e doses de nitrogênio. Selvíria - MS, Brasil, 2017.

Calcário e Gesso (t ha ⁻¹)	Doses N (kg ha ⁻¹)			RL	RQ
	0	90	180		
T1 - C: 4,66	4,1 b	4,2bc	4,4 b	3,98 ^{ns}	0,08 ^{ns}
T2 - C: 6,90	4,4ab	4,8 a	4,7 a	5,62 [*]	2,74 ^{ns}
T3 - C: 5,47	4,6 a	4,5ab	4,2 b	8,23 ^{**}	0,42 ^{ns}
T4 - C: 6,11	4,3ab	4,6 a	4,9 a	19,06 ^{**}	0,01 ^{ns}
T5 - C: 0,81	4,3 ab	4,2 c	4,2 b	1,00 ^{ns}	1,02 ^{ns}
DMS	0,3				

Nota: RL T2 $y=4,48055556 + 0,00175926x$ ($r^2 = 0,67$)

RL T3 $y=4,625 - 0,00212963x$ ($r^2 = 0,95$)

RL T4 $y=4,31388889 + 0,00324074x$ ($r^2 = 0,99$)

Médias seguidas por mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tuckey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Em relação ao comportamento do pH em função das doses de N utilizadas, verifica-se na Tabela 33 que apenas para o tratamento T5, houve diferença entre os valores de pH em função das doses de N, ajustando-se os dados a uma função linear decrescente, ou seja, a medida que aumentou-se a dose de N, os valores de pH foram menores. Silva e Vale (2000) também verificaram reduções de pH com acréscimos na dose de nitrogênio, independente da fonte (uréia ou sulfato) em diferentes solos avaliados após quinze dias de incubação.

Na camada de 0,10 – 0,20 m (Tabela 34), esse comportamento também foi verificado com o tratamento T3, no entanto, para os tratamentos T2 e T4, onde utilizou-se as maiores doses de calcário, os resultados também ajustaram-se a uma função linear, porém, crescente. Desta forma, tem-se que essa redução de pH em função de doses de N utilizadas pode ser corrigida com aplicação superficial de calcário, até a profundidade de 0,20 m.

5 CONCLUSÕES

As doses aplicadas de calcário com e sem adição de gesso pouco alterou os teores foliares e características agronômicas do milho, não influenciando a produtividade de grãos;

A demanda por fertilizante nitrogenada pela cultura do milho é menor quando este é cultivado em sucessão a crotalaria;

As doses de N em cobertura proporcionaram incrementos na produtividade de grãos nos 3 anos agrícolas avaliados;

A crotalaria propícia maior acidificação do solo em relação ao milheto;

A aplicação de calcário em superfície em função do tempo corrige valores de pH até a profundidade de 0,20 m;

Doses de N de 90 a 180 kg ha⁻¹ elevam a acidez do solo até a camada de 0,20 m de profundidade;

REFERÊNCIAS

- AITA, C. et al. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.1, p.157-165, 2001.
- ALCARDE, J.C. & RODELLA, A.A. **Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos**. In: CURI, 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.
- ALVA, A. K.; PARAMASIVAM, S.; FARES, A.; DELGADO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; SAJWAN, K. Nitrogen and irrigation management practices to improve nitrogen uptake efficiency and minimize leaching losses. **Journal of Crop Improvement**, Binghamton, v. 15, n. 2, p. 369-420, 2005.
- 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.
- AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p. 115-123, 2004.
- AMARAL, L.A., ASCARI, J.P., DUARTE, W.M., MENDES, I.R.N., SANTOS, E.S., & JULIO, O.L.L. Efeito de doses de gesso agrícola na cultura do milho e alterações químicas no solo. **Agrarian**, v. 10, n. 35, p. 31-41, 2017.
- BALBINO, L. C.; MOREIRA, J. A.; SILVA, J. G.; OLIVEIRA, E. F.; OLIVEIRA, I. P. Plantio direto. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p.301-352.
- BORTOLETI JUNIOR, A. *et al.* A importância do plantio direto e do plantio convencional e as suas relações com o manejo e conservação do solo. **Revista Conexão Eletrônica**, Três Lagoas, v. 12, n. 1, p.296-306, jan. 2015.
- BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; SOUZA, C. M. A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2012.
- BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T. **A cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.63-145.
- 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.; FONSECA, A.F.; FELDHAUS, I.C. & BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 1029-1040, 2001.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.275-286, 2003.

CAIRES, E. F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PADILHA, J. M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.125-136, 2004.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n. 1, 2006.

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.

CAIRES, E. F.; JORIS, H. A. W.; CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. **Soil Use and Management**, v. 27, n. 1, p. 45-53, 2011.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van.; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Boletim técnico 100**: recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo- IAC, 1996. p. 43-71.

CANTARELLA, H., DUARTE, A.P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V. **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa: UFV, 2004. p. 139-182.

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 s seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 7, p. 551-561, 2015.

CASAGRANDE, J.R.R. & FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada no milho safrinha. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.1, p. 33 – 40, 2002.

CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR, 2006. 200 p.

CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C. Effects of superficial liming and silicate application on soil fertility and crop yield under rotation. **Geoderma**, Amsterdam, v.195-196, p.234-242, 2013.

COLEMAN, N. T.; THOMAS, G. W. The basic chemistry of soil acidity. In: PEARSON, R. W.; ADAMS, F. (ed.). **Soil acidity and liming**. Madison: American Society of Agronomy, 1967. p. 1-41.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento safra brasileira de grãos**, v. 4, Safra 2016/17 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-160, janeiro. 2017.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; DE ARAÚJO ULIAN, N.; COSTA, B. S.; PARIZ, C. M.; CAVASANO, F. A.; FILHO, M. C. M. T. Produtividade da soja sobre palhada de forrageiras semeadas em diferentes épocas e alterações químicas no solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 1, p. 8-16, 2015.

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.

DELAVALLE, F.G. **Culturas de cobertura do solo e calagem na implantação de plantio direto para as culturas de milho e soja**. 2002. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, safra 2001/2002. Dourados: EMBRAPA/CPAO, 2001. p.28. (Sistemas de Produção, 1).

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA - FEBRAPDP. **Evolução Área do Sistema Plantio Direto no Brasil**. Foz do Iguaçu, 2017. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br/area-de-pd>. Acesso em: 20 de abr. 2018.

FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 195-204, 2005.

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 5.0 (Biud 66)**. Sistemas de análises de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos. Lavras, MG, Universidade Federal de Lavras, 2003.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576p.

FRAGA JUNIOR, E. F.; TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; ANDRADE, M. J. B.; SILVA, C. A.; BOTREL, E. P. Crescimento e rendimento do feijoeiro, sob influencia de nitrogênio e palhadas e milheto solteiro e consorciado com crotalária. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., Campinas. **Resumos [...]** Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2008. p. 1216-1219.

GOEDERT, W. J.; COREY, R.B.; SYERS, J.K. The effects on potassium equilibria in soils of Rio Grande do Sul, Brazil. **Soil Science**, Philadelphia, v.120, p.107-111, 1975.

GOMES, A.S.; VERNETTI JUNIOR, F.J.; SILVEIRA, L.D.N. Manejo da calagem no sistema plantio direto, solo de várzea, sob condições naturais. *In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO*, 2., 1997, Passo Fundo. **Anais [...]** Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1997. p. 213-216.

HARMSSEN, K.; VLEK, P. L. G. The chemistry of micronutrients in soil. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v. 7, p. 1-42, 1985.

HERNANDEZ, F. B. T. *et al.* **Software HIDRISA e o Balanço Hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP/FEIS- Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45 p. (Série irrigação, 01)

KAPPES, C. **Coberturas vegetais, manejo do solo e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho**. 2012. 204 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. **Implantação e manejo do sistema plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 36 p.

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

LARA CABEZAS, W.A.R. Comportamento dos adubos nitrogenados em clima e Solo de Cerrado. *In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO*, 1., 1998, Rio Verde, GO. **Resumos de palestras**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1998. p. 78-92.

LEAL, A.J.F.; LAZARINI, E.; TARSITANO, M.A.A.; SÁ, M.E. GOMES JUNIOR, F.G. Viabilidade econômica da rotação de culturas e adubos verdes antecedendo o cultivo do milho em sistema de plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.3, p.298-307, 2005.

LEAL, A.J.F. **Culturas de cobertura, doses de nitrogênio e residual de aplicação de calcário**: características químicas, estado nutricional e características agrônomicas do milho. 2008. 88 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

LIMA, E. V. **Calagem superficial em diferentes coberturas vegetais do solo na implantação do sistema de semeadura direta e resposta da soja cultivada em safrinha**. 2001. 126 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

LOPES, A. S. **Solos sob “Cerrado”**: características, propriedades e manejo. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1983. 162 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas-princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E. Diagnose foliar. *In: MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas*. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2006. p. 568-605.

MORTATE, R. K.; NASCIMENTO, E. F.; GONÇALVES, E. G. S.; LIMA, M. W. P. Resposta do milho (*Zea mays* L.) à adubação foliar e via solo de nitrogênio. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 5, n. 1, p. 1-6, 2018.

MURAISHI, C. T.; LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; GOMES JUNIOR, F. G. Manejo de espécies vegetais de cobertura de solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, 27, n.2, p.199-207, 2005.

MUZILLI, O. O plantio direto como alternativa no manejo e conservação do solo. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Curso básico para instrutores em manejo e conservação do solo**. Londrina: IAPAR, 1991. 20 p.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E. L. Nutrição e adubação. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ. **O milho no Paraná**. Londrina, 1982. p. 88-104. (Circular,29).

NAKAO, A. H.; de PASSOS, M.; SOUZA, F. H.; da CRUZ, S. S.; MONTANARI, R. Rotação e sucessão de culturas como práticas de conservação do solo no município de Jales, SP. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, DF, v. 32, n. 1/2, p. 152-166, 2016.

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.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; MOREIRA, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 358-364, 2008.

PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; CECON, P.R.; GUERRA, J.G.M.; FREITAS, G.B. Sunnhemp and millet as green manure for tropical maize production. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n.5, p.453-459, 2006.

PITOL, C. O milheto na integração agricultura-pecuária. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 76, p. 8-9, 1996.

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

RAIJ, B van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 31 p. (Boletim Técnico, 81).

RESCK, D. V. S. Plantio direto: desafios para os cerrados: In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2, 1998, Caxambú. **Resumos** [...] Caxambú UFLA/SBCS/SBM, 1998. p. 32-33.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E.C.; GATIBONI, L.C. Alterações de atributos do solo pela calagem, superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 4, p. 797-805, 2000.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 355-362, 2003.

SÁ, J.C.M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1993. 96p.

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema de plantio direto: In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2, 1998, Caxambu. **Resumos** [...] Caxambu: UFLA/SBCS/SBM, 1998. p. 32.

SANTOS, H.G. *et al.* (ed.) **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306 p.

SANTOS, F. C.; RESENDE, A. V. **A importância da calagem para a agropecuária**. Porto Alegre, 2009.

SANTOS, H. P.; LHAMBY, J. C. B.; WOBETO, C. Efeito de culturas de inverno em plantio direto sobre a soja cultivada em rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 3, p. 289-295, 1998.

SILVA, E.C.; BUZETTI, S.; LAZARINI, E. Aspectos econômicos da adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, v. 4, n. 3, p. 286-297, 2005.

SILVA, M. R.; PELISSARI, A.; MORAES, A. D.; SANDINI, I. E.; CASSOL, L. C.; ASSMANN, T. S.; OLIVEIRA, E. B. Acumulação de nutrientes e produção forrageira de aveia e azevém em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 38, n. 3, p. 346-356, 2015.

SORATTO, R. P. **Aplicação superficial de calcário e gesso na implantação do sistema de plantio direto em região de inverno seco**. 2005. 177 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu, 2005.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso gesso de agrícola em solos do cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 19 p. (Circular Técnica, 32)

SUBEDI, K. D.; MA, B. L. Assessment of some major yield-limiting factors on maize production in a humid temperate environment. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 110, n. 1, p. 21-26, 2009.

SUMNER, M.E.; FARINA, P.M.W.; HORST, V.J. Magnesium fixation: a possible cause of negative yield responses to lime applications. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 9, p.995-1007, 1978.

VILAS BOAS, A. A.; GARCIA, D. F. B. Plantio direto nas culturas de milho e soja no município do Chapadão do Céu-GO e os impactos para o meio ambiente. In: XLV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, XLV CONGRESSO DA SOBER "CONHECIMENTOS PARA AGRICULTURA DO FUTURO" – SOBER., 2007, Londrina. **Anais** [...] Londrina: SOBER, 2007. 1-21 p.

VITTI, G.C. et al. **Manejo do nitrogênio em diversos sistemas de produção**. Piracicaba: SERRANA, 1999. 36p.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O. F. L.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (ed.) **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 59-168.