

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
Faculdade de Engenharia – Campus de Ilha Solteira
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia

**VINTE ANOS DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO: COMPORTAMENTO DA SOJA
EM FUNÇÃO DA CALAGEM, GESSAGEM, CULTURAS DE COBERTURA E
ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Orientador: Prof. Dr. Edson Lazarini

Orientado: Hugo Garcia Bozada

Ilha Solteira – SP

Janeiro de 2023

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
Faculdade de Engenharia – Campus de Ilha Solteira
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia

**VINTE ANOS DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO: COMPORTAMENTO DA
SOJA EM FUNÇÃO DA CALAGEM, GESSAGEM, CULTURAS DE COBERTURA E
ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Autor: Hugo Garcia Bozada

Orientador: Prof. Dr. Edson Lazarini

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Engenharia de
Ilha Solteira - UNESP, como parte dos
requisitos para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.**

Ilha Solteira – SP

Setembro de 2022

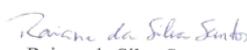
FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

B793v Bozada, Hugo Garcia.
Vinte anos de plantio direto no cerrado: comportamento da soja em função da calagem, gessagem, culturas de cobertura e adubação nitrogenada / Hugo Garcia Bozada. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022
37 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2022

Orientador: Edson Lazarini

Inclui bibliografia


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

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: "VINTE ANOS DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO:
COMPORTAMENTO DA SOJA EM FUNÇÃO DA CALAGEM, GESSAGEM,
CULTURAS DE COBERTURA E ADUBAÇÃO NITROGENADA RESIDUAL".

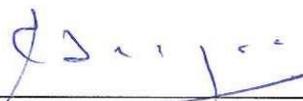
ALUNO: HUGO GARCIA BOZADA

ORIENTADOR: PROF. DR. EDSON LAZARINI

Aprovado (x) - Reprovado () pela Comissão Examinadora.

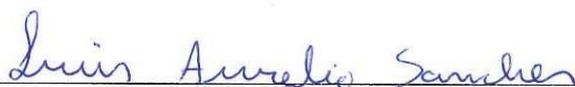
Nota = 9.0

Comissão Examinadora:



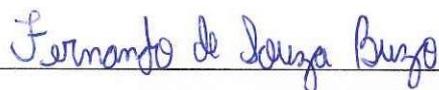
PROF. DR. EDSON LAZARINI

(ORIENTADOR)



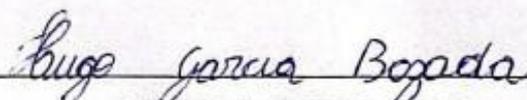
LUÍS AURÉLIO SANCHES

(MESTRANDO EM AGRONOMIA)



FERNANDO DE SOUZA BUZO

(MESTRANDO EM AGRONOMIA)



HUGO GARCIA BOZADA

ALUNO

Ilha Solteira (SP) 21 de dezembro de 2022.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, o qual através de fé me ajudou com esperança e resiliência para que fosse possível trilhar esse caminho até aqui.

Posteriormente a minha mãe, Erica Diane Garcia da Silva, uma mulher guerreira que é um espelho para mim, meu maior exemplo e a principal responsável pela minha trajetória, tanto dentro quanto fora da Universidade, me dando apoio, força, incentivo, conselhos, broncas e elogios, contribuindo imensamente para as minhas conquistas e vitórias. Também agradeço ao meu irmão, Gustavo Garcia Bozada, por ser a pessoa descontraída, sorridente e divertida que me vê como exemplo e sempre me impulsionou a ser uma pessoa melhor.

Ao meu melhor amigo, Gabriel Friozi Silva, por me auxiliar nos períodos difíceis, sendo uma pessoa de confiança a qual compartilhava meus medos, inseguranças, e problemas, além de estar comigo e ser responsável por muitos dos meus momentos mais felizes.

Também agradeço aos meus padrinhos, Eliana Menossi da Silva Floriano e Edílio Floriano por serem como pais para mim durante toda a minha vida, pessoas em quem eu confio e que sempre me aconselharam e apoiaram em todas as situações. Eles foram primordiais durante a minha trajetória, além de grandes responsáveis por eu estar onde estou hoje, assim como minhas primas, Gabriela Menossi da Silva Floriano e Emanuelli Floriano, que sempre estiveram dispostas a me ajudar, e compartilhar de todos meus momentos mais felizes, inclusive a minha ingresso na Universidade.

Ao Prof. Dr. Edson Lazarini pela orientação na graduação, por todo o conhecimento compartilhado e pelas oportunidades adquiridas e que ainda estão por vir.

A toda equipe Edson, amigos com quem compartilhei responsabilidades que me fizeram crescer em momentos que fortaleceram nossas amizades: Fabiana Lopes, Izabela Sanches, Eduardo Félix, Bruna Miguel, Hugo Henrique, Lucas Fenelon, Felipe Lacerda, Lucas Todesco, Natan Arruda e Vitor Martins.

À família Zona Rural, que me acolheu quando eu mais precisei, tanto dentro quando fora da Faculdade, compartilhando momentos bons e ruins e se tornando amigos para a vida toda.

A todos meus amigos de Jales – SP, que desde criança estão comigo, ajudando a moldar e consolidar meu caráter e compartilhando das minhas vitórias.

RESUMO

No Sistema Plantio Direto (SPD), a calagem apresenta uma dinâmica diferente dos preparos convencionais. O sistema preconiza o não revolvimento do solo, presença de palha na superfície e rotação de culturas. Diante deste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar em uma área com vinte no SPD, a influência dos diferentes modos de aplicação e doses de calcário, gesso, culturas de cobertura no comportamento da soja e no estado nutricional das plantas de cobertura. Na safra 2000/01, após preparo convencional do solo, foi semeada a cultura da soja. Um experimento de longa duração foi iniciado no ano agrícola 2000/01 com a implantação do SPD através da instalação dos tratamentos com modos e épocas de aplicação de calcário e culturas de cobertura na entressafra, tendo a soja, como a cultura principal, cultivada no período de primavera/verão. Os tratamentos compreendiam: T1 - aplicação total da dose recomendada (1,59 t ha⁻¹) em outubro de 2001 e sua incorporação a 0 – 0,20 m; T2 - aplicação total da dose recomendada em outubro de 2001, em superfície; T3 - aplicação de 1/2 da dose recomendada em outubro de 2001 e 1/2 em agosto de 2002, todas em superfície; T4 - aplicação de 1/3 da dose recomendada em março de 2001, 1/3 em outubro de 2001 e 1/3 em agosto 2002, todas em superfície; T5 - testemunha (sem aplicação de calcário). Nos anos agrícolas 2001/02 e 2002/03, a soja foi novamente cultivada na área, sempre no período de primavera/verão, utilizando-se o sistema de semeadura direta. As culturas de cobertura utilizadas foram, em junho de 2001, milho e sorgo, em outubro de 2001, milheto em área total e, em setembro de 2002, capim pé-de-galinha (*Eleusine coracana*) e sorgo. A partir da safra 2003/04, as culturas de cobertura foram sempre o milheto e a *C. juncea*, semeadas no período de primavera. A cada 3 anos alterna-se a cultura de soja por milho e vice-versa, como culturas produtoras de grãos. Quando do cultivo do milho, também tem-se avaliado a aplicação de 0, 90 e 180 kg de N ha⁻¹ anualmente. Durante o período de 2000/01 a 2020, os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, receberam respectivamente 6,92, 11,44, 7,73, 10,63 e 0,81 t há⁻¹ de calcário, sendo que, os T3 e T4, receberam adicionalmente 1,7 t há⁻¹ de gesso, em fevereiro/2017. As avaliações realizadas no ano agrícola 2020/21 foram: atributos químicos do solo amostrado a 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, produção de massa seca e retorno de nutrientes nas culturas de cobertura e características agronômicas e produtividade de grãos da soja.

Palavras chaves: SPD; Calcário; Produtividade.

ABSTRACT

In the No-Tillage System (SPD), liming presents a dynamic different from conventional tillage. The system advocates non-revolution of the soil, presence of straw on the surface and crop rotation. Given this context, this study aimed to evaluate, in an area of twenty in the NT, the influence of different application modes and doses of limestone, gypsum, cover crops on soybean behavior and the nutritional status of cover crops. In the 2000/01 harvest, after conventional soil preparation, the soybean crop was sown.

A long-term experiment was started in the 2000/01 crop year with the implementation of the SPD through the installation of treatments with modes and times of lime application and cover crops in the off-season, with soybean as the main crop, cultivated in the period of spring/summer.

The treatments included: T1 - total application of the recommended dose (1.59 t ha⁻¹) in October 2001 and its incorporation at 0 – 0.20 m; T2 - total application of the dose recommended in October 2001, on the surface; T3 - application of 1/2 of the recommended dose in October 2001 and 1/2 in August 2002, all on the surface; T4 - application of 1/3 of the recommended dose in March 2001, 1/3 in October 2001 and 1/3 in August 2002, all on the surface; T5 - control (without lime application). In the 2001/02 and 2002/03 crop years, soybeans were again cultivated in the area, always in the spring/summer period, using the direct sowing system. The cover crops used were, in June 2001, corn and sorghum, in October 2001, millet in total area and, in September 2002, chicken foot grass (*Eleusine coracana*) and sorghum. From the 2003/04 crop onwards, the cover crops were always millet and *C. juncea*, sown in the spring period. Every 3 years, soybeans are alternated with corn and vice versa, as grain-producing crops. When growing corn, the application of 0, 90 and 180 kg of N ha⁻¹ annually has also been evaluated. During the period from 2000/01 to 2020, treatments T1, T2, T3, T4 and T5 received respectively 6.92, 11.44, 7.73, 10.63 and 0.81 t ha⁻¹ of limestone, T3 and T4 received an additional 1.7 t ha⁻¹ of gypsum in February/2017. The evaluations carried out in the 2020/21 crop year were: chemical attributes of the soil sampled at 0-0.10, 0.10-0.20 and 0.20-0.40 m, dry mass production and nutrient return in cover crops and agronomic characteristics and soybean grain yield.

Keywords: SPD; Limestone; Productivity.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados da análise química da amostra de solo da área experimental ¹ . Selvíria-MS, 2000.....	14
Tabela 2. Valores de F e médias de massa da matéria seca (MSPC) e teor de nitrogênio nas plantas de cobertura em função de doses de calcário e gesso e residual de doses de N. Selvíria – MS, 2020/2021.....	19
Tabela 3. Valores de F e médias dos teores de P, K, Ca, Mg e S na matéria seca das culturas de cobertura, doses de calcário e gesso e residual de doses de N. Selvíria – MS, 2020/21.....	21
Tabela 4. Valores de F e médias dos teores de Cu, Fe, Mn e Zn na matéria seca das culturas de cobertura em função de doses de calcário e gesso e residual de doses de N. Selvíria – MS, 2020/21.....	24
Tabela 5. Desdobramento da interação doses de calcário e gesso x residual de doses N significativa para teores de cobre (mg kg^{-1}) na matéria seca das culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2020/21.....	25
Tabela 6. Desdobramento da interação cultura de cobertura x residual de doses de N significativa para teores de ferro (mg kg^{-1}) na matéria seca das culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2020/21.....	25
Tabela 7. Desdobramento da interação doses de calcário e gesso x residual de doses N significativa para teores de ferro (mg kg^{-1}) na matéria seca das culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2020/21.....	26
Tabela 8. Desdobramento da interação cultura de cobertura x dose de calcário e gesso significativa para teores de manganês (mg kg^{-1}) na matéria seca das culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2018/19.....	26
Tabela 9. Valores de F e médias de população de plantas, altura de planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos na cultura da soja em função de plantas de cobertura, doses de calcário e gesso e residual de doses de N. Selvíria – MS, 2020/2021.....	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados diários de precipitação (mm), temperaturas médias, máximas e mínimas (°C) referentes à instalação e condução do experimento de abril de 2020 a março de 2021 com intervalo de 3 em 3 meses Selvíria – MS, 2018/19.....	16
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2.1 Sistema Plantio Direto.....	9
2.2 Calagem e Gessagem no Sistema Plantio Direto	10
2.3 Culturas de Cobertura	11
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4. CONCLUSÕES	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1. INTRODUÇÃO

O cerrado abrange cerca de 24% do território brasileiro. Essa região apresenta algumas condições adversas, principalmente pelo clima e pela baixa fertilidade dos solos, dos quais pode-se destacar a elevada acidez, saturação por alumínio, baixa saturação por bases e teores inadequados de boro, fósforo e zinco. As regiões desse bioma são definidas como de clima tropical sazonal, apresentando estação seca no inverno, com temperaturas amenas e chuvosa no verão, com altas temperaturas e propensas a curtos períodos de seca denominados de veranicos, o qual é responsável por proporcionar diversos problemas para os sistemas de cultivo (COUTINHO, 2002). Apesar de todas as limitações agronômicas inseridas nesse bioma, atualmente, ele apresenta um imenso potencial para alimentar o mundo, devido à sua capacidade de abrigar e desenvolver a agricultura moderna (FILHO, A. C. & COSTA, K., 2016).

Com intuito de amenizar os efeitos deste sobre as culturas de verão, tem-se utilizado alternativas de manutenção de palha sobre o solo durante o ano todo, propiciando condições de aumento de matéria orgânica e manutenção de umidade do solo por maiores períodos de tempo (RIBEIRO *et al.*, 2018). Uma das alternativas para aumentar o incremento de palha nos sistemas é a utilização de consórcios ou culturas de cobertura no período de outono/inverno ou primavera.

De acordo com Alves *et al.* (1995), para as condições de solos tropicais e na maioria pobres, como os encontrados na região do cerrado, um manejo dos resíduos vegetais mais adequado é fundamental, visto que o clima favorece a rápida decomposição dos mesmos existentes sobre o solo, devendo-se, portanto, atentar para a quantidade e durabilidade produzida pelas espécies antecessoras à cultura principal. Costa *et al.* (2016), evidencia que o sucesso do Sistema Plantio Direto (SPD) está relacionado diretamente com as alterações na dinâmica de decomposição dos resíduos vegetais, que por sua vez, pode ser obtida a partir da produção das culturas, dos resíduos de colheita, da parte aérea das culturas em desenvolvimento e das plantas de cobertura do solo (CARVALHO *et al.*, 2015; KLIEMANN *et al.*, 2006).

Nesse contexto Torres e Pereira (2013), dizem que a agricultura no cerrado foi possibilitada pela inserção do sistema de semeadura direta (SSD), ocasionando seu aprimoramento e expansão para novas áreas. O sucesso propiciado pela inovação fez com que o aumento anual fosse significativo, e de acordo com previsões feitas pelo MAPA (2012), em 2020 o Brasil atingiria 33 milhões de hectares em áreas cultivadas com SSD. Esse sistema é fundamentado em três requisitos mínimos, revolvimento do solo feito somente na linha de plantio, rotação de

culturas e cobertura permanente do solo; assim, corroboram para a redução da erosão e lixiviação de água e nutrientes, aumentam a fertilidade a partir do incremento de matéria orgânica, controlam plantas invasoras, minimizam a incidência de pragas e doenças e contribuem para o custo e estabilidade de produção (BERNARDI *et al.*, 2003). Ademais, tal sistema demonstra que influencia positivamente o sequestro de carbono, consequentemente a sobrevivência e ação de bactérias no solo, estando intimamente ligada à nodulação de plantas e a fixação biológica de nitrogênio (FBN) (DENARDIN, 2012).

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 a partir da decomposição da palhada gerada pelas culturas de cobertura, acarretando melhoria nas condições químicas e físicas do solo, reduzindo os prejuízos causados pelo uso intenso da agricultura e garantindo um eficiente controle de erosão (NOGUEIRA *et al.*, 2016).

No SPD, a calagem apresenta uma dinâmica diferente dos preparos convencionais, ou seja, há a necessidade da aplicação superficial dos corretivos, sem que haja incorporação ao solo, mecanicamente (CAIRES *et al.*, 1999). Neste sistema, a atividade do calcário se dá nas camadas mais superficiais e de maneira lenta, porém, deve-se ressaltar que a velocidade de reação do corretivo com o solo depende de fatores como dose utilizada, granulometria, precipitação pluvial e/ou irrigação, manejo da adubação, rotação de culturas, aporte de matéria orgânica do solo, características físicas e poder tampão do solo (MIRANDA *et al.*, 2005). Dessa maneira, a eficiência da calagem superficial pode ser diferente em cada região e sistemas produtivos.

No SPD, tem-se realizado em muitas situações, a aplicação simultânea de gesso agrícola e calcário, à aplicação do gesso em associação com a calagem tem sido feita, pois este irá disponibilizar cálcio (Ca^{2+}) e enxofre (SO_4^{2-}) que, após ser lixiviado, irá enriquecer as camadas subsuperficiais, além de reduzir a saturação por alumínio (Al^{3+}) em profundidade (CAIRES *et al.*, 2008).

Dentro de um sistema com rotação de culturas, o uso de fertilizantes nitrogenados, dependendo da cultura, é essencial. Dependendo da fonte, pode haver levar a acidificação do solo, sendo o sulfato de amônio, a fonte considerada de maior capacidade (ABREU, 2011).

Levando em consideração todas as informações apresentadas, o presente trabalho teve por objetivo avaliar em uma área com vinte anos no SPD, a influência dos diferentes modos,

épocas, aplicação e doses de calcário e gesso, culturas de cobertura e doses de nitrogênio no comportamento da soja e no estado nutricional das plantas de cobertura.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema Plantio Direto

O sistema semeadura direta (SPD) pode ser considerada como a maior inovação tecnológica da agricultura do fim do milênio (ALVARENGA *et al.*, 2001). Teve início na região sul do Brasil em 1992 pelo pioneirismo do produtor Herbert Bartz, sendo que até esse momento não havia um milhão de hectares no Brasil (JÚNIOR; ARAÚJO, 2009), 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). Para evidenciar o crescimento, de acordo com Carvalho (2014), o plantio direto no Brasil representava, aproximadamente, 18 milhões de hectares, sendo 28% (5 milhões de hectares), localizado no cerrado, enquanto dados atualizados evidenciam que em 2017 as áreas se expandiram, alcançando cerca de 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).

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).

Na tentativa de promover o melhor ambiente para as plantas e pensando no incremento de palha, a rotatividade de culturas através da adição regular de plantas de cobertura no período de outono/inverno contribui para a conservação do solo e da água, promovendo, a melhoria da estrutura que favorece a aeração e a infiltração da água no solo, possibilitando maior penetração do sistema radicular além de proporcionar o aumento da retenção de água e maior proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva (CARVALHO *et al.*, 2004).

É comum o uso do SPD como forma de manejar solos com baixa fertilidade e frequência de fenômenos como o veranico. De acordo Resck (1998), tal sistema é utilizado com o intuito

de diminuir os impactos do ecossistema e mantêm ou aumenta a produtividade das culturas, mas ainda são necessários mais estudos para a obtenção de melhores resultados e a sustentação desse sistema de produção.

2.2 Calagem e Gessagem no Sistema Plantio Direto

O cerrado apresenta rápida mineralização de matéria orgânica devido a elevada temperatura e umidade (CARVALHO *et al.*, 2004), e seus solos 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 calagem é uma pratica importante a fim de corrigir os atributos do solo que são afetados pela implantação das culturas. As alterações são mais expressivas na camada superficial, já que sofrerem mais com o processo de acidificação e compactação, além da contribuição para tal processo os resíduos da adubação e a decomposição da matéria orgânica (SILVA, 2020). A calagem é uma prática usual para corrigir as camadas acidificadas, favorecendo, desta forma, 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 do nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, molibdênio, e ademais que unidos contribuem para o incremento de produtividade.

Visto que o calcário possui reação restrita a uma pequena área em torno do local de aplicação, com pouca ou quase nenhuma movimentação no solo (CAIRES *et al.*, 2000), devido à sua baixa mobilidade no solo e solubilidade, é necessário, a realização antecipada da aplicação de calcário, de maneira uniforme e profunda (SILVA *et al.*, 2015). Sua eficácia aumenta em decorrer à incorporação ou com a lixiviação de carbonatos através do perfil do solo, proporcionando melhores condições dos atributos físicos e químicos, resultando em melhores produtividades (BLUM *et al.*, 2013). Da mesma forma que a eficácia é de certa forma localizada, a ausência de revolvimento do solo, um dos princípios do SPD, acaba por melhorar a dinâmica do corretivo, no qual permanece os resíduos vegetais na superfície, reduzindo a taxa de decomposição dos ligantes orgânicos por microrganismos (LIMA, 2001), onde juntamente com a disponibilidade de água, os complexos orgânicos são solubilizados e podem ser lixiviados (CAIRES, 2000).

Dessa forma, a fim de se atingir as camadas subsuperficiais, a utilização do gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) juntamente com o calcário se tornou uma alternativa viável, já que disponibiliza cálcio (Ca^{2+}) e enxofre (SO_4^{2-}) em solução e ao ser lixiviado, enriquece de nutrientes as camadas subsuperficiais e reduz a saturação por alumínio (Al^{3+}) em profundidade (CAIRES *et al.*, 2008), além de aumentar o desenvolvimento do sistema radicular em profundidade (ALCARDE *et al.*, 2003). Tal combinação pode compensar o efeito reduzido de ação pontual do calcário, onde o gesso atua nas camadas subsuperficiais, substituindo a necessidade de incorporação prévia ou revolvimento (CAIRES *et al.*, 2003).

Portanto, a identificação de alternativas que possibilitem a melhoria dos atributos físicos do solo em profundidade no sistema de plantio direto, partindo da calagem e gessagem, podem viabilizar a permanência, a expansão e o sucesso destes sistemas na agricultura desenvolvida nos solos do Cerrado (NOGUEIRA *et al.*, 2016).

2.3 Culturas de Cobertura

Dentro do SPD as plantas de cobertura constituem um importante papel, contribuindo para o aumento da sustentabilidade dos sistemas agrícolas, podendo restituir quantidades expressivas de nutrientes aos cultivos, já que essas são capazes de absorverem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e realizar a posterior liberação superficial através da decomposição dos seus resíduos (BOER *et al.*, 2007). No entanto, um dos maiores desafios é a manutenção da palhada até o final do ciclo da principal cultura, principalmente em solos pobres como os encontrados na região de cerrado, que por conta da temperatura elevada apresentam acelerada decomposição do material sobre o solo (CARVALHO, 2014), portanto é preciso que a cultura de cobertura possua algumas características como: rápido crescimento e 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.

As opções de culturas de cobertura para serem incluídas em sistemas de rotação com culturas comerciais são bastante amplas, devendo-se, portanto, conhecer com profundidade todos os detalhes referentes à espécie a ser utilizada, assim como ao local de cultivo, antes de sua implantação (SOUZA, 2014). Um dos pontos a serem considerados a fim de estabelecer a

quantidade e qualidade da palha é sistema de rotação adotado, juntamente com as plantas a serem escolhidas e o manejo utilizado, selecionando as espécies mais adaptadas ao local de plantio, sendo possível entregar o maior potencial produtivo em conjunto com a rapidez que as mesmas se estabelecem e a capacidade de produzirem fitomassa (FERNANDES, 2019). Carvalho (2002), evidencia que o milho e a crotalária são as culturas que mais expressam potencial produtivo e contribuem para o SPD em solos de cerrado.

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 milho (*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). A preferência pelo cultivo de gramíneas como cultura de cobertura no primeiro ano é imprescindível, pois a alta relação C/N acelera a formação da camada de palha. Em decorrência a esse fato, deve-se atentar à adubação nitrogenada, pois ocorrerá maior imobilização deste nutriente pelos microrganismos do solo (ALVARENGA *et al.*, 2001).

De acordo com Pitol (1996) a cultura do milho tem oferecido destaque na sua utilização como cobertura no SSD, caracterizando-se por respostas satisfatórias em solos corrigidos e adubados, além de nessas condições também elevar a massa de grãos, produtividade da cultura da soja (MARCANDALLI, *et al.*, 2008), e produzir maiores quantidades de matéria seca (TORRES *et al.*, 2008). Devido às suas raízes vigorosas e abundantes, a cultura do milho permite a utilização de nutrientes, sendo muito importante na ciclagem de nutrientes, que se encontram abaixo da camada arável (BONAMIGO, 2003), e possibilitam em condições de cerrado, e cultivo de primavera, alta capacidade de produção de massa seca, superiores a 7,0 t ha⁻¹, como obtido por Guimarães (2000), em Selvíria-MS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de longa duração está sendo desenvolvido em área experimental inserida no bioma cerrado, 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). A região, considerada cerrado de baixa altitude e possui clima classificado como tipo Aw, ou seja, definido como tropical úmido com estação chuvosa e quente no verão, com possibilidades de veranico e outono/inverno com temperaturas amenas e seco. A temperatura e precipitação média anual é de 24,5°C e 1.370 mm respectivamente, além de umidade relativa do ar média anual de 64,8% (HERNANDEZ et al., 1995). O solo da área experimental de acordo com a nomenclatura atual é um Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (LVd) (EMBRAPA, 2013).

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

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

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

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.

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

Prof. m	P resina mg/dm ³	M.O. g/dm ³	pH CaCl ₂	K mmol _c /dm ³	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V %
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: Próprio autor.

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

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

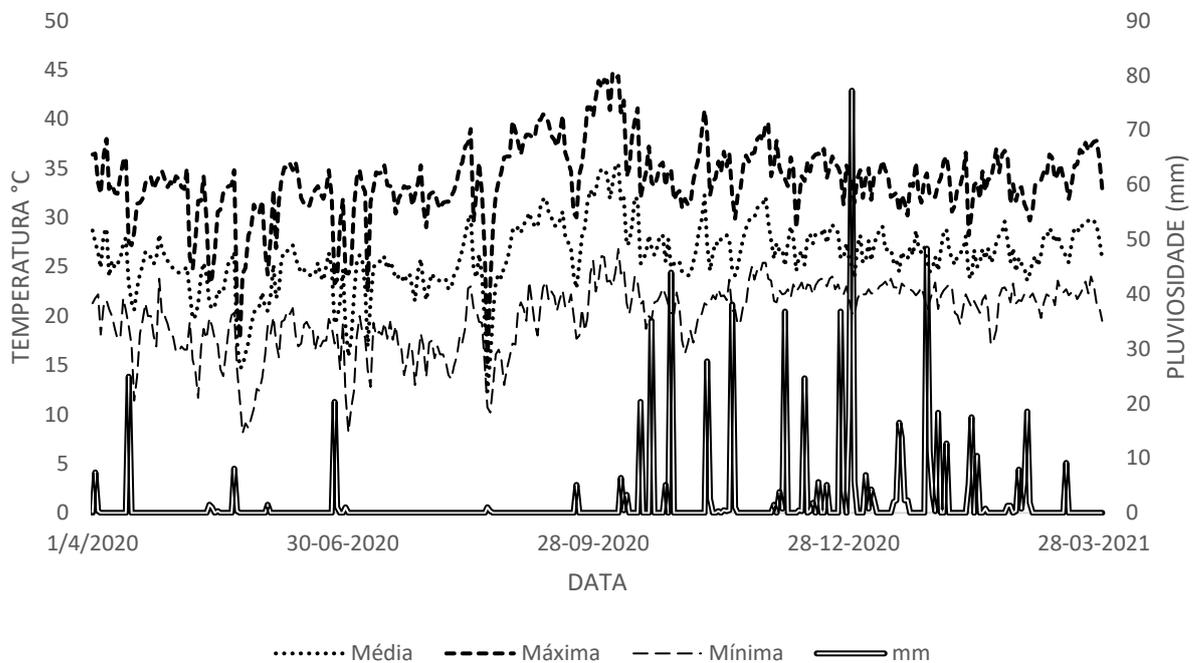
2007/08 e 2008/09. Nos anos agrícolas 2009/10, 2010/2011 e 2011/12 substituiu-se a soja pelo milho e manteve-se as culturas de cobertura de primavera, e aplicou-se anualmente, as mesmas doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho, utilizando-se desta vez, apenas o sulfato de amônio como fonte.

Nos anos agrícolas 2012/13, 2013/2014 e 2014/15 a cultura da soja substitui o milho, mantendo-se as culturas de cobertura, milheto e crotalária, sendo elas sempre semeadas em setembro/outubro. Na primeira semana de dezembro/2012 em função dos resultados da análise de solo, as doses de calcário determinadas e aplicadas foram: T1 e T3 – 2,26 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 2017/18, a cultura da soja foi substituída pelo milho, mantendo-se a semeadura das culturas de cobertura no início da primavera. Em 23/02/17 houve 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%.

Nesses três anos agrícolas, as doses de nitrogênio foram aplicadas superficialmente e ao lado das plantas, parcelada em 2 vezes (geralmente as plantas encontravam-se com 4 e 8 folhas em cada aplicação, respectivamente). A fonte de N utilizada nestes experimentos foi a uréia. Nos anos agrícolas 2018/19, 2019/20 e 2020/21, o milho foi substituído pela soja, mantendo-se as culturas de cobertura com semeadura na primavera. Em 20/10/2020, foi reaplicado calcário e gesso nas seguintes dosagens para T1, T2, T3, T4 e T5: 1,13; 2,26; 1,13; 2,26 e 0 t ha⁻¹, respectivamente. Os tratamentos T3 e T4 também receberam 1,7 t ha⁻¹ de gesso. Portanto, de 2001 a 2020, os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, receberam as seguintes quantidades de calcário, respectivamente: 8,05; 13,70; 8,86; 12,89 e 0,81 t ha⁻¹. Os Tratamentos T3 e T4, também receberam 3,4 t ha⁻¹ de gesso.

Figura 1. Dados diários de precipitação (mm), temperaturas médias, máximas e mínimas (°C) referentes à instalação e condução do experimento de abril de 2020 a março de 2021 com intervalo de 3 em 3 meses Selvíria – MS, 2020/21.



Fonte: Elaboração do próprio autor com dados coletados na estação meteorológica localizada em Ilha – Solteira (SP), obtidos a partir do site clima – feis.

Para a instalação e condução das culturas de cobertura e da soja, ano agrícola 2020/21, foram realizadas as seguintes atividades:

- 16/04/2020 – semeadura das culturas de cobertura (milheto variedade BRS 1501 e *Crotalaria juncea*); uso do espaçamento de 0,34 m entrelinhas e um gasto aproximado de 20 kg.ha⁻¹ de sementes, para ambas culturas.
- 15/07/2020 – amostragem das culturas de cobertura para avaliação da produção de massa seca. A crotalaria encontrava-se na fase de formação das vagens e o milheto no início do enchimento dos grãos.
- 20/08/2020 – manejo das culturas de cobertura com o uso de rolo faca.
- 29/10/2021: dessecação das plantas de cobertura e daninhas existentes na área – uso de glifosato (1440 g i.a.ha⁻¹) + cletodim (240 g i.a.ha⁻¹) + 2,4 D (670 g i.a.ha⁻¹). (equivalente ácido do 2,4, D) + óleo mineral.
- 20/10/2020 – aplicação do calcário e/ou gesso.
- 23/11/2020: semeadura da soja – variedade TMG 7063 IPRO, uso no sulco de semeadura de 300 kg ha⁻¹ da formulação 02 - 20 – 20, espaçamento de 0,45 m entrelinhas e regulagem para distribuição aproximada de 15,0 sementes por metro de sulco. As sementes foram tratadas com

o fungicida inseticida tiofanato metílico + piraclostrobina + fipronil (225,0 + 25,0 + 250,0 g.L⁻¹ do i.a., respectivamente), utilizando-se 2,0 mL.kg⁻¹ de semente do produto comercial e inoculadas com inoculante a base de *Bradyrhizobium japonicum*, na dose recomendada pelo fabricante.

- 24/11/2021: aplicação dos herbicidas glifosato (1440 g i.a.ha⁻¹) + haloxafope - p – metílico (96,0 g i.a.ha⁻¹).

- 25/11/2020 – aplicação dos herbicida paraquat (400 g i.a.ha⁻¹)

- 01/12/2021: germinação da soja.

- 16/12/2021: aplicação dos herbicidas glifosato (1080 g i.a.ha⁻¹) + clorimuron etílico (7,5 g i.a.ha⁻¹)

- 09/01/2021 – aplicação de fungicidas (fluxapirroxade (50,0 g i.a.ha⁻¹) + oxiclureto de cobre (420,0 g i.a.ha⁻¹)) + inseticidas (metomil (215 g i.a.ha⁻¹) + triflumurom (38,4 g i.a.ha⁻¹)).

- 01/02/2021 – aplicação de fungicidas (fluxapirroxade (50,0 g i.a.ha⁻¹) + oxiclureto de cobre (420,0 g i.a.ha⁻¹)) + inseticidas (tiametoxan (28,2 g i.a.ha⁻¹) + lambda-cialotrina (21,2 g i.a.ha⁻¹)).

- 16/02/2021 – aplicação de fungicidas (trifloxistrobina (90,0 g i.a.ha⁻¹) + protioconazol (111,0 g i.a.ha⁻¹)) + mancozebe (1600,0 g i.a.ha⁻¹) + inseticidas (tiametoxan (28,2 g i.a.ha⁻¹) + lambda-cialotrina (21,2 g i.a.ha⁻¹)) + clorpirifós (134,0 g i.a.ha⁻¹) + (acetamiprido (60 g i.a.ha⁻¹) + piriproxifen (30,0 g i.a.ha⁻¹)).

- 11/03/2021 – colheita (amostragem para determinação da produtividade de grãos e massa de 100 grãos e amostragem de plantas para avaliações das características agrônômicas) e determinação da população de plantas.

Portanto, as avaliações realizadas no experimento foram:

Produção de massa seca das culturas de cobertura: em cada parcela, foi coletado a parte aérea, com corte rente ao solo, das plantas em 1,0 m de linha. O material obtido foi levado ao laboratório e colocado para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante. Em seguida, as amostras foram pesadas e uma pequena amostra foi tomada para moagem em moinho tipo Wiley, para a determinação dos nutrientes no material amostrado. Os resultados das pesagens foram transformados em massa da matéria seca produzida por hectare.

Determinação dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn na massa da matéria seca das culturas de cobertura: nas amostras moídas do material coletado em cada parcela, foi determinado o teor dos nutrientes segundo metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

População de plantas por hectare: com o auxílio de uma régua, foi realizada a contagem, no momento da colheita, das plantas existentes em 3,0 m em uma das linhas da área útil da parcela. Os dados obtidos foram utilizados para o cálculo da população de plantas.ha⁻¹.

Altura de planta e número de vagens por planta: no dia da colheita de plantas para a avaliação da produtividade de grãos, também coletou-se em uma das linhas da área útil da parcela, cinco plantas seguidas. Após identificação, essas plantas foram levadas para o laboratório e com o auxílio de uma trena, mediu-se a distância entre o colo da planta e a extremidade da haste principal de todas as plantas. Nessas plantas, após a avaliação da altura, destacou-se as vagens de todas as plantas e em seguida contou-se as vagens obtidas. Para a análise estatística, utilizou-se a média obtida em cada parcela, considerando 5 plantas avaliadas.

Produtividade de grãos: foram coletadas as plantas contidas em 2 linhas com 3 m de comprimento na área central da parcela. Após secagem ao sol, foram trilhadas mecanicamente e os grãos obtidos, pesados e em seguida, determinou-se a umidade dos grãos com o auxílio de um aparelho digital, para cálculo da produtividade de grãos em kg.ha⁻¹ (13% de base úmida).

Massa de 100 grãos: no mesmo dia, em laboratório, nos grãos obtidos para a avaliação da produtividade, retirou-se uma amostra de 100 grãos. Em seguida, foram pesados em balança de precisão para a determinação da massa, corrigindo os valores para 13% de umidade (base úmida).

Os dados foram submetidos à análise de variância individual ANOVA pelo teste F ($p \leq 0,05$), e quando houve diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), para todos os fatores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos foi possível observar que o milho foi responsável pela maior produção de matéria seca (Tabela 2), isso se deve ao fato de sua adaptabilidade aos solos ácidos e de baixa fertilidade, devido a sua capacidade de extração de nutrientes, ao lado de seu sistema radicular profundo e abundante, se tornando uma ótima opção como cultura de inverno para formação de palhada no sistema de plantio direto, além de ser uma gramínea C4, contribuindo geneticamente a todos os pontos citados (EMBRAPA, 2016).

Tabela 2. Valores de F e médias de massa da matéria seca (MSPC) e teor de nitrogênio nas plantas de cobertura em função de doses de calcário e gesso e residual de doses de N. Selvíria – MS, 2020/2021.

Tratamentos	MSPC	Teor de nitrogênio
Plantas de Cobertura (PC)		
Crotalária	3979 b	25,4 a
Milho	5536 a	16,4 b
DMS _{cobertura}	734	1,0
Manejo de Correção (t.ha) (C)		
T1 – 8,05 t.ha ⁻¹	5401	21,5
T2 – 13,7 t.ha ⁻¹ + 3,4 t.ha ⁻¹	4548	20,9
T3 - 8,86 t.ha ⁻¹	5093	20,0
T4 – 12,89 t.ha ⁻¹ + 3,4 t.ha ⁻¹	4741	20,7
T5 – 0,81 t.ha ⁻¹	4004	21,4
DMS _{calcário}	1633,1	2,3
Nitrogênio kg ha⁻¹ (N)		
0	4774	20,3 b
90	4746	20,4 b
180	4752	22,0 a
DMS _{nitrogênio}	1081	1,52
Teste F		
PC	17,98*	303,30**
C	1,68 ^{ns}	1,12 ^{ns}
N	0,002 ^{ns}	4,14**
PC x C	1,21 ^{ns}	1,29 ^{ns}
PC x N	0,014 ^{ns}	1,01 ^{ns}
C x N	0,95 ^{ns}	1,36 ^{ns}
PC x C x N	0,99 ^{ns}	0,87 ^{ns}
Média	4757	20,9

*, **, respectivamente significativo a 5% pelo teste F ($p \leq 0,05$), significativo a 1% pelo teste F ($p \leq 0,01$) e não significativo. Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Próprio autor (2021).

Com relação a variável do teor de nitrogênio nas plantas de cobertura, o fator culturas de cobertura apresentou significância, no qual a crotalária apresentou a maior média. Esse resultado pode estar relacionado ao fato da leguminosa ser um adubo verde, é capaz de se

relacionar com as bactérias *Rhizobium*, aproveitando o nitrogênio fixado pelos microrganismos suprimindo boa parte da sua necessidade de nitrogênio. Também é possível notar que os teores aumentam devido aos residuais das maiores doses de N, corroborando com Mota *et al.*, (2015), evidenciando o aumento em decorrência do incremento na quantidade do nutriente aplicado em cultivos antecedentes.

Continuando as avaliações nutricionais das plantas de cobertura é possível notar na Tabela 3, que para a variável P somente o fator isolado Plantas de Cobertura (PC) apresentou diferença significativa, no qual a crotalária foi responsável pela maior média, evidenciando uma maior capacidade de ciclagem desse nutriente, sendo seu cultivo uma alternativa viável para regiões com baixo teor de fósforo, onde haveria efeito compensativo devido ao retorno de P contido em sua massa seca. Uma explicação para essa disparidade pode estar relacionado a raízes profundas e a possíveis colonizações radiculares por fungos micorrízicos arbusculares nativos, de ocorrência natural (SILVA *et al.*, 2014).

Tabela 3. Valores de F e médias dos teores de P, K, Ca, Mg e S na matéria seca das culturas de cobertura, doses de calcário e gesso e residual de doses de N. Selvíria – MS, 2020/21.

Tratamentos	P	K	Ca	Mg	S
	----- (g.kg ⁻¹) -----				
Plantas de Cobertura (PC)					
Crotalária	2,07 a	20,82 b	5,42 a	6,83 b	3,04
Milheto	1,07 b	26,08 a	4,58 b	7,37 a	3,15
DMS _{cobertura}	0,28	2,99	0,42	0,14	0,2
Manejo de Correção (t.ha ⁻¹) (C)					
T1 – 8,05 t.ha ⁻¹	1,95	24,69	5,18	7,17 a	3,21
T2 – 13,7 t.ha ⁻¹ + 3,4 t.ha ⁻¹	1,49	23,15	5,00	7,18 a	3,04
T3 – 8,86 t.ha ⁻¹	1,38	22,26	5,05	7,04 a	3,05
T4 – 12,89 t.ha ⁻¹ + 3,4 t.ha ⁻¹	1,57	23,15	5,06	7,18 a	2,99
T5 – 0,81 t.ha ⁻¹	1,47	24,01	4,69	6,91 b	3,19
DMS _{calcário}	0,62	6,65	0,94	0,30	0,45
Nitrogênio kg ha ⁻¹ (N)					
0	1,70	25,15	4,72 b	7,11	2,92 b
90	1,51	22,81	4,86 ab	7,06	3,12 ab
180	1,52	22,40	5,42 a	7,12	3,26 a
DMS _{nitrogênio}	0,41	4,40	0,62	0,06	0,30
<i>Teste F</i>					
PC	52,17**	12,38**	15,99**	63,81**	1,34 ^{ns}
C	2,06 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,61 ^{ns}	2,58*	0,72 ^{ns}
N	0,84 ^{ns}	1,31 ^{ns}	4,12*	0,25 ^{ns}	3,95*
PC x C	0,26 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,46 ^{ns}	1,50 ^{ns}	1,50 ^{ns}
PC x N	0,17 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,12 ^{ns}	0,93 ^{ns}
C x N	0,57 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,90 ^{ns}
PC x C x N	0,34 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,35 ^{ns}
Média	1,58	23,45	5,00	7,1	3,1

*, **, respectivamente significativo a 5% pelo teste F ($p \leq 0,05$), significativo a 1% pelo teste F ($p \leq 0,01$) e não significativo. Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Próprio autor (2022).

Com relação a variável K, pode-se notar que somente PC apresentou diferença significativa, sendo que o milheto representou a maior média, diferindo com o resultado encontrado por Rodrigues et al, (2012) e Teodoro *et al*, (2011), que apresentam dados e os justificaram partindo da premissa que as leguminosas possuem capacidade elevada de acumular potássio. Os resultados obtidos podem ser explicados pelo fato de o acúmulo desse nutriente aumentar em decorrência a maiores produções de matéria seca. No entanto, a liberação do mesmo não segue a mesma linha, apresentando valores parecidos para o milheto e a crotalária, sendo de 49% e 43%, respectivamente aos 42 dias após o manejo (TORRES, J. L. R. & PEREIRA, M. G., 2008).

A partir dos resultados obtidos (Tabela 3), pode-se notar que para a variável Ca tanto PC quanto Doses de N apresentaram diferenças significativas. A planta de cobertura que apresentou o maior acúmulo de cálcio foi a crotalária, isso se deve ao fato do atual trabalho ter sido desenvolvido sob o Sistema de Plantio Direto, o qual a partir do não revolvimento do solo e a cobertura constante acarretaram melhorias na fertilidade e nos atributos físicos do solo mediante a atividade do sistema radicular, obtendo-se dessa forma melhores condições para as plantas se desenvolverem e expressarem seu pleno potencial, corroborando com dados obtidos por Pittelkow et al, (2012). Além do fato do SPD contribuir para o crescimento e desenvolvimento radicular da leguminosa, fator essencial para o maior acúmulo do nutriente nessa cultura, o cálcio está presente em constituintes estruturais da célula, a exemplo da parede celular, também é cofator enzimático de parte das enzimas envolvidas na respiração das plantas, dificultando sua mineralização e liberação no solo (BÔER *et al.*, 2007), em decorrência obtém-se maior acúmulo desse nutriente em culturas que apresentam colmos mais lignificados durante a maturação, como a crotalária. Quanto ao fator N, foi possível verificar que os teores de cálcio aumentam em detrimento do residual das maiores doses de N. corroborando com Ohland et al, (2005) que encontrou resultados semelhantes, nos quais a produção de massa seca foi maior em detrimento a maiores doses de nitrogênio, dessa forma, em paralelo, o acúmulo de Ca direcionou sua curva de crescimento em função dos maiores valores de MS.

Como mostra a tabela 3, tanto os fatores individuais PC e Manejo de Correção apresentaram diferença significativa sob a variável Mg. Tendo em vista que a aplicação de calcário e gesso trazem muitos benefícios, como o incremento de alguns nutrientes, é de se esperar que a menor quantidade de magnésio esteja na parcela que recebeu a menor dose do mesmo, tendo recebido durante todo os anos de experimento $0,81 \text{ t.ha}^{-1}$. No entanto, apesar da disparidade nas doses, todos os tratamentos apresentam teores de Mg acima da faixa ideal entre 2,5 e 4,0 g.kg^{-1} (GARCIA,2022). Pode ser observado que o milho representou a planta de cobertura com a maior média em relação ao nutriente, corroborando com resultados obtidos por Pereira et al, (2014). Esse fato pode ser explicado por conta do mesmo ser relativamente tolerante a períodos de seca em solos com ausência de camadas compactadas além de poder estar relacionada aos benefícios da calagem sobre o crescimento e absorção desse elemento essencial. (TEODORO *et al.*, 2011).

No que se diz respeito aos teores de enxofre, somente o fator isolado Nitrogênio apresentou diferença significativa, acompanhando seu acúmulo em detrimento ao residual das maiores doses de N. Dados diferentes foram encontrados por César *et al.*, (2008), que

determinou um certo antagonismo entre a aplicação desses nutrientes em cobertura e o acúmulo dos mesmos obtidos através de análises foliares.

Analisando a Tabela 4 é possível observar diferença significativa nas médias referentes aos valores de zinco encontrados nas plantas de cobertura em função das diferentes doses de calcário e gesso, sendo T1 o que apresentou o maior valor. Esse fato pode ser explicado relacionando a aplicação e o pH do solo, que era de 4,7 em 2000, fazendo com que após tantos anos com contínuas aplicações de corretivos, o pH tenha aumentado de tal forma a interferir na disponibilidade do nutriente e a consequente diminuição no acúmulo do mesmo na massa seca das plantas de cobertura (CAIRES, E. F. & FONSECA, A. F., 2000).

Tabela 4. Valores de F e médias dos teores de Cu, Fe, Mn e Zn na matéria seca das culturas de cobertura em função de doses de calcário e gesso e residual de doses de N. Selvíria – MS, 2020/21.

Tratamentos	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- (mg.kg ⁻¹) -----			
Plantas de Cobertura (PC)				
Crotalária	25,6 a	405,0 b	188,7 b	65,5
Milheto	19,2 b	502,9 a	262,2 a	64,9
DMS _{cobertura}	3,5	59,0	28,3	3,2
Manejo de Correção (t.ha⁻¹) (C)				
T1 - C: 8,05	22,3	372,1 b	206,6 b	69,6 a
T2 - C: 13,7 + G: 3,4	22,8	500,4 ab	210,2 b	64,6 ab
T3 - C: 8,86	20,2	386,0 b	225,0 b	63,8 ab
T4 - C: 12,89 + G: 3,4	19,3	458,3 ab	190,3 b	61,3 b
T5 - C: 0,81	27,3	553,1 a	295,3 a	66,8 ab
DMS _{calcário}	7,9	131,2	63,0	7,4
Nitrogênio kg ha⁻¹ (N)				
0	23,9	437,0	196,2 b	64,9
90	22,7	493,4	218,0 b	65,3
180	20,6	431,5	262,2 a	65,5
DMS _{nitrogênio}	5,2	86,8	41,7	4,3
Teste F				
PC	13,44**	11,02**	26,94**	0,16 ^{ns}
C	2,43 ^{ns}	5,36**	6,68**	2,97*
N	1,21 ^{ns}	1,80 ^{ns}	7,52**	0,05 ^{ns}
PC x C	2,36 ^{ns}	1,74 ^{ns}	3,12*	1,29 ^{ns}
PC x N	0,57 ^{ns}	3,23*	0,89 ^{ns}	0,32 ^{ns}
C x N	2,94**	2,06*	0,30 ^{ns}	0,37 ^{ns}
PC x C x N	1,27 ^{ns}	2,15 ^{ns}	1,46 ^{ns}	0,33 ^{ns}
Média	22,4	453,9	225,47	65,21

**, respectivamente significativo a 5% pelo teste F ($p \leq 0,05$), significativo a 1% pelo teste F ($p \leq 0,01$) e não significativo. Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Próprio autor (2022).

No desdobramento de N dentro de C (Tabela 5), pode -se notar que a T1 e T4 foram as únicas que apresentaram os piores resultados encontrando-se na condição a qual não foi aplicada nenhuma dose de nitrogênio, e os tratamentos T1, T2 e T5 não apresentaram diferença significativa independente da dose do nutriente. Desdobrando C em N, T2 e T5 evidenciaram as melhores médias na ausência do nitrogênio e a aplicação de 180 kg ha⁻¹ não apresentou diferença significativa para o acúmulo de cobre em qualquer dose de calcário e gesso.

Tabela 5. Desdobramento da interação doses de calcário e gesso x residual de doses N significativa para teores de cobre (mg kg^{-1}) na matéria seca das culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2020/21.

Calcário (t.ha^{-1})	Doses N (kg.ha^{-1})			DMS
	0	90	180	
T1 - C: 8,05	19,5 aAB	23,0 aAB	24,5 aA	11,8
T2 - C: 13,7 + G: 3,4	28,0 aA	20,2 aAB	20,3 aA	
T3 - C: 8,86	27,2 aAB	14,2 bB	19,3 abA	
T4 - C: 12,89 + G: 3,4	13,7 bB	28,7 aA	15,7 bA	
T5 - C: 0,81	31,3 aA	27,3 aAB	23,2 aA	
DMS	13,8			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal e maiúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Próprio autor (2022).

Na Tabela 6, pode-se notar que o desdobramento de PC em N indica os maiores valores de ferro para o milho na dose 0 e 90 kg.ha^{-1} , e que as médias não se diferiram significativamente quando utilizado 180 kg.ha^{-1} de nitrogênio. No entanto, no desdobramento de N em PC a crotalaria não apresentou diferença significativa entre as diferentes doses de nitrogênio, enquanto o milho respondeu melhor a utilização de 90 kg.ha^{-1} , e teve seu incremento de Fe reduzido pela aplicação de 180 kg.ha^{-1} .

Tabela 6. Desdobramento da interação cultura de cobertura x residual de doses de N significativa para teores de ferro (mg kg^{-1}) na matéria seca das culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2020/21.

PC	Doses N (kg.ha^{-1})			DMS
	0	90	180	
CROTALÁRIA	381,5 aB	403,9 aB	429,7 aA	118,6
MILHETO	492,5 abA	583,0 aA	433,3 bA	
DMS	99,6			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal e maiúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Próprio autor (2022).

Pode-se notar na Tabela 7, desdobrando C em N que o T2 apresentou a maior média na ausência de doses de nitrogênio, no entanto para as aplicações de 90 e 180 kg ha^{-1} T5 foi mais eficaz. Agora, no desdobramento de N em C, T1, T2, T3 e T4 não apresentaram diferenças significativas independente da dose utilizada, todavia para T5 a maior média foi obtida pela aplicação de 90 kg ha^{-1} e a menor na condição a qual não foi aplicada nenhuma quantidade de nitrogênio.

Tabela 7. Desdobramento da interação doses de calcário e gesso x residual de doses N significativa para teores de ferro (mg kg^{-1}) na matéria seca das culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2020/21.

Calcário (t.ha^{-1})	Doses N (kg.ha^{-1})			DMS
	0	90	180	
T1 - C: 8,05	405,0 aAB	419,8 aB	291,5 aB	187,5
T2 - C: 13,7 + G: 3,4	550,7 aA	517,7 aAB	433,0 aAB	
T3 - C: 8,86	330,3 aB	401,3 aB	426,3 aAB	
T4 - C: 12,89 + G: 3,4	474,5 aAB	420,7 aB	479,8 aAB	
T5 - C: 0,81	424,7 bAB	707,7 aA	526,8 abA	
DMS	219,4			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal e maiúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Próprio autor (2022).

De acordo com a Tabela 8, desdobrando PC em C pode-se notar que na menor dose de calcário não houve diferença significativa entre as plantas de cobertura utilizada em T5, no entanto para as demais, sempre o milho apresentou os melhores teores de manganês sendo em T3 a maior média. Quando desdobra-se C em PC, o milho não indicou diferença significativa independente na dose de calcário e gesso, e a crotalaria apresentou maior expressividade em interação com T5. Os dados obtidos, corroboram com o fato da crotalaria ser uma excelente alternativa para o acúmulo e ciclagem de nutrientes, porém destoam quando é apresentando valores expressivos da mesma principalmente quando se trata do acúmulo de micronutrientes (PEREIRA *et al.*, 2017).

Tabela 8. Desdobramento da interação cultura de cobertura x dose de calcário e gesso significativa para teores de manganês (mg kg^{-1}) na matéria seca das culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2018/19.

PC	CALCÁRIO + GESSO (t.ha^{-1})					DMS
	8,05	13,7 + 3,4	8,86	12,9 + 3,4	0,81	
CROTALÁRIA	151,1 bB	166,6 bB	169,3 bB	149,4 bB	307,1 aA	89,4
MILHETO	262,1 aA	253,8 aA	280,7 aA	231,1 aA	283,4 aA	
DMS	63,5					

Médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal e maiúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Próprio autor (2022).

Partindo para as análises das características agrônômicas da cultura principal foi possível verificar que não houve efeito significativo da ação dos tratamentos sob a população (Tabela 9). Então, para esta variável, pode-se sugerir que tanto os fatores individuais quanto a

interação dos mesmos não influenciaram na população de plantas, obtendo uma média de 289999,9 plantas por hectare. De acordo com dados do (IAC, 1999), a densidade populacional ótima varia de 300000-400000 plantas.ha⁻¹. Essa diferença pode estar atrelada as condições adversas do cultivo outono-inverno, no entanto pode-se notar que o número de plantas por hectare é maior sob a palhada do milheto, que por conta da maior produção de matéria seca amenizou a deficiência hídrica na fase inicial do cultivo da soja, proporcionando um maior número de plantas em relação a cobertura proporcionada pela crotalária (LIMA *et al.*, 2009).

Tabela 9. Valores de F e médias de população de plantas, altura de planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos na cultura da soja em função de plantas de cobertura, doses de calcário e gesso e residual de doses de N. Selvíria – MS, 2020/2021.

Tratamentos	População Plantas.ha ⁻¹	Altura cm	M100GR g	Produtividade Kg.ha ⁻¹
Plantas de Cobertura (PC)				
Crotalária	284938	106,4	15,6 a	3910 a
Milheto	295308	104,4	14,9 b	3381 b
DMS _{cobertura}	15350	4,2	0,4	175
Manejo de Correção (t.ha⁻¹) (C)				
T1 – 8,05 t.ha ⁻¹	295678	110,8 a	15,5 ab	3687 a
T2 – 13,7 t.ha ⁻¹ + 3,4 t.ha ⁻¹	283950	105,0 ab	15,6 a	3863 a
T3 - 8,86 t.ha ⁻¹	294444	110,3 a	15,4 ab	3678 a
T4 – 12,89 t.ha ⁻¹ + 3,4 t.ha ⁻¹	278395	105,14 ab	15,3 ab	3767 a
T5 – 0,81 t.ha ⁻¹	298148	95,7 b	14,5 b	3234 b
DMS _{calcário}	34137,4	9,4	1,0	388,77
Nitrogênio kg.ha⁻¹ (N)				
0	286296	105,8	15,5	3674
90	291111	105,4	15,0	3649
180	292963	104,9	15,2	3614
DMS _{nitrogênio}	22594,3	6,21	0,7	257,32
Teste F				
PC	2,04 ^{ns}	0,99 ^{ns}	16,07 ^{**}	35,13 ^{**}
C	1,10 ^{ns}	7,2 ^{**}	3,6 [*]	5,87 ^{**}
N	0,3 ^{ns}	0,07 ^{ns}	2,41 ^{ns}	0,15 ^{ns}
PC x C	0,43 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,91 ^{ns}
PC x N	2,01 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,72 ^{ns}
C x N	1,36 ^{ns}	0,67 ^{ns}	1,71 ^{ns}	1,16 ^{ns}
PC x C x N	1,14 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,68 ^{ns}
Média	290053	105,33	15,25	3645,7

*, **, respectivamente significativo a 5% pelo teste F ($p \leq 0,05$), significativo a 1% pelo teste F ($p \leq 0,01$) e não significativo. Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Próprio autor (2021).

Com relação a variável altura, houve efeito significativo para as aplicações de corretivos (calcário e gesso), e quando submetida ao teste de comparação de médias, é possível aferir que

T1 e T3 apresentaram os maiores índices. De acordo com Barizon e Fernandes (2000), o crescimento da soja não responde em função da calagem superficial, no entanto pode-se notar que T3 apresenta uma dose relativa de calcário, proporcionando eficiência na exploração das raízes, em função da maior agregação do solo, redução de elementos tóxicos e favorecimento dos atributos químicos e físicos do solo (SOUZA *et al.*, 2010).

Para a variável massa de 100 grãos tanto os fatores plantas de cobertura quanto doses de calcário + gesso apresentaram significância, atingindo uma média geral de 15,25g, a qual está dentro do padrão proposto pelo (IAC 1998 e 1999). Um estudo realizado por Rosseto *et al.* (1994) corrobora com os resultados obtidos, sendo que o incremento de calcário é responsável pelo aumento de produção de grãos, favorecendo a uniformização da mesma com grãos de maior tamanho e massa, dessa forma também é possível alcançar maiores índices de produtividade (Tabela 9), através do aumento dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} em todo o perfil de solo, além da elevação do pH e a redução dos teores de Al^{3+} , propiciando condições químicas favoráveis ao desenvolvimento radicular, absorção de água e nutrientes (ZANDONA *et al.*, 2015). Assim como para massa de 100 grãos, a crotalária foi responsável por proporcionar maior teor de produtividade, já que existe uma correlação entre ambas as variáveis. Uma explicação para esses resultados pode ser que a crotalária apresenta relação C/N baixa, ou seja, decomposição mais rápida, aumentando a oferta de nutrientes no solo a curto prazo, favorecendo o desenvolvimento da soja em sucessão (GARCIA, R. A. & MACHADO, L. A. Z., 2019).

4. CONCLUSÕES

- O milho produz mais palha para o sistema em relação a crotalária.
- O fator residual de doses de nitrogênio influenciou positivamente os teores de N na palhada das plantas de cobertura.
- As plantas de cobertura influenciaram significativamente todos os macronutrientes com exceção do enxofre, destacando-se a crotalária com maiores teores de N, P e Ca e o milho com maiores teores de K e Mg.
- A produtividade de grãos da soja é maior em área anteriormente ocupada com a crotalária.
- A aplicação de calcário, aumenta a produtividade de grãos da soja.
- A aplicação de gesso não altera a produtividade da soja, na dose utilizada.
- Não há interação entre os fatores culturas de cobertura, doses de calcário e gesso e residual de doses de N, quanto a produtividade de grãos da soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F. R. M. *et al.* Dinâmica do nitrato, amônio e potencial hidrogeniônico em resposta a diferentes fontes de nitrogênio na cultura do feijoeiro comum irrigado em SPD. In: 10º CONAFE - Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão, 2011, Goiânia. 10º CONAFE - Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão, 2011.

ALCARDE, J. C.; RODELLA, A. A. **Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos.** In: 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.

ALVARENGA, R.C. *et al.* Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, 2001.

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.

BARIZON, R. R. M., FERNANDES, D. M. Nutrição e produção da soja, em sistema de plantio direto, em função de calagem superficial e palhada de Brizantão (*Brachiaria brizantha*). In: FERTBIO, 2000, Santa Maria, **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000. 1 CD-ROM.

BOER, C. A. *et al.* Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, p. 1269-1276, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/K3BFqHMNz9FvByG6d3Zy8pc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 nov. 2022.

BLUM, S. C., E. F. CAIRES & L.R.F. ALLEONI. Lime and *phosphogypsum* application and sulfate retention in subtropical soils under no-till system. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, 13: 279-300, 2013.

BONAMIGO, L. A. Milheto como cobertura no sistema de plantio direto, benefícios do melhoramento da cultura. In: ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 7, 2003, Sorriso. **Anais...** Cuiabá: UFMT, p.37-48, 2003.

BOTTEGA, E. L. *et al.* Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2012.

CAIRES, E. F.; DA FONSECA, A. F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, Campinas – SP, v. 59, p. 213-220, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/9ygXmRnR3r8g4sS7KWNjnyK/?format=html&lang=pt#>. Acesso em: 23 nov. 2022.

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. *et al.* Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27: 275-286, 2003.

CAIRES, E. F. *et al.* 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. *et al.* 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.

CÉSAR, M. L. *et al.* Aplicação de enxofre em cobertura e qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá – PR, v. 30, p. 681-686, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/TTSCGBLDw747YHgVpT7G7Ng/?lang=pt#>. Acesso em: 27 out. 2022.

CARVALHO, A. M. de. *et al.* Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 7, p. 551-561, 2015

COSTA, N. R. *et al.* 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.

CARVALHO, A. M. **Plantio direto com qualidade no Cerrado**. Brasília: Agrolink, 2014.

DE CARVALHO, M. A. C. *et al.* Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 39, p. 47-53, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/WW9YFPPrHF8BPmQxgqq6g3Xy/?lang=pt>. Acesso em: 27 out. 2022.

CARVALHO, M. A. C. **Sucessão de culturas a quatro adubos verdes em dois sistemas de semeadura**. 2022. 185 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

CASÃO JUNIOR, R. *et al.* **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR, 2006. 200 p.

COSTA, N. R. *et al.* 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. *et al.* Nitrogen fertilization on palisadegrass: phytomass decomposition and nutrients release. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.46, n.2, p.159-168, 2016.

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

DA SILVA, M. P. *et al.* Palhada, teores de nutrientes e cobertura do solo por plantas de cobertura semeadas no verão para semeadura direta de feijão. **Agrarian**, Dourados, v. 7, n. 24, p. 233-243, 2014. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/2643>. Acesso em: 27 out. 2022.

DE OLIVEIRA, S. A. **Produção de forragem e de sementes de *Brachiaria decumbens* Stapf em função da adubação com nitrogênio e fósforo e cultura antecessora.** 2022. 113 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2022. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98874/oliveira_sa_me_ilha.pdf?sequence=1. Acesso em: 29 out. 2022.

DE OLIVEIRA, T. K.; DE CARVALHO, G. J.; MORAES, R. N. de S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1079-1087, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/z9KqPRccVXRhLhQS3pkFxtb/>. Acesso em: 27 out. 2022.

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).

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

EMBRAPA, **Sistemas de produção.** 5 ed. Sete Lagoas, 2016.

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.

FRAGA JUNIOR, E. F. *et al.* 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.

GARCIA, R. A.; MACHADO, L. A. Z. Braquiária com crotalária na entressafra: Efeito positivo na soja em sucessão. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 83, 2019.

GARCIA, G. C. **Produtividade de soja e milho de segunda safra consorciado com *Urochloa spp.* em função de profundidades de correção do solo e palhadas residuais em região de cerrado.** 2022. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2022. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/235469/garcia_gc_me_ilha.pdf?sequence=3. Acesso em: 27 nov. 2022.

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.

GUIMARÃES, G. L. **Efeitos de culturas de inverno e do pousio na rotação das culturas de soja e milho em sistema de plantio direto.** Ilha Solteira, 2000. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Novos cultivares de soja do IAC** Campinas, 1998. 1 folder.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Melhoramento genético de soja** Campinas, 1999. 1 folder.

JUNIOR, R. C.; DE ARAÚJO, A. G. Evolução do SPD foi possível com adaptação das semeadoras. **Visão Agrícola**, São Paulo, v. 9, p. 73-78, 2009. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA9-Mecanizacao01.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2022.

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.

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

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.

LIMA, E. V. *et al.* Características agronômicas, produtividade e qualidade fisiológica da soja “safrinha” sob semeadura direta, em função da cobertura vegetal e da calagem superficial. **Revista brasileira de sementes**, Londrina, v. 31, p. 69-80, 2009.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARCANDALLI, L.H. *et al.* Comportamento da cultura da soja cultivada no SPD com aplicação de doses de calcário em superfície e residual de modos de aplicação de calcário, culturas de cobertura e doses de nitrogênio. In: FERTBIO 2008 – Desafios para uso do solo com eficiência e qualidade ambiental. Londrina, 2008. **Resumos expandido...** Londrina SBCS/EMBRAPA/IAPAR/UDEL, 2008. (CD ROM).

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

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. *et al.* 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, La Plata**, v. 115, n. 1, p.45-54, 04 abr. 2016.

NOGUEIRA, K. B. *et al.* 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. *et al.* Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, p. 538-544, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/y7PTDprdwZ3JjTqg6dV35rM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 nov. 2022.

PITTELKOW, F. K. *et al.* Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Agrarian**, [s. l.], v. 5, n. 17, p. 212-222, 2012. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1150>. Acesso em: 13 dez. 2022.

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

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.

RIBEIRO, L. M. *et al.* Produtividade da soja em sucessão a cultivos de outono-inverno. **Agrarian**, v.11, n.40, p.120-131, 2018.

RODRIGUES, G. B. *et al.* Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, p. 380-385, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/Dtzmqvxv534t3WGxBq6KkPqn/?lang=pt#>. Acesso em: 14 nov. 2022.

SILVA, M. R. *et al.* 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.

SOUZA, L. G. M. **FERTILIDADE DO SOLO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO E REAPLICAÇÃO DE DOSES DE CALCÁRIO NA CULTURA DA SOJA**. 2014. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2014.

TEODORO, R. B. *et al.* Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 35, p. 635-640, 2011. Disponível: [https://www.scielo.br/j/rbcs/a/8QLvVFTvrptZSX63BYPBjjc/?format=pdf&lang=pt#:~:text=Atualmente%2C%20entre%20as%20diversas%20leguminosas,%20e%20guandu%20e%20C3%A3o%20\(Cajanus](https://www.scielo.br/j/rbcs/a/8QLvVFTvrptZSX63BYPBjjc/?format=pdf&lang=pt#:~:text=Atualmente%2C%20entre%20as%20diversas%20leguminosas,%20e%20guandu%20e%20C3%A3o%20(Cajanus). Acesso: 15 nov. 2022.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1609-1618, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/srJW4KyMwPtRsnrFp5Cn4tt/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 nov. 2022.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária**

Brasileira, Brasília, v. 43, p. 421-428, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/7GTdBhpsr6WRHfNySkC9tkk/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 18 nov. 2022.

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.

ZANDONÁ, R.R. *et al.* Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa agropecuária tropical**, 2015.