

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FABIO LIMA ABRANTES

**PLANTIO DIRETO E PLANTAS DE COBERTURA AFETAM AS
PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO E DESEMPENHO
AGRONÔMICO DO MILHO**

CHAPADÃO DO SUL – MS

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FABIO LIMA ABRANTES

**PLANTIO DIRETO E PLANTAS DE COBERTURA AFETAM AS
PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO E DESEMPENHO
AGRONÔMICO DO MILHO**

Orientador: Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS

2024



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA**

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

DISCENTE: Fabio Lima Abrantes

ORIENTADOR: Dr. Cassiano Garcia Roque

TÍTULO: Plantio direto e plantas de cobertura afetam as propriedades químicas do solo edesempenho agrônômico do milho.

AVALIADORES:

Prof. Dr. Cassiano Garcia

Roque Prof. Dr. Paulo

Eduardo Teodoro Prof. Dr.

Rafael Ferreira Barreto

Chapadão do Sul, 15 de fevereiro de
2024.

NOTA
MÁXIMA
NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!
UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Cassiano Garcia Roque, Professor do Magisterio Superior**, em 15/02/2024, às 15:12, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!
UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Eduardo Teodoro, Professor do Magisterio Superior**, em 15/02/2024, às 15:42, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por **Rafael**

Ferreira Barreto, Professor do Magisterio Superior, em 15/02/2024, às 15:53, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o códigoverificador **4648498** e o código CRC **4EF41BEA**.

**COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA**

Rod MS 306, Km 105, Caixa Postal 112

Fone: (67)3562-6351

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

Referência: Processo nº 23455.000577/2023-73
4648498

SEI nº

À minha esposa,

Emanuela Rotili Abrantes, meus pais Cicero Abrantes dos Santos e Ilda Costa Lima dos Santos e minha irmã Fabiana Lima Abrantes, pessoas sem as quais jamais teria conquistado essa vitória, por estarem sempre ao meu lado me apoiando e orientando e que dia após dia lutaram para que eu chegasse a ser o que sou hoje, pelo grande exemplo de amor, fé em Deus e dignidade,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que está sempre comigo em mais uma batalha da vida, permitindo vencer os obstáculos através da tua luz que ilumina meus passos.

À minha esposa Emanuela pelo apoio, carinho, incentivo e atenção durante esta jornada.

Aos meus pais Cicero e Ilda, pelo incentivo e motivação para conquista deste título.

À minha irmã Fabiana, pelo incentivo, apoio e auxílio nesta jornada.

À diretoria da Fundação Chapadão, por me permitir realizar o mestrado concomitantemente as minhas atividades junto a Instituição. E aos colegas de trabalho pela parceria.

Ao diretor da Fundação Chapadão André Piesanti, pelo apoio e companheirismo.

Ao professor e orientador Dr. Cassiano Garcia Roque, pelos ensinamentos, incentivo, exemplo de competência, humildade e profissionalismo, pela orientação deste trabalho, amizade e confiança a mim concedida.

Ao professor Dr. Paulo Eduardo Teodoro, pelo auxílio nas análises estatísticas e compreensão durante o curso.

À Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campus de Chapadão do Sul – MS.

Aos docentes do Programa da Pós-Graduação pelos ensinamentos e contribuição à minha formação profissional.

Aos membros desta banca examinadora, pelo comprometimento, participação, sugestões, e honrosa contribuição.

MEU SINCERO AGRADECIMENTO!!!

É enfrentando as dificuldades que você fica forte. É superando seus limites que você cresce. É resolvendo problemas que você desenvolve a maturidade. É desafiando o perigo que você descobre a coragem. Arrisque e descobrirá como as pessoas crescem quando exigem mais de si próprias.

(Roberto Schinyashiki)

RESUMO

O manejo adequado do solo associado a plantas de cobertura é de fundamental importância nas práticas agrícolas para garantir o bom desenvolvimento da cultura e promover incrementos em produtividade. O objetivo foi avaliar a influência de diferentes sistemas de manejo do solo e plantas de cobertura nos componentes de produção e produtividade do milho e nas propriedades químicas do solo. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 3 x 3, sendo três sistemas de preparo do solo (Sistema de Cultivo Mínimo – SCM, Sistema de Preparo Convencional – SPC e Sistema de Plantio Direto – SPD) e três plantas de cobertura (*Urochloa ruziziensis* “braquiária”, Nabo Forrageiro e *Crotalaria spectabilis*). O preparo do solo ocorreu em março de 2022 e em setembro de 2022 foram semeadas as plantas de cobertura e em janeiro de 2023 foi realizada a dessecação das plantas de cobertura e em fevereiro semeou-se o milho híbrido AS 1820 PRO3. Foram mensurados os componentes de produção e produtividade de grãos de milho e após a colheita foram coletadas amostras de solo para avaliação da composição química do solo. O sistema de plantio direto melhora a altura de inserção da espiga, altura final de plantas, diâmetro da espiga e a produtividade do milho. A braquiária favorece a altura final de plantas e número de fileira de grãos. O SPD proporciona condições favoráveis para o desenvolvimento das plantas, e a crotalaria e a braquiária responderam melhor como planta de cobertura. O teor de matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO) no solo foi influenciado pela interação dos sistemas de manejo e plantas de cobertura, sendo a crotalaria seguida pela braquiária em SPD as coberturas que favorecem o aumento de MO e CO. O nabo em SPD não contribui positivamente para aumento da MO e CO. A capacidade de troca de cátions no solo foi menor no SPD. Há variação do pH do solo em função da interação sistemas de manejo e plantas de cobertura. No SPC e as plantas de cobertura crotalaria e braquiária foram as condições que se obteve incrementos no teor de fósforo no solo. O teor de K é favorecido pela cobertura com braquiária e Mn pela crotalaria seguida por braquiária, o teor de cobre (Cu) é maior no SCM seguido pelo SPC e o de Fe é maior no SPD seguido pelo SCM. Conclui-se que o sistema de plantio direto promoveu o melhor resultado em produtividade de milho e neste sistema a melhor planta de cobertura é a braquiária. As plantas de cobertura dependem do manejo de solo adotado.

Palavras-chave: Preparo de solo. Produtividade. Sistema de cultivo mínimo. Sistema de preparo convencional. Sistemas de plantio direto.

ABSTRACT

The proper soil management associated with cover crops is of fundamental importance in agricultural practices to ensure the good development of the crop and promote increases in productivity. The objective was to evaluate the influence of different soil management systems and cover crops on the production components and productivity of corn, as well as on the soil's chemical properties. The experiment was conducted in a 3 x 3 factorial scheme, with three soil preparation systems (Minimum Tillage System - SCM, Conventional Tillage System - SPC, and No-Tillage System - SPD) and three cover crops (*Urochloa ruziziensis* "brachiaria", Forage Turnip, and *Crotalaria spectabilis*). Soil preparation took place in March 2022, cover crops were sown in September 2022, cover crops were desiccated in January 2023, and hybrid corn AS 1820 PRO3 was sown in February. The production components and grain yield of corn were measured, and after the harvest, soil samples were collected to evaluate the soil's chemical composition. The no-tillage system improves the ear insertion height, final plant height, ear diameter, and corn productivity. Brachiaria favors final plant height and number of grain rows. The no-tillage system provides favorable conditions for plant development, and crotalaria and brachiaria responded better as cover crops. The organic matter (OM) and organic carbon (OC) content in the soil were influenced by the interaction of management systems and cover crops, with crotalaria followed by brachiaria in no-tillage system being the covers that favor an increase in OM and OC. Turnip in no-tillage system does not contribute positively to increasing OM and OC. The cation exchange capacity in the soil was lower in no-tillage system. There is variation in soil pH due to the interaction of management systems and cover crops. In conventional tillage system, crotalaria and brachiaria cover crops were conditions where increases in soil phosphorus content were obtained. The potassium content is favored by brachiaria cover crop, while manganese is favored by crotalaria followed by brachiaria; copper (Cu) content is higher in SCM followed by SPC, and iron (Fe) content is higher in SPD followed by SCM. It is concluded that the no-tillage system promoted the best result in corn productivity, with brachiaria being the best cover crop in this system. Cover crops depend on the adopted soil management.

Keywords: Soil preparation. Productivity. Minimum tillage system. Conventional tillage system. No-tillage systems.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica do solo na profundidade de 0 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m.	22
Tabela 2: Caracterização dos tratamentos subsolagem + gradagem (SCM), arado de aiveca + subsolagem + gradagem (SPC) plantio direto (SPD) associados as adubações verdes com <i>Urochloa ruziziensis</i> , nabo forrageiro e <i>Crotalaria spectabilis</i>	25
Tabela 3. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio para as variáveis diâmetro do colmo (DC), altura de inserção da espiga (AIE), altura final de plantas (AFP), comprimento médio de espiga (CME), diâmetro de espiga (DE), diâmetro do sabugo (DS), número de fileiras de grãos (NFG), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos de milho (PROD) em função do manejo de solo associado às plantas de cobertura na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.....	31
Tabela 4. Comparação de médias para as variáveis altura de inserção da espiga (AIE), altura final de plantas (AFP), diâmetro de sabugo (DS), número de fileira de grãos e produtividade de grãos de milho avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes cobertura em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.....	32
Tabela 5. Desdobramento da interação entre manejo x cobertura para diâmetro de espiga (DE) e massa de mil grãos (MMG) avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes cobertura em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.....	33
Tabela 6. Resumo da análise de variância com o quadrado médio para os teores matéria orgânica (MO), carbono orgânico (CO), capacidade de troca cátions (CTC) e potencial hidrogeniônico (pH) do solo em amostras na profundidade de 0 – 0,20 m coletadas na após a colheita do milho avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes cobertura em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.....	34
Tabela 7. Desdobramento da interação entre manejo x cobertura para matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO) no solo em amostras coletadas na profundidade de 0 – 0,20 m após a colheita do milho avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes coberturas em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.....	35

Tabela 8. Comparação de média para o teor de capacidade de troca de cátions (CTC) no solo em amostras na profundidade de 0 – 0,20 m coletadas após a colheita do milho avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes coberturas em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.....	36
Tabela 9. Desdobramento da interação entre manejo x cobertura para potencial hidrogeniônico (pH) do solo em amostras coletadas na profundidade de 0 – 0,20 m após a colheita do milho avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes coberturas em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.....	36
Tabela 10. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio para os teores de fósforo (P), cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) no solo em amostras na profundidade de 0 – 0,20 m coletadas após a colheita do milho avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes coberturas em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.....	37
Tabela 11. Comparação de média para os teores fósforo (P), potássio (K), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) no solo em amostras na profundidade de 0 – 0,20 m coletadas na após a colheita do milho avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes coberturas em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.....	38
Tabela 12. Desdobramento da interação entre manejo x cobertura para cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e boro (B) no solo em amostras coletadas na profundidade de 0 – 0,20 m após a colheita do milho avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes coberturas em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação gráfica dos valores mensais de precipitação pluviométrica registrados na área 1 de 01/03/2022 e 31/07/2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.....	23
Figura 2: Representação gráfica dos valores mensais de precipitação pluviométrica registrados na área 2 de 01/03/2022 e 31/07/2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.....	24

SUMÁRIO

	Páginas
1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Cultura do milho.....	14
2.2 Sistemas de preparo do solo	15
2.3 Plantas de cobertura	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Instalação e condução do experimento de campo e delineamento experimental	22
3.2 Avaliações realizadas	26
3.2.1 Avaliação dos componentes da produção e produtividade	26
3.2.3 Análise de solo	28
3.3 Análise dos resultados	29
4 RESULTADOS	30
5. DISCUSSÃO.....	41
5 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), é uma planta anual da família Poaceae, que se adapta a diversos ambientes e representa o cereal mais cultivado em termos de área em todo o mundo (SANTOS et al., 2013), nativo da América Central e amplamente cultivado em todo o Brasil, possui grande relevância econômica como cultura importante, sendo utilizado como fonte de alimento, fibras, combustível e rações (NARDINO, 2017).

O sistema de plantio direto é um elemento essencial dos sistemas agrícolas de conservação, caracterizado pela aplicação de três princípios interligados: redução ou ausência de perturbação mecânica do solo, cobertura do solo com biomassa e diversificação de espécies de culturas, ou seja, rotação, sucessão e consorciação. Por ser uma prática agrícola mais sustentável do que o preparo convencional, sua adoção tem aumentado a cada ano. Estima-se que, em 2015/2016, a área global sob plantio direto foi de cerca de 180 milhões de hectares, representando aproximadamente 12,5% da área total de cultivo, com uma taxa de expansão anual de 10,5 milhões de hectares. (KASSAM et al., 2019).

O plantio direto pode aumentar o potencial de armazenamento de carbono no solo, reduzindo a taxa de degradação da matéria orgânica. Isso ocorre ao deixar os resíduos das culturas na superfície do solo, diminuindo a taxa de decomposição do carbono orgânico. Além disso, ajuda a manter a estrutura do solo intacta, protegendo o estoque de carbono orgânico contra a atividade microbiana. Em alguns casos, também pode aumentar a entrada de carbono no solo, ao manter o solo coberto por materiais orgânicos e vivos, em vez de removê-los ou queimá-los (SIX; PAUSTIAN, 2014).

O preparo convencional do solo busca primariamente o controle de plantas invasoras, visando beneficiar o desenvolvimento e a produtividade da cultura principal (MONTEIRO; SANTOS, 2022). No entanto, o uso intensivo do solo nesse método pode resultar na formação de uma camada compactada, redução da estabilidade de agregados e desequilíbrio na relação entre macro e microporos, levando a perdas de solo por erosão (SHARMA; KUMAR, 2023).

Muitos agricultores utilizam o sistema convencional de preparo do solo com o intuito de aprimorar a porosidade e a infiltração de água. Contudo, a compactação superficial costuma se estabelecer poucos dias após o preparo, devido ao impacto direto das gotas de chuva. Com a cobertura vegetal limitada na superfície do solo, a porosidade e a infiltração diminuem, resultando no aumento do processo de erosão do solo (CARVALHO et al., 2015).

O sistema de cultivo mínimo, um tipo de sistema conservacionista com menos perturbação física e revolvimento do solo do que o sistema convencional, é frequentemente

1 reconhecido por melhorar a qualidade do solo, aumentar a matéria orgânica e a estrutura do
2 solo, e consequentemente, favorecer a atividade da fauna microbiana do solo. Essa atividade é
3 essencial para a transformação e mineralização de compostos orgânicos e nutrientes no
4 ecossistema do solo (LAUDICINA et al., 2011).

5 As vantagens do sistema de cultivo mínimo, em comparação com o sistema
6 convencional, incluem custos mais baixos, maior armazenamento de carbono, maior relação
7 entre entrada e saída de energia, redução da erosão, maior resistência à compactação e menor
8 perda de herbicida (PALM et al., 2014).

9 O uso de plantas de cobertura no solo durante a entressafra possibilitará a melhoria da
10 saúde do solo, o aumento da estabilidade produtiva, a elevação da rentabilidade da atividade
11 agrícola e a redução das emissões de gases de efeito estufa (BESEN et al. 2018, SILVA et al.
12 2021). As culturas de cobertura mantêm a superfície do solo constantemente coberta por
13 palha, promovendo a reciclagem de nutrientes e sua disponibilização para cultivos
14 subsequentes por meio da decomposição gradual dos resíduos orgânicos (BENDER; VAN
15 DER HEIJDEN, 2015). A escolha da cultura de cobertura desempenha um papel fundamental
16 na implementação e manutenção bem-sucedida do sistema de plantio direto (DERPSCH et al.,
17 2014), no entanto, a estratégia de implementação de plantas de cobertura durante o período de
18 entressafra é pouco explorada devido à incerteza dos produtores quanto à viabilidade técnica e
19 econômica de sua utilização (LINK 2020).

20 As leguminosas anuais de verão, como *Crotalaria juncea*, *C. spectabilis*, *C. ochroleuca*
21 e *Cajanus cajan*, são conhecidas por sua alta produção de biomassa e capacidade de fixação
22 biológica de nitrogênio (DA SILVA et al., 2020). Em virtude dessas características, são
23 frequentemente empregadas como culturas de cobertura em rotações agrícolas em regiões
24 tropicais e temperadas (SOUZA et al., 2018). *Brachiaria Brizantha* e *Mucuna aterrima*
25 incorporadas apresentam incremento nas propriedades microbianas do solo, com aumento da
26 população microbiana e diminuição de perda de dióxido de carbono (AMORIM et. al., 2020).

27 Silva et. al. (2017), verificaram que plantas de cobertura proporcionaram alterações
28 químicas e físicas do solo e a utilização de milheto aumentou os valores de matéria orgânica.

29 Diante do exposto, a hipótese era que o sistema de plantio direto associado às plantas de
30 cobertura poderia proporcionar benefícios às culturas, bem como as propriedades químicas do
31 solo, tais como incrementos na produtividade do milho e nos teores nutricionais do solo. Essa
32 pesquisa teve como objetivo avaliar a influência de diferentes sistemas de manejo do solo e
33 plantas de cobertura nos componentes de produção e produtividade do milho e nas
34 propriedades químicas do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura do milho

O milho, dentre os cereais, é o que apresenta a capacidade de perfilhamento mais inferior, atribuído ao processo de seleção genética, onde foi priorizada a dominância apical, com concentração de toda energia da planta no colmo principal e redução do número de ramificações laterais (DE REZENDE et al., 2022).

A conversão de compostos orgânicos, principalmente carboidratos se dá pelo elevado potencial produtivo e expressiva habilidade de conversão fisiológica da planta de milho. O processo fotossintético do tipo C4, onde o gás carbônico é concentrado nas células da bainha vascular das folhas, fonte, e os carboidratos produzidos são translocados para locais onde serão estocados ou metabolizados, dreno, garante a eficiente conversão da energia radiante em matéria seca (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004; FORNASIERI FILHO, 2007; GUERRA et al., 2019).

O milho pode ser considerado uma das plantas com maior eficiência na armazenagem de energia, visto que uma semente com cerca de 0,3g origina uma planta com mais de 2,00 m de altura em aproximadamente nove semanas e nos meses subsequentes até seu ponto de maturação produz entre 600 e 1000 grãos semelhantes a única semente que lhes deu origem (ALDRICH et al., 1982). A utilização dos grãos de milho na alimentação animal chega a 70%, sendo os Estados Unidos da América considerado o maior exportador mundial de milho (ERENSTEN et al., 2022).

A semeadura de milho no Brasil se caracteriza por duas épocas no ano, primeira safra com a semeadura realizada durante o período chuvoso, sendo nos fins de agosto na Região Sul e de outubro a novembro nas Regiões Sudeste e Centro Oeste. E segunda safra é semeada entre os meses de janeiro e fevereiro nas áreas de sequeiro, podendo se estender até março ou mais adiante em condições de irrigação e após a colheita da safra normal, subsequente à soja precoce, de modo que se possa aproveitar as últimas chuvas que antecedem os períodos de seca. Isto se dá por poucas alternativas economicamente viáveis para a safra outono/inverno e garantindo então um complemento no abastecimento deste grão no país (SHIOGA et al., 2004).

De acordo com a CONAB (2023), o milho trata-se do cereal produzido em maior volume no mundo. É cultivado em todo território nacional, sendo significativa sua importância no setor agroindustrial, seja pela grande área ocupada e volume produzido como

também pela sua contribuição na renda do produtor. A cultura do milho se destaca entre as atividades agropecuárias do país, visto que seu valor de produção é superado apenas pelo da soja. Esta cultura é importante fonte de renda para os produtores e fundamental para criação de aves, suínos, bovinos, entre outros animais, dada sua importância na composição das rações (CRUZ et al., 2011; TORESAN et al., 2021).

Fancelli e Dourado Neto (2004) afirmam que o baixo rendimento de grãos no cultivo de milho no Brasil decorre de uma densidade inadequada de plantas por unidade de área, fatores ligados à fertilidade do solo e ao arranjo espacial de plantas. Associando tais fatores à disponibilidade hídrica, Sangoi (2000), ressalta que a população ideal para elevar ao máximo o rendimento de grãos de milho varia de 30.000 a 90.000 plantas ha⁻¹.

De acordo com Fancelli, Dourado Neto (2004), o espaçamento entrelinhas inicialmente era entre 80 e 90 cm, pois, as plataformas das colhedoras eram inadequadas para espaçamento reduzido. Todavia, Cruz et al. (2007), afirma que a redução no espaçamento e o aumento da densidade de plantas é uma realidade na cultura do milho no Brasil em decorrência de plataformas adaptáveis às colhedoras que possibilitam a colheita com espaçamento de até 45 cm.

Segundo Marafon e Assmann (2022), uma melhor distribuição e maior uniformidade entre plantas por área de cultivo é obtido com redução no espaçamento entrelinhas. Palhares (2003), diz que a competição pelos recursos do ambiente também é reduzida em decorrência do menor espaçamento, melhorando a sua utilização. Vale ressaltar ainda que o espaçamento reduzido torna o arranjo espacial das plantas mais favorável, estimulando as taxas de crescimento da cultura na sua fase inicial, aumentando ainda a eficiência da luz incidente no dossel por conta do incremento em sua interceptação. A antecipação no crescimento aumenta a competitividade com plantas daninhas, conforme afirma Paes e Zito (2006) e Teasdale (1995), além de tornar a cultura resistente a possíveis estresses ambientais e ataques de pragas e doenças futuras (NUMMER FILHO e HENTSCHKE, 2006), pois plantas bem nutridas tem maior capacidade de suportar as intempéries.

2.2 Sistemas de preparo do solo

Os sistemas de preparo do solo adotados são plantio direto, convencional e cultivo mínimo. O Sistema de Plantio Direto (SPD) já era uma prática consolidada nos Estados Unidos e na Europa, sendo introduzido no Brasil no final da década de 1960. Inicialmente, essa abordagem foi implementada em pequenas áreas como parte de estudos acadêmicos

1 voltados para o manejo conservacionista do solo. O agricultor pioneiro na adoção do plantio
2 direto no Brasil foi Herbert Bartz, que, em 1972, iniciou, experimentalmente, cultivos
3 baseados nesse sistema em sua propriedade em Rolândia, no estado do Paraná, após importar
4 equipamentos dos Estados Unidos (SANTOS et al., 2020).

5 Os primeiros experimentos relevantes foram realizados em 1973 na região de Ponta
6 Grossa, Paraná, onde diferentes métodos de preparação do solo, incluindo o cultivo sem
7 revolvimento, foram testados. Os resultados desses testes foram publicados em 1974,
8 marcando o início dos estudos sobre manejo conservacionista do solo em regiões brasileiras
9 (SANTOS et al., 2020).

10 O SPD representa uma abordagem conservacionista para a gestão agrícola, focando em
11 preservar e reverter os impactos do sistema convencional. Baseado em três princípios
12 fundamentais, que incluem a não perturbação do solo entre safras, a manutenção de resíduos
13 culturais na superfície do solo e a rotação de culturas ao longo dos anos, o SPD é reconhecido
14 como uma alternativa que promove a estabilidade dos agregados do solo (REICOSKY, 2020;
15 PAGE; DANG; DALAL, 2020).

16 Ao evitar o revolvimento do solo e incorporar práticas como a conservação da palhada,
17 o sistema contribui para a formação e estabilização dos agregados, impulsionados pela ação
18 benéfica da matéria orgânica proveniente dos restos culturais. Estudos destacam as vantagens
19 econômicas e ambientais do SPD, assim como sua integração com sistemas de lavoura
20 pecuária, resultando em conservação do solo, aumento da produtividade, diversificação de
21 atividades, redução do risco econômico e menor custo de produção (TORRES; ASSIS; LOSS,
22 2018; AGUIAR et al., 2021; DE MELLO FRASCA et al., 2021).

23 O manejo cuidadoso do solo no plantio direto, sem a necessidade de preparo extensivo
24 com equipamentos agrícolas, é apontado como crucial para evitar degradação e alterações
25 indesejadas nas propriedades físicas do solo (SILVA, 2023). Além disso, a camada de palhada
26 resultante do SPD desempenha um papel essencial na proteção do solo contra múltiplos
27 agentes ambientais. Esta cobertura contribui para a redução significativa da perda de
28 sedimentos, podendo ser até cinco vezes menor em comparação com o sistema de plantio
29 convencional (BOMBINO et al., 2021). A palhada atua como uma barreira eficaz, protegendo
30 o solo das gotas de chuva, da radiação solar intensa e da ação dos ventos, mitigando os efeitos
31 erosivos. Além disso, a decomposição da matéria orgânica presente na palhada proporciona a
32 liberação gradual de nutrientes no solo por meio da mineralização, enriquecendo o ambiente
33 para o desenvolvimento das culturas. Esse duplo benefício da palhada no SPD não apenas

1 preserva a estrutura do solo, mas também contribui para a fertilidade e saúde geral do sistema
2 agrícola (SALOMÃO et al., 2020).

3 O processo inicial de preparação do solo, sistema de plantio convencional, desempenha
4 um papel crucial na agricultura, proporcionando condições ideais para a germinação,
5 emergência e estabelecimento das plantas, ao mesmo tempo em que contribui para a redução
6 da população inicial de plantas invasoras. Este procedimento é dividido em preparo primário e
7 secundário (DI SACCO et al., 2021).

8 O preparo primário do solo é uma etapa fundamental, pois visa aprimorar o terreno para
9 o plantio, otimizando as condições de cultivo. Diversos métodos e equipamentos são
10 empregados nessa fase, cada um com suas especificações e vantagens, destinados a afrouxar o
11 solo, criar sulcos e torná-lo mais propício para o plantio. Além disso, esses equipamentos têm
12 a função de incorporar corretivos, fertilizantes, resíduos vegetais e realizar o controle de
13 plantas indesejadas. Por sua vez, o preparo secundário envolve o destorroamento e
14 nivelamento da camada arada por meio de gradagens (PEREIRA; HERLING; SILVA, 2020).

15 As áreas agricultáveis, em sua maioria, são propensas à erosão e degradação acelerada
16 quando cultivadas pelo sistema de preparo convencional, expostas aos elementos como vento,
17 sol e chuva (KASSAM et al., 2020; JIN et al., 2023). No entanto, sob tecnologia avançada,
18 esses solos podem suportar uma diversidade de culturas, permitindo até três safras anuais, o
19 que é inviável no sistema convencional devido ao tempo necessário para o preparo.

20 Operações recorrentes de preparo do solo podem resultar em uma estrutura deficiente,
21 causada por drenagem inadequada, preparo excessivo, exploração intensiva da cultura e
22 operações de baixa qualidade devido à escolha do implemento. Portanto, o preparo do solo
23 deve ocorrer em condições de friabilidade, onde a resistência é baixa, e a capacidade de
24 suporte de carga e resistência à compressão são elevadas (BRITO et al., 2020; SALOMÃO;
25 BARBOSA; CORDEIRO, 2020).

26 No campo, a condição ideal de umidade para o preparo do solo é quando um torrão
27 desagrega facilmente sob leve pressão entre os dedos (DOS SANTOS QUEIROZ et al.,
28 2023). Para o arado e a grade, a faixa ideal é de 60-70% da capacidade de campo para solos
29 argilosos e 60-80% para solos arenosos. Já para escarificador e subsolador, a faixa ideal é de
30 30-40% da capacidade de campo para solos argilosos (PEREIRA; HERLING; SILVA, 2020).

31 No sistema de plantio convencional, os resíduos são incorporados ao solo devido à
32 aração e gradagem, tornando-o suscetível à erosão causada pela chuva (ARAÚJO, 2008;
33 SINGH et al., 2023). No entanto, esse método proporciona um melhor contato entre o solo e a
34 semente devido à pulverização do solo.

Segundo de Oliveira Silva et al. (2021), a relação entre o manejo e a qualidade do solo pode ser avaliada observando os efeitos nas propriedades físicas, químicas e biológicas. A propósito, fertilizantes e corretivos agrícolas podem alterar os atributos químicos do solo, especialmente nos Latossolos, que geralmente são pobres em nutrientes. A estrutura do solo, sensível ao manejo, pode ser avaliada por meio de variáveis relacionadas à sua forma e/ou estabilidade (CAMPOS et al., 1995; HUERA-LUCERO et al., 2020).

Estudos indicam que a textura e mineralogia do solo influenciam a resistência e resiliência das propriedades físicas, sendo impactadas pelo manejo agrícola (LONGEPIERRE et al., 2021; REN et al., 2022; ABU-HASHIM et al., 2023). O uso de implementos no preparo do solo altera a distribuição e estabilidade dos agregados, reduzindo macroagregados e aumentando microagregados (WEIDHUNER et al., 2021). Isso expõe a matéria orgânica aos microrganismos, resultando em perda e redução da qualidade do solo.

No entanto, o sistema de cultivo mínimo ou reduzido visa diminuir a quantidade de preparo do solo e a redução dos gastos energéticos, além de proporcionar condições ideais para a emergência e o estabelecimento de plantas (MANTOVANI, 2000; SOMASUNDARAM et al., 2020). Geralmente, são realizadas apenas atividades como escarificação, subsolagem e o uso da enxada rotativa (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012). A escolha dessas atividades depende das necessidades específicas da área e da cultura subsequente (UTZIG, 2018).

Além disso, contribui para a redução da compactação do solo, uma vez que minimiza o tráfego de máquinas que revolvem o solo (SOUZA NETO et al., 2022). Estudos indicam que taxas significativas de infiltração estável de água foram obtidas quando o preparo do solo envolveu apenas o uso de escarificadores (PANACHUKI et al., 2011; PINHEIRO DADALTO et al., 2023).

Pesquisas destacam que sistemas de plantio direto e cultivo mínimo resultam em acúmulo significativo de matéria orgânica, fósforo, potássio, magnésio e cálcio, além de elevação do pH, aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases e redução do teor de alumínio em comparação com o sistema convencional (SOUZA; ALVES et al., 2003; FREITAS, 2023). Esses sistemas também melhoram a qualidade do solo, mantendo níveis semelhantes de matéria orgânica em relação ao sistema natural (SOUZA, ALVES et al., 2003).

Outros estudos têm enfatizado as práticas conservacionistas de manejo do solo, buscando a manutenção e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos cultivados, assim como seu impacto no rendimento das culturas. Tais técnicas asseguram

condições favoráveis para a manutenção e recuperação da capacidade produtiva do solo, mantendo níveis adequados de matéria orgânica (DE MELO BENITES et al., 2023) e promovendo aprimoramentos na disponibilidade de nutrientes para culturas subsequentes (DE FREITAS et al., 2020).

2.3 Plantas de cobertura

Adubação verde é a prática de incorporar ao solo massa vegetal não decomposta, proveniente de plantas cultivadas localmente ou importadas, com o objetivo de aumentar a produtividade das terras agrícolas, preservando ou restaurando sua fertilidade (IDERAWUMI; KAMAL, 2022).

A seleção da espécie de adubo verde pelo agricultor é baseada na disponibilidade de sementes e nos objetivos do cultivo, levando em consideração a cultura que será plantada posteriormente (BAIYERI; OLAJIDE, 2023). Devido à grande variedade de espécies de adubos verdes e suas características botânicas e fenológicas distintas, é possível cultivá-los de várias formas (LIMA FILHO et al., 2014). Na região Sul, sul de São Paulo e Mato Grosso do Sul, os adubos verdes são amplamente cultivados no inverno, mas também existem opções para cultivo na segunda safra e safra, além de consórcio com culturas econômicas de verão. No Cerrado do Brasil central, especialmente no Distrito Federal, o cultivo de adubos verdes é mais restrito devido às condições climáticas, porém ainda é possível cultivá-los em sucessão, consórcio ou antes da cultura principal de verão, graças ao Sistema de Plantio Direto. Isso abre novas perspectivas para o manejo sustentável do solo nessas regiões (PITOL et al., 2006).

As plantas de cobertura são essenciais para manter a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, pois proporcionam condições favoráveis para o crescimento das culturas seguintes (PACHECO et al., 2017). As plantas de cobertura são aquelas que têm a função de proteger o solo contra erosão, lixiviação de nutrientes e podem ser utilizadas para diversos fins como pastoreio, produção de grãos, sementes, silagem ou fornecimento de palha para o Sistema Plantio Direto (LAMAS, 2017). A adubação verde pode ser classificada em diferentes modalidades, de acordo com os sistemas de cultivo, sendo elas adubação verde em rotação com culturas anuais, adubação verde em consorciação com culturas anuais, adubação verde intercalar a culturas perenes, adubação verde em áreas de pousio temporário, adubação verde com uma única espécie, adubação verde em consórcio de espécies, adubação verde em faixas e coquetel de adubos verdes (LIMA FILHO et al., 2014).

1 Nas áreas de Cerrado, onde os solos são ácidos, de baixa fertilidade e com pouco
2 material orgânico, o uso de plantas de cobertura é ainda mais crucial. Além de viabilizar o
3 Sistema Plantio Direto na região, essas plantas melhoram o pH, a fertilidade e a matéria
4 orgânica dos solos. Essa prática conservacionista ajuda a controlar a erosão, reduzir a
5 degradação do solo e melhorar suas propriedades físicas, químicas e biológicas, sendo
6 fundamental para um manejo adequado (COSTA et al., 2013).

7 Algumas leguminosas herbáceas podem se beneficiar com calagem e adubação mineral
8 para melhorar a fertilidade do solo, mas nem sempre essas práticas são viáveis
9 economicamente para o plantio de adubos verdes. É importante identificar plantas adaptadas a
10 solos de baixa fertilidade. Além disso, fatores como rápido crescimento, alta produção de
11 palha, disponibilidade de sementes no mercado, sementes pequenas e sem dormência, ciclo
12 curto, resistência a nematoides, fixação de nitrogênio, rusticidade contra pragas e doenças são
13 importantes para as espécies de adubos verdes (EMBRAPA, 2005).

14 Alguns resultados com plantas de cobertura têm proporcionado melhorias ao sistema de
15 produção vegetal, conforme observado por Bressan et al. (2013), que os teores de nutrientes e
16 níveis de matéria orgânica foram mais elevados nas áreas sob cobertura de milheto e
17 braquiária e promoveram alterações semelhantes nos atributos químicos do solo, que
18 diferiram do cerrado nativo.

19 As plantas de cobertura braquiária *ruziziensis* e crotalária *junccea*, cultivadas no final da
20 estação chuvosa, exercem efeitos positivos sobre a produtividade de grãos de milho, cultivado
21 em sucessão e em sistema plantio direto (CARVALHO et al., 2015). A adubação verde com
22 as plantas leguminosas é capaz de aumentar o estoque de C do solo mesmo em curto prazo,
23 sendo a mucuna cinza a leguminosa com maior potencial para acumular C no solo da região
24 de Redenção/CE, mas a crotalária *junccea* é recomendada para a manutenção de resíduo
25 orgânico no solo (IMBANA, et al., 2021).

26 Borghi et al. (2021), trabalhando com diferentes plantas de cobertura, na região Central
27 de Minas Gerais, constataram que as cultivares BRS Quênia e o capim *ruziziensis*
28 apresentaram maior taxa de acúmulo de matéria seca e maior capacidade de acumular matéria
29 seca com apenas 194 mm de precipitação pluviométrica.

30 Viola et al. (2013), durante dois anos, estudando as coberturas, constataram que a
31 ervilha-forrageira e o nabo-forrageiro foram as melhores plantas de cobertura para anteceder o
32 trigo, no entanto Skora Neto e Campos (2017), constataram que o maior rendimento do trigo
33 foi em áreas com girassol, enquanto as áreas com nabo forrageiro e crotalária *junccea* não
34 diferiram da área em pousio.

1 Para a escolha das espécies vegetais e o planejamento da adubação verde, é necessário
2 considerar critérios como características ambientais (temperatura, fertilidade do solo,
3 disponibilidade de água). A temperatura afeta diretamente o metabolismo das plantas,
4 incluindo a absorção e o transporte de nutrientes. A altitude também é um fator importante,
5 relacionado à temperatura média do ar, para selecionar espécies adaptadas ao frio
6 (EMBRAPA, 2005).

7

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Instalação e condução do experimento de campo e delineamento experimental

O experimento foi conduzido simultaneamente em dois talhões distintos na área experimental da Fundação Chapadão, Município de Chapadão do Sul, Estado de Mato Grosso do Sul, localizado nas coordenadas geográficas 18°46'13,4" S e 52°37'19,8" W e altitude de 819 m. O clima, segundo classificação de Koppen, é do tipo tropical úmido (Aw), com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com precipitação média anual de 1.850 mm e umidade relativa média anual de 64,8%, apresenta temperatura média anual variando de 13°C a 28°C. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa segundo a metodologia de Santos et. al. (2018).

Na Tabela 1 são apresentados a caracterização química e granulométrica nas camadas de 0 – 0,02 m e 0,20 – 0,40 m da área 1 e 2, onde foram conduzidos os trabalhos.

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica do solo na profundidade de 0 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m nas duas áreas distintas. Chapadão do Sul, MS, 2023.

Prof. m	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	P mg dm ⁻³	Ca	Mg	K	Al	H+Al cmol _c dm ⁻³	SB	CTCe	CTC
Área 1											
0 - 0,2	26,58	4,71	66,64	2,63	1,06	0,13	0,08	5,16	3,82	3,90	9,00
0,2 - 0,4	22,79	4,48	35,64	1,77	0,73	0,10	0,20	6,07	2,60	2,80	8,70
Área 2											
0 - 0,2	27,36	4,71	39,08	2,09	0,84	0,15	0,22	6,12	3,08	3,30	9,20
0,2 - 0,4	22,99	4,49	22,92	1,31	0,51	0,11	0,35	6,52	1,93	2,28	8,50
Prof. m	V ----- % -----	m	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila	Silte	Areia
Área 1											
0 - 0,2	42,54	2,05	9,88	0,24	1,53	48,50	13,67	4,89	57,25	4,17	38,58
0,2 - 0,4	30,00	7,14	28,24	0,24	1,22	55,08	8,91	3,08	59,33	4,38	36,29
Área 2											
0 - 0,2	33,48	6,67	6,47	0,22	1,26	36,58	10,52	4,49	56,42	3,54	40,04
0,2 - 0,4	22,84	15,35	19,76	0,21	0,98	39,17	5,99	2,70	57,25	3,12	39,62

MO: Na₂Cr₂O₇; pH: CaCl₂; P: Resina; Ca, Mg, Al: KCl; H+Al: SMP; S: NH₄CH₃CO₂; B: H₂O quente; K, Cu, Fe, Mn e Zn: Mehlich.

Verifica-se que os teores de matéria orgânica e pH estão em níveis médios nas camadas de 0 a 0,40m. O fósforo, CTC, cobre, ferro, manganês e zinco apresentam níveis altos em ambas as áreas e camadas. Os teores de cálcio, magnésio e potássio estão em níveis adequados tanto na área 1 quanto área 2 e até a profundidade de 0,40 m. Os teores de alumínio na área 1 estão baixos, já na área 2 está baixo até 0,20 m e médio de 0,20 a 0,40 m. A saturação de bases apresenta níveis adequados até 0,20 m e médio de 0,20 a 0,40 m na área 1, na área 2 os níveis são médios em ambas as profundidades. Os teores de saturação de alumínio (m) e boro são considerados baixos. O teor de enxofre em ambas as áreas se apresenta baixo na camada até 0,20 m e adequado nas camadas de 0,20 a 0,40 m (Sousa e Lobato, 2004).

Na Figura 1 são apresentados os dados de climáticos observados entre o período de preparo do solo (março/2022), semeadura das plantas de cobertura (setembro/2022), dessecação das plantas de cobertura (janeiro/2023), semeadura do milho (fevereiro/2023) até a colheita do milho (julho/2023) na área 1, enquanto na Figura 2 são apresentados os dados referentes à área 2.

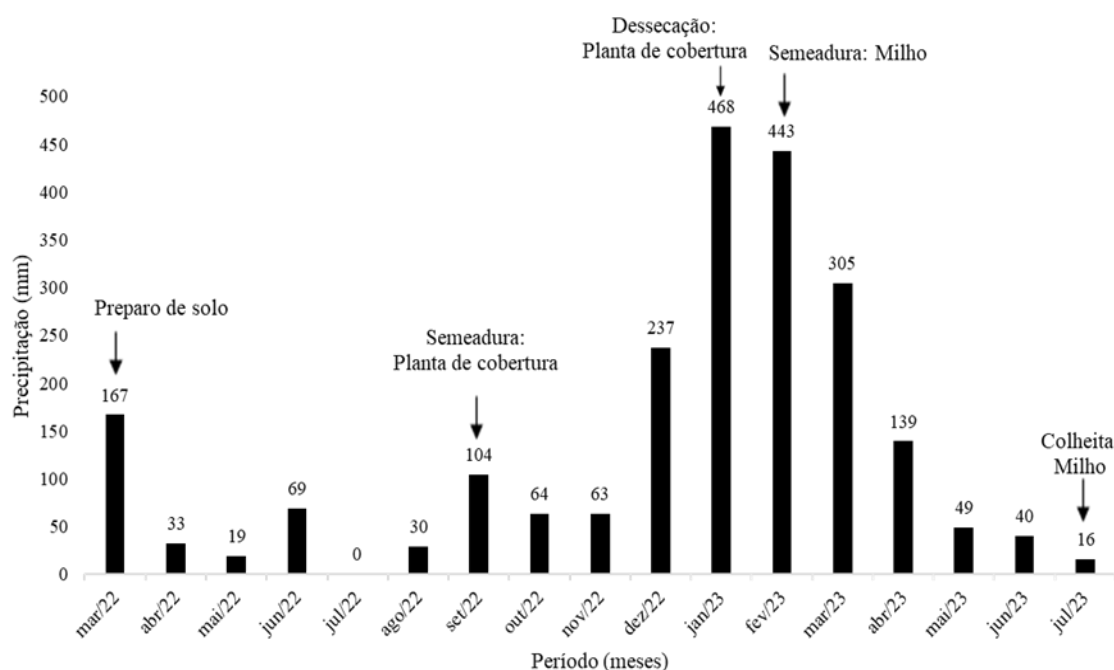


Figura 1: Representação gráfica dos valores mensais de precipitação pluviométrica registrados na área 1 de 01/03/2022 e 31/07/2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.

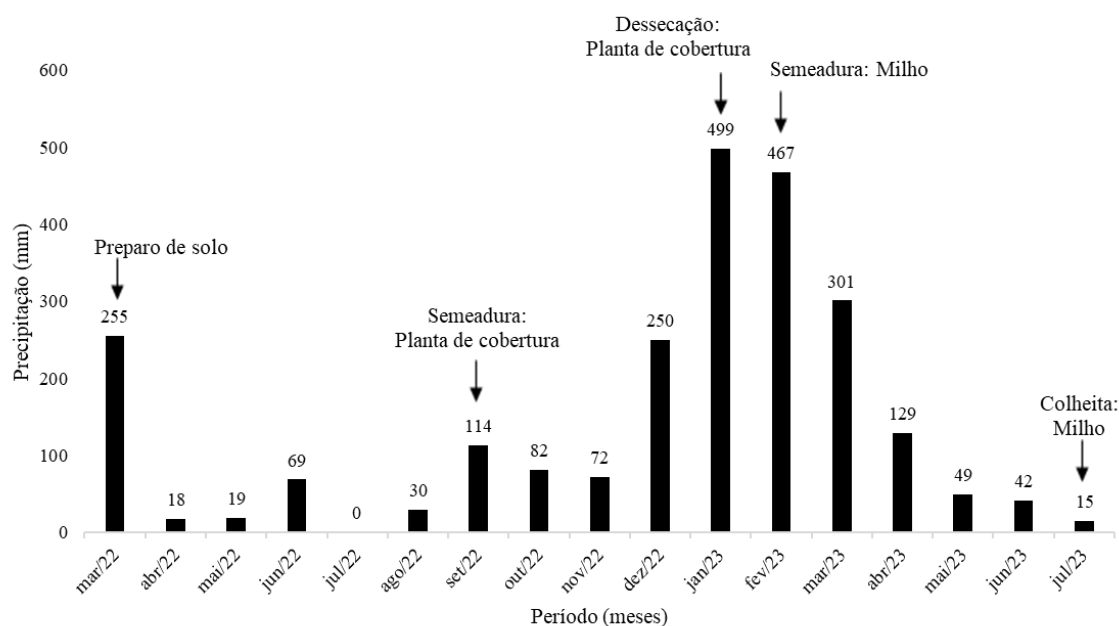


Figura 2: Representação gráfica dos valores mensais de precipitação pluviométrica registrados na área 2 de 01/03/2022 e 31/07/2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.

No período que compreendeu o preparo de solo, semeadura e estabelecimento de plantas de cobertura a precipitação acumulada foi de 1.253 mm na área 1 e 1.406 mm na área 2. Durante o cultivo do milho, a precipitação na área 1 e 2 foram 991 mm e 1.003 mm, respectivamente.

Os tratamentos foram 3 sistemas de preparo do solo: 1- Subsolação + Gradagem leve (SCM); 2- Subsolação + Arado de aiveca + Gradagem média + Gradagem leve (SPC); e 3 – Sistema de Plantio Direto (SPD). Em cada sistema de preparo foram semeadas 3 plantas de cobertura (*Urochloa ruziziensis*, Nabo Forrageiro e *Crotalaria spectabilis*) (Tabela 2).

No sistema de cultivo mínimo (SCM) foi realizada inicialmente a operação de subsolação promovendo o corte vertical do solo com subsolador de 5 hastes atuando em uma profundidade efetiva de 0,40 m, seguida de uma gradagem leve, destorreadora-niveladora com discos de 20” e profundidade de 0,15 m. O sistema de preparo convencional (SPC) realizou-se a mesma operação de subsolação realizada no cultivo mínimo para corte vertical do solo. Em seguida foi utilizado arado reversível de três aivecas que promoveu o corte e inversão da leira de solo em profundidade de 0,40 m. A gradagem média foi realizada para quebra dos torrões formados pela aração, com grade média, cujos discos são de 26”. Finalizando a operação, foi utilizada a grade leve destorreadora-niveladora. No sistema de plantio direto foi realizado o revolvimento do solo.

Tabela 2: Caracterização dos tratamentos subsolagem + gradagem (SCM), arado de aiveca + subsolagem + gradagem (SPC) plantio direto (SPD) associados as adubações verdes com *Urochloa ruziziensis*, nabo forrageiro e *Crotalaria spectabilis*. Chapadão do Sul, MS (2023).

Tratamento	Manejo do solo	Plantas de cobertura
T1	SPD	<i>Urochloa ruziziensis</i>
T2	SPD	<i>Crotalaria spectabilis</i>
T3	SPD	Nabo forrageiro
T4	SCM	<i>Urochloa ruziziensis</i>
T5	SCM	<i>Crotalaria spectabilis</i>
T6	SCM	Nabo forrageiro
T7	SPC	<i>Urochloa ruziziensis</i>
T8	SPC	<i>Crotalaria spectabilis</i>
T9	SPC	Nabo forrageiro

As áreas destinadas a instalação do experimento foram cultivadas em sistema de sucessão soja/milho-segunda safra desde o ano agrícola 2016/17. Após a colheita do milho em junho de 2020 foram mantidas em pousio, sendo realizado o manejo de plantas daninhas para que não houvesse o estabelecimento delas.

Em março de 2022 foram realizados os sistemas de preparo (Faixas) com os implementos acima descritos e tracionados por um trator 4x2 TDA Case IH Farmall 110A. Em setembro de 2022 foram semeadas as parcelas com crotalária, braquiária e nabo com doses de 12, 8 e 15 kg.ha⁻¹, respectivamente, utilizando semeadora de grão fino em espaçamento de 0,225 m, que foram conduzidos até sua dessecação em janeiro de 2023. A semeadura do milho se deu em fevereiro de 2023, sendo realizada com semeadora adubadora para plantio direto, utilizaram-se sementes do híbrido simples precoce AS 1820PRO3, com espaçamento de 0,45 m entrelinhas e distribuição de 3,4 sementes por metro e a colheita em julho de 2023. Após a colheita foram realizadas coletas de solo para análises químicas.

Os manejos e tratos culturais na cultura do milho foram realizados conforme descrição:

- Dessecação das plantas de coberturas: Tranzorb R 2,5 l.ha⁻¹ + Liberty 2,0 l.ha⁻¹;
- pré-semeadura: KCl - 100 kg.ha⁻¹;
- Sulco de semeadura: Azzospirillum 100 mL.ha⁻¹ (inoculante) + Vigga 50 mL.ha⁻¹ (nematicida)
- Sulco de semeadura: MAP (11-52-00) 150 kg.ha⁻¹;
- Pré-emergência: Dual Gold – 2 l.ha⁻¹ (planta daninha) + Perito – 1 kg.ha⁻¹ (percevejo);

- VE: Engeo Pleno – 0,3 l.ha⁻¹ (cigarrinha e percevejo) + Figther 0,05 l.ha⁻¹ (adjuvante);
- V2: Ureia -100 kg.ha⁻¹;
- V2: Exalt – 0,15 l.ha⁻¹ (lagartas) + Engeo Pleno – 0,3 l.ha⁻¹ (cigarrinha e percevejo) + Fighter – 0,05 l.ha⁻¹ (adjuvante);
- V3: Perito – 1 kg.ha⁻¹ (cigarrinha) + Prêmio – 100 mL.ha⁻¹ (lagartas) + Atrazina – 3 kg.ha⁻¹ (folhas largas) + Glifosato – 2 l.ha⁻¹ (folhas estreitas) + Óleo mineral (OM) – 0,5 l.ha⁻¹;
- V4: Cellerate – 100 mL.ha⁻¹ (adubo foliar) + Kellus Blindex – 0,5 kg.ha⁻¹ (adubo foliar) + Metomil – 1 l.ha⁻¹ (cigarrinha e lagartas) + Granada – 0,8 kg.ha⁻¹ (cigarrinha) + Fighter – 0,05 l.ha⁻¹ (adjuvante);
- V5: Cellerate – 100 mL.ha⁻¹ (adubo foliar) + Kellus Copper – 0,5 kg.ha⁻¹ (adubo foliar) + Curbix – 0,75 l.ha⁻¹ (cigarrinha e percevejo) + Granada – 0,8 kg.ha⁻¹ (cigarrinha); + Abacus – 0,38 l.ha⁻¹ (fungicida);
- V6: Ureia – 150 kg.ha⁻¹;
- V6: Atrazina – 3 kg.ha⁻¹ (folhas largas) + Soberan – 0,240 l.ha⁻¹ (folhas estreitas) + OM – 0,5 l.ha⁻¹ + Exalt – 0,15 l.ha⁻¹ (lagartas) + Engeo Pleno – 0,3 l.ha⁻¹ (cigarrinha) + Granada – 0,8 kg.ha⁻¹ (cigarrinha);
- V7: Talisman – 0,7 l.ha⁻¹ (cigarrinha) + Granada – 0,8 kg.ha⁻¹ (cigarrinha);
- V8: Expedition – 0,3 l.ha⁻¹ (cigarrinha e pulgão) + Octaborato de sódio – 0,5 kg.ha⁻¹;
- V10: Metomil – 1 l.ha⁻¹ (cigarrinha e lagarta) + Belyan – 0,6 l.ha⁻¹ (fungicida) + Unizeb Gold – 2 kg.ha⁻¹ (fungicida);
- Vt: Orkestra – 0,35 l.ha⁻¹ (fungicida) + Unizeb Gold – 2 kg.ha⁻¹ (fungicida) + Prêmio – 0,1 l.ha⁻¹ (lagartas) + Expedition – 0,3 l.ha⁻¹ (cigarrinha e pulgão) + Granada – 0,8 kg.ha⁻¹ (cigarrinha);
- Vt + 15: Fusão – 0,6 l.ha⁻¹ (fungicida) + Mancozebe – 1,5 kg.ha⁻¹ (fungicida);

3.2 Avaliações realizadas

3.2.1 Avaliação dos componentes da produção e produtividade

Por ocasião da colheita foi realizada a avaliação do número de plantas por metro mediante a contagem do número de plantas nas duas linhas colhidas na área útil de cada parcela, cujos valores foram utilizados para a determinação da **população final de plantas**,

ou seja, do número de plantas correspondentes a um hectare. As demais variáveis avaliadas foram:

Altura média de plantas: realizada por ocasião da maturação plena das plantas, obtida pela medição com régua graduada do comprimento do colmo, da superfície do solo até a base da folha bandeira. Foram avaliadas cinco plantas contínuas na linha de semeadura e representativas da área útil de cada parcela.

Altura média de inserção de espiga: foi obtida pela distância entre a superfície do solo e o ponto de inserção da espiga principal com o colmo, após atingir o ponto de maturação. Foram consideradas as mesmas plantas utilizadas para a determinação da altura média de planta.

Diâmetro de colmo: Realizado simultaneamente à altura média de plantas e altura de inserção da espiga. Considerou-se o diâmetro do segundo internódio, a partir da base da planta, o qual foi mensurado pelo uso de paquímetro, ressaltando ainda que as plantas mensuradas foram as mesmas da altura média de plantas e altura média de inserção da espiga, no mesmo estágio fenológico.

Comprimento médio de espiga: realizado após a colheita e antes da trilha dos grãos, coletando-se aleatoriamente 6 espigas despalhadas em cada parcela, as quais foram medidas da base até o ápice com a utilização de régua graduada.

Diâmetro médio de espiga: foi medido o ponto correspondente ao centro da espiga, sendo amostradas 6 espigas em cada parcela, após a colheita e antes da trilha dos grãos, as quais foram utilizadas na determinação do comprimento médio de espiga.

Diâmetro médio de sabugo: determinado após a debulha das espigas colhidas na área útil da parcela. Nesta avaliação, considerou-se a medição do ponto central de 6 sabugos, sendo estes correspondentes às espigas utilizadas na determinação do comprimento médio de espiga e diâmetro médio de espiga.

Número médio de fileiras de grãos da espiga: foi determinado pela simples contagem do número de fileiras. Foram amostradas 6 espigas em cada parcela, após a colheita e antes da trilha dos grãos. Consideraram-se as mesmas espigas utilizadas na determinação do comprimento e diâmetro médio de espiga.

Número de grãos por espiga: foi obtido pela contagem dos grãos em 6 espigas por parcela, sendo estas as mesmas utilizadas nas amostragens anteriores. Procedeu-se a debulha e em seguida contou-se o número de grãos.

Massa de 1000 grãos: foi determinada por meio da coleta ao acaso e pesagem de 2 amostras de 1000 grãos por parcela, as quais foram pesadas em balança de precisão de 0,001

g, expressando-se os valores médios. A massa dos grãos foi corrigida para 13% de umidade, considerando-se o teor de água obtido pelo método da estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante vinte e quatro horas, utilizando-se duas subamostras de 5g por parcela, seguindo-se as recomendações estabelecidas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Produtividade de grãos: calculada a partir dos dados da colheita na área útil de cada parcela. Sendo as espigas colhidas manualmente, colocadas em sacos de juta, devidamente identificados e levados para secagem natural em terreiro, e após a secagem foram submetidas à trilha e os grãos foram acondicionados em saco de papel. A massa dos grãos foi corrigida para 13% de umidade (base úmida) e os dados transformados para kg ha^{-1} . A umidade foi determinada com o uso de um medidor de umidade.

3.2.3 Análise de solo

As amostras de solo foram coletadas após a colheita do milho na profundidade de 0-0,20 m com auxílio de trado de holandês, acondicionadas em sacos plásticos e identificadas. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneiras com malha de 2 mm de abertura, a fim de avaliar a matéria orgânica, carbono orgânico, pH do solo, fósforo, cálcio, potássio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco conforme procedimento descrito em Raij et al. (2001):

Argila, silte e areia: foram determinados por densímetro após dispersão física e química com agitação e NaOH (0,1 mol l⁻¹).

Matéria orgânica: oxidada com dicromato de sódio.

Fósforo: extraído pelo método de resina, mais adequado para estimar o fósforo disponível no solo.

Enxofre: obtido com acetato de amônio por turbidimetria.

pH: determinado após equilíbrio com solução salina de CaCl₂ (0,01 mol l⁻¹) na proporção solo:solução 1:2,5.

Capacidade de troca de cátions potencial: foi calculada pelo somatório da soma de bases e H+Al.

Saturação por bases: calculada por $(\text{SB} \times 100) / \text{T}$.

H+Al: Acidez potencial estimada após equilíbrio potenciométrico com solução tampão SMP.

Alumínio, cálcio, magnésio e potássio trocáveis: extraídos por solução NH₄Cl (1 mol l⁻¹).

1 **Boro:** extraído com água quente. Cu, Fe, Mn, Zn: Cobre, ferro, manganês e zinco
2 extraídos por solução Mehlich-1.

4 **3.3 Análise dos resultados**

5 O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, no esquema fatorial
6 3 X 3 (três sistemas de preparo de solo e três plantas de cobertura), com quatro repetições. O
7 fator área não foi discutido por se tratar de fator aleatório, que não irá influenciar nos
8 resultados observados, desta forma, qualquer fator primário ou secundário associado ao fator
9 aleatório, também não será discutido. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de
10 três sistemas de preparo do solo e três coberturas vegetais. Os dados foram submetidos à
11 análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

4 RESULTADOS

O resumo da análise de variância para os parâmetros de diâmetro do colmo (DC), altura de inserção da espiga (AIE), altura final de plantas (AFP), comprimento médio de espiga (CME), diâmetro de espiga (DE), diâmetro do sabugo (DS), número de fileiras de grãos (NFG), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) de grãos de milho em função do manejo de solo associado às plantas de cobertura em duas áreas distintas na cultura do milho segunda safra 2023 estão apresentados na Tabela 3. A análise de variância permitiu detectar diferença significativa para interação dos fatores (manejo de solo x plantas de cobertura) apenas para diâmetro de espiga e massa de mil grãos. Com relação ao manejo de solo e/ou planta de cobertura como fator isolado os parâmetros de altura de inserção da espiga, altura final de plantas, diâmetro do sabugo, número de fileiras de grãos e produtividade de grãos apresentaram diferença significativa (Tabela 3).

A altura de inserção da espiga principal (Tabela 4) sofreu interferência dos fatores isolados, apresentando significância apenas em função dos manejos de solo. O plantio direto e convencional não diferiu entre si, já o sistema de cultivo mínimo diferiu e foi inferior a ambos. A altura final de planta (Tabela 4) foi influenciada de maneira isolada pelos sistemas de manejo e pelas coberturas vegetais. No que diz respeito ao manejo de solo é observado que no sistema de plantio direto obteve-se o melhor resultado, 216,39 cm, diferindo sistema de plantio convencional com 204,45 cm e do sistema de cultivo mínimo que alcançou 195,98 cm. Quando se compara a altura final de plantas de milho sob as coberturas vegetais, observou que na presença de braquiária o milho apresentou maior desenvolvimento do que na presença do nabo. A altura do milho tendo como cultura antecessora a crotalária não diferiu das parcelas cuja antecessora foi braquiária e nabo.

1 **Tabela 3.** Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio para as variáveis diâmetro do colmo (DC), altura de inserção da
2 espiga (AIE), altura final de plantas (AFP), comprimento médio de espiga (CME), diâmetro de espiga (DE), diâmetro do sabugo (DS), número de
3 fileiras de grãos (NFG), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de
4 grãos de milho (PROD) em função do manejo de solo associado às plantas de cobertura na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do
5 Sul, MS, 2023.

FV	DC	AIE	AFP	CME	DE	DS	NFG	NGF	NGE	MMG	PROD
Bloco	0,12 ^{ns}	19,92 ^{ns}	135,38 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,06 ^{ns}	2,17 ^{ns}	192,17 ^{ns}	754,31 ^{ns}	482.667,56 ^{ns}
Área (A)	0,06 ^{ns}	166,23 ^{ns}	1.756,27**	8,00*	0,89**	0,05*	0,50 ^{ns}	938,89**	254.898,00**	4.449,39**	5.468.124,50**
Manejo (M)	0,02 ^{ns}	684,38*	1.617,61**	0,43 ^{ns}	0,14**	0,11**	2,10*	1,29 ^{ns}	1.827,17 ^{ns}	7.770,51**	9.866.850,72**
Cobertura (C)	0,08 ^{ns}	56,57 ^{ns}	523,04**	0,51 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2,89**	1,29 ^{ns}	1.462,17 ^{ns}	1.186,34 ^{ns}	1.071.118,93 ^{ns}
A x M	0,04 ^{ns}	43,87 ^{ns}	105,18 ^{ns}	5,29*	0,73**	0,21**	0,88 ^{ns}	79,26**	14.101,17**	13.235,26**	514.116,67 ^{ns}
A x C	0,01 ^{ns}	170,19*	15,55 ^{ns}	1,79 ^{ns}	0,07*	0,02 ^{ns}	2,17*	9,35 ^{ns}	6.436,50*	791,93 ^{ns}	245.572,04 ^{ns}
M x C	0,03 ^{ns}	17,16 ^{ns}	36,90 ^{ns}	2,43 ^{ns}	0,06*	0,01 ^{ns}	0,49 ^{ns}	9,33 ^{ns}	3.738,64 ^{ns}	1.524,06*	1.388.134,10 ^{ns}
A x M x C	0,01 ^{ns}	13,70 ^{ns}	50,55 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,73 ^{ns}	2,47 ^{ns}	2.032,35 ^{ns}	844,56 ^{ns}	2.101.729,83**
Resíduo	0,04	43,25	59,20	1,13	0,02	0,01	0,54	5,58	1.796,18	584,88	558.102,56
CV (%)	11,49	6,73	3,77	6,20	2,86	3,49	4,57	6,90	7,70	7,20	7,66
Média	-----cm-----									g	kg ha ⁻¹
	1,80	97,66	204,72	17,11	4,92	2,73	16,03	34,25	550,08	336,03	9.749,72

6 Teste F: * - significativo a 5%; ** significativo a 1%; ns – não significativo.
7
8

Tabela 4. Comparação de médias para as variáveis altura de inserção da espiga (AIE), altura final de plantas (AFP), diâmetro de sabugo (DS), número de fileira de grãos e produtividade de grãos de milho avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes cobertura em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.

Manejo	AIE	AFP	DS	NFG	PROD
	-----cm-----				kg ha ⁻¹
SCM	91,54 b	195,98 c	2,79 a	15,71 b	9.137,42 c
SPC	100,04 a	204,45 b	2,73 a	16,08 ab	9.695,42 b
SPD	101,39 a	212,39 a	2,66 b	16,29 a	10.416,33 a
Cobertura					
Nabo	96,21 a	199,53 b	2,73 a	15,75 b	9.661,50 a
Crotalária	97,50 a	204,42 ab	2,72 a	15,92 ab	9.596,87 a
Braquiária	99,27 a	208,87 a	2,74 a	16,42 a	9.990,79 a

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

SCM: Sistema de Cultivo Mínimo; SPC: Sistema de Plantio Convencional; SPD: Sistema de Plantio Direto.

O diâmetro de sabugo foi influenciado pelos sistemas de manejo de solo, onde o sistema de cultivo e mínimo e convencional não diferiram entre si, sendo superiores ao sistema de plantio direto (Tabela 4). O número de fileiras de grãos permite verificar diferença nos fatores isolados. Relacionados a cobertura vegetal, o tratamento com braquiária foi superior ao tratamento com nabo e a crotalária não diferiu de ambos. Com relação ao manejo de solo, o sistema de plantio direto apresentou média maior que o sistema de cultivo mínimo e o sistema convencional não diferiu dos outros manejos.

A produtividade de grão de milho foi influenciada pelo manejo de solo como fator isolado, de forma que o sistema de plantio direto apresentou o maior rendimento, seguido do sistema convencional e o sistema de cultivo mínimo apresentou o menor rendimento (Tabela 4).

Para diâmetro de espiga houve diferença significativa entre os sistemas de manejo apenas quando utilizou crotalária como planta de cobertura, sendo o menor diâmetro observado no sistema plantio direto (SPD). E entre as coberturas nos diferentes sistemas de manejo foi verificado que a cobertura com crotalária diferiu das demais coberturas no SPD, apresentando o menor diâmetro, enquanto nos demais sistemas não foram encontradas diferenças significativas entre as coberturas (Tabela 5).

Entre os sistemas de manejo foi verificado diferença significativa apenas quando utilizou o nabo como planta de cobertura, com o SPD apresentando menor MMG e diferindo dos demais sistemas. No entanto, na análise das plantas de cobertura em cada sistema de manejo, somente no SPC houve diferença significativa para a MMG entre as coberturas nabo e braquiária, com maior MMG obtido quando utilizou nabo como cobertura, e a crotalária não diferiu de ambas as coberturas (Tabela 5).

Tabela 5. Desdobramento da interação entre manejo x cobertura para diâmetro de espiga (DE) e massa de mil grãos (MMG) avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes cobertura em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.

Manejo	Cobertura		
	Nabo	Crotalária	Braquiária
DE (cm)			
SCM	4,97 aA	5,01 aA	5,04 aA
SPC	4,90 aA	4,97 aA	4,92 aA
SPD	4,90 aA	4,70 bB	4,96 aA
MMG (g)			
SCM	353,38 aA	334,25 aA	340,25 aA
SPC	369,25 aA	340,38 aAB	339,75 aB
SPD	305,88 bA	311,75 aA	329,38 aA

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna e letras maiúsculas na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

SCM: Sistema de Cultivo Mínimo; SPC: Sistema de Plantio Convencional; SPD: Sistema de Plantio Direto.

De acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 6) os teores de matéria orgânica, carbono orgânico e potencial hidrogeniônico (pH) do solo em amostras coletadas após a colheita do milho apresentaram interação significativa entre manejo de solo e planta de cobertura, já a capacidade de troca de cátions apresentou efeito significativo apenas para manejo de solo, como fator isolado.

Tabela 6. Resumo da análise de variância com o quadrado médio para os teores matéria orgânica (MO), carbono orgânico (CO), capacidade de troca cátions (CTC), potencial hidrogeniônico (pH) do solo em amostras na profundidade de 0 – 0,20 m coletadas na após a colheita do milho avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes cobertura em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.

FV	MO	CO	CTC	pH
Bloco	2,38 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,48 ^{**}	0,12 [*]
Área (A)	52,70 ^{**}	17,76 ^{**}	6,68 ^{**}	0,89 ^{**}
Manejo (M)	5,19 ^{ns}	1,75 ^{ns}	0,91 ^{**}	0,11 [*]
Cobertura (C)	6,95 ^{ns}	2,34 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,10 ^{ns}
A x M	1,91 ^{ns}	0,64 ^{ns}	1,46 ^{**}	0,11 [*]
A x C	2,21 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,11 [*]
M x C	9,40 [*]	3,16 [*]	0,24 ^{ns}	0,08 [*]
A x M x C	8,11 ^{ns}	2,73 [*]	0,11 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Resíduo	2,58	0,87	0,11	0,03
CV (%)	5,37	5,38	3,45	3,88
	-----g dm ⁻³ -----		cmol _c dm ⁻³	CaCl ²
Média	29,87	17,37	9,76	4,62

Teste F: * - significativo a 5%; ** significativo a 1%; ns – não significativo.

Os teores de matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO) foram influenciados pelos sistemas de manejo e plantas de cobertura, sendo que ambas as variáveis apresentaram diferença significativa entre os sistemas de manejo apenas para o nabo como planta de cobertura, com menores teores observados no SPD. E entre as plantas de cobertura nos diferentes sistemas de manejo, apenas o SPD apresentou diferença entre as plantas de cobertura, com nabo apresentando os menores valores em relação à crotalária (Tabela 7).

Tabela 7. Desdobramento da interação entre manejo x cobertura para matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO) no solo em amostras coletadas na profundidade de 0 – 0,20 m após a colheita do milho avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes coberturas em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.

Manejo	Cobertura		
	Nabo	Crotalária	Braquiária
MO (g dm ⁻³)			
SCM	29,92 aA	30,30 aA	30,40 aA
SPC	30,82 aA	30,29 aA	29,10 aA
SPD	27,81 bB	30,89 aA	29,32 aAB
CO (g dm ⁻³)			
SCM	17,37 aA	17,58 aA	17,63 aA
SPC	17,88 aA	17,58 aA	16,87 aA
SPD	16,13 bB	17,92 aA	17,01 aAB

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna e letras maiúsculas na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

SCM: Sistema de Cultivo Mínimo; SPC: Sistema de Plantio Convencional; SPD: Sistema de Plantio Direto.

A comparação de média de capacidade de troca de cátions (Tabela 8) apontou diferença significativa para os sistemas de manejo de solo como fator isolado, de forma que os sistemas de cultivo mínimo e convencional não diferiram entre si, já o sistema de plantio direto diferiu de ambas, apresentando a menor média.

Os valores de potencial hidrogeniônico (pH) diferiram entre o SCM e SPD quando utilizou a braquiária como planta de cobertura, com maior valor de pH encontrado no SPD. Para cada sistema de manejo em função das plantas de cobertura observou-se diferenças para o SPC e SPD. No SPC a diferença foi entre crotalária e braquiária, com maior valor de pH para crotalária. No entanto no SPD a diferença foi entre nabo e braquiária com maior valor obtido quando usou a braquiária como planta de cobertura (Tabela 9).

Tabela 8. Comparação de média para o teor de capacidade de troca de cátions (CTC) no solo em amostras na profundidade de 0 – 0,20 m coletadas após a colheita do milho avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes coberturas em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.

Manejo	CTC (cmol _c dm ⁻³)
SCM	9,87 a
SPC	9,88 a
SPD	9,54 b
Cobertura	
Nabo	9,68 a
Crotalária	9,90 a
Braquiária	9,71 a

Médias seguidas das mesmas letras, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
SCM: Sistema de Cultivo Mínimo; SPC: Sistema de Plantio Convencional; SPD: Sistema de Plantio Direto.

Tabela 9. Desdobramento da interação entre manejo x cobertura para potencial hidrogeniônico (pH) no solo em amostras coletadas na profundidade de 0 – 0,20 m após a colheita do milho avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes coberturas em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.

Manejo	Cobertura		
	Nabo	Crotalária	Braquiária
	pH (CaCl ₂)		
SCM	4,54 aA	4,62 aA	4,51 bA
SPC	4,67 aAB	4,81 aA	4,59 abB
SPD	4,47 aB	4,64 aAB	4,74 aA

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna e letras maiúsculas na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
SCM: Sistema de Cultivo Mínimo; SPC: Sistema de Plantio Convencional; SPD: Sistema de Plantio Direto.

Os teores de fósforo no solo analisados após a colheita do milho na camada de 0-0,20m apresentaram diferença significativa para ambos os fatores, manejo de solo e cobertura, de forma isolada, não havendo interação significativa entre eles. Os teores de potássio e manganês foram influenciados pelas coberturas de solo, enquanto os micronutrientes, cobre e ferro, apresentaram significância apenas em função dos manejos adotados. Os teores de cálcio, magnésio, enxofre e boro foram influenciados pela interação manejo e cobertura (Tabela 10).

1 **Tabela 10.** Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio para os teores de fósforo (P), cálcio (Ca), potássio (K), magnésio
2 (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) no solo em amostras na profundidade de 0 – 0,20 m coletadas
3 após a colheita do milho avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes cobertura em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023.
4 Chapadão do Sul, MS, 2023.

FV	P	Ca	K	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Bloco	557,99 ^{ns}	1,09*	0,0007 ^{ns}	0,38**	5,78 ^{ns}	0,0006*	0,08 ^{ns}	0,16 ^{ns}	2,47 ^{ns}	4,09 ^{ns}
Área (A)	18798,60**	8,00**	0,0284**	1,50**	113,50*	0,0475**	2,13**	2604,01**	340,17**	51,51**
Manejo (M)	2898,80**	0,65 ^{ns}	0,0053 ^{ns}	0,25*	13,22 ^{ns}	0,0026**	0,38*	82,79*	2,87 ^{ns}	4,84 ^{ns}
Cobertura (C)	3737,76**	1,58**	0,0194**	0,20*	89,78*	0,0003 ^{ns}	0,07 ^{ns}	2,79 ^{ns}	29,88**	2,09 ^{ns}
A x M	6000,45**	1,76**	0,0039 ^{ns}	0,21*	95,61*	0,0004 ^{ns}	0,06 ^{ns}	66,68 ^{ns}	34,16**	4,55 ^{ns}
A x C	1942,51**	1,23*	0,0017 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,02 ^{ns}	63,35 ^{ns}	13,58 ^{ns}	7,22*
M x C	834,75 ^{ns}	0,76*	0,0020 ^{ns}	0,21*	121,61**	0,0007*	0,14 ^{ns}	23,64 ^{ns}	8,39 ^{ns}	4,18 ^{ns}
A x M x C	4688,63**	0,52 ^{ns}	0,0065 ^{ns}	0,05 ^{ns}	59,32 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,02 ^{ns}	22,70 ^{ns}	13,17 ^{ns}	4,12 ^{ns}
Resíduo	328,91	0,28	0,0028	0,06	23,55	0,0002	0,08	21,13	5,18	1,64
CV (%)	28,83	20,90	29,85	23,73	35,25	6,28	17,13	9,31	16,23	21,31
	mg dm⁻³	-----cmol_c dm⁻³-----			mg dm⁻³	-----mg dm⁻³-----				
Média	62,91	2,52	0,18	1,01	13,77	0,24	1,63	49,37	14,02	6,00

Teste F: * - significativo a 5%; ** significativo a 1%; ns – não significativo.

É verificado na Tabela 11 a comparação dos teores médios de fósforo, potássio, cobre, ferro e manganês quando apresentaram efeito significativo de forma isolada, seja para manejo ou cobertura. O teor de fósforo quando influenciado pelos sistemas de manejo apresentou maior teor quando submetido ao sistema de plantio convencional, diferindo do sistema de plantio direto, já o sistema de cultivo mínimo não diferiu de ambos. Relacionado às coberturas vegetais, onde foi cultivado nabo os teores de fósforo foram menores, a crotalária e braquiária não diferiram entre si, apresentando os maiores teores.

Submetido aos diferentes manejos de solo, o teor de potássio não foi influenciado estatisticamente, já em relação as diferentes coberturas, observa-se que áreas cultivadas após a presença de braquiária apresenta o melhor teor nutricional, ao passo que as coberturas com nabo e crotalária apresentam resultados inferiores, não diferindo estatisticamente entre si (Tabela 11).

O teor de Cu no solo após a colheita do milho diferiu entre o SCM e SPD e o teor de Fe entre o SPC e SPD, com maior teor observado no SCM e SPD, respectivamente, para Cu e Fe, já para cobertura não houve diferença significativa para essas variáveis. Entretanto, para Mn não houve diferença significativa para os sistemas de manejo, porém diferiu entre as coberturas nabo e crotalária, com maior teor de Mn encontrado quando utilizou a crotalária como planta de cobertura, já a braquiária não diferiu das demais coberturas (Tabela 11).

Tabela 11. Comparação de média para os teores fósforo (P), potássio (K), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) no solo em amostras na profundidade de 0 – 0,20 m coletadas na após a colheita do milho avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes coberturas em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.

Manejo	P	K	Cu	Fe	Mn
	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³		mg dm ⁻³	
SCM	62,78 ab	0,17 a	1,77 a	49,50 ab	14,39 a
SPC	73,96 a	0,17 a	1,59 ab	47,46 b	13,97 a
SPD	51,98 b	0,19 a	1,54 b	51,17 a	13,70 a
Cobertura					
Nabo	49,26 b	0,15 b	1,61 a	49,46 a	12,80 b
Crotalária	73,74 a	0,17 b	1,70 a	49,00 a	14,98 a
Braquiária	65,72 a	0,21 a	1,59 a	49,67 a	14,29 ab

Médias seguidas das mesmas letras na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

SCM: Sistema de Cultivo Mínimo; SPC: Sistema de Plantio Convencional; SPD: Sistema de Plantio Direto.

Analizando os teores de cálcio (Ca) entre os sistemas de manejo em cada planta de cobertura verificou-se que para crotalária e braquiária não houve diferença entre os sistemas de manejo, porém para o nabo a diferença foi entre o SPC e SPD, com maior teor de Ca no solo na área de SPC (Tabela 12).

Tabela 12. Desdobramento da interação entre manejo x cobertura para cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e boro (B) no solo em amostras coletadas na profundidade de 0 – 0,20 m após a colheita do milho avaliadas em diferentes manejos de solo e diferentes coberturas em duas áreas na cultura do milho segunda safra 2023. Chapadão do Sul, MS, 2023.

Manejo	Cobertura		
	Nabo	Crotalária	Braquiária
Ca (cmol_c dm⁻³)			
SCM	2,30 abA	2,66 aA	2,39 aA
SPC	2,67 aAB	3,10 aA	2,34 aB
SPD	1,87 bB	2,61 aA	2,70 aA
Mg (cmol_c dm⁻³)			
SCM	0,87 abA	1,00 bA	0,87 bA
SPC	1,12 aAB	1,30 aA	0,94 abB
SPD	0,79 bB	1,02 abAB	1,17 aA
S (cmol_c dm⁻³)			
SCM	15,31 abA	12,70 abA	15,19 aA
SPC	12,75 bA	17,12 aA	11,97 abA
SPD	19,34 aA	10,82 bB	8,69 bB
B (mg dm⁻³)			
SCM	0,25 aA	0,24 abA	0,24 aA
SPC	0,24 aA	0,25 aA	0,24 aA
SPD	0,21 bB	0,23 bAB	0,24 aA

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna e letras maiúsculas na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

SCM: Sistema de Cultivo Mínimo; SPC: Sistema de Plantio Convencional; SPD: Sistema de Plantio Direto.

Quando se analisa a diferença entre as plantas de cobertura em cada sistema de manejo observa que no SCM não há diferença entre as plantas de cobertura e no SPC a diferença foi entre crotalária e braquiária, como maior teor de Ca encontrado na área que foi utilizada

1 crotalária. Já para SPD o nabo diferiu das demais coberturas, sendo crotalária e braquiária
2 onde obteve-se os maiores teores de Ca (Tabela 12).

3 Os teores de magnésio (Mg) variaram em função dos sistemas de manejo e plantas de
4 cobertura, sendo que entre os sistemas de manejo em função do nabo como planta de
5 cobertura o SPC diferiu do SPD, para a crotalária SCM diferiu do SPC, com maiores teores de
6 Mg obtidos no SPC. Entretanto para braquiária a diferença foi entre SCM e SPD, com maior
7 teor encontrado no SPD. Quando analisamos o efeito das coberturas em cada sistema de
8 manejo verificamos que para SCM não houve diferença significativa, porém para SPC a
9 diferença significativa foi entre crotalária e braquiária e para SPD entre braquiária e nabo,
10 com crotalária e braquiária proporcionando os maiores teores de Mg, respectivamente, no
11 SPC e SPD (Tabela 12).

12 Os sistemas de manejo diferiram entre si em cada uma das plantas de cobertura
13 utilizadas, com maior teor de enxofre (S) sendo observado no SPD em relação ao SPC quando
14 utilizou nabo como planta de cobertura, e no SPC em relação ao SPD para crotalária e no
15 SCM em relação ao SPD para braquiária. Contudo entre as plantas de cobertura em cada
16 sistema de manejo a diferença significativa foi encontrada apenas no SPD, com o maior teor
17 de S constatado na área que foi cultivada com nabo (Tabela 12), diferindo das demais

18 Os teores de boro (B) diferiram entre os sistemas de manejo para as plantas de cobertura
19 nabo e crotalária, com maior teor no SCM e SPC para o nabo, SPD e SPC para crotalária,
20 enquanto na área cultivada com braquiária não houve diferença significativa. Entre as plantas
21 de cobertura para cada sistema de manejo apenas no SPD foi constatada diferença
22 significativa, sendo a área com braquiária onde observou-se o maior teor de B em relação ao
23 nabo, ao passo que crotalária não diferiu de ambas as coberturas (Tabela 12).

5. DISCUSSÃO

Bravin (2014) verificou que altura de inserção da espiga em tratamentos submetidos ao sistema de preparo convencional foi maior do que quando submetido ao sistema de plantio direto. Isso difere dos resultados obtidos no presente trabalho (Tabela 4), onde verifica-se que em ambos os manejos não houve diferença significativa. Possamai et al. (2001) verificaram que no sistema de semeadura direta, as plantas de milho atingiram maiores alturas, conforme evidenciado na Tabela 4 e tiveram a primeira espiga mais elevada em comparação com os outros tratamentos. Provavelmente, tiveram melhores condições de temperatura, umidade e luminosidade, resultando em um maior crescimento. A altura das plantas e a altura da primeira espiga influenciam diretamente as perdas, a pureza dos grãos na colheita mecanizada bem como o remanescente de tecido vegetal deixado na área em função de plataforma de corte em altura mais elevada, o que minimiza o corte de plantas daninhas que se desenvolvem a medida que as plantas de milho atingem a maturidade fisiológica, pois nessa fase há uma redução da área foliar permitindo entrada de luz pelo dossel das plantas favorecendo o desenvolvimento destas

Paula et. al. (2013), analisando por três safras a altura final de plantas em função do sistema de plantio direto, convencional e cultivo mínimo apresentam resultados semelhantes aos apresentados na Tabela 4, com a semeadura direta se destacando positivamente em relação aos demais manejos. A altura final do milho também influenciada pelas coberturas corroborando ao resultado obtido por Luís, (2014), onde o milho cultivado após braquiária e crotalária apresentou altura superior às plantas cultivadas após a utilização de nabo como cultura antecessora. Oliveira et. al. (2021) observaram que no sistema de cultura de sucessão com Marandú, as plantas de milho apresentaram maior altura em comparação com o tratamento Marandú + *C. ochroleuca*. Isso pode ser devido à maior quantidade de palhada da Marandú no solo após o cultivo da soja, já que as gramíneas têm uma taxa de decomposição mais lenta devido à sua relação C/N mais alta em comparação com as leguminosas.

A altura da planta do milho é um importante parâmetro que reflete o desenvolvimento da cultura e possui correlação positiva com a produtividade. Com o mesmo material genético e sob as mesmas condições climáticas, observa-se que plantas maiores tendem a apresentar uma maior capacidade produtiva. Isso pode ser justificado pelo fato de que plantas mais altas acumulam maiores quantidades de reservas no colmo. Dessa forma, a altura das plantas, juntamente com o diâmetro do colmo, são aspectos essenciais a serem considerados para um bom rendimento da cultura de milho (SILVA et al., 2006a; FAVARATO et al., 2016).

1 Para uma melhor avaliação do diâmetro do sabugo, é possível observar a relação entre o
2 diâmetro da espiga e do sabugo. Quanto maior a relação, maior será a quantidade de grãos em
3 relação ao volume do sabugo (RIZZARDO, et. al., 2017). Esta relação pode ser calculada com
4 base nos dados da Tabela 4 e 5 onde verifica-se que o sistema de plantio direto apresenta o
5 menor diâmetro de sabugo e a maior relação entre espiga e sabugo, seguido de sistema de
6 plantio convencional e sistema de cultivo mínimo, cuja relação são 1,82, 1,80 e 1,79,
7 respectivamente, justificando assim o maior número de fileiras de grãos e maior produtividade
8 de grãos de milho.

9 A distribuição dos elementos produtivos ao longo dos estágios fenológicos da cultura do
10 milho é heterogênea. O número de fileiras de grãos por espiga é determinado no estágio
11 fenológico 1, enquanto o comprimento da espiga e o número de grãos por espiga são
12 influenciados pelos estágios fenológicos 3, 4 e 5. Além disso, a massa de mil grãos está
13 associada ao estágio fenológico 6. É importante ressaltar que restrições nutricionais, hídricas
14 ou outras condições adversas nesses estágios fenológicos podem comprometer o
15 desenvolvimento adequado dos componentes produtivos (SILVA et al., 2008; CHIODEROLI
16 et al., 2010; NEVES NETO et al., 2016).

17 Os resultados apresentados na Tabela 4 diferem dos obtidos por Freitas et. al. 2017, que
18 afirma que o número de fileiras de grãos não é influenciado pelo preparo de solo
19 convencional, cultivo mínimo e plantio direto. Com relação à presença de cobertura vegetal, o
20 tratamento com braquiária como cultura antecessora reforça a afirmativa de que este
21 parâmetro é definido logo no início do estabelecimento, de forma que as condições foram
22 mais favoráveis em parcelas com braquiária.

23 De acordo com Carvalho e Amabile (2006), as plantas de cobertura são essenciais para
24 melhorar a qualidade do solo, aumentar a matéria orgânica e promover a atividade biológica.
25 Além disso, seu manejo ajuda a disponibilizar mais nutrientes para os cultivos seguintes, seja
26 através da fixação biológica do nitrogênio pelas leguminosas, da maior solubilidade do
27 fósforo ou da absorção de nutrientes das camadas mais profundas do solo, favorecendo assim
28 a interferência das plantas de cobertura no número de fileiras de grãos.

29 A produtividade de grãos de milho foi afetada pelos tratamentos de maneira isolada
30 (Tabela 4). O sistema de plantio direto apresentou maior produtividade média, diferindo do
31 sistema de cultivo mínimo e convencional. Em termos numéricos, o sistema de plantio direto
32 apresentou um incremento 6,9% em relação ao sistema convencional, percentual que
33 corresponde a 11,4 sacas/ha. Quando comparado ao sistema de cultivo mínimo o aumento em

1 produtividade observado no sistema de plantio direto é da ordem de 12,2%, totalizando uma
2 superioridade de 20,7 sacas/ha.

3 De acordo com Barros et al. (2015) em dois anos de cultivo os resultados de
4 produtividade não diferiram entre os sistemas de manejo do solo, todavia, em termos
5 numéricos seus resultados se assemelham ao presente estudo, onde o sistema de plantio
6 apresenta tendência de ser mais produtivo que o sistema convencional e cultivo mínimo,
7 respectivamente. Rossetti e Centurion (2013) verificaram que o sistema de plantio direto
8 apresenta incremento em produtividade quando comparado ao sistema convencional, quando
9 avaliado aos seis e oito anos, o plantio direto não diferiu do convencional. Silva et. al. (2015),
10 comparando o sistema de plantio direto e convencional sob deficiência hídrica aponta
11 incremento em produtividade quando não há revolvimento do solo.

12 O diâmetro de espiga (Tabela 5) foi influenciado pela interação sistemas de manejo x
13 cobertura, com a cultura antecessora nabo e braquiária proporcionando maiores diâmetros no
14 SPD, e entre os manejos quando a cultura antecessora foi a braquiária no SPD proporcionou o
15 menor diâmetro. O comprimento e o diâmetro de espiga são características que determinam o
16 potencial de produtividade da cultura do milho (OHLAND et al., 2005), pois de acordo com
17 Favarato et al., (2016) o diâmetro de espiga está estreitamente relacionado com enchimento de
18 grãos e número de fileiras de grãos por espiga, porém também é influenciado pelo genótipo.

19 A massa de mil grãos apresentada trata-se de um fator fortemente dependente do
20 genótipo e das condições climáticas, portanto, equalizando o fator genético, em uma mesma
21 condição climática, desde que não haja um fator nutricional limitante, o manejo de solo e
22 presença de diferentes coberturas vegetais, foi o fator preponderante para ocorrência dos
23 resultados observados na Tabela 5, onde verifica-se que a massa de mil grãos foi maior no
24 SCM e SPC quando a cultura antecessora foi o nabo, e no SPC com a mesma cultura
25 antecessora também foi verificado maior massa de mil grãos (Tabela 5). Silva et al. (2006b)
26 relataram maior massa de mil grãos de milho em sucessão a crotalária em relação ao pousio
27 (vegetação espontânea: constituída predominantemente de capim colonião, trapoeraba, picão
28 preto e corda de viola) e ao milheto. Portugal et al. (2017) verificaram maior massa de mil
29 grãos utilizando a crotalária como cobertura vegetal em relação ao pousio. Esses autores
30 justificam isso pode estar associado à imobilização e liberação de N pela crotalária ser mais
31 rápida em relação ao pousio, suprindo a planta com mais N e consequentemente produzindo
32 grãos com massa superior. O que pode ter acontecido nesse trabalho em relação ao nabo e à
33 braquiária como cultura de cobertura no SPC.

Os teores de matéria orgânica e carbono orgânico (Tabela 7) diferiu no SPD, sendo o nabo a cultura antecessora que proporcionou menores teores, e crotalária e braquiária não diferem entre os sistemas de manejo. Embora tenha diferenças no SPD todos os teores para matéria orgânica se enquadram na faixa de teores médios para a região dos Cerrados (SOUSA; LOBATO, 2004). A matéria orgânica do solo é um importante indicador da qualidade do solo e o seu aumento leva a uma melhoria da ciclagem de nutrientes, da capacidade de troca catiônica, da capacidade tampão e do rendimento das culturas (LEHMAN et al., 2015).

O teor de carbono presente no solo está diretamente relacionado ao conteúdo de matéria orgânica. Quando ocorre um aumento no teor de carbono, isso reflete um aumento na quantidade de matéria orgânica presente, trazendo consigo melhorias significativas para a qualidade física, química e biológica do solo. É importante ressaltar que o processo de formação da matéria orgânica é um processo gradual e lento. Assim, variações no conteúdo relativo das frações de matéria orgânica demonstram mudanças efetivas e duradouras ao longo do tempo (CUNHA et al., 2005). Os sistemas com manutenção de palhada e sem revolvimento do solo tendem, com o tempo, a apresentar incremento de matéria orgânica no solo (COSTA et al., 2008).

A CTC do solo é influenciada por parâmetros como pH, textura e quantidade de matéria orgânica presente no solo. A matéria orgânica do solo contém diversos grupos funcionais, incluindo os grupos carboxílicos e fenólicos, os quais têm a capacidade de liberar íons de hidrogênio que contribuem para a capacidade de troca de cátions do solo (CTC). (FONTES et al., 2001; RANGEL; SILVA, 2007; SOUSA et al., 2007). Os teores de CTC observados na Tabela 8 que apontam valores estatisticamente iguais para sistema de plantio convencional e cultivo mínimo e superior ao sistema de plantio direto se justifica pelo menor valor de matéria orgânica observado neste tratamento, corroborando com Rheinheimer et al. (1998), que verificou maior CTC associado a valores maiores de matéria orgânica.

O pH variou no SPC e SPD em função das culturas antecessoras nas amostras coletadas ao término do ciclo da cultura principal (milho), porém considerados como teor médio para a região dos Cerrados (SOUSA; LOBATO, 2004). Diferindo dos resultados obtidos por Sousa e Silva (2009), que em sistema convencional observou que o pH não variou entre o início e o final do experimento, o que o autor explica ter ocorrido pelo fato da adubação ter sido realizada com adubos químicos, com a adição de N via sulfato amônio que apresenta o potencial de promover a acidificação do solo através do processo de nitrificação, e no presente estudo foi utilizado ureia em todos os tratamentos.

1 O teor de fósforo variou em função do sistema de manejo e das plantas de cobertura,
2 com o teor sendo maior no SPC em relação ao SPD (Tabela 11) corroborando com os estudos
3 de Santos et al. (2006) que verificaram, na profundidade de 10 a 20 cm, maior teor de P
4 preparo convencional do que no plantio direto, e, contrariamente, na profundidade de 0 a 5
5 cm. O fato ocorrido em ambos os experimentos, pode ser explicado, de acordo com o mesmo
6 autor pelo fato de no preparo convencional há à inversão da leiva do solo por ocasião do
7 preparo, fazendo com que o P seja distribuído de forma mais uniforme, em profundidade.

8 A crotalária e a braquiária como cultura antecessora ao milho favorecem o incremento
9 do P ao solo, conforme verificado nas análises após a colheita do milho. Entretanto,
10 independente do sistema de manejo e da cobertura os teores de P na área de cultivo são
11 considerados altos para os solos da região dos Cerrados (SOUSA; LOBATO, 2004).

12 As raízes das plantas monocotiledôneas apresentam baixa CTC em comparação as
13 raízes de dicotiledôneas, portanto, as gramíneas são mais eficientes na remoção de cátions
14 monovalentes (K⁺) do solo (MARSCHNER, 1995; TEODORO et al., 2011), o que explica o
15 fato do teor de potássio ser maior quando a cultura antecessora foi a braquiária (Tabela 11).
16 Os teores de K tanto para manejo quanto para culturas de cobertura do presente trabalho são
17 considerados alto para a região dos Cerrados (SOUSA; LOBATO, 2004).

18 Embora tenha havido diferença para o cobre entre o sistema de cultivo e plantio direto e
19 o Fe entre sistema de plantio convencional e plantio direto, estes são considerados altos para a
20 região dos Cerrados (SOUSA; LOBATO, 2004). O maior teor de Mn, com níveis altos
21 segundo o mesmo autor, encontrado após a colheita da cultura principal foi na área com
22 crotalária como antecessora ao milho em relação ao nabo, a braquiária não diferiu de ambas
23 (Tabela 11).

24 Os teores de Ca nas amostras de solo coletadas após a colheita do milho foram
25 influenciados pelos sistemas de manejo e pelas culturas antecessoras ao milho (Tabela 12),
26 porém todos os valores estão dentro da faixa considerada como adequado para a região dos
27 Cerrados (SOUSA; LOBATO, 2004). Pedroti et al. (2015) verificou que nos sistemas de
28 cultivo o cálcio possui pouca mobilidade no solo, mas observaram diferenças significativas
29 nos teores deste elemento nos tratamentos SPC, SCM e SPD em profundidade, porém tal
30 diferença não foi verificada em função das culturas de cobertura (guandu, amendoim,
31 crotalária e feijão) adotadas naquele experimento.

32 Para o Mg trocável do solo, após a colheita do milho, observou-se variação entre as
33 coberturas para o SPC e SPD, e entre os sistemas SPD foi inferior ao SCM e SPC na cultura
34 do nabo. De maneira geral, todos os tratamentos apresentaram valores de Mg considerados

1 adequados para os solos da região dos Cerrados (SOUSA; LOBATO, 2004). Os valores de
2 enxofre e boro, após a colheita do milho variaram em função da interação sistemas de manejo
3 x plantas de cobertura, com valores de S variando de teores baixo a adequado, e o B
4 considerado baixo em todos os tratamentos (SOUSA; LOBATO, 2004).

5 De maneira geral o trabalho evidenciou que os sistemas de preparo do solo não se
6 fizeram necessário para promoção de incremento em produtividade, visto que o plantio direto
7 foi o mais produtivo para cultura do milho e a utilização de crotalaria e braquiária como
8 cultura antecessora ao milho são as opções que melhor se enquadram no cenário de Cerrado.

9 Os resultados obtidos estão restritos a apenas um ano agrícola e duas áreas distintas,
10 havendo, portanto, a necessidade de continuidade do trabalho para verificação da frequência
11 dos resultados a longo prazo, bem como a avaliação das características físicas do solo.

12

1 **5 CONCLUSÃO**

2

3 O sistema de plantio direto promoveu o melhor resultado em produtividade de milho e
4 neste sistema a melhor planta de cobertura é a braquiária.

5 As plantas de cobertura dependem do manejo de solo adotado.

6

7

REFERÊNCIAS

- ABU-HASHIM, M.; LILIENTHAL, H.; SCHNUG, E.; LASAPONARA, R.; MOHAMED, E.S. Can a Change in Agriculture Management Practice Improve Soil Physical Properties. **Sustainability**, v.15, n.4, p.3573, 2023. <https://doi.org/10.3390/su15043>
- AE, N.; ARIHARA, J.; OKADA, K. Phosphorus uptake mechanism of pigeonpea grow in Alfisols and Vertisols. In: JOHANSEN, C.; LEE, K.; SAHRAWAT, K.L. ed. **Phosphorus nutrition of grain legumes in the semi-arid tropics**. Patancheru: ICRISAT, 1991. p.91-98.
- AGUIAR, E.B.; SCHLEDER, E.J.D.; BRITO, V.H.B.; AGUENA, F. A. F. Plantio direto na cultura da mandioca. **Uniciências**, v.25, n.1, p.02-09, 2021.
- ALDRICH, S.R.; SCOTT, W.O.; LENG, E.R. **Modern corn production**. 2 ed. Champaign: **A & L Publication**, 1982. 371p.
- ALVARENGA, R. C. et al. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.
- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELES, F.L.; BRUM, A.C. Potencial de culturas de coberturas em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.189-197, 2001.
- AMADO.T.J.C.; ALMEIDA. E. X.; DALL'AGNOL. L.; MATOS, A. T. **Determinação da cobertura do solo por adubos verdes**. Florianópolis: EMPASC, 1987.
- AMORIM, S.P.N.; BOECHAT, C.L.; DUARTE, L.S.L.; ROCHA, C.B.; CARLOS, F.S. Grasses and legumes as cover crops affect microbial attributes in oxisol in the cerrado (savannah environment) in the northeast region. **Revista da Caatinga**, v.33, n.1, p.31-42, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n104rc>
- ARAUJO, M. A. de. Modelos agrometeorológicos na estimativa da produtividade da cultura da soja na região de Ponta Grossa – Paraná; Curitiba, 2008. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo).
- AUDEH, S. J. S., LIMA, A. C. R. D., CARDOSO, I. M., JUCKSCH, I., CASALINHO, H. D. Qualidade do solo: uma visão etnopedológica em propriedades agrícolas familiares produtoras de fumo orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 3, p. 34-48, 2011.

1 BAIYERI, K. P.; OLAJIDE, K. Impacts of Green Manure Amendment in Cropping System.
2 In: **Manure Technology and Sustainable Development**. Singapore: Springer Nature
3 Singapore, 2023. p. 241-272.

4 BARROS, I.; PACHECO, E. P.; CARVALHO, H. W. L. de.; CINTRA, F. L. D; SILVA, J.,
5 M., L. da; DANTAS, E. do N.; SOARES, T., F., S., N. **Desempenho da Cultura do Milho**
6 **em Diferentes Sistemas de Manejo do Solo nas Condições do Agreste Sergipano**.
7 Embrapa Tabuleiros Costeiros. Aracaju, SE, 2015.

8 BENDER, S.F., VAN DER HEIJDEN, M.G.A. Soil biota enhance agricultural sustainability
9 by improving crop yield, nutrient uptake and reducing nitrogen leaching losses. **Journal of**
10 **Applied Ecology**, v.52, p.228-239, 2015. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12351>

11 BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8. ed. São Paulo: Ícone, 2012.
12 p.355.

13 BESEN, M. R., RIBEIRO, R. H., MONTEIRO, A. N. T. R., IWASAKI, G. S., PIVA, J. T.
14 Práticas conservacionistas do solo e emissão de gases do efeito estufa no Brasil. **Scientia**
15 **Agropecuária**, v.9, p.429-439, 2018.

16 BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C.; PEREIRA
17 FILHO, I.A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico
18 típico sob sistemas de manejo na Região dos Cerrados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*,
19 v.25, p.167-177, 2001.

20 BOER, C.A.; ASSIS, R.L. de; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L. de L.;
21 CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na
22 entressafra em um solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.1269-1276,
23 2007.

24 BOMBINO, G.; DENISI, P.; GÓMEZ, J.A.; ZEMA, D.A. Mulching as best management
25 practice to reduce surface runoff and erosion in steep clayey olive groves. **International Soil**
26 **and Water Conservation Research**, v.9, n.1, p.26-36, 2021.
27 <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.10.002>

28 BONAMIGO, L.A. O plantio direto no cerrado do Mato Grosso do Sul. In: SIMPÓSIO
29 INTERNACIONAL SOBRE PLANTIO DIRETO EM SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, 1993,
30 Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1993. p. 13-16.

1 BONO, J.; RODRIGUES, A.; MAUAD, M.; ALBUQUERQUE, J.; YAMAMOTO, C.;
2 CHERMOUTH, K.; FREITAS, M. Modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados na
3 qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Agrarian**, Dourados, v.1, n.2, p.91-102,
4 2008.

5 BORGHI, E.; PARRELLA, R.A.C.; ABREU, S.C.; KARAM, D.; GONTIJO NETO, M.M.;
6 RESENDE, A.V.de., ALVARENGA, R.C. **Avaliação agrônômica de plantas de cobertura**
7 **para o sistema plantio direto de soja na região Central de Minas Gerais**. Embrapa Milho
8 e Sorgo, 26p., 2021. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo,
9 ISSN 1679-0154; 229).

10 BOSCO, L. C., STANCK, L. T., SOUZA, A. G. D., ROSSATO, O. B., UHLMANN, L. O.,
11 STRECK, N. A. Quantitative parameters of floral stems of gladiolus plants grown under
12 minimum tillage system in Santa Catarina, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 34, p. 318-327, 2021.

13 BOWEN, W.T.; QUINTANA, J.O.; PEREIRA, J.; BOULDIN, D.R.; REID, W.S.;
14 LATHWELL, D.J. Screening legume green manures as nitrogen sources to succeeding non-
15 legume crops. *Planta and Soil*, Dordrecht, v.111, p.309-316, 1988.

16 BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa
17 Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório
18 Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e
19 Abastecimento, 2009. 399p.

20 BRAVIN, M. P. **DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NO PLANTIO**
21 **DIRETO E CONVENCIONAL DE MILHO E BRAQUIÁRIA EM SISTEMAS DE**
22 **INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA**. 2014. 86f. Dissertação (Mestrado)
23 - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2014.

24 BRESSAN, S.B.; NÓBREGA, J.C.A.; NÓBREGA, R.S.A.; BARBOSA, R.S.; SOUSA, L.B.
25 Plantas de cobertura e qualidade química de Latossolo Amarelo sob plantio direto no cerrado
26 maranhense. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, v.17, n.4, p.371–
27 378, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000400003>

28 BRITO, D. R.; SILVA, C. M.; BERBARY, V.E.C; CARVALHO, C.C.N.; NUNES, F.C.;
29 GALLO, C.M Salinização e degradação de solo: uma consequência da recepção com uso
30 inadequado de tecnologia. **Diversitas Journal**, v.5, n.3, p.1707-1719, 2020.
31 <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i3-1100>

1 CAMPOS, R.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J., PETRERE, C. Estabilidade
2 estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e
3 sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.121-126, 1995.

4 CARVALHO, D. F. DE. ;EDUARDO, E. N.; ALMEIDA, W. S. DE.; SANTOS, L. A. F.;
5 SOBRINHO, T. A. Erosão hídrica e infiltração de água no solo em diferentes fases do
6 desenvolvimento do milho e sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia**
7 **Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v.19, n.11, p.1072–1078, 2015

8 CARSKY, R.J. **Estimating availability of nitrogen from green manure to subsequent**
9 **maize crops using a buried bad technique**. Ithaca: Cornell University. 1989. 257p. Ph.D.
10 Thesis. QUINTANA, J.O.; PEREIRA, J.; BOULDIN, D.R.; REID, W.S.; LATHWELL, D.J.
11 Screening legume green manures a nitrogen sources to succeeding non-legume crops. **Planta**
12 **and Soil**, Dordrecht, v.111, p.81-85, 1988.

13 CARVALHO, A.M. de; AMABILE, R.F. (ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF:
14 Embrapa Cerrados, 369p., 2006.

15 CARVALHO, A.M.de, COSER, T.R; REIN, TA, DANTAS R DE A, SILVA RR, SOUZA
16 KW. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na
17 produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.50, n7, p.551-561, 2015.
18 <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000700005>

19 CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de
20 grãos, v.10, n.12, **Safra 2022/2023 – Décimo segundo levantamento**, Brasília, Conab, p.1-
21 111, setembro 2023.

22 COSTA, F.S.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A. & MIELNICZUK, J. Estoque de carbono
23 orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no
24 sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.323-332, 2008.

25 COSTA, F.S.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A. et al. Estoque de carbono orgânico no solo e
26 emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil.
27 **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.323-332, 2008.

28 COSTA, M. B. B. da. (Coord.). **Adubação verde no Sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA,
29 1992. 346p.

30 CRUZ, J.C.; MAGALHÃES, P.C. PEREIRA FILHO, I.A.; MOREIRA, J.A.A. **MILHO: O**
31 **produtor pergunta, a EMBRAPA responde**. Brasília: EMBRAPA, 2011. 333p.

1 CRUZ, J.C.; PEREIRA, F.T.F.; PEREIRA FILHO, I.A.; OLIVEIRA, A.C.; MAGALHÃES,
2 P.C. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. **Revista**
3 **Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.1, p.60-73, 2007.

4 CUNHA, T. F.; CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RIBEIRO, L.P. Fracionamento da
5 matéria orgânica humificada de solos brasileiros. In: CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.
6 (Ed.). **Humosfera**: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Rio de
7 Janeiro: UENF, p.54-80, 2005.

8 SILVA, C. E.; MURAOKA, T.; BASTOS, A. V. S; FRANZIN, V. I.; BUZETTI, S.;
9 LOUREIRO SOARES, F. A.; BATISTA TEIXEIRA, M.; BENDASSOLLI, J. Biomass and
10 Nutrient Accumulation by Cover Crops and Upland Rice Grown in Succession Under No-
11 Tillage System as Affected by Nitrogen Fertilizer Rate. **Journal of Crop Science and**
12 **Biotechnology**, v.23, n.2, p.117-126, 2020. <https://doi.org/10.1007/s12892-019-0288-0>

13 DALPIAN, A. S. M. Redução e novos usos do resíduo sólido mineral e vegetal do amendoim:
14 um estudo de caso com propostas de melhorias. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade
15 Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 2020

16 FREITAS, L.E.; NGOLO, A.O.; OLIVEIRA, M.F.; FERNANDES, R.B.A. Efeito de práticas
17 de manejo de longo prazo sobre atributos químicos do solo. **Cadernos de Agroecologia**,
18 v.15, n.1, 2020.

19 FRASCA, L.L.M; SILVA, M.A.; REZENDE, C.C.; FARIA, D.R.; LANNA, A.C.;
20 FERREIRA, E.P.B.; NASCENTE, A.S. Utilização de plantas de cobertura como alternativa
21 de manejo sustentável. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar**, v.2, n.7, p.e27571-
22 e27571, 2021. <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i7.571>

23 BENITES, V.M.; SCHAEFER, C.E.; MACHADO, P.L.O.; POLIDORO, J.C.; TEIXEIRA,
24 R.S. **Insights into Brazilian Soils and Sustainable Agriculture Scenarios**. In: Schaefer,
25 C.E.G.R. (eds) *The Soils of Brazil*. World Soils Book Series. Springer, Cham. p.471-486,
26 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-19949-3_18

27 SILVA, M.O.; SANTOS, M.P.; SOUSA, A.C.P.; SILVA, R.L.V.; MOURA, I.A.A.; SILVA,
28 R.S.; COSTA, K.D.S. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável.
29 **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.1, p.6853-6875, 2021.
30 <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-463>

1 REZENDE, A.V.DE.; PRADO, R.A.T.DO; FAUSTINO, T.F.; FLORENTINO, L.A.; DIAS,
2 N.C.; SANTOS, P.C.D.O.DOS. Potencial agrônomo e valor nutritivo de forrageiras
3 implantadas na integração com a cultura do milho. **Research, Society and Development**,
4 v.11, n.4, p. e44511427318-e44511427318, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27318>

5 DERPSCH, R.; FRANZLUEBBERS, A.J.; DUIKER, S.W.; REICOSKY, D.C.; KOELLER,
6 K.; FRIEDRICH, T.; STURNY, W.G.; SÁ, J.C.M., WEISS, K. Why Do We Need to
7 Standardize No-Tillage Research? **Soil and Tillage Research**, v.137, p.16-22, 2014.
8 <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.10.002>

9 DI SACCO, A.; HARDWICK, K.A.; BLAKESLEY, D.; BRANCALION, P.H.; BREMAN,
10 E.; CECILIO REBOLA, L.; ANTONELLI, A. Ten golden rules for reforestation to optimize
11 carbon sequestration, biodiversity recovery and livelihood benefits. **Global Change Biology**,
12 v.27, n.7, p.1328-1348, 2021. <https://doi.org/10.1111/gcb.15498>

13 QUEIROZ, A.S; DIAS, C.T.S.; LOPES, A.S.; NASCIMENTO, Í.V.; OLIVEIRA, L.S.;
14 ALMEIDA, B.G.; ARAÚJO FILHO, J.C.; SOUZA, L.S.; SILVA, M.B.; ROMERO, R.E.;
15 TOMA, R.S.; SOUSA, H.H.F.; MOTA, J.C.A. Water content as a deterministic factor in the
16 assessment of cohesive character in soils of Coastal Tablelands (Northeast, Brazil).
17 **Geoderma Regional**, v.32, p. e00600, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00600>

18 ERENSTEIN, O., JALETA, M., SONDER, K., MOTTALEB, K., PRASANNA, B. M.Global
19 maize production, consumption and trade: Trends and R&D implications. **Food Security**, v.
20 14, n. 5, p. 1295-1319, 2022.

21 FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Ecofisiologia e fenologia**. In: FANCELLI, A. L.;
22 DOURADO NETO, D. (Eds). Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 21-54.

23 FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária,
24 2004. 360 p.

25 FAVARATO, L.F.; SOUZA, J.L.; GALVÃO, J.C.C.; SOUZA, C.M.DE.; GUARCONI, R.C.;
26 BALBINO, J.M.S. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas
27 de solo no sistema plantio direto orgânico. **Bragantia**, v.75, n.4, p.497–506, 2016.
28 <https://doi.org/10.1590/1678-4499.549>

29 FONTES, M.P.F.; CAMARGO, O.A. & SPOSITO, G. Eletroquímica das partículas coloidais
30 e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Scientia Agrícola**, v.58,
31 p.627-646, 2001.

1 FERNANDES FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. FUNEP, Jaboticabal, 2007, 576p.

2 FREITAS, L.S. Variação de atributos químicos de dois latossolos amarelos sob diferentes
3 sistemas de manejo nos municípios de redenção e Paragominas-PA. 2023. 176 f. **Tese**
4 (Doutorado em Ciências Agrárias/Agroecossistemas da Amazônia) - Universidade Federal
5 Rural da Amazônia, Belém, 2023. Disponível em:
6 <http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/2051>. Acesso em: 28 jan 2024.

7 GABRIEL FILHO, A.; PESSOA, A. C. dos S.; STROHHAecker, L.; HELMICH, J. J.
8 Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de
9 adubação verde com ervilhaca e aveia preta. **Ciência Rural**, v.30, n.6, p. 953-957, dez. 2000.
10 <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782000000600005>.

11 GUERRA, Y. L., GUERRA, M. L., OLIVEIRA, F. J., TABOSA, J. N., MELO FILHO, P. A.
12 Comportamento de genótipos de milho com características promissoras para a produção de
13 minimilho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.12, n.3, p.855-874, 2019.
14 <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n3p855-874>

15 HARADA, H.; REIN, T.A.; CARVALHO, A.M.C. de.; SPEHAR, C.R.; HATANAKA, T.
16 Increase pf phosphorus availability in rhizosphere soils of somme perennial pasture crops.
17 **Grassland Science**, v.43, n.4, p.482-485, 1998.

18 HUERA-LUCERO, T.; LABRADOR-MORENO, J.; BLANCO-SALAS, J.; RUIZ-TÉLLEZ,
19 T. A framework to incorporate biological soil quality indicators into assessing the
20 sustainability of territories in the Ecuadorian Amazon. **Sustainability**, v.12, n.7, p.3007,
21 2020. <https://doi.org/10.3390/su12073007>

22 IDERAWUMI, A.M.; KAMAL, T.O. Green manure for agricultural sustainability and
23 improvement of soil fertility. **Farming and Management**, v.7, n.1, p.1-8, 2022.
24 <https://doi.org/10.31830/2456-8724.2022.FM-101>

25 IMBANA, R.; BLUM, S.C.; AGUIAR, M.I.; SOUSA, G.G.; NDAMI, M.; DABÓ, I.
26 Leguminosas como plantas de cobertura para melhoria da qualidade do solo. **Revista Verde**
27 **de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.16, n.4, p.351-357, 2021.

28 JACOBS, A. A., EVANS, R. S., ALLISON, J. K., GARNER, E. R., KINGERY, W. L.,
29 MCCULLEY, R. L. Cover crops and no-tillage reduce crop production costs and soil loss,
30 compensating for lack of short-term soil quality improvement in a maize and soybean
31 production system. **Soil and Tillage Research**, v. 218, p. 105310, 2022.

1 JIN, H.; HUANG, S.; SHI, D.; LI, J.; LI, J.; LI, Y.; ZHU, H. Effects of Different Tillage
2 Practices on Soil Stability and Erodibility for Red Soil Sloping Farmland in Southern China.
3 **Agronomy**, v.13, n.5, p.1310, 2023. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051310>

4 KANEKO, F. H.; ARF, O.; GITTI, D. DE C.; TARSITANO, M. A. A.; RAPASSI, R. M. A.;
5 VILELA, R. G. Custos e rentabilidade do milho em função do manejo do solo e da adubação
6 nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.1, p. 102-109, jan./mar.
7 2010.

8 KASSAM, A., FRIEDRICH, T., DERPSCH, R. Global spread of Conservation Agriculture.
9 **International Journal of Environmental Studies**, v.76, p.29-51, 2019.
10 <https://doi.org/10.1080/00207233.2018.1494927>.

11 KASSAM, A.; SANCHEZ, E.J.G.; GODDARD, T.; HONGWEN, L.; MELLO, I.;
12 MKOMWA, S.; FRIEDRICH, T. Harnessing ecosystem services with Conservation
13 Agriculture. In: **Advances in Conservation Agriculture**. Burleigh Dodds Science
14 Publishing, 2020. p.391-418.

15 KASSAM, A.; FRIEDRICH, T.; BARTZHAXSON, F. Herbert; BARTZ, H.; MELLO, I.;
16 KIENZLE, J.; PRETTY, J. A difusão da Agricultura de Conservação: políticas e apoio
17 institucional para adoção e adoção. **Field Actions Science Reports: Facts Report**, v. 7, n. 7,
18 set. 2014. Disponível em: <https://journals.openedition.org/factsreports/3720>. Acesso em: 12
19 out. 2023.

20 KEMPER, B.; DERPSCH, R. Soil compaction and root growth in Paraná. In: Russel, R. S.
21 (ed.). **The soil/root system in relation to Brazilian agriculture**. Londrina: Fundação
22 Instituto Agronômico do Paraná, 1981. p.81-101.

23 LAUDICINA, V. A., BADALUCCO, L., PALAZZOLO, E. Effects of compost input and
24 tillage intensity on soil microbial biomass and activity under Mediterranean conditions.
25 **Biology and Fertility of Soil** v.47, p.63-70, 2011.

26 LE MARE, P.H.; J. PEREIRA; W.J. GOEDERT. Effects of green manure on isotopically
27 exchangeable phosphate in dark-red latosol in Brazil. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.38,
28 n.2, p.199-209, 1987.

29 LEHMAN, R.M., CAMBARDELLA, C.A., STOTT, D.E., ACOSTA-MARTINEZ, V.,
30 MANTER, D.K., BUYER, J.S., MAUL, J.E., SMITH, J.L., COLLINS, H.P., HALVORSON,

1 J.J.; KREMER, R.J., Understanding and enhancing soil biological health: the solution for
2 reversing soil degradation. *Sustainability*, v.7, n.1, p.988-1027, 2015.

3 LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A.; D.; **Adubação**
4 **verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília, DF: Embrapa,
5 2014. v. 2, 478p.

6 LINK L. Plantas de cobertura de verão: crescimento e acúmulo de nutrientes, épocas de
7 dessecação e produtividade do trigo. 2020. **Dissertação** (Mestrado em Agroecossistemas).
8 Dois Vizinhos: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 62p.

9 LONGEPIERRE, M.; WIDMER, F.; KELLER, T.; WEISSKOPF, P.; COLOMBI, T.; SIX, J.;
10 HARTMANN, M. Limited resilience of the soil microbiome to mechanical compaction
11 within four growing seasons of agricultural management. **ISME communications**, v.1, n.1,
12 p.44, 2021. <https://doi.org/10.1038/s43705-021-00046-8>

13 LUÍS, A.J. **CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO MILHO EM FUNÇÃO DA**
14 **CULTURA ANTECESSORA NO SISTEMA PLANTIO DIRETO**. 2014. 40 f.
15 Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados,
16 Dourados, 2014. Disponível em: [https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-](https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOUTORADO-AGRONOMIA/Dissertacao%20Afonso%20Jos%C3%A9%20Lu%C3%ADs.pdf)
17 [DOUTORADO-](https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOUTORADO-AGRONOMIA/Dissertacao%20Afonso%20Jos%C3%A9%20Lu%C3%ADs.pdf)
18 [AGRONOMIA/Dissertacao%20Afonso%20Jos%C3%A9%20Lu%C3%ADs.pdf](https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOUTORADO-AGRONOMIA/Dissertacao%20Afonso%20Jos%C3%A9%20Lu%C3%ADs.pdf). Acesso em:
19 29 jan. 2024.

20 MANTOVANI, E.C. **Manejo dos solos**. 2000. Disponível em:
21 [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27350/1/Manejo-de-solos-](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27350/1/Manejo-de-solos-Equipamentos.pdf)
22 [Equipamentos.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27350/1/Manejo-de-solos-Equipamentos.pdf). Acesso em: 15 abr. 2023.

23 MARAFON, V.; ASSMANN, E. J. Diferentes velocidades de deslocamento da semeadora e
24 dosadores de sementes na cultura do milho. **Revista Cultivando o Saber**, p. 44-55, 2022.

25 MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London, Academic Press, 1995.
26 882p.

27 MATOS, M. J. L. F.; TAVARES, S. A.; SANTOS, F. F. dos; MELO, M. F. de; LANA, M.
28 M. **Milho verde**. Brasília: Embrapa, 2006.

29 MONTEIRO, A.; SANTOS, S. Sustainable approach to weed management: The role of
30 precision weed management. **Agronomy**, v.12, n.1, p.118, 2022.

1 MORAES, M.H.; BENEZ, S.H.; LIBARDI, P.L. Efeitos da compactação em algumas
2 propriedades físicas do solo e seu reflexo no desenvolvimento das raízes de plantas de soja.
3 **Bragantia**, Campinas, v.54, n.2, p.393-403, 1995.

4 MUZILLI, O. Fertilidade do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A. L.; TORRADO, P.
5 V.; MACHADO, J. (Coords.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill,
6 1985. p.147-158.

7 NARDINO, M.; BARRETA, D.; CARVALHO, I. R.; FOLLMANN, D. N.; FERRARI M.;
8 PELEGRIN, A. J.; SZARESKEI, V. J.; KONFLANZ, V. A.; SOUZA, V. Q. Divergência
9 genética entre genótipos de milho (*Zea mays* L.) em ambientes distintos. **Revista de Ciências**
10 **Agrárias**, v.40, n.1, p.164-174, 2017. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA16013>

11 NEVES NETO, D.N.; SANTOS, A.C. dos; SANTOS, P.M. dos; ARAÚJO, A. dos S.;
12 OLIVEIRA, L.B.T. Componentes agronômicos e produtividade do milho em diferentes
13 sistemas de produção. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**,
14 v.11, n.1, p.90-98, 2016. <https://doi.org/10.18378/rvads.v11i1.3825>

15 NUMMER FILHO, I.; HENTSCHEKE, C.W. Redução do espaçamento entre linhas na cultura
16 do milho. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 92, 2006.

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

20 OLIVEIRA, O.H.de; GUIMARÃES, A.G.; CAPRISTO, D.P.; CECCON, G.. **PLANTAS DE**
21 **COBERTURA E MANEJO DE SOLO NA PRODUTIVIDADE DO MILHO**
22 **SAFRINHA EM SUCESSÃO**, S.L., 2021.

23 PAES, J.M.V.; ZITO, R.K. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. **Informe**
24 **Agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.233, p.54-64, 2006.

25 PAGE, K.L.; DANG, Y.P.; DALAL, R. C. The ability of conservation agriculture to conserve
26 soil organic carbon and the subsequent impact on soil physical, chemical, and biological
27 properties and yield. **Frontiers in sustainable food systems**, v.4, p.31, 2020.

28 PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**.
29 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de
30 Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

1 PALM, C., BLANCO-CANQUI, H., DECLERCK, F., GATERE, L., GRACE, P.
2 Conservation agriculture and ecosystem services: an overview. **Agriculture, Ecosystems &**
3 **Environment**, v.187, p.87-105, 2014.

4 PANACHUKI, E.; BERTOL, I.A.; SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P.T.S.de; RODRIGUES,
5 D.B.B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em latossolo vermelho sob sistemas de
6 manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.5, p.1777-1786, 2011.
7 <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832011000500032>.

8 PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. (Coords.). 101 culturas: manual de tecnologias
9 agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 800p.

10 PAULA, L.G.N. de; SANTOS JUNIOR, C.M.dos; SILVA, G.D.da; MAGELA, M.L.M.;
11 BUENO, T.V.; AGUILERA, D.F.F. Desempenho da cultura do milho em função dos sistemas
12 de preparo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013,
13 Florianópolis. XXXIV **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Florianópolis, 2013. p. 1-3.
14 Disponível em: <https://eventosolos.org.br/cbcs2013/anaais/arquivos/1774.pdf>. Acesso em: 15
15 jan. 2024.

16 PEDROTTI, A.; DA SILVA, T.O.; ARAÚJO, E.M.; DE ARAÚJO FILHO, R.N.;
17 HOLANDA, F.S.R. Atributos químicos do solo modificados por diferentes sistemas de
18 cultivo associados a culturas antecessoras ao cultivo do milho, nos Tabuleiros Costeiros.
19 **Magistra**, v.27, n.3/4, p.292-305, 2015.

20 PEREIRA, L.E.T.; HERLING, V.R.; SILVA, S.C.D. Preparo de solo e manejo de formação
21 de pastagens. Pirassununga, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP,
22 2020. 64 p. Disponível em:
23 <http://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/view/479/430/1670-1>. Acesso
24 em: 26 jan. 2024.

25 DADALTO, J.P.; CARLOS FERNANDES, H.; ASSIS, I.R.; AMORIM, D.D.M.B.;
26 EUSTÁQUIO JUNIOR, V.; SANTOS, D.W.F.N. The water retention curve in the soil as a
27 function of the type of mechanized soil management and preparation times. **Revista**
28 **IRRIGA-Brazilian Journal of Irrigation & Drainage**, v.28, n.3, 2023.
29 <https://doi.org/10.15809/irriga.2023v28n3p513-520>

30 PITOL, C. O milheto em sistema de plantio direto. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE
31 MILHETO, 1999, Planaltina, DF. **Anais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. P.69-73.

1 PORTUGAL, J.R.; ARF, O.; PERES, A.R.; GITTI, D.DE C.; GARCIA, N.F.S. Coberturas
2 vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho no Cerrado.
3 **Revista Ciência Agronômica**, v.48, n.4, p.639-649, 2017. [https://doi.org/10.5935/1806-](https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170074)
4 6690.20170074

5 POSSAMAI, J. M.; SOUZA, C. M. de; GALVÃO, J. C. C. Sistemas de preparo do solo para
6 o cultivo do milho safrinha. **Bragantia**, v.60, n.2, p.79-82, 2001.

7 RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de
8 Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do**
9 **Solo**, v.31, p.1609-1623, 2007.

10 REEVES, D.W. Cover crops and rotations. In: HATFIELD, J. L.; STEWART, B. A. **Crops**
11 **residue management**. New York: J. Wiley, 1994. p. 125-172. (Advances in Soil Science).

12 REICHERT, J. M., GUBIANI, P. I., DOS SANTOS, D. R., REINERT, D. J., AITA, C.,
13 GIACOMINI, S. J. Soil properties characterization for land-use planning and soil
14 management in watersheds under family farming. **International Soil and Water**
15 **Conservation Research**, v. 10, n. 1, p. 119-128, 2022.

16 REICOSKY, D. Conservation agriculture systems: Soil health and landscape management. In:
17 **Advances in Conservation Agriculture**. Burleigh Dodds Science Publishing, 2020. p.87-
18 154.

19 REICOSKY, D.C.; FORCELLA, F. Cover crop and soil quality interactions in
20 agroecosystems. *Journal of Soil and Water Conservation*, v.53, p.224-229, 1998

21 REN, L.; CORNELIS, W.M.; RUYSSCHAERT, G.; DE PUE, J.; LOOTENS, P.; D'HOSE, T.
22 Quantifying the impact of induced topsoil and historical subsoil compaction as well as the
23 persistence of subsoiling. **Geoderma**, v.424, p.116024, 2022.
24 <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116024>

25 RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C.; SANTOS, E.J.S. Modificações em
26 atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência**
27 **do Solo**, v.22, p.713-721, 1998.

28 RIZZARDO, A.; MACHADO, B.O.; SLAVIERO, C.; SLAVIERO, M.G.; SILVA, K.;
29 BISPO, N.B. Caracterização morfológica em espigas de populações de milho crioulo
30 cultivadas na região Norte do Rio Grande do Sul. In: **REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DA**
31 **PESQUISA DO MILHO**, 62, 2017, Sertão. 62ª Reunião Técnica Anual da Pesquisa do

1 Milho. Sertão: Atena, 2017. p. 160-163. Disponível em:
2 https://www.abms.org.br/eventos_anteriores/rtams_2017/trabalhos_anais/1406.pdf. Acesso
3 em: 10 jan. 2024.

4 ROSOLEM, C.A.; VALE, L.S.R.; GRASSI FILHO, H.; MORAES, M.H. Sistema radicular e
5 nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo. **Revista Brasileira de**
6 **Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.491-7, 1994.

7 ROSSETTI, K. de V.; CENTURION, J. F.. Sistemas de manejo e atributos físico-hídricos de
8 um Latossolo Vermelho cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**
9 **Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 472-479, fev. 2013.

10 SALOMÃO, P.E.A.; KRIEBEL, W.; SANTOS, A.A.DOS.; MARTINS, A.C.E. A
11 importância do sistema de plantio direto na palha para reestruturação do solo e restauração da
12 matéria orgânica. **Research, Society and Development**, v.9, n.1, p.e154911870-e154911870,
13 2020a. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i1.1870>

14 SALOMÃO, P. E. A.; BARBOSA, L. C.; CORDEIRO, I. J. M. Recuperação de áreas
15 degradadas por pastagem: uma breve revisão. **Research, Society and Development**, v.9, n.2,
16 p. e57922057-e57922057, 2020b. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i2.2057>

17 SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an
18 important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, v.31, n.1, p.159-168, 2000.
19 <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000100027>

20 SANTOS, G.R.; GAMA, F.R.; GONÇALVES, C.G.; RODRIGUES, A.C.; LEÃO, E.U.;
21 CARDON, C.H.; BONIFÁCIO, A. Severidade de doenças foliares e produtividade de
22 genótipos de milho em resposta à adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, Viçosa, v.60, n.4,
23 p.505-513, 2013a.

24 SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de;
25 LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA,
26 J.B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. rev. e atual. Brasília: Embrapa,
27 2013. 353p. ou 2018?

28 SANTOS, J.R.; BICUDO, S.J.; NAKAGAWA, J.; ALBUQUERQUE, A.W.DE.; CARDOSO,
29 C.L. Atributos químicos do solo e produtividade do milho afetados por corretivos e manejo do
30 solo. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.323-330, 2006.
31 <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000200011>

1 SANTOS, M.B.D.; SOUZA NETO, O.A.D.; SOUZA, P.C.D.; CARVALHO, V.C.D.S.;
2 FLORES, D.M., OLIVEIRA, E.M.Q.; ARRUDA, K.M.A. Desenvolvimento do sistema de
3 plantio direto no Brasil: histórico, implantação e culturas utilizadas. **Agronomia: jornadas**
4 **científicas**, v.1, n.1, p.232-241, 2020.

5 SCHIPANSKI, M. E., BARBERCHECK, M., DOUGLAS, M. R., FINNEY, D. M.,
6 HAIDER, K., KAYE, J. P., KEMANIAN, A. R., MORTENSEN, D. A., RYAN, M. R.,
7 TOOKER, J., WHITE, C. A framework for evaluating ecosystem services provided by cover
8 crops in agroecosystems. **Agric. Syst.** v.125, p.12–22, 2014.

9 SHARMA, P. K.; KUMAR, S. Soil Structure and Plant Growth. In: **Soil Physical**
10 **Environment and Plant Growth: Evaluation and Management**. Cham: Springer
11 International Publishing, 2023. p.125-154.

12 SHIOGA, P.S.; OLIVEIRA, E.L.; GERAGE, A.C. Densidade de plantas e adubação
13 nitrogenada em milho cultivado na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, n.3,
14 p.381-390, 2004.

15 SILVA, C. A. **Intervenção mecânica e consórcio de braquiária com crotalária em área de**
16 **plantio direto consolidado**. 2023. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) -
17 Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2023.

18 SILVA, D.A.; VITORINO, A.C.T.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C.; ROSCOE, R.
19 Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema de plantio
20 direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, n.5, p.75-88, 2006a.

21 SILVA, E. C.et al. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas
22 de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.3, p.477-
23 486, 2006b.

24 SILVA, F. A.; FREITAS, F. C. L. de; ROCHA, P. R. R.; CUNHA, J. L. X. L.;
25 DOMBROSKI, J. L. D.; COELHO, M. E. H.; LIMA, M. F. P. de. Milho para ensilagem
26 cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional sob efeito de veranico. **Semina:**
27 **Ciências Agrárias**, Londrina, v.36, n.1, p.327-340, 2015.

28 SILVA, J.E.; CURI, N.; BLANCANEAU, P.; LIMA, J.M. de; CARVALHO, A.M. de.
29 Rotação adubo verde-milho e adsorção de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa**
30 **Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.6, p.649-654, 1997.

1 SILVA, M. P.DA; ARF, O.; SÁ, M.E.DE; ABRANTES, F.L.; BERTI, C.L.F.; SOUZA, L.C.
2 D.DE. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob
3 plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, n.1, p. 60-67, 2017.
4 <https://doi.org/10.5039/agraria.v12i1a5424>

5 SILVA, M.A.; NASCENTE, A. S.; FRASCA, L. L. de M.; REZENDE, C. C; FERREIRA, E.
6 A. S; FILIPPI, M. C. C. de; LANNA, A. C.; FERREIRA, E. P. de B.; LACERDA, M. C.
7 Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas
8 comerciais no Cerrado. **Research, Society and Development**, v.10, n.12, 2021.

9 SINGH, V.; GUPTA, R.K.; KAHN, M.S.; TOOR, A.S.; SINGH, K.B.; AL-ANSARI, N.;
10 MATTAR, M.A.. Effect of Different Tillage and Residue Management Options on Soil Water
11 Transmission and Mechanical Behavior. **Land**, v.12, n.10, p.1895, 2023.
12 <https://doi.org/10.3390/land12101895>

13 SIX, J., PAUSTIAN, K. Aggregate-associated soil organic matter as an ecosystem property
14 and a measurement tool. **Soil Biology and Biochemistry**, v.68, p.A4-A9, 2014.

15 SKORA NETO, F.; CAMPOS, A.C. Plantas de cobertura antecedendo a cultura de trigo.
16 **Scientia Agraria Paranaensis**, v.16, n.4, p.463-467, 2017. [http://dx.doi.org/10.18188/1983-](http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v16n4p463-467)
17 [1471/sap.v16n4p463-467](http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v16n4p463-467)

18 SOMASUNDARAM, J.; SINHA, N.K.; DALAL, R.C.; LAL, R.; MOHANTY, M.;
19 NAOREM, A.K.; CHAUDHARI, S.K. No-till farming and conservation agriculture in South
20 Asia—issues, challenges, prospects and benefits. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.39,
21 n.3, p.236-279, 2020. <https://doi.org/10.1080/07352689.2020.1782069>

22 SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E., eds. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. Planaltina,
23 Embrapa Cerrados, 416p., 2004.

24 SOUSA, R.A.; SILVA, T.R.B. Acidificação de um Latossolo Vermelho Distroférrico em
25 função da aplicação de nitrogênio oriundo de uréia, sulfato de amônio e sulfammo.
26 **Cultivando o Saber**, v.2, p78-83, 2009.

27 SOUZA NETO, J. G. de; TUPPER, V.T.B.; ROSA, R.O.; RODRIGUES, J.B.; COSTA, T.J.;
28 ROCHA, F.Z. A AGRICULTURA CONSERVACIONISTA: uma revisão. Desenvolvimento
29 Rural e Sustentabilidade: energia, produção e novos mercados, [S.L.], **Editora Científica**
30 **Digital**, p.25-37, 2022. <http://dx.doi.org/10.37885/220408636>.

1 SOUZA, A. V. S. S.; SOUZA, T. A. F.; SANTOS, D.; RIOS, E. S.; SOUZA, G. J. L.
2 Agronomic Evaluation of Legume Cover Crops for Sustainable Agriculture. **Russian**
3 **Agricultural Sciences**, v.44, p.31-38, 2018. <https://doi.org/10.3103/S1068367418010093>

4 SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N. & OLIVEIRA, S.A. **Acidez do solo e sua correção**. In:
5 NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI,
6 R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do
7 Solo, 2007. 991p.

8 SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de
9 cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.133-
10 139, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000100014>

11 TEODORO, R.B.; OLIVEIRA, F.L.DE.; SILVA, D.M.N. DA.; FÁVERO, C.; QUARESMA,
12 M.A.L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale
13 do Jequitinhonha. **Revista Brasileira De Ciência Do Solo**, v.35, n.2, p.635-640, 2011.
14 <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200032>

15 TORESAN, L.; PADRÃO, G.A; GOULART JUNIOR, R.; MONDARDO, M. Indicadores de
16 desempenho da agropecuária e do agronegócio de Santa Catarina: 2019-2020. **Boletim**
17 **Técnico**, n. 198, 2021.

18 TORRES, J.L.R.; ASSIS, R.L.; LOSS, A. Evolução entre os sistemas de produção
19 agropecuária no Cerrado: convencional, Barreirão, Santa Fé e Integração Lavoura-Pecuária.
20 **Informe Agropecuário**, v.39, n.302, p.7-17, 2018.

21 UTZIG, D.L. Sistema plantio direto: utilização de suas premissas para viabilidade e
22 sustentabilidade da agricultura com enfoque nas missões, Rio Grande do Sul. 2018. 41 f.
23 **TCC (Graduação)** - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro
24 Largo, 2018. Disponível em: <https://rd.uffrs.edu.br/bitstream/prefix/2355/1/UTZIG.pdf>.
25 Acesso em: 20 set. 2023.

26 VIOLA, R.; BENIN, G.; CASSOL, L.C.; PINNOW, C.; FLORES, M.F.; BORNHOFEN, E.
27 Efeito de espécies outonais cultivadas em sucessão ao milho na produtividade do trigo, sob
28 diferentes doses de adubação nitrogenada. **Bragantia**, v.72, n.1, p.90-100, 2013.

29 WAKWOYA, M. B.; WOLDEYOHANNIS, W. H.; YIMAMU, F. K.. Effects of minimum
30 tillage and liming on maize (*Zea mays* L.) yield components and selected properties of acid

1 soils in Assosa Zone, West Ethiopia. **Journal Of Agriculture And Food Research**, [S.L.], v.
2 8, p. 100301, jun. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100301>.
3 WEIDHUNER, A.; HANAUER, A.; KRAUSZ, R.; CRITTENDEN, S.J.; GAGE, K.;
4 SADEGHPOUR, A. Tillage impacts on soil aggregation and aggregate-associated carbon and
5 nitrogen after 49 years. **Soil and Tillage Research**, v.208, p.104878, 2021.
6 <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104878>

7