



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

RAUL SOBRINHO PIVETTA

**SISTEMAS DE PREPARO DE SOLO, ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE
CULTURAS NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO MILHO E DA SOJA NO
CERRADO BRASILEIRO**

Ilha Solteira

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

RAUL SOBRINHO PIVETTA

**SISTEMAS DE PREPARO DE SOLO, ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE
CULTURAS NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO MILHO E DA SOJA NO
CERRADO BRASILEIRO**

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

Orientador: Prof. Dr. Edson Lazarini

Ilha Solteira

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- P693s Pivetta, Raul Sobrinho.
Sistemas de preparo de solo, rotação e sucessão de culturas nos atributos químicos do solo e características agronômicas do milho e da soja no cerrado brasileiro / Raul Sobrinho Pivetta. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2017
142 f. : il.
- Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2017
- Orientador: Edson Lazarini
Inclui bibliografia
1. Fertilidade do solo. 2. Glycine max. 3. Plantas de cobertura. 4. Zea mays.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: SISTEMAS DE PREPARO DE SOLO, ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO MILHO E DA SOJA NO CERRADO BRASILEIRO

AUTORA: RAUL SOBRINHO PIVETTA

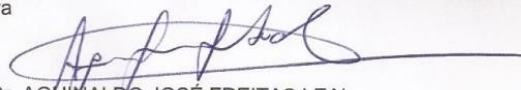
ORIENTADOR: EDSON LAZARINI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA, especialidade: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:

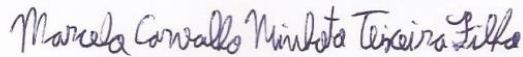


Prof. Dr. EDSON LAZARINI

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

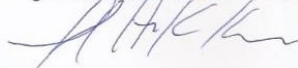


Prof. Dr. AGUINALDO JOSÉ FREITAS LEAL
/ UFTM - Iturama, MG



Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. FLÁVIO HIROSHI KANEKO

Campus Nova Andradina / Instituto Federal do Mato Grosso do Sul



Prof. Dr. SAMUEL FERRARI

Agronomia / Campus Experimental de Registro - Unesp

Ilha Solteira, 01 de março de 2017

DEDICO,

**A MINHA FAMÍLIA, PELOS EXEMPLOS DE AMOR, INTREPIDEZ E
PERSEVERANÇA...**

OFEREÇO,

**AO PROFESSOR EDSON LAZARINI PELOS ENSINAMENTOS E
EXEMPLOS DE HONESTIDADE E HUMILDADE...**

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre mostrar o caminho e a verdade, pelo nosso Senhor Jesus Cristo, incansável instrutor, mediador e protetor de todos aqueles que creem.

A todas as pessoas que compõem o corpo da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP/FEIS), pelas excelentes condições de aprendizado proporcionadas aos alunos de graduação e pós-graduação da instituição.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado, que permitiu a execução deste trabalho.

A toda a minha família, em especial a minha namorada Marcela Huaixan, pela paciência, incentivo, companheirismo e compreensão, tornando possível a consolidação deste trabalho, agradeço a Deus por tê-la em minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Edson Lazarini, pela confiança, incentivo e paciência durante todo este período de orientação, manifesto minha gratidão pela grande contribuição em minha vida profissional e pessoal nestes nove anos de convivência, foi uma grande oportunidade e um privilégio para mim.

Aos companheiros Pedro Favareto, Tiago Parente, André Bottura, Luiz Gustavo Moretti, Zé Portugal, João Bossolani, Renato Goes, Alex, Oswaldo, Marcelo, Leandro, João Vitor, Igor, Luis Gustavo, entre outros que participaram desta jornada, pessoas que certamente levarei em minhas lembranças, peço a Deus que os abençoe em suas respectivas caminhadas por este mundo.

Aos integrantes da equipe de estagiários, pela demonstração da importância do trabalho em grupo, evidenciando que a união entre pessoas determinadas pode gerar grandes obras, além de comunhão e amizade.

Aos professores da Pós Graduação pelos incentivos e ensinamentos, são exemplos de pessoas que conciliam profissionalismo, responsabilidade para com o ensino, pesquisa e extensão, além de grande disponibilidade aos discentes.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE pelo suporte no desenvolvimento deste experimento, principalmente ao Baiano, César e Juliano. Também aos funcionários que tive a alegria de conhecer, conviver e aprender muitas coisas, pelas longas conversas, Joaozinho e Bili, que sempre habitarão em minha memória, que Deus os abençoe onde estiverem! Meus sinceros agradecimentos por todos os momentos vivenciados.

“Toda palavra de Deus é pura, escudo é para os que NELE confiam” (Provérbios 30:5).

RESUMO

O Cerrado brasileiro tem destacada importância na produção de grãos, onde ocorre o predominante cultivo de soja e milho. Entretanto, uma baixa diversidade de espécies cultivadas tem levado a questionamentos a respeito dos efeitos destes cultivos na fertilidade do solo e sua interação com o desempenho das culturas. Neste sentido, desenvolveu-se a presente pesquisa com o objetivo de verificar, em dois sistemas de preparo do solo (convencional e plantio direto) a viabilidade da rotação de culturas no verão (milho e soja) e utilização de plantas de cobertura na primavera, em região característica de clima e solo de Cerrado. Por se tratar de um experimento de longa duração, iniciado em 1999, foram analisados os dados obtidos das culturas de milho e soja nos anos agrícolas 2011/12, 2012/13 e 2013/14. O delineamento experimental utilizado foi o em parcela subdividida em faixa. Foram selecionadas duas áreas para alocação dos sistemas de preparo do solo (convencional e sistema plantio direto). Dentro de cada área implantou-se faixas com monocultivo de soja ou milho e faixas com soja rotacionada com milho e vice-versa. Em cada sistema de preparo e de cultivo, houve a instalação de parcelas subdivididas com as plantas de cobertura, semeadas na primavera (crotalária spectabilis, painço, crotalária juncea e milheto), além de uma área mantida em pousio, com vegetação espontânea. As avaliações constaram de características agrônômicas das culturas de soja e milho e quantificação dos atributos químicos do solo, em duas profundidades (0,00-0,10 e 0,10-0,20m). A rotação de culturas entre milho e soja, com plantas de cobertura semeadas na primavera, promoveram maior equilíbrio dos atributos químicos do solo, em Cerrado de baixa altitude; As características agrônômicas da cultura do milho responderam positivamente ao cultivo de plantas de cobertura, tanto em sistema plantio direto quanto em sistema convencional; A soja apresentou melhor desempenho das características agrônômicas quando semeada após a condução de plantas de cobertura na primavera, sob sistema plantio direto; O milheto apresentou-se como melhor planta de cobertura visando o cultivo de soja, sob sistema plantio direto; A crotalária juncea destacou-se dentre as plantas de cobertura para o cultivo de milho.

Palavras chave: Fertilidade do solo. *Glycine max*. Plantas de cobertura. *Zea mays*.

ABSTRACT

The Brazilian Savannah has big importance to the production of grains, where the predominant cultivation of soybean and corn takes place. However, a small diversity of cultivated species has led to questions about the effects of crops on soil fertility and their interaction with crop performance. In this sense, a current research was developed with the objective of verifying the viability of crop rotation in the summer (corn and soybean) and the use of cover crops in spring, in two systems of soil preparation (conventional and no-tillage). In a region characteristic of climate and Savannah soil. Since it is a long-term experiment, started in 1999, the data obtained from corn and soybean crops were analyzed in the 2011/12, 2012/13 and 2013/14 agricultural years. The experimental design used for the subdivided plot. Two areas were selected for allocation of soil tillage systems (conventional and no-tillage system). Within each area, strains were implanted with monoculture of soybean or corn and strips with soybeans rotated with corn and vice versa. In each system of preparation and cultivation, it was subdivided with cover plants, sown in spring (Sunn hemp, showy rattlebox, pearl millet and millet) in addition to a fallow area with spontaneous vegetation. As the characteristics of the agronomic characteristics of soybean and corn crops and the quantification of chemical substances in the soil were evaluated in two depths (0.00-0.10 and 0.10-0.20m). A crop rotation between corn and soybean, with cover crops planted in the spring, greater environmental balance of soil chemical attributes, in Savannah of low altitude; The agronomic characteristics of the corn crop respond positively to the cultivation of cover crops, as much as the system is direct to the conventional system; The soybean presented the best performance of the agronomic characteristics sown after a cover cropping in the spring under a direct flat system; Millet was presented as the best cover crop for soybean cultivation, under a no-tillage system; Sunn hemp stood out among the cover crops for corn cultivation.

Key words: Soil fertility. *Glycine max*. Covering plants. *Zea mays*.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	Localização e caracterização da área experimental	23
3.2	Histórico da área, tratamentos e delineamento experimental	25
3.3	Instalações e condução do experimento	28
3.4	Avaliações	29
3.4.1	<i>Caracterização química do solo da área experimental</i>	29
3.4.2	<i>Cultura do milho</i>	29
3.4.3	<i>Cultura da soja</i>	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	Área conduzida em SPD	31
4.1.1	<i>Área manejada com milho em monocultivo e rotacionado</i>	31
4.1.1.1	<i>Atributos químicos da camada de 0,00-0,10m do solo sob SPD, manejado com milho em monocultivo e rotação</i>	31
4.1.1.2	<i>Atributos químicos da camada de 0,10-0,20m do solo sob SPD manejado com milho em monocultivo e rotação</i>	42
4.1.1.3	<i>Características agronômicas do milho cultivado sob SPD</i>	52
4.1.2	<i>Área manejada com soja em monocultivo e rotacionado sob SPD</i>	60
4.1.2.1	<i>Atributos químicos da camada de 0,00-0,10m do solo sob SPD, manejado com soja monocultivo e rotacionada</i>	60
4.1.2.2	<i>Atributos químicos da camada de 0,10-0,20m do solo sob SPD, manejado com soja em monocultivo e rotacionada</i>	66
4.1.2.3	<i>Características agronômicas da soja cultivada sob SPD</i>	73
4.2	Área conduzida em SPC	81
4.2.1	<i>Área manejada com milho em monocultivo e rotacionado sob SPC</i>	81
4.2.1.1	<i>Atributos químicos da camada de 0,00-0,10m do solo sob SPC, manejado com milho em monocultivo e rotacionado</i>	81
4.2.1.2	<i>Atributos químicos da camada de 0,10-0,20m do solo sob SPC, manejado com milho em monocultivo e rotação</i>	90
4.2.1.3	<i>Características agronômicas do milho cultivado sob SPC</i>	95

4.2.2	<i>Área manejada com soja em monocultivo e rotacionada sob SPC</i>	102
4.2.2.1	<i>Atributos químicos da camada de 0,00-0,10m do solo sob SPC, manejado com soja em monocultivo e rotacionado</i>	102
4.2.2.2	<i>Atributos químicos da camada de 0,10-0,20m do solo sob SPC, manejado com soja em monocultivo e rotacionado</i>	112
4.2.2.3	<i>Características agronômicas da soja cultivada sob SPC</i>	121
5	CONCLUSÕES	130
	REFERÊNCIAS	131

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma área estimada em aproximadamente 58 milhões de hectares cultivados com espécies produtoras de grãos e deste total, 33 milhões de hectares têm sido cultivados com soja e 16 milhões com milho. Na safra 15/16 a produção de soja no país foi de 95 milhões de toneladas e 83 milhões de toneladas de milho, onde a soma de ambas as culturas representou em torno de 90% das 196 milhões de toneladas de grãos produzidas no território nacional (CONAB, 2016).

Estima-se que são cultivados no Brasil mais de 30 milhões de hectares no sistema plantio direto (SPD), estando grande parte dessa área localizada nas regiões de Cerrado brasileiro (FEBRAPDP, 2016). O SPD é uma maneira racional de cultivo, por atenuar problemas de perdas de nutrientes e preconizar a manutenção de palhada sobre o solo, onde a permanência dos resíduos vegetais interfere na dinâmica e disponibilidade de nutrientes às plantas.

A agricultura brasileira apresentou grande desenvolvimento durante o último século, obtendo aumentos significativos na produtividade das culturas, notadamente nas últimas três décadas, em resposta às inovações tecnológicas provenientes de pesquisas e difusão do uso dessas novas técnicas.

O aumento de produção agrícola deve ser proporcionado por tecnologias sustentáveis, entretanto alguns modelos de exploração agrícola utilizados no Brasil têm levado a um processo de degradação do solo, ocasionados por fatores que agem de forma conjunta, onde a importância relativa de cada um varia com as circunstâncias de clima, do próprio solo e das espécies cultivadas (LAMAS, 2015).

O cultivo de culturas de maior interesse comercial geralmente tem sido insuficientes para manter o equilíbrio dos sistemas de produção (GONZAGA, 2009). A necessidade de se atentar em relação às plantas de cobertura utilizadas no SPD é importante para que se tenha quantidade satisfatória de palhada, com persistência dos resíduos vegetais, principalmente em condições tropicais, como na região de Cerrado (ALVES et al., 1995).

A ausência de cobertura vegetal do solo, o uso de áreas inaptas para culturas anuais, o preparo do solo com excessivas gradagens superficiais e o uso de práticas conservacionistas isoladas tem contribuído significativamente para o desequilíbrio dos ambientes de produção no Brasil (EMBRAPA, 2011).

A rotação de culturas é uma prática agrícola indispensável e que atende as exigências de conservação do solo, contribuindo para uma agricultura sustentável (CALEGARI, 2000). Sendo necessário introduzir plantas com rápido desenvolvimento inicial e de ciclo curto no sistema, para que seja fácil sua inserção na rotação de culturas, de modo que o solo permaneça coberto o maior período possível (PELA, 2002).

Neste contexto, a presente pesquisa teve como objetivo verificar os efeitos de sistemas de preparo do solo (sistema plantio direto e sistema convencional) e de manejo dos cultivos (monocultivo e rotacionado) em sucessão a plantas de cobertura, sobre as características agronômicas das culturas do milho e da soja e nos atributos químicos do solo, 15 anos após o início da instalação dos sistemas, em região de Cerrado de baixa altitude.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Dentre os componentes mais importantes para o desenvolvimento da agricultura nas últimas décadas, principalmente no que diz respeito ao aumento da produtividade agrícola, a pesquisa em fertilidade do solo e as inovações científicas e tecnológicas geradas por estes estudos possuem destaque, pois permitiram o uso eficiente de insumos na agricultura brasileira (LOPES; GUILHERME, 2007).

Os modelos de exploração agrícola devem ser baseados em tecnologias sustentáveis, entretanto, algumas técnicas tem levado a degradação dos ambientes de produção no Brasil, devido a fatores que agem de forma conjunta e interagem com as circunstâncias de clima, do próprio solo e das espécies cultivadas (LAMAS, 2015).

O manejo do solo consiste num conjunto de operações realizadas com objetivos de propiciar condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas cultivadas, sendo o preparo do solo a primeira e mais importante operação deste conjunto, por compreender uma prática que, quando usada racionalmente, pode permitir uma alta produtividade das culturas a baixos custos, entretanto quando usada de maneira incorreta, pode levar rapidamente um solo à degradação, diminuindo paulatinamente o seu potencial produtivo (EMBRAPA, 2011).

Identificar e desenvolver sistemas de manejo de solo adaptados às condições edafoclimáticas de cada região é de grande importância, pois permite que a tecnologia contribua para a manutenção ou melhoria da qualidade do solo e do ambiente, bem como para a obtenção de adequadas produtividades das culturas (COSTA et al., 2003).

O sistema de preparo convencional do solo (SPC) refere-se ao conjunto de técnicas que consistem de uma aração com arado de discos ou aivecas, à profundidade aproximada de 20 cm, seguida de duas gradagens niveladoras, proporcionando distribuição uniforme dos elementos inorgânicos e orgânicos na referida camada (OLIVEIRA et al., 1996).

Na década de 1970, a produção brasileira de grãos baseava-se exclusivamente na técnica de SPC, entretanto passou a ser gradativamente conduzida sob o sistema plantio direto (SPD), devido a inúmeras vantagens do manejo conservacionista (NUNES, et al., 2011).

Dentre as vantagens que o SPD proporciona ao ambiente de produção frente ao SPC, deve-se ressaltar a redução dos processos erosivos das áreas cultivadas, pela melhor estruturação do perfil do solo (HERNANI et al., 1999), maior retenção de umidade nas camadas superficiais (COSTA et al., 2003), além de maior acúmulo de matéria orgânica, que é um importante atributo da fertilidade do solo de ambientes tropicais (BAYER et al., 2000).

O SPC preconiza intensa mobilização da camada superficial do solo, essa distribuição normalmente induz teores de nutrientes inferiores aos encontrados em solos submetidos ao SPD, notadamente para fósforo (P), potássio (K) e carbono orgânico (C), devido a maior fixação, perdas por erosão e mineralização, respectivamente (OLIVEIRA et al., 1996).

O SPD é um sistema de produção conservacionista, que se contrapõe ao SPC, envolvendo técnicas de produção que auxiliam na preservação do solo, que fundamenta-se na ausência de preparo do solo e na cobertura permanente do terreno pela realização de rotação de culturas (EMBRAPA, 2011). De acordo com Nicolodi et al. (2008), as vantagens proporcionadas pela adoção do SPD geram uma nova dinâmica de fertilidade do solo.

A fertilidade do solo pode ser definida como a capacidade do solo de fornecer às plantas nutrientes em quantidade e proporção adequadas, em que essas características constituem-se em aspectos fundamentais que garantem a qualidade dos solos, onde a ciclagem de nutrientes é a grande responsável pela manutenção da disponibilidade de nutrientes no solo (LOPES; GUILHERME, 2007).

O SPD, que surgiu como uma simples técnica de manejo com o objetivo básico de controle da erosão hídrica do solo, evoluiu para um sistema complexo e ordenado de produção agrícola, onde sua adoção tem-se caracterizado como um investimento na preservação dos recursos naturais e sócio-econômicos (MUZILLI, 2002).

Este sistema conservacionista combina práticas biológico-culturais com práticas mecânico-químicas, pressupondo alguns requisitos básicos que envolvem a condição prévia do terreno, o não revolvimento do solo, o uso de rotação de culturas e a adoção de métodos integrados de controle de plantas daninhas, pragas e doenças (ANGHINONI, 2007).

A introdução do SPD em uma área deve ser precedida de um diagnóstico detalhado das condições desta área, em termos de atributos químicos e físicos do

solo, visando verificar o atendimento de alguns pré-requisitos indispensáveis para que o sistema possa ser estabelecido com sucesso e de forma permanente, devendo-se promover uma estratégia viável de produção de palha e manutenção de adequada cobertura da superfície do terreno e um planejamento de esquema de rotação de culturas, visando maximizar a produção de palha, minimizar questões de sanidade vegetal e promover a diversificação de safras (GOEDERT; OLIVEIRA, 2007).

As características do manejo dos solos e das culturas no SPD provocam diferentes alterações no perfil do solo com relação ao cultivo convencional, que influem na dinâmica da acidez e da disponibilidade dos nutrientes (OLIVEIRA et al., 1996). Assim, ocorre aumento no teor e da qualidade da matéria orgânica e da concentração dos nutrientes a partir da superfície do solo. O aumento gradual da matéria orgânica altera o pH do solo, a toxidez por Al e a dinâmica dos nutrientes (ANGHINONI, 2007).

O aumento da matéria orgânica tanto em quantidade como em qualidade, reduz os efeitos nocivos da acidez do solo e da toxidez por Al, resultando em elevadas produtividades das culturas manejadas em SPD, mesmo em solos de ácidos (CAIRES et al., 1998).

A manutenção da superfície do terreno coberta com palhada representa a essência do SPD visto que, em termos gerais, a palhada exerce as funções de reduzir as perdas de solo por erosão; aumentar a taxa de infiltração de água no solo, reduzindo o escoamento superficial de água; minimizar as variações de temperatura no solo, melhorando a atividade biológica; favorecer a ciclagem lenta e gradual dos nutrientes contidos na palha e aumentar o teor de matéria orgânica no perfil do solo (GOEDERT; OLIVEIRA, 2007).

Dentre os fatores que determinam a fertilidade do solo, a matéria orgânica pode ser considerada o indicador mais relevante para se medir sua qualidade, pois estabiliza e agrega partículas do solo, melhora o fluxo de água e de ar no solo, armazena e provê nutrientes como N, P e S; mantém o solo menos compactado e mais fácil de trabalhar, retém carbono da atmosfera e de outras fontes e também retém nutrientes como Ca, Mg e K, pois aumenta a CTC do solo (LOPES; GUILHERME, 2007).

Para a implantação e manutenção do SPD é indispensável que as espécies utilizadas na rotação de culturas promovam a permanência de uma quantidade

mínima de palhada sobre o solo, a soja contribui muito pouco, raramente passando de $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca, porém o milho tem a vantagem de deixar grande quantidade de restos culturais, além da maior relação C/N deste vegetal, que permite a maior persistência da palhada sobre o solo (BRANQUINHO, 2003).

A elevada quantidade de resíduos mantidos na superfície, aliada à mínima mobilização do solo requerida pelo SPD altera a dinâmica de nutrientes, com reflexos na sua disponibilidade para os cultivos em sucessão, especialmente os de gramíneas (AMADO et al., 2000), as quais propiciam um maior período de proteção do solo, pois este fator depende das características da palha, principalmente da relação C/N (carbono/nitrogênio) do tecido.

Para Borkert et al. (2003), palhadas com reduzida relação C/N tendem a se decompor rapidamente e, palhadas com elevada relação C/N decompõem-se mais lentamente, porém fornecem baixa quantidade de nitrogênio para a cultura sucessora.

A manutenção da palhada tem sido uma das maiores preocupações para a permanência de resíduos vegetais para que contribuam com melhores condições químicas do solo, visando uma adequada ciclagem de nutrientes para o aproveitamento das culturas produtoras de grãos (FERREIRA, 2015).

A rotação de culturas é uma das condições básicas para a sustentabilidade do SPD (ANGHINONI; SALET, 1996), que consiste em alternar espécies vegetais ao longo dos anos, em uma mesma área, apresentando vantagens como necessidades diferenciadas de nutrientes entre as plantas cultivadas, tipo e profundidade do sistema radicular com características distintas, redução de amplitude térmica da camada superficial do solo e perdas de água por evaporação, redução de perdas de solo pela erosão e conseqüente aumento da produtividade (DERPSCH, 1991).

A utilização de plantas de cobertura proporciona a manutenção ou a melhoria do potencial produtivo dos sistemas agrícolas, visto que essas estratégias tem sido incorporadas ao processo produtivo por promover adubação verde (CARVALHO; AMABILE, 2006), que é definida, segundo Calegari et al. (1993) como prática conservacionista pelas quais certas espécies de plantas são cultivadas e, a seguir, incorporadas ou mantidas na superfície do solo, em determinado estágio fenológico, com a finalidade de assegurar ou aumentar a capacidade produtiva do solo.

Segundo Argenta et al. (2001) as espécies leguminosas são menos utilizadas como planta de cobertura, por terem crescimento inicial lento, maior custo de aquisição de sementes em relação a outras espécies e a alta taxa de decomposição de seus resíduos. Contudo, os benefícios aos atributos do solo e ao sistema devem ser considerados para a definição das espécies utilizadas.

A crotalária espectábilis (*Crotalária spectabilis* Roth) é uma planta subarbusciva de porte médio (0,6 m a 1,5 m), que apresenta crescimento inicial lento e raiz pivotante profunda, característica que confere a planta boa adaptabilidade a diferentes tipos de solos, inclusive os que apresentam baixos níveis de fósforo (BARRETO; FERNANDES, 2011). Esta espécie tem sido utilizada no Cerrado brasileiro com bons resultados. Entretanto, devem-se considerar as diferenças entre regiões de cultivo para maior segurança, pois conforme Argenta et al. (2001), a escolha das espécies que serão cultivadas no processo de rotação de culturas é determinante para o sucesso do SPD.

A crotalária juncea (*Crotalária juncea* L.) é uma planta de clima tropical e subtropical, arbustiva, cujo porte varia de 2 m a 3 m de altura, constituindo-se numa leguminosa anual, de caule ereto semi-lenhoso e ramificado. É uma espécie indicada como planta de cobertura, pois possui rápido crescimento inicial e apresenta bom comportamento em solos argilosos e arenosos (BARRETO; FERNANDES, 2011).

O milho é uma planta da família das gramíneas de grande adaptação ao Cerrado brasileiro, sua alta adaptabilidade a estas condições se deve à capacidade de tolerar déficit hídrico prolongado e precipitação pluvial durante o ciclo da cultura abaixo de 400 mm, além de sua adaptação a solos menos férteis, conferindo a sua grande capacidade de absorver nutrientes, pelo seu sistema radicular profundo (SCALÉA, 1998).

Considerando as condições gerais dos solos tropicais, na maioria pobres em termos de disponibilidade de nutrientes, como os encontrados nas regiões de Cerrado, um manejo mais adequado é fundamental. Segundo Bot et al. (2000), a toxidez causada por Al afeta cerca de 63 % de toda a área de solos do Brasil e 25 % do território brasileiro apresenta solos com elevada capacidade de fixação de P. O fato de o Brasil possuir grandes extensões de terra com problemas de fertilidade pode ser atribuído a sua localização na região tropical, entretanto o manejo inadequado do solo pode levar à baixa fertilidade, pela exaustão de nutrientes

provocada por maiores exportações do que o adicionado ao solo (LOPES; GUILHERME, 2007).

Em regiões tropicais, caracterizadas pelas temperaturas elevadas aliadas umidade, verifica-se a necessidade de se atentar para a quantidade e persistência dos resíduos vegetais produzidos pelas espécies utilizadas como plantas de cobertura (ALVES et al., 1995).

No Brasil o milho tem sido utilizado principalmente para a produção de palha em áreas de SPD, devido à elevada produção de biomassa e menor custo das sementes (BRAZ et al., 2004). De acordo com a Embrapa (2009) o milho é a cultura mais utilizada como planta de cobertura no Cerrado, ocupando uma área estimada em 5 milhões de hectares.

Segundo Kichel e Miranda (2000), o milho é uma planta anual, apresentando crescimento ereto e porte alto, podendo atingir até 5 m de altura. É originário das savanas africanas, apresentando capacidade de produzir grãos em condições climáticas extremamente secas e em solos de baixa fertilidade, entretanto, responde muito bem à adubação ou aos solos mais férteis.

A produção de massa do milho e a quantidade de nutrientes reciclados variam de acordo com as condições edafoclimáticas, com a época de semeadura e com o tempo de cultivo, podendo, entre 75 e 120 dias, alcançar cerca de 40 t ha⁻¹ de matéria verde (EMBRAPA, 2009).

Na região dos Cerrados, a cultura do milho se destaca devido sua utilização como cobertura no SPD, caracterizando-se por respostas satisfatórias em solos corrigidos e adubados, apresentando elevada capacidade de produção de biomassa (PITOL, 1996).

A cultura do milho nessas condições também eleva a massa de grãos e produtividade da cultura da soja (MARCANDALLI et al., 2008). Devido às suas raízes vigorosas e abundantes, a cultura do milho permite a utilização de nutrientes que se encontram abaixo da camada arável (BONAMIGO, 2003), além de possibilitar nas condições de Cerrado, e cultivo de primavera, alta capacidade de produção de massa seca, superiores a 7,0 t ha⁻¹, como obtido por Guimarães (2000) em Selvíria-MS.

O milho possui um sistema radicular profundo e vigoroso, com eficiente uso de água e nutrientes, sendo o principal cereal usado na alimentação humana e

animal nos trópicos semiáridos da África e da Índia, sujeitos constantemente à seca, às altas temperaturas e à deficiência de nutrientes (PAYNE, 2000).

Outras gramíneas se destacam pelo seu potencial, podendo ser boas opções para a compor o manejo de rotação de culturas visando o SPD. O painço (*Panicum miliaceum* L.) está entre os mais antigos cereais utilizados pelo homem, junto do trigo e da cevada (KALINOVA; MOUDRY, 2006).

De acordo com Silva (2014), o painço é uma planta de cultivo anual, pertence à classe das Liliopsidas, a subclasse *Commelinidae* e família *Poaceae*. Sua principal função no Brasil é exploração da produção de grãos para alimentação animal (ZANCANELLA et al., 2003).

Entretanto, por ser uma cultura que apresenta ciclo muito curto, em torno de 60 a 70 dias, tem potencial para se tornar uma espécie cultivada visando a formação de palhada, para a semeadura de plantas produtoras de grãos em sucessão (SILVA, 2011).

Conforme Zancanella et al. (2010), o painço pode ser considerado uma interessante opção de espécie produtora de palha, reunindo as condições necessárias para contribuir no aporte de palhada, visando o manejo do solo em SPD. Segundo Lima (2004), o painço passou a ser usado como espécie produtora de palha para o SPD no Brasil, por apresentar como vantagens o baixo custo de implantação e a rapidez de formação abundante de palha.

SILVA (2009) relatou que o cultivo de uma cultura em sequência à outra, origina uma prática de sucessão de culturas, entretanto, quando há referência a uma rotação de culturas, entende-se que haja um planejamento da lavoura alternando-se os cultivos de forma que não seja cultivada uma mesma cultura, em uma mesma área, na mesma época de semeadura, sendo necessários, neste caso, três anos para que se fechasse uma rotação de culturas.

A monocultura ou mesmo o sistema contínuo de sucessão do tipo trigo-soja ou soja-milho, tende a provocar a degradação física, química e biológica do solo e a queda da produtividade das culturas, desta forma, onde há o predomínio da monocultura de soja entre as culturas anuais é necessário a introdução, no sistema agrícola, de outras espécies, de preferência gramíneas, como milho e outras. (EMBRAPA, 2011).

Para Calegari (2000) a rotação de culturas é a alternância de espécies vegetais na mesma estação em determinada área, observando-se um período

mínimo sem o cultivo da mesma espécie na mesma área. Esta técnica viabiliza produtividades mais elevadas, com mínima alteração ambiental, além de preservar o solo e protege-lo solo da ação dos agentes climáticos, colaborando para o desempenho do SPD e seus efeitos benéficos sobre a produção como um todo (EMBRAPA, 2011).

Conforme Ceretta et al. (2002), o SPD apresenta bom desempenho a partir da escolha de plantas capazes de gerar quantidades de palha suficientes para manter o solo coberto durante todo o ano. Caso não haja esta manutenção, os efeitos benéficos do SPD e da rotação de culturas não ocorrerão da forma esperada (BERTOL et al., 2004).

O cultivo de milho é amplamente difundido em quase todo o território brasileiro. Segundo Fageria (1989), é uma planta C4, com alta taxa de fotossíntese e baixa taxa de fotorrespiração, alta eficiência no uso da água, além de ser uma cultura altamente produtiva, quando sob condições favoráveis.

A rotação de culturas é uma das práticas de cultivo de grande importância para a produção do milho, pois evita a incorporação contínua de restos com elevada relação C/N (EMBRAPA, 1996). Esta técnica reflete em melhor desempenho das características agronômicas da planta de milho, comprovada por diversas pesquisas, refletindo em maiores produtividades.

Mascarenhas et al. (1998) verificaram que a utilização de soja e crotalária no esquema de rotação proporcionou maior produtividade que o monocultivo do milho. Derpsch et al. (1991) constataram que depois do cultivo de soja, houve incremento na produtividade de milho quando comparado ao monocultivo. Silveira (2002) também observaram comportamento semelhante com alternância de plantas, que refletiram em maior produtividade da cultura do milho cultivado em solo de Cerrado.

O uso de plantas de cobertura, sobretudo as leguminosas, antecedendo a cultura do milho em SPD, demonstra ser uma alternativa promissora na suplementação de N (OHLAND et al., 2005). A qualidade do resíduo vegetal, principalmente sua relação C/N, e a disponibilidade de N mineral na solução do solo influenciam na taxa de decomposição e no aproveitamento do N destes resíduos pela cultura do milho (VIEIRA, 2009).

Em trabalhos encontrados até a metade da década de 90, não havia análise conjunta das safras sobre a produtividade de grãos de milho e soja, sob diferentes sistemas de manejo de solo (RUEDELL, 1995).

A soja é a espécie produtora de grãos mais cultivada no Brasil (CONAB, 2016). Esta leguminosa é uma planta de dia curto, com sensibilidade ao fotoperiodismo, contudo, pelo avanço do melhoramento genético, tem sido amplamente cultivada em quase todo o território nacional. Ela é adaptada a diferentes tipos de solos, mas apresenta melhor desenvolvimento em solos drenados, com pH próximo da neutralidade (EMBRAPA, 2011).

Outro ponto interessante é que a cultura da soja é uma planta menos sensível à deficiência hídrica, seja na fase vegetativa como na fase reprodutiva, em relação a outras leguminosas, como por exemplo, feijão (VIEIRA, 2009).

Santos et al. (1998) relataram que a produtividade de grãos e altura da inserção de vagens da soja estão diretamente relacionados às características da cultura antecessora. Silveira (2002) observou que ocorre aumento na produtividade de grãos da cultura da soja cultivada região dos Cerrados, quando se faz rotação de culturas.

O processo de reciclagem de nutrientes no SPD, absorvidos pelas raízes e translocados para a parte aérea, que se acumulam na superfície do solo, podem melhorar os atributos químicos do solo (KURIHARA et al., 1998). A distribuição da matéria orgânica no solo é diferenciada quando comparados os SPD e SPC, uma vez que no SPD a mesma fica na superfície e no convencional é distribuída em toda a camada arável, acelerando o seu processo de decomposição (VIEIRA, 2009).

Em áreas com SPD a mais de cinco anos, geralmente, verifica-se um aumento significativo nos teores de fósforo (P) na camada superficial. Há uma redistribuição do P em formas orgânicas, mais estáveis e menos suscetíveis à fixação e um aumento na eficiência do aproveitamento dos adubos fosfatados aplicados. O aumento dos teores de nutrientes na camada superficial permite uma racionalização das adubações nas culturas subsequentes a partir do quarto ano, em média.

Assim em áreas com SPD estabilizado, com adequada cobertura de palha e com disponibilidade média de P e potássio (K), sugere-se a redução em 10 % na aplicação desses nutrientes quando esses valores forem altos, recomendando-se a aplicação com base na exportação de nutrientes pelos grãos da cultura (KURIHARA et al., 1998).

Estudo realizado em Latossolo Roxo distrófico por Muzilli (1985), comparando o SPD ao SPC, observou acumulação de P sensivelmente mais alta em

plântio direto na camada de 0-5 cm de profundidade e comparando com os teores iniciais, houve uma melhoria na disponibilidade desse nutriente até os 15 cm de profundidade em ambos os sistemas. O maior acúmulo de P nas camadas superficiais no plântio direto se explica pela baixa mobilidade e solubilidade de seus compostos, já o maior contato entre o adubo por ocasião do preparo, promovido pela movimentação do solo na ocasião do preparo, explicam a menor disponibilidade do nutriente em sistema convencional e seu comportamento quanto à distribuição ao longo da camada arável.

Estudando as propriedades químicas do solo influenciado pela cobertura vegetal, Andreola et al. (2000) ao coletar amostras nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm observaram que a cobertura vegetal foi eficiente na manutenção de nutrientes, especialmente de K e dos níveis de carbono orgânico, dentro dos limites da camada arável.

Em trabalho conduzido por Bayer e Bertol (1999) observaram que o pH e o alumínio (Al) não foram afetados pelos sistemas de preparo de solo. Houve uma pequena estratificação de cálcio (Ca) e grande estratificação de P e K em profundidade no plântio direto quando comparado com o preparo de solo reduzido e convencional.

Para Muzilli (1981), no processo de lixiviação do N em forma de nitrato, ocorre o transporte de cátions, como o Ca, K e Mg. No entanto, no SPD houve uma tendência de acúmulo desse nutriente na camada de 0-10 cm, reflexo da baixa mobilização do nutriente por lixiviação, prevalecendo uma maior disponibilidade da Ca e Mg.

No Brasil, existem trabalhos que relatam efeitos positivos do SPD no solo e apresentaram acúmulo de Ca e K trocável, bem como de P, nas camadas superficiais do solo, a partir de três ou quatro anos de cultivo (MUZILLI, 1983). Nesses casos, pode-se verificar aumento de pH e, em consequência, redução do teor de Al trocável na camada 0-10 cm de solo (GONZAGA, 2009).

Em trabalho de Santos e Lhamby (1992), sob SPD, foi observada uma diminuição nos valores de pH, Ca e Mg trocáveis do solo, com o aumento da profundidade de amostragem, enquanto que os teores de Al, MO, P e K trocável foram mais elevados na superfície do solo, em comparação às camadas mais profundas.

Considerando as possibilidades de manejo para a produção de milho e soja, é possível verificar que o acúmulo dos corretivos e fertilizantes, pela adoção do SPD, nas camadas superficiais do solo, por não haver incorporação, altera a distribuição, acumulação, disponibilidade e aproveitamento de nutrientes pelas plantas (VIEIRA, 2009).

Nesse sentido, há necessidade de mais pesquisas sobre os efeitos dos sistemas de manejo nos atributos dos solos e sua influência na disponibilidade de nutrientes para as plantas, para que se tenha um solo com maior potencial produtivo, com reflexos nas produtividades de soja e milho.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

A pesquisa de longa duração foi desenvolvida na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FE/UNESP), localizada no município de Selvíria-MS, situada aproximadamente a 51° 22' de longitude Oeste e 20° 22' de Latitude Sul, com altitude de 335 metros. A área experimental totalizou 1,6 ha.

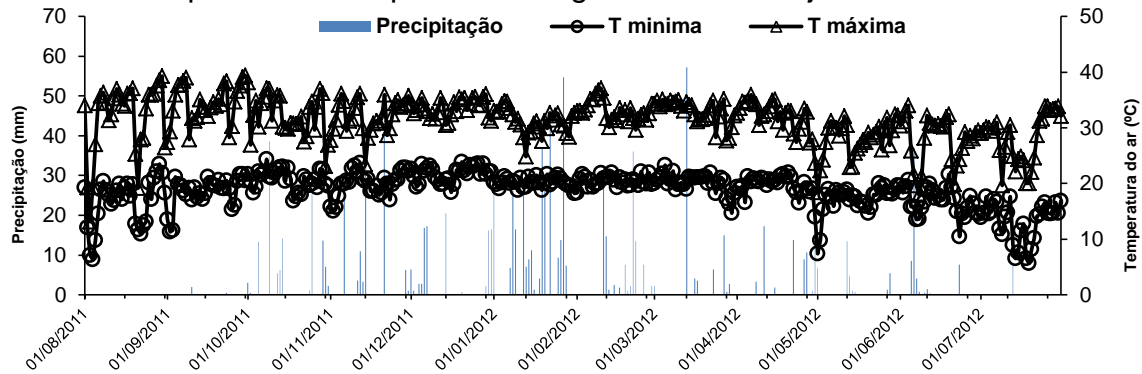
O solo do local foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (SANTOS et al., 2013), sendo originalmente ocupado por vegetação de Cerrado. Na implantação do experimento foram coletadas amostras de solo em ambas as áreas, na camada de 0-0,20 m de profundidade e realizada análise química, segundo o método proposto por Raij et al. (2001).

Os valores encontrados foram P_{resina} de 13 mg dm⁻³, MO de 23 g dm⁻³, K, Ca, Mg e SB de 1,7; 18; 6 e 25,7 mmol_c dm⁻³, pH, Al, H+Al e CTC de 4,8; 2; 31 e 56,7 mmol_c dm⁻³, respectivamente e V de 45% para a área 1 (conduzida em sistema plantio direto) e, para a área 2 (conduzida sob sistema de preparo convencional) foram observados P_{resina} de 23 mg dm⁻³, MO de 23 g dm⁻³, K, Ca, Mg e SB de 1,8; 17; 11 e 29,8 mmol_c dm⁻³, pH, Al, H + Al e CTC de 4,9; 2; 31 e 60,8 mmol_c dm⁻³, respectivamente e V de 49% .

O clima da região é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, segundo a classificação de Koppen, apresentando temperatura, precipitação e umidade relativa média anual de 24,5°C, 1.330 mm e 66 %, respectivamente (CENTURION, 1982).

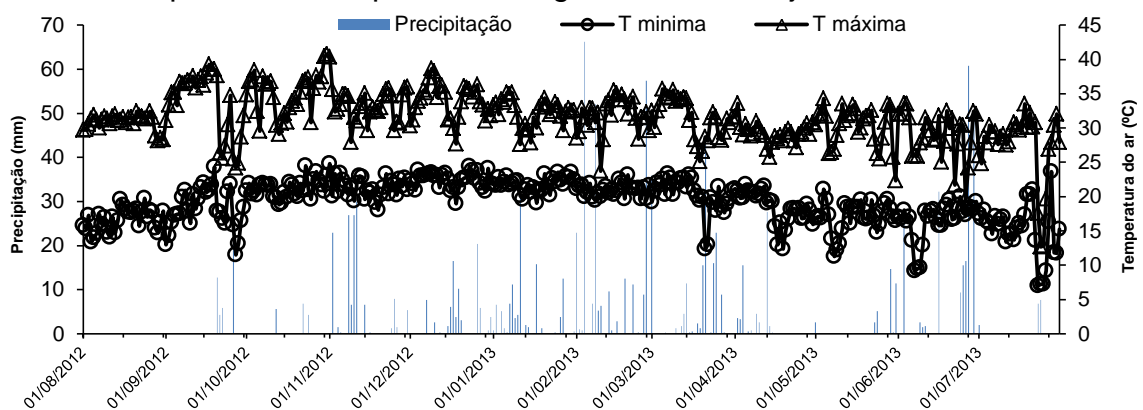
Durante o período de condução do experimento foram registrados os valores diários de precipitação pluvial (mm) e temperaturas máxima e mínima (°C), que estão apresentados nas Figuras 1 (2011/12), Figura 2 (2012/13) e Figura 3 (2013/14).

Figura 1. Valores diários de precipitação pluvial e temperaturas máxima e mínima do ar na área experimental no período de agosto de 2011 a julho de 2012.



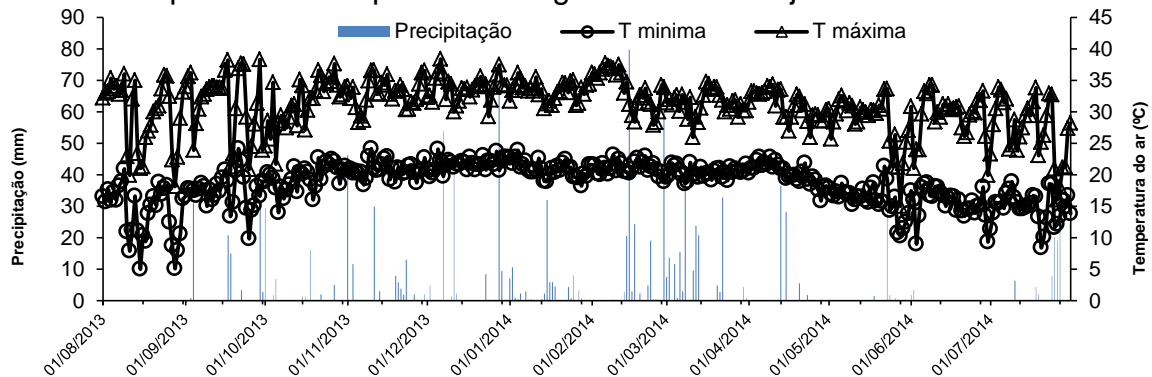
Fonte: Estação meteorológica da UNESP Ilha Solteira (2012).

Figura 2. Valores diários de precipitação pluvial e temperaturas máxima e mínima do ar na área experimental no período de agosto de 2012 a julho de 2013.



Fonte: Estação meteorológica da UNESP Ilha Solteira (2013).

Figura 3. Valores diários de precipitação pluvial e temperaturas máxima e mínima do ar na área experimental no período de agosto de 2013 a julho de 2014.



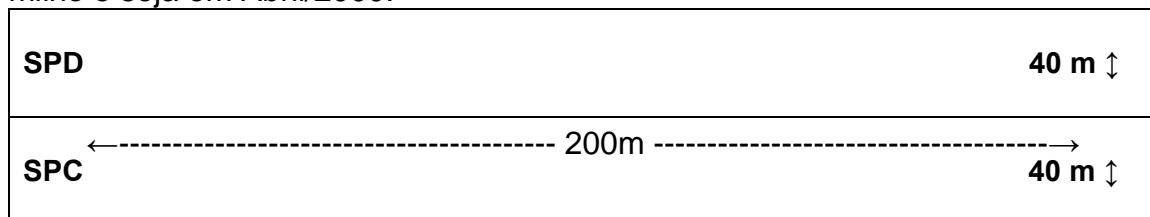
Fonte: Estação meteorológica da UNESP Ilha Solteira (2014).

3.2 Histórico da área, tratamentos e delineamento experimental

O experimento teve início em outubro de 1999, com a seleção de duas áreas semelhantes, divididas por terraços. Em seguida foi realizado o preparo convencional das áreas por meio de uma operação de gradagem pesada seguida de duas gradagens leves. Posteriormente cada área foi dividida em duas partes iguais no sentido longitudinal, nas quais foram semeadas as culturas de milho e soja em novembro de 1999 (Figura 4). Deste modo, o experimento foi constituído por duas áreas distintas, apresentando cada uma, 200 m de comprimento x 40 m de largura (0,8 ha cada área).

A partir da colheita do milho e da soja, em abril/2000, na área 1 foi instalado o sistema plantio direto (SPD) e na área 2 foi mantido o sistema de preparo convencional (SPC), conforme apresentado na Figura 4, dando origem aos tratamentos de sistema de preparo (SP) do experimento.

Figura 4. Distribuição dos sistemas de preparo¹ nas duas áreas do experimento, sendo SPD na área 01 e SPC na área 02, adotados após a colheita das culturas de milho e soja em Abril/2000.



Nota: ¹ Os sistemas de preparo (SP) foram constituídos pelo SPD e SPC, ambos com 200m de comprimento por 40 m de largura, em duas áreas vizinhas delimitadas por terraços.

Fonte: Próprio Autor.

Em abril de 2000, no sentido transversal, semearam-se nos respectivos sistemas de preparo do solo, as plantas de cobertura, preservando-se uma área em pousio. Portanto, dentro de cada sistema de preparo, as culturas produtoras de grãos foram instaladas no sentido longitudinal (em nível) e as culturas de cobertura no sentido transversal.

Em cada sistema de preparo, foram estabelecidas duas repetições de cada planta de cobertura e pousio. Sendo assim, cada parcela possui dimensões de 20 m de comprimento x 10 m de largura (Figura 5). Desde o ano 2000 vem sendo cultivadas nas áreas 4 plantas de cobertura e uma área em pousio, no sentido transversal, sendo 2 espécies de gramíneas e 2 leguminosas, de forma intercalada. As plantas de cobertura utilizadas nas safras avaliadas no presente trabalho

(2011/12, 2012/13 e 2013/14), foram *Crotalaria spectabilis* (E1), painço (E2), *Crotalaria juncea* (E3) e milho (E4), além de uma área em pousio (P), mantida com vegetação espontânea.

Figura 5. Esquema de implantação das plantas de cobertura¹ e pousio em função dos sistemas de preparo, na área experimental. Selvíria-MS.

E1	E2	E3	E4	P	E1	E2	E3	E4	P	SPD
E1	E2	E3	E4	P	E1	E2	E3	E4	P	
E1	E2	E3	E4	P	E1	E2	E3	E4	P	
E1	E2	E3	E4	P	E1	E2	E3	E4	P	
E1	E2	E3	E4	P	E1	E2	E3	E4	P	SPC
E1	E2	E3	E4	P	E1	E2	E3	E4	P	
E1	E2	E3	E4	P	E1	E2	E3	E4	P	
E1	E2	E3	E4	P	E1	E2	E3	E4	P	

Nota: ¹ Espécie 1: *Crotalaria spectabilis*; Espécie 2: Painço; Espécie 3: *Crotalaria juncea*; Espécie 4: Milheto e P: Pousio. Parcelas com 20m de comprimento x 10 m de largura.

Fonte: Próprio autor.

No mês de novembro do ano de 2000, as áreas foram cultivadas com milho e soja novamente, em ambos os sistemas de preparo de solo, sendo iniciados os sistemas de manejo (SM), constituídos pelo monocultivo de milho ou soja e rotação entre as duas espécies, originando os tratamentos de milho monocultivo (MM), milho rotacionado com soja (MR), soja monocultivo (SM) e soja rotacionada com milho (SR), conforme as Figuras 6 e 7.

Figura 6. Distribuição das culturas produtoras de grãos em faixas longitudinais, compondo os sistemas de manejo (SM) na área experimental (safras 2000/01, 2002/03, 2004/05, 2006/07, 2008/09, 2010/11 e 2012/13). Selvíria-MS.

MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	SPD	10 m	40 m
SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA			
SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA			
MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO			
----- Terraço -----												
SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SPC		
SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA			
MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO			
MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO			

Fonte: Próprio autor.

As faixas de 20 m de largura por 200 m de comprimento foram divididas longitudinalmente em partes idênticas, deste modo realizou-se a semeadura da safra 2000/01 mantendo-se o milho e a soja no mesmo desenho do ano agrícola anterior

(1999/00) ou rotacionando-os (Figura 7), onde se tem faixas de 10 m de largura por 200 m de comprimento, que originaram os sistemas de manejo (SM) das culturas produtoras de grãos (milho e soja), em ambos os sistemas de preparo do solo (SP).

Figura 7. Distribuição das culturas produtoras de grãos em faixas longitudinais, compondo os sistemas de manejo (SM) na área experimental (safras 1999/00, 2001/02, 2003/04, 2005/06, 2007/08, 2009/10, 2011/12 e 2013/14). Selvíria-MS.

MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	SPD	10 m 40 m
MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO		
SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA		
SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA		
----- Terraço -----											
SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SPC	
MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO		
MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO		
SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA		

Fonte: Próprio Autor.

Portanto, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, no esquema em faixas com parcelas subdivididas. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de 4 plantas de cobertura e uma área de pousio com 2 sistemas de manejo, para cada sistema de preparo (SPD e SPC).

As faixas que constituíram os manejos foram instaladas no sentido longitudinal, medindo 10 m de largura x 200 m de comprimento (rotação com a cultura da soja e monocultivo de milho); e no sentido transversal, as faixas das plantas de cobertura mediam 10 m de comprimento x 20 m de largura. As parcelas foram constituídas por 4 espécies de plantas de cobertura (*Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, milheto e painço) e área de vegetação espontânea (pousio). Com o objetivo de se obter quatro repetições, foram feitas duas amostragens em cada parcela. Deste modo, cada unidade experimental ficou com área de 10 m x 10 m.

As análises estatísticas dos dados foram realizadas pelo programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011), sendo todos os dados submetidos à análise de variância, conforme delineamento em faixas, com parcelas subdivididas. As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade, para as características agrônômicas do milho e da soja em cada ano agrícola do experimento (safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14), bem como para os resultados dos atributos químicos do solo, das áreas em SPD e SPC, submetidas aos manejos em monocultivo e rotação, nas profundidades de 0,00-0,10m e 0,10-0,20m.

3.3 Instalações e condução do experimento

O experimento vem sendo conduzido desde outubro/1999. O presente estudo refere-se às avaliações dos anos agrícolas 2011/12, 2012/13 e 2013/14. As plantas de cobertura foram semeadas sempre no início das águas (primavera), na primeira quinzena do mês de outubro de cada ano, com a utilização de uma semeadora de fluxo contínuo, no espaçamento de 0,34m entrelinhas, sem adubo. As espécies semeadas foram *Crotalária juncea*, *Crotalária spectabilis*, painço e milho.

Foram utilizados 8 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis para *Crotalária juncea* e 15 kg ha⁻¹ para *Crotalária spectabilis*, milho e painço, sem utilização de adubo. Foram manejadas quimicamente por dessecação utilizando-se o herbicida glyphosate na dose de 1.440 g i.a. ha⁻¹ (em torno de 45 dias após a semeadura). Após a dessecação foi feito o manejo mecânico com triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton). As culturas produtoras de grãos (milho e soja) foram semeadas no verão, após o manejo químico e mecânico das plantas de cobertura, entre a última semana de novembro e a primeira de dezembro, em todas as safras avaliadas.

Os híbridos de milho utilizados foram o 2B707 Hx (safra 2011/12) e DKB 390 PRO (safras 2012/13 e 2013/14), semeados no espaçamento de 0,90 m entrelinhas, com 5,4 sementes m⁻¹ na linha. A adubação de semeadura foi constituída, nas três safras, por 250 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16, e a adubação de cobertura realizada quando as plantas apresentavam 6 folhas completamente desdobradas, pela aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N, tendo como fonte a uréia, em todos os anos agrícolas.

A cultura da soja foi cultivada no espaçamento de 0,45 m entrelinhas com distribuição de 16 sementes m⁻¹ na linha, sendo utilizada a variedade BRS Valiosa RR, nas três safras. A adubação de semeadura constituiu-se da mesma fonte e dose utilizadas para a cultura do milho. O tratamento de sementes e inoculação seguiram as recomendações da Embrapa (2011). A colheita das culturas produtoras de grãos, bem como as avaliações das mesmas, foram realizadas por ocasião do ponto de maturidade fisiológica dos grãos de ambas, entre os meses de março e abril de cada ano avaliado.

3.4 Avaliações

As amostragens foram feitas na área útil de cada parcela, com dimensões de 18x8 m, sendo realizadas 2 avaliações por parcela, a fim de se obter 4 repetições.

3.4.1 Caracterização química do solo da área experimental

Para a caracterização química do solo, foram realizadas amostragens estratificadas das parcelas, no mês outubro de 2015 (15 anos após a instalação do experimento), nas camadas de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m de profundidade do solo. Foram retiradas 2 amostras compostas por parcela, a fim de se obter 4 repetições. As amostras compostas foram obtidas por 3 amostras simples para a cultura da soja (1 amostragem na linha de semeadura e 2 amostragens nas entrelinhas) e 5 amostras simples para a cultura do milho (1 amostragem na linha de semeadura da cultura e 4 amostragens nas entrelinhas), conforme proposto por Anguinoni et al. (2007).

As amostras compostas foram levadas ao laboratório de Análise de solo e Tecido vegetal, do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm, para determinação do pH e os teores de MO, P, K, Ca, Mg, H+Al e Al, bem como para o cálculo dos valores de SB, V(%), m(%) e CTC, conforme a metodologia descrita por Raij et al. (2001).

3.4.2 Cultura do milho

População final de plantas (PFP): Obtido pela contagem das plantas em 2 linhas com 3 m de comprimento na área útil de cada parcela. Em seguida, os valores foram extrapolados para população de plantas ha^{-1} ; **Altura de plantas (AP):** Foram medidas, com auxílio de uma régua apropriada e por ocasião da maturação das plantas, a distância entre o colo da planta e a inserção da última folha, em amostras de 10 plantas seguidas em uma das linhas da área útil da parcela; **Altura da inserção de espiga (AIE):** Simultaneamente a avaliação da altura de plantas, foi medida a altura entre o colo das plantas e a inserção da espiga (superior, em caso

de 2 espigas por planta); **Produtividade de grãos (PG)**: Foram coletadas as espigas das plantas contidas em 4 linhas com 3 m de comprimento na área central da parcela. Após secagem ao sol, foram trilhadas mecanicamente e os grãos obtidos, pesados e determinação da umidade com o auxílio de um aparelho digital, para cálculo da produtividade de grãos em kg ha^{-1} (13% de base úmida); **Produtividade de palha (PP)**: Foram coletadas 2 amostras na área útil de cada parcela, contendo as plantas em 2 m de linha. As plantas foram acondicionadas em sacos de juta e, após secagem, foram retirados os grãos e o material restante foi pesado. Uma amostra foi retirada para determinação da umidade, a fim de se obter a correção da pesagem para cálculo da matéria seca que retornaria ao solo após a colheita.

3.4.3 Cultura da soja

Componentes de produção: No estádio R8, foram coletadas duas amostras com 10 plantas seguidas em uma das linhas da área útil de cada parcela, sendo posteriormente levadas ao laboratório para determinação de: **Altura de plantas (AP)**: Distância entre o colo e o ápice da haste principal; **Altura de inserção das primeiras vagens (AIV)**: Distância entre o colo da planta e a inserção das primeiras vagens; **Número de vagens por planta (NVP)**: Obtido pela divisão do número total de vagens com grãos das plantas pelo número de plantas amostrado; **Produtividade de grãos (PG)**: Foram coletadas 2 amostras de plantas contidas em 4 linhas com 3 m de comprimento na área útil de cada parcela. Após secagem ao sol, as plantas foram trilhadas mecanicamente e os grãos pesados, com determinação da umidade por meio de um aparelho digital, para posteriormente transformação dos dados em kg ha^{-1} (13% de base úmida); **Produtividade de palha (PP)**: A palha obtida no material amostrado para a avaliação da produção de grãos foi pesada após a trilha dos grãos e colocada para secar em estufa com circulação forçada de ar a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$. Posteriormente foi feito o cálculo da umidade e correção do peso para a obtenção do valor de matéria seca de palha que retorna ao solo após a colheita.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Área conduzida em SPD

4.1.1 Área manejada com milho em monocultivo e rotacionado

4.1.1.1 Atributos químicos da camada de 0,00-0,10m do solo sob SPD, manejado com milho em monocultivo e rotação

O manejo do solo em SPD, associado a rotação de culturas, proporcionou alterações significativas nos atributos da camada superficial do solo (0,00-0,10m). Na análise da Tabela 1, onde estão apresentados os valores dos parâmetros avaliados para a fertilidade do solo, em função dos tratamentos, observou-se interação entre manejo e plantas de cobertura para os treze atributos químicos do solo.

Após quinze anos desde a implantação dos sistemas, pode-se verificar a contribuição dos manejos adotados no cultivo de milho, em solo de Cerrado, principalmente na camada superficial do solo, onde a permanência da palhada sobre o solo, bem como o aporte de palha conferido pelas plantas de cobertura associadas a cultura do milho, ao longo do ano, além de promover cobertura e proteção ao solo, exerceram grande influência nos atributos avaliados.

A rotação de culturas entre o milho, a cultura da soja e as plantas de cobertura, proporcionam benefícios, de forma geral, à fertilidade do solo, cultivado sob SPD. Na análise da Tabela 2, está apresentado o desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para P (mg dm^{-3}), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD.

Os teores de P observados na camada superficial do solo (0,00-0,10m), submetido ao manejo com rotação de culturas, em SPD, estão enquadrados dentro da faixa média estabelecida por Raij et al. (1997), para o cultivo de culturas anuais no estado de São Paulo, entre 16 e 40 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Entretanto, há de se considerar que as faixas estabelecidas consideram a profundidade de 0,00-0,20m do solo, em que se tem um volume maior de solo do que a camada estudada (0,00-0,10m).

Tabela 1. Valores de P (mg dm⁻³), matéria orgânica (g dm⁻³), pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB e CTC (mmol_c dm⁻³), V e m (%), e CO (g dm⁻³), na camada de solo de 0,00-0,10 m, em SPD, 15 anos após a instalação do sistema, com sucessão e rotação de culturas com milho. Selvíria, MS (2015).

TRATAMENTOS		P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m	CO
		(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)					(mmol _c dm ⁻³)				(%)	
Manejo (M)	Monocultivo	25,0	15,2	4,7	2,14	17,1	8,16	35,3	2,31	27,4	62,8	43,7	7,98	8,87
	Rotacionado	24,0	17,7	4,8	2,38	19,0	9,08	34,1	2,19	30,5	64,6	47,3	6,81	10,28
Coberturas (C)	Spectabilis	29,0	16,5	4,9	2,54	20,3	9,70	30,9	1,45	32,6	63,5	51,3	4,30	9,58
	Painço	26,0	17,2	4,8	2,41	19,3	9,19	32,0	2,32	30,9	62,9	49,0	7,00	9,98
	Juncea	25,0	17,0	4,7	2,25	18,0	8,57	36,0	2,50	28,8	64,8	44,3	8,11	9,87
	Milheto	23,0	16,3	4,6	2,12	17,0	8,09	38,2	2,41	27,2	65,4	41,5	8,17	9,49
	Pousio	20,0	15,4	4,6	1,98	15,8	7,55	36,6	2,58	25,4	62,0	41,2	9,41	8,95
Teste F														
M		13,71*	35,64**	21,30*	34,32**	34,01*	34,31**	5,91 ^{ns}	2,38 ^{ns}	33,96*	52,73**	21,45*	12,46*	35,53**
C		57,06**	10,95**	59,01**	22,27**	22,43**	22,41**	42,97**	72,79**	22,41**	2,80*	60,9**	85,83**	11,01**
M*C		6,93**	39,47**	31,10**	7,56**	7,62**	7,62**	41,62**	6,60**	7,60**	8,78**	31,5**	17,47**	39,59**
CV (%) M		4,4	7,4	1,4	5,7	5,7	5,7	4,6	10,4	5,7	1,2	5,4	14,2	7,8
CV (%) C		4,9	3,6	0,9	5,9	5,9	5,9	3,9	6,7	5,9	3,7	3,6	7,9	3,5
DMS (M)		1,09	1,3	0,06	0,13	1,0	0,49	1,6	0,23	1,6	0,8	2,4	1,06	0,7
DMS (C)		1,76	0,8	0,06	0,19	1,5	0,75	1,9	0,22	2,5	3,4	2,4	0,86	0,5

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio Autor.

O solo manejado com milho em monocultivo apresentou maiores teores de P quando foi utilizada a crotalária *spectabilis* como planta de cobertura. O mesmo comportamento foi verificado quando a área permaneceu em pousio entre as safras de milho.

Tabela 2. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para teor de P (mg dm^{-3}), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de P (mg dm^{-3})	
Spectabilis	29,9 a A	27,3 a B
Painço	25,2 bc A	26,6 a A
Juncea	25,9 b A	24,9 ab A
Milheto	22,7 cd A	22,7 b A
Pousio	22,4 d A	18,1 c B

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=2,6. DMS de manejo dentro de cobertura= 1,7.

Fonte: Próprio Autor.

Contudo, em ambos os manejos, milho em monocultivo e rotacionado com soja, as plantas de cobertura proporcionaram maiores teores de P no solo, quando comparado ao pousio, mantido com vegetação espontânea, com exceção do milheto no monocultivo de milho.

O P é um elemento de pouca mobilidade no solo, cuja baixa disponibilidade nos solos altamente intemperizados é um fator agrônomo limitante bem conhecido (SOUSA et al 2004). Entretanto, notou-se que os teores apresentados podem ser considerados médios, em termos de quantidade de fósforo para culturas anuais, conforme preconizado por Raij et al. (1997). Este resultado traz evidências da eficácia da adoção do SPD em Latossolos distróficos, com baixa fertilidade natural, que reflete em melhoria dos teores de P na camada superficial do solo, após 15 anos de implantação.

Os teores de P na solução dos solos da região dos Cerrados são geralmente muito baixos, e existe uma alta capacidade de adsorção do fosfato pela fração argila, principalmente os óxidos de ferro e alumínio (GONZAGA, 2009). No entanto, a condução do solo em SPD pode proporcionar melhorias na disponibilidade de P do mesmo, onde o manejo conservacionista, que preconiza o não revolvimento do solo, pode promover maior concentração e disponibilidade de P na camada superficial do solo.

Devido a baixa mobilidade do P, aliado a cultivo em SPD, onde a aplicação de P é feita no sulco de plantio a uma profundidade entre 5 e 10 cm (SOUSA et al., 2004), pode-se obter, ao longo das safras, maior concentração do elemento nas camadas superiores do solo.

Na Tabela 3 constam os teores de MO do solo em função dos manejos adotados. Na área em que o milho foi semeado em monocultivo ao longo das safras, as plantas de cobertura proporcionaram maiores teores de MO no solo, comparado ao pousio. Por outro lado, a realização de rotação de culturas proporcionou maior concentração de MO no solo inclusive para a área em pousio. Deve-se destacar a importância da alternância de espécies nas áreas de cultivo e seus respectivos benefícios para este parâmetro, a MO do solo, genuíno indicador de qualidade do solo (VEZZANI, 2001).

Tabela 3. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para MO (g dm^{-3}), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de MO (mg dm^{-3})	
Spectabilis	16,0 a B	16,9 a A
Painço	16,4 a B	17,9 a A
Juncea	15,8 a B	18,1 a A
Milheto	16,1 a A	16,6 a A
Pousio	11,9 b B	18,9 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=3,1. DMS de manejo dentro de cobertura= 0,8.

Fonte: Próprio Autor.

A deposição de material vegetal na superfície do solo através da palhada formada pelo plantio direto tem grande influência nos teores de M.O encontrados nas camadas superficiais (GONZAGA, 2009). Entretanto, a escolha das espécies mais adaptadas às condições edafoclimáticas locais, podem influenciar, ao longo dos anos, no teor de MO do solo.

Na Tabela 4 estão apresentados os valores de pH para a camada superficial do solo (0,00-0,10m) submetido aos diferentes manejos. O solo da área manejada com milho em monocultivo, mantida em pousio apresentou maior acidez (pH 4,4). Portanto, pode-se observar a influência do cultivo de plantas de cobertura na acidez do Latossolo distrófico, quando comparado à área com vegetação espontânea (pousio).

Tabela 4. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para pH (CaCl_2), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	pH (CaCl_2)	
Spectabilis	4,8 a B	4,9 a A
Painço	4,8 a B	4,9 a A
Juncea	4,7 b A	4,7 bc A
Milheto	4,7 b A	4,6 c B
Pousio	4,4 c B	4,8 ab A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=0,1. DMS de manejo dentro de cobertura=0,1.

Fonte: Próprio Autor.

Dentro do mesmo manejo, verificou-se que o cultivo de spectabilis e painço proporcionou maiores valores do pH da camada superficial do solo. Para as áreas com as referidas plantas de cobertura, o manejo rotacionado entre milho e soja refletiram em incremento no valor do pH, onde se teve menor acidificação do solo. De forma geral, os valores encontrados para pH em ambos os manejos e respectivas plantas de cobertura (e pousio), revelam alta acidez do solo (RAIJ et al., 1997).

A área manejada com milho rotacionado (Tabela 5) apresentou maior teor de K no solo quando se utilizou crotalária juncea como planta de cobertura. O mesmo comportamento foi verificado para a área mantida em pousio, com vegetação espontânea.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para K ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de K ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
Spectabilis	2,45 a A	2,64 a A
Painço	2,33 ab A	2,50 ab A
Juncea	2,05 b B	2,45 ab A
Milheto	2,19 ab A	2,06 c A
Pousio	1,70 c B	2,26 bc A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=0,30. DMS de manejo dentro de cobertura=0,19.

Fonte: Próprio Autor.

A utilização de plantas de cobertura em monocultivo e também no manejo rotacionado proporcionaram aumento na concentração de K na camada superficial do solo, quando comparado às áreas mantidas em pousio.

Contudo, vale salientar que a crotalária *spectabilis* se destacou quanto a ciclagem de K.

Os teores de K da camada superficial ficaram dentro da faixa considerada média (1,6 a 3,0 mmol_c dm⁻³) para o cultivo de culturas de milho (RAIJ et al.; 1997).

Os teores de Ca do solo (0,00-0,10) foram influenciados pelos manejos (Tabela 6). Na área em que ocorreu a semeadura de crotalária juncea como planta de cobertura, os teores de Ca foram maiores no milho rotacionado. A área em pousio também apresentou resultado semelhante, entretanto, para o milho monocultivo, a utilização de plantas de cobertura proporcionaram ao solo maior concentração de Ca, na camada superficial do solo. Para o milho rotacionado o resultado foi semelhante, com exceção do milheto, o qual o teor de Ca foi menor e igual o do pousio.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Ca (mmol_c dm⁻³), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de Ca (mmol _c dm ⁻³)	
Spectabilis	19,6 a A	21,1 a A
Painço	18,6 ab A	20,0 ab A
Juncea	16,3 b B	19,6 ab A
Milheto	17,5 ab A	16,5 c A
Pousio	13,6 c B	18,1 bc A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=2,4. DMS de manejo dentro de cobertura=1,5.

Fonte: Próprio Autor.

Embora tenha havido grande amplitude nas concentrações de Ca no solo em função dos tratamentos, todos os valores encontrados são considerados altos, quando confrontados com o quadro de interpretação de teores de Ca estabelecidos por Raij et al. (1997).

Conforme a Tabela 7, os teores de Mg da camada superficial do solo foram influenciados pelos manejos, onde a rotação de culturas proporcionou incremento na concentração do nutriente para as áreas mantidas sob crotalária juncea e pousio. Enquanto para a área em monocultivo de milho, as plantas de cobertura refletiram em maior teor de Mg no solo, em relação ao pousio,

contudo, a semeadura da crotalária spectabilis para o cultivo do milho em sucessão (monocultivo), superou a crotalária juncea e pousio.

Tabela 7. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Teor de Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
	Milho monocultivo	Milho rotacionado
Spectabilis	9,34 a A	10,06 a A
Painço	8,86 ab A	9,52 ab A
Juncea	7,79 b B	9,34 ab A
Milheto	8,33 ab A	7,85 c A
Pousio	6,48 c B	8,63 bc A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=1,14. DMS de manejo dentro de cobertura= 0,74.

Fonte: Próprio Autor.

Comportamento semelhante foi observado para o milho rotacionado, em relação às plantas de cobertura, entretanto as crotalária e o painço refletiram em maior concentração de Mg ao solo do que o milheto. Os teores encontrados estão entre médio ($5 \text{ a } 8 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$) a alto ($> 8 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$), conforme o Boletim 100 (RAIJ et al.; 1997).

Na Tabela 8 estão apresentados os teores de H+Al da camada superficial do solo, submetido aos diferentes manejos. Por este parâmetro compor os elementos que formam a capacidade de troca catiônica do solo (T), torna-se essencial verificar o desempenho deste atributo químico no solo, mesmo não tendo função direta na nutrição das plantas.

Tabela 8. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para H+Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	H+Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
	Milho monocultivo	Milho rotacionado
Spectabilis	31,9 c A	29,8 b B
Painço	32,5 c A	31,5 b A
Juncea	33,7 bc B	38,3 a A
Milheto	36,5 b B	39,9 a A
Pousio	42,1 a A	31,0 b B

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=3,6. DMS de manejo dentro de cobertura= 1,9.

Fonte: Próprio Autor

Pode-se observar que no monocultivo, as áreas com *spectabilis* e painço, apresentaram menores valores para H+Al, entretanto os referidos tratamentos mantiveram este atributo com valor próximo ao verificado no ano de 1999 ($31 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Por outro lado, notou-se que o pousio elevou a acidez potencial ao longo das safras, quando a área foi manejada em monocultivo. Contudo, comportamento diferente foi verificado na área submetida ao manejo rotacionado, onde o pousio, painço e *spectabilis* apresentaram H+Al de 31; 31,5 e 29,8 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente, ou seja, menor acidez potencial.

Os teores de Al do solo foram afetados pelos manejos adotados no cultivo de milho (Tabela 9). Pela característica química natural do solo estudado (LATOSSOLO Vermelho distrófico), somado a não correção da acidez da área de cultivo por mais de 15 safras, torna-se previsível a presença deste elemento tóxico às plantas.

Tabela 9. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Al ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Teor de Al ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	
	Milho monocultivo	Milho rotacionado
Spectabilis	1,60 b A	1,31 b B
Painço	2,22 a A	2,43 a A
Juncea	2,70 a A	2,30 a B
Milheto	2,33 a A	2,49 a A
Pousio	2,70 a A	2,45 a B

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=0,52. DMS de manejo dentro de cobertura= 0,22.

Fonte: Próprio Autor.

Contudo, pode-se verificar que o cultivo de *crotalaria spectabilis* refletiu em menor concentração de Al na camada superficial do solo, sendo estes valores inferiores aos encontrados no ano de 1999, na implantação do trabalho ($2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), em ambos os sistemas de cultivo, principalmente no milho rotacionado. A soma de bases (SB) da camada superficial do solo cultivado com milho em SPD pode ser observada na Tabela 10.

Tabela 10. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para SB ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	SB ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
Spectabilis	31,4 a A	33,8 a A
Painço	29,8 ab A	32,0 ab A
Juncea	26,2 b B	31,4 ab A
Milheto	28,0 ab A	26,4 c A
Pousio	21,8 c B	29,0 bc A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=3,8. DMS de manejo dentro de cobertura= 2,4.

Fonte: Próprio Autor.

A área em monocultivo foi influenciada pelas plantas de cobertura, onde spectabilis painço e milho se mostraram superiores, com SB entre 28 e 31,4 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$. Já no manejo rotacionado, houve incremento na SB para as áreas de crotalária juncea e pousio, em comparação ao monocultivo de milho.

Conforme apresentado na Tabela 11, a capacidade de troca catiônica do solo (CTC) da área em monocultivo foi beneficiada pelo cultivo de spectabilis, painço e milho, sendo observado também, que a área sob pousio em pré-semeadura do milho, proporcionou melhorias no atributo (CTC), em comparação com o resultado obtido em 1999 (56,7 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$). O manejo rotacionado elevou a CTC do solo em torno de 10 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, para a área cultivada com crotalária juncea.

Tabela 11. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
Spectabilis	63,4 ab A	63,6 bc A
Painço	62,3 ab A	63,5 bc A
Juncea	59,9 b B	69,7 a A
Milheto	64,5 a A	66,3 ab A
Pousio	63,9 a A	60,0 c B

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=3,6. DMS de manejo dentro de cobertura= 3,4.

Fonte: Próprio Autor.

Na análise da Tabela 12, pode-se verificar que as plantas de cobertura proporcionaram melhor saturação por bases (V) ao solo, quando em

monocultivo, com destaque para crotalária spectabilis, que apresentou V=49,5%.

Tabela 12. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para V (%), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	V (%)	
Spectabilis	49,5 a B	53,1 a A
Painço	47,8 ab B	50,3 ab A
Juncea	43,6 b A	45,0 bc A
Milheto	43,3 b A	39,7 c B
Pousio	34,1 c B	48,2 ab A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=5,5. DMS de manejo dentro de cobertura= 2,3.

Fonte: Próprio Autor.

Para o mesmo manejo (monocultivo), notou-se que a área com milheto apresentou V superior em relação ao rotacionado. Por outro lado, o manejo rotacionado proporcionou incremento na V do solo, cultivado com spectabilis, painço e mantido sob vegetação espontânea (pousio).

A saturação por alumínio (m%) da área mantida sob monocultivo mostrou-se superior no pousio (Tabela 13). Deste modo, o cultivo de plantas de cobertura auxiliou na redução da saturação por alumínio no solo. Entretanto, quando a área foi submetida ao manejo rotacionado, a m% da camada superficial do solo diminuiu quando se cultivou as crotalárias (juncea e spectabilis) e quando a área foi mantida em pousio.

Tabela 13. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para m (%), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	m (%)	
Spectabilis	4,87 d A	3,74 b B
Painço	6,94 cd A	7,06 a A
Juncea	9,37 ab A	6,85 a B
Milheto	7,72 bc B	8,62 a A
Pousio	11,04 a A	7,78 a B

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=2,42. DMS de manejo dentro de cobertura=0,85.

Fonte: Próprio Autor.

O teor de CO (carbono orgânico) da camada superficial do solo foi beneficiado pelo cultivo das plantas de cobertura, sob monocultivo, conforme apresentado na Tabela 14, sendo superior ao pousio. No entanto, as áreas sob pousio, crotalárias e painço, apresentaram elevação no teor de CO do solo, quando submetido ao manejo rotacionado.

Em diversos trabalhos realizados sob condições de Cerrado, têm-se observado os benefícios da adoção do SPD na fertilidade do solo, bem como na sua direta relação com a produtividade das culturas.

Fernandes et al. (1999) ressaltam as vantagens do SPD na produção de grãos, em relação aos sistemas de preparo do solo com arado de disco ou aiveca, atribuindo o fato de se ter maiores produtividades, às melhorias nas condições químicas do solo, dentre outros atributos, refletidas pelo SPD.

De forma geral, as relações entre manejo e plantas de cobertura influenciam a maioria dos atributos químicos do solo, entretanto, deve-se considerar que o monocultivo não é capaz de promover a sustentabilidade do SPD, quando consideradas todas as necessidades do modelo. Sendo assim, o manejo rotacionado mostra-se mais adequado para a implantação do sistema.

Tabela 14. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para CO (g dm^{-3}), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de CO (g dm^{-3})	
Spectabilis	9,32 a B	9,84 a A
Painço	9,54 a B	10,42 a A
Juncea	9,21 a B	10,53 a A
Milheto	9,35 a A	9,63 a A
Pousio	6,92 b B	10,98 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=1,83. DMS de manejo dentro de cobertura= 0,50.

Fonte: Próprio Autor.

Segundo Guimarães (2000), o sistema plantio direto é dependente do uso de programas de rotação de culturas, principalmente por se fundamentar na permanência de restos culturais sobre a superfície do solo, favorecendo o desenvolvimento de patógenos de hábito necrotróficos.

Portanto, deve-se considerar todas as prerrogativas de um sistema para sua adoção. Na análise do ponto de vista dos atributos químicos da

camada superficial do solo, o SPD já consolidado (15 anos após a instalação), mostrou-se adequado para a região de estudo. Além disso, no Brasil, nas últimas décadas, o SPD tem sido fundamental para a conciliação de aspectos econômicos, ambientais e sociais, por isso tem contribuído significativamente para a sustentabilidade da agricultura brasileira (DEBIASI et al., 2013).

4.1.1.2 Atributos químicos da camada de 0,10-0,20m do solo sob SPD manejado com milho em monocultivo e rotação

As médias gerais dos atributos químicos referentes a camada de 0,10-0,20m de profundidade do solo cultivado em SPD estão apresentados na Tabela 15. Foi observado que houve interação entre os tratamentos para todos os atributos analisados, com exceção de MO e CO do solo.

Entretanto, o manejo rotacionado proporcionou maior teor de MO à camada subsuperficial do solo cultivado em SPD, em que o a rotação de culturas refletiu em 12,9 g dm⁻³ de MO, frente a 11,6 g dm⁻³ de MO atribuído ao solo manejado em monocultivo. Este resultado evidencia que a inserção de diferentes espécies ao longo das safras pode trazer ganhos de MO ao solo, mesmo em camadas de subsuperfície.

A crotalária *spectabilis* e painço beneficiaram o aporte de MO da camada de 0,10-0,20 cm do solo (12,9 e 13,2 g dm⁻³, respectivamente) em relação ao milheto e pousio (11,2 e 11,6 g dm⁻³, respectivamente).

Estes resultados podem estar ligados ao sistema radicular superficial da crotalária *spectabilis* e painço, por se tratar de plantas de pequeno porte, cuja maior concentração de raízes ocorre até 0,2m de profundidade, as quais, mediante o processo de decomposição, ao longo das safras, podem ter contribuído para o aumento no teor de MO do solo, na camada de 0,10-0,20m de profundidade.

Assim como verificado para a MO do solo, o carbono orgânico (CO) apresentou comportamento semelhante em relação aos manejos e plantas de cobertura. Por se tratar de um atributo que deriva da MO do solo, pode-se esperar que as técnicas que beneficiam um fator acarretará o mesmo comportamento ao outro atributo químico. Conforme Vezzani (2001), a MO do solo é o principal elemento que se relaciona com a qualidade do solo.

O desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para P (mg dm^{-3}), na camada de 0,10-0,20m do solo, estão apresentados na Tabela 16. Na área sob monocultivo ocorreu incremento no teor de P na camada subsuperficial, pelo cultivo das plantas de cobertura.

Tabela 15. Valores de P (mg dm^{-3}), matéria orgânica (g dm^{-3}), pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB e CTC ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), V e m (%), e CO (g dm^{-3}), na camada de solo de 0,10-0,20m, em SPD, 15 anos após a instalação do sistema, com sucessão e rotação de culturas com milho. Selvíria, MS (2015).

TRATAMENTOS		P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m	CO
		(mg dm^{-3})	(g dm^{-3})	(CaCl_2)					(mmol _c dm^{-3})			(%)		(g dm^{-3})
Manejo (M)	Monocultivo	21,6	11,6 b	4,5	0,91	11,6	5,49	33,3	3,34	18,0	51,4	34,7	16,1	6,74 b
	Rotacionado	23,4	12,9 a	4,5	1,00	12,9	6,08	36,4	3,21	19,9	56,4	35,3	14,0	7,51 a
Coberturas (C)	Spectabilis	21,5	12,9 a	4,6	1,15	14,7	6,95	35,5	2,95	22,8	58,3	39,1	11,4	7,50 a
	Painço	24,3	13,2 a	4,5	1,02	13,1	6,19	33,9	3,51	20,3	54,2	37,4	14,8	7,69 a
	Juncea	24,3	12,3 ab	4,4	0,93	12,0	5,66	34,4	3,47	18,6	53,0	34,8	16,1	7,16 ab
	Milheto	22,9	11,2 b	4,3	0,83	10,6	5,01	36,8	3,38	16,4	53,3	30,8	17,1	6,53 b
	Pousio	19,4	11,6 b	4,4	0,85	10,8	5,12	33,6	3,07	16,8	50,5	33,0	16,0	6,75 b
Teste F														
M		24,36**	44,17**	0,14ns	2,64ns	2,62**	2,60ns	70,00**	9,27ns	2,62ns	28,80*	0,11ns	5,48ns	44,28**
C		14,33**	8,03**	11,76**	15,78**	15,56**	15,53**	7,91**	7,56**	15,56**	20,28**	12,3**	14,23**	8,02**
M*C		14,00**	2,19ns	9,10**	8,49**	8,33**	8,30**	5,69**	4,62**	8,33**	6,07**	9,39**	7,96**	2,17ns
CV (%) M		5,0	5,1	3,0	19,8	19,8	19,9	3,3	4,2	19,8	5,4	14,7	18,9	5,1
CV (%) C		6,8	6,8	1,6	9,8	9,9	9,9	3,7	7,8	9,9	3,3	7,6	10,9	6,8
DMS (M)		1,1	0,6	0,1	0,19	2,4	1,16	1,1	1,13	3,8	2,9	5,1	2,8	0,36
DMS (C)		2,2	1,2	0,1	0,13	1,7	0,84	1,9	0,38	2,7	2,6	3,9	2,4	0,71

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio Autor.

O cultivo de crotalária *spectabilis* na área sob monocultivo, proporcionou incremento no teor de P da camada subsuperficial do solo ($23,6 \text{ mg dm}^{-3}$), assim como observado para crotalária juncea e milho, em relação ao pousio ($18,0 \text{ mg dm}^{-3}$).

Na área sob manejo rotacionado, o solo com maior teor de P na camada subsuperficial foi referente ao cultivo de painço ($27,9 \text{ mg dm}^{-3}$), que superou pousio e demais plantas de cobertura, com exceção da crotalária juncea ($25,2 \text{ mg dm}^{-3}$). Os teores de P encontrados estão dentro da faixa considerada média ($16 \text{ a } 40 \text{ mg dm}^{-3}$) para o cultivo de milho. Este resultado verificado para a camada de $0,10\text{-}0,20\text{m}$ do solo pode estar relacionado ao tempo de cultivo em que a área vem sendo conduzida sob SPD, sempre com fornecimento de P na adubação de semeadura da safra.

Tabela 16. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para P (mg dm^{-3}), na camada de $0,10\text{-}0,20\text{m}$ do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de P (mg dm^{-3})	
Spectabilis	23,6 aA	19,5 dB
Painço	20,7 abB	27,9 aA
Juncea	23,5 aA	25,2 abA
Milheto	22,3 aA	23,4 bcA
Pousio	18,0 bB	20,9 cdA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=2,9. DMS de manejo dentro de cobertura= 2,2.

Fonte: Próprio Autor.

Trabalhando com avaliação dos teores de P no solo cultivado em SPD, Carvalho (2000) encontrou uma maior concentração de P na camada superficial do solo em área agrícola conduzida a 3 anos sob SPD. Entretanto, o SPD já consolidado, como no presente estudo, 15 anos após a implantação, promoveu a manutenção de teores adequados de P na camada de subsuperfície do solo.

Os valores de pH da camada de $0,10\text{-}0,20\text{m}$ de profundidade do solo foram influenciados pelas plantas de cobertura na área submetida ao monocultivo de milho em SPD (Tabela 17).

Tabela 17. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para pH (CaCl_2), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	pH (CaCl_2)	
Spectabilis	4,6 aA	4,5 aA
Painço	4,6 aA	4,5 aA
Juncea	4,4 abA	4,5 aA
Milheto	4,4 abA	4,3 aA
Pousio	4,3 bB	4,5 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo= 0,3. DMS de manejo dentro de cobertura= 0,2.

Fonte: Próprio Autor.

Verificou-se maior acidificação do solo na área em pousio (monocultivo). Comportamento diferente foi observado para a área manejada com milho rotacionado, onde as plantas de cobertura e pousio não influenciaram o pH. Ressalta-se ainda que o manejo rotacionado elevou o pH da área mantida em pousio, de 4,3 para 4,5.

Na análise da Tabela 18, observou-se que o cultivo de crotalária spectabilis na área sob monocultivo de milho em SPD proporcionou maior teor de K na camada de 0,10-0,20m do solo ($1,21 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), em relação ao pousio ($0,68 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

Tabela 18. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para K ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de K ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	
Spectabilis	1,21 aA	1,09 aA
Painço	1,01 abA	1,03 aA
Juncea	0,80 abB	1,07 aA
Milheto	0,84 abA	0,82 aA
Pousio	0,68 bB	1,01 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo= 0,42. DMS de manejo dentro de cobertura= 0,13.

Fonte: Próprio Autor.

Quanto ao manejo rotacionado não houve diferença entre as plantas de cobertura e pousio, entretanto, a rotação de culturas proporcionou incremento no teor de K para as áreas submetidas à crotalária juncea e pousio.

Os teores de Ca da camada de 0,10-0,20m do solo (Tabela 19) foram influenciados positivamente pelo cultivo de plantas de cobertura apenas na área sob monocultivo.

Tabela 19. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Ca ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de Ca ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
Spectabilis	15,5 aA	14,0 aA
Painço	13,0 abA	13,2 aA
Juncea	10,2 abB	13,7 aA
Milheto	10,7 abA	10,5 aA
Pousio	8,7 bB	13,0 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo= 5,4. DMS de manejo dentro de cobertura= 1,7.

Fonte: Próprio Autor.

Não foi observado o mesmo comportamento para a área com milho rotacionado, onde o teor de Ca do solo com vegetação espontânea (pousio), não diferiu das áreas com plantas de cobertura. Por outro lado, o manejo rotacionado refletiu em maior teor de Ca nas áreas com crotalaria juncea e pousio. A concentração de Mg da camada de 0,10-0,20m do solo (Tabela 20) foi influenciada pelas plantas de cobertura na área submetida ao monocultivo, sendo encontrados valores superiores do elemento em relação a área com pousio, diferindo apenas para spectabilis.

Tabela 20. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
Spectabilis	7,31 aA	6,60 aA
Painço	6,13 abA	6,25 aA
Juncea	4,83 abB	6,48 aA
Milheto	5,07 abA	4,95 aA
Pousio	4,12 bB	6,13 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=2,58. DMS de manejo dentro de cobertura=0,84.

Fonte: Próprio Autor.

O manejo rotacionado proporcionou maiores teores de Mg ao solo cultivado com crotalária juncea. O mesmo comportamento ocorreu para a área mantida com vegetação espontânea (pousio).

A acidez potencial (H+Al) da camada de 0,10-0,20m do solo manejado em monocultivo foi influenciada pelas plantas de cobertura (Tabela 21). Apenas a área sob painço manteve a H+Al semelhante ao pousio, quando em monocultivo. O manejo rotacionado proporcionou incremento na H+Al do solo, nas áreas com plantas de cobertura e pousio, com exceção do solo mantido sob crotalária juncea, que apresentou valores de H+Al em torno de 34 mmol_c dm⁻³.

Tabela 21. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para H+Al (mmol_c dm⁻³), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	H+Al (mmol _c dm ⁻³)	
Spectabilis	33,3 abB	37,7 abA
Painço	31,3 bB	36,5 abcA
Juncea	34,7 aA	34,1 cA
Milheto	35,2 aB	38,4 aA
Pousio	31,9 bB	35,3 bcA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo= 2,7. DMS de manejo dentro de cobertura= 1,9.

Fonte: Próprio Autor.

Na análise da Tabela 22, foi observado que as plantas de cobertura não influenciaram o teor de Al da camada de 0,10-0,20m do solo, quando manejado em monocultivo. Entretanto, houve redução na concentração de Al quando foi realizada rotação de culturas, na área com spectabilis. No manejo rotacionado, notou-se menor teor de Al para o solo cultivado com crotalária spectabilis e pousio.

Tabela 22. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,10-0,20 m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
Spectabilis	3,31 aA	2,59 bB
Painço	3,50 aA	3,52 aA
Juncea	3,47 aA	3,47 aA
Milheto	3,22 aA	3,55 aA
Pousio	3,22 aA	2,92 bA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=0,43. DMS de manejo dentro de cobertura=0,37.

Fonte: Próprio Autor.

A soma de bases (SB) da camada de 0,10-0,20m do solo apresentou menor concentração na área mantida em pousio, sob monocultivo (Tabela 23). O manejo rotacionado proporcionou incremento na SB do solo sob crotalaria juncea e pousio.

Tabela 23. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para SB ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	SB ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
Spectabilis	24,0 aA	21,7 aA
Painço	20,1 abA	20,5 aA
Juncea	15,8 abB	21,3 aA
Milheto	16,6 abA	16,2 aA
Pousio	13,5 bB	20,1 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo= 8,4. DMS de manejo dentro de cobertura= 2,7.

Fonte: Próprio Autor.

As plantas de cobertura não influenciaram a SB do solo sob manejo rotacionado. Este resultado evidencia a importância da rotação de cultura.

Na análise da Tabela 24, notou-se uma influência positiva na capacidade de troca catiônica do solo (CTC) pelo cultivo de crotalaria spectabilis na área mantida sob monocultivo, em relação ao pousio.

Tabela 24. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,10-0,20 m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
Spectabilis	57,3 aA	59,4 aA
Painço	51,5 abB	57,0 aA
Juncea	50,6 bB	55,4 aA
Milheto	51,9 abB	54,7 aA
Pousio	45,5 bB	55,5 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo= 6,4. DMS de manejo dentro de cobertura= 2,6.

Fonte: Próprio Autor.

O manejo rotacionado proporcionou incremento na CTC da camada de 0,10-0,20 m do solo cultivado com painço, crotalaria juncea, milho e também na área mantida com vegetação espontânea (pousio).

A saturação por bases (V%) da camada de 0,10-0,20m do solo foi influenciada pelas plantas de cobertura, em monocultivo (Tabela 25). A área com crotalaria spectabilis superou a área mantida em pousio em mais de 10 pontos percentuais.

As plantas de cobertura não alteraram a V do solo manejado de forma rotacionada, entretanto, o referido manejo diminuiu na saturação por bases do solo cultivado com crotalaria juncea. Comportamento contrário foi verificado para a área mantida em pousio.

Tabela 25. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para V (%), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	V (%)	
Spectabilis	41,8 aA	36,4 aB
Painço	39,0 abA	35,9 aA
Juncea	31,2 abB	38,3 aA
Milheto	32,0 abA	29,7 aA
Pousio	29,8 bB	36,2 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo= 11,6. DMS de manejo dentro de cobertura= 3,9.

Fonte: Próprio Autor.

A saturação por alumínio (m) da camada de 0,10-0,20 m do solo foi mais pronunciada no pousio (19,3%), sob, monocultivo; sendo observados

menores valores, quando o solo recebeu o manejo rotacionado, associado ao cultivo de crotalária juncea (Tabela 26).

Tabela 26. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para m (%), na camada de 0,10-0,20 m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	m (%)	
Spectabilis	12,1 bA	10,7 bA
Painço	14,9 abA	14,7 abA
Juncea	18,1 abA	14,1 abB
Milheto	16,2 abA	17,9 aA
Pousio	19,3 aA	12,6 abB

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo= 6,6. DMS de manejo dentro de cobertura= 2,41.

Fonte: Próprio Autor.

No manejo rotacionado, a crotalária *spectabilis* proporcionou ao solo m de 10,7%, diferindo do milheto (17,9%), o qual proporcionou ao solo um dos maiores valores de saturação por alumínio.

O SPD traz muitos benefícios ao solo e ao sistema de produção como um todo, entretanto, em solos distróficos, caracterizados pela alta acidez, baixo pH e presença de Al no sítio de troca catiônica, como no caso do solo avaliado, a utilização de plantas de cobertura associadas a rotação de culturas, tendem a amenizar as condições naturalmente desfavoráveis que caracterizam estes solos, beneficiando as plantas produtoras de grãos.

No sistema de plantio direto sob rotação de culturas, tem sido registrados maiores valores de matéria orgânica, fósforo e bases trocáveis (K, Ca e Mg), na camada superficial do solo (0,00-0,20m), em relação às camadas mais profundas (DE MARIA et al., 1999; SILVEIRA; STONE, 2001). Por outro lado, observa-se também que a acidificação do solo tem se mostrado evidente em solos submetidos ao manejo sob SPD (PAIVA et al., 1996; SALET, 1994).

Sá (1999), observou que em áreas cultivadas com milho sob SPD, há uma tendência de redução do pH do solo ao longo dos anos, o que pode ser justificável devido à ação acidificante dos fertilizantes nitrogenados utilizados na cultura. Resultados semelhantes também foram relatados por Staley e Boyer (1997), que encontraram redução no valor do pH do solo até 15cm de profundidade.

4.1.1.3 Características agronômicas do milho cultivado sob SPD

A população de plantas do milho não foi influenciada pelos tratamentos na safra 2011/12 (Tabela 27). A altura de plantas e altura de inserção de espiga apresentaram incremento médio de 7 e 4 cm, respectivamente, pelo manejo de rotação com soja.

Tabela 27. Médias e valores de F das características agronômicas do milho, em função de sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, em SPD. Selvíria MS, Safra 2011/12.

TRATAMENTOS		População Final Plantas (plantas ha ⁻¹)	Altura de Plantas (m)	Altura Ins. Espiga (m)	Produtividade de Palha (kg ha ⁻¹)	Produtividade de Grãos (kg ha ⁻¹)
Manejo (M)	Rotacionado	55.740	2,26 a	1,24 a	9.073	6.821
	Monocultivo	55.205	2,19 b	1,20 b	7.238	5.654
Coberturas (C)	Spectabilis	56.481	2,24	1,16 b	8.096	6.194
	Painço	56.018	2,24	1,25 a	8.298	6.344
	Juncea	57.458	2,20	1,24 a	8.494	6.489
	Milheto	53.703	2,20	1,21 ab	8.321	6.368
	Pousio	53.703	2,25	1,23 ab	7.567	5.794
Teste F						
M		0,20 ^{ns}	18,43*	22,11*	110,36**	73,88**
C		2,06 ^{ns}	1,90 ^{ns}	4,68**	4,62**	4,46**
M*C		0,45 ^{ns}	1,65 ^{ns}	0,54 ^{ns}	6,25**	6,09**
CV (%) M		6,83	2,54	2,01	6,77	6,88
CV (%) C		6,02	2,03	3,69	5,77	5,77
DMS (M)		3.812,00	0,05	0,02	555,00	432,00
DMS (C)		4.916,00	0,06	0,06	693,00	530,00

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio Autor.

Este incremento pode estar relacionado ao residual de nitrogênio deixado pela leguminosa, que é capaz de realizar a fixação biológica de nitrogênio, visto as conhecidas respostas das gramíneas ao nitrogênio. Kaneko (2013) notou aumento nas alturas de planta e de inserção de espiga em milho em resposta ao nitrogênio.

Houve interação entre manejo e planta de cobertura para a produtividade de palha da cultura do milho (Tabela 28). A rotação com soja proporcionou maior produtividade de palha do milho e a utilização de plantas de cobertura antecedendo o cultivo de milho favoreceram o desempenho da lavoura, em rotação.

O milho cultivado sobre as palhadas de *Crotalaria juncea*, milho e painço, apresentou produtividade de palha acima de 9.000 kg ha⁻¹, valores superiores aos encontrados por Ambrosano et al. (2016), que verificaram produtividade de palha em torno de 6.000 kg ha⁻¹.

Tabela 28. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para produtividade de palha, na cultura do milho, em SPD. Selvíria MS, Safra 2011/12.

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Produtividade de palha (kg ha ⁻¹)	
Spectabilis	7.312 a B	8.880 bc A
Painço	7.120 a B	9.476 ab A
Juncea	7.007 a B	9.981 a A
Milheto	7.612 a B	9.029 ab A
Pousio	7.138 a B	7.997 c A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo = 980; DMS de manejo dentro de cobertura = 836.

Fonte: Próprio Autor.

Na análise da produtividade de grãos do milho (Tabela 29), notou-se que a palhada das plantas de cobertura não influenciaram o milho em monocultivo, que expressou produtividade de grãos entre 5.400 kg ha⁻¹ e 5.700 kg ha⁻¹. Arnhold et al. (2010) observaram produtividade semelhante para híbridos de milho, em torno de 5.593 kg ha⁻¹ de grãos.

A rotação com soja proporcionou resultados superiores, quando se utilizou plantas de cobertura no sistema. A produtividade de grãos do milho ultrapassou 7.500 kg ha⁻¹ semeado sobre palhada de *Crotalaria Juncea*, no manejo de rotação com soja, superando as palhadas de *Crotalaria Spectabilis* e pousio.

Tabela 29. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para produtividade de grãos na cultura do milho, em SPD. Safra 2011/12.

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	
Spectabilis	5.712 a B	6.676 bc A
Painço	5.563 a B	7.125 ab A
Juncea	5.474 a B	7.504 a A
Milheto	5.947 a B	6.789 ab A
Pousio	5.573 a A	6.013 c A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo = 750; DMS de manejo dentro de cobertura = 646.

Fonte: Próprio Autor.

Trabalhando com plantas de cobertura e milho em um Latossolo Vermelho, Suzuki e Alves (2004) notaram maior produtividade do milho semeado sobre palhada de milheto, diferindo do comportamento observado, em que a palhada de milheto não diferiu das outras coberturas, no entanto refletiu em melhor produtividade de grãos do milho, comparado à área em pousio.

Na safra 2012/13 foi observado que as variáveis analisadas na cultura do milho apresentaram influência dos tratamentos, com exceção para população final de plantas, altura de plantas e altura de inserção de espiga (Tabela 30). Trabalhando com plantas de cobertura antecedendo o cultivo de milho, Venegas e Scudeler (2012) verificaram comportamento semelhante.

Na análise da produtividade de palha do milho, notou-se que o manejo com rotação acarretou incremento na produtividade de palha da cultura, sendo 9.201 kg ha⁻¹, frente a 7.823 kg ha⁻¹ de palha produzida pelo milho no monocultivo. Ziech et al. (2016), trabalhando no mesmo tipo de solo, também constataram que leguminosas antecedendo o cultivo do milho contribuem para maior produtividade da cultura.

A produtividade de grãos do milho na safra 2012/13 foi influenciada positivamente pela rotação com soja, sendo observada uma produtividade de 7.132 kg ha⁻¹ de grãos. Notou-se um incremento superior a 700 kg ha⁻¹ de grãos de milho pelo cultivo da leguminosa em rotação. Trabalhando com modernos híbridos de milho Kaneko et al. (2016) também verificaram produtividades de grãos semelhantes, superiores à média na nacional que, segundo a Conab (2016), é de 5.700 kg ha⁻¹ de grãos.

A produtividade de grãos do milho na safra 2012/13 foi influenciada positivamente pela rotação com soja, sendo observada uma produtividade de 7.132 kg ha⁻¹ de grãos. Notou-se um incremento superior a 700 kg ha⁻¹ de grãos de milho pelo cultivo da leguminosa em rotação.

Trabalhando com modernos híbridos de milho Kaneko et al. (2016) também verificaram produtividades de grãos semelhantes, superiores à média na nacional que, segundo a Conab (2016), é de 5.700 kg ha⁻¹ de grãos.

Tabela 30. Médias e valores de F das características agrônômicas do milho, em função de sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, em SPD. Safra 2012/13.

TRATAMENTOS		População Final Plantas (plantas ha ⁻¹)	Altura de Plantas (m)	Altura Ins. Espiga	Produtividade de Palha	Produtividade de Grãos
		(kg ha ⁻¹)				
Manejo (M)	Rotacionado	58.374	2,01	1,09	9.201 a	7.132 a
	Monocultivo	58.074	1,96	1,02	7.823 b	6.412 b
Coberturas (C)	Spectabilis	57.458	2,00	1,06	8.929 a	7.107 a
	Painço	58.597	1,98	1,05	8.609 a	6.852 a
	Juncea	58.296	2,00	1,05	8.939 a	7.111 a
	Milheto	57.921	1,97	1,07	8.512 a	6.769 a
	Pousio	58.847	1,97	1,04	7.570 b	6.020 b
Teste F						
	M	0,13 ^{ns}	0,32 ^{ns}	7,68 ^{ns}	24,18*	10,57*
	C	0,51 ^{ns}	2,29 ^{ns}	0,25 ^{ns}	8,33**	8,54**
	M*C	1,10 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,41 ^{ns}
	CV (%) M	4,49	5,20	7,44	10,41	10,34
	CV (%) C	3,73	2,97	5,60	6,44	6,38
	DMS (M)	2.628,00	0,10	0,07	891,00	704,00
	DMS (C)	3.198,00	0,08	0,08	807,00	637,00

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio Autor.

Na análise da safra 2013/14 (Tabela 31), foi observado interação entre os tratamentos para todas as variáveis, com exceção da altura de inserção de espiga, que não foi influenciada. Souza et al. (2003), trabalhando com culturas antecessoras à semeadura do milho verificaram comportamento semelhante.

Tabela 31. Médias e valores de F das características agrônômicas do milho, em função de sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, em SPD. Safra 2013/14.

TRATAMENTOS		População Final Plantas (plantas ha ⁻¹)	Altura de Plantas (m)	Altura Ins. Espiga	Produtividade de Palha	Produtividade de Grãos
					(kg ha ⁻¹)	
Manejo (M)	Rotacionado	54.564	1,78	1,00	7.790	6.039
	Monocultivo	56.346	1,67	0,97	5.109	4.293
Coberturas (C)	Spectabilis	56.319	1,67	0,98	5.911	4.743
	Painço	54.629	1,71	0,96	6.716	5.378
	Juncea	55.981	1,75	1,01	6.879	5.493
	Milheto	57.569	1,77	1,01	6.840	5.472
	Pousio	52.777	1,71	0,97	5.902	4.745
Teste F						
M		5,07 ^{ns}	22,81*	2,03 ^{ns}	172,48**	110,57**
C		3,09*	2,68 ^{ns}	1,05 ^{ns}	11,23**	10,40**
M*C		4,47**	4,29**	1,00 ^{ns}	11,56**	10,73**
CV (%) M		4,51	4,14	6,39	10,01	10,16
CV (%) C		5,30	3,67	6,49	6,53	6,58
DMS (M)		2.516,00	0,07	0,06	649,00	528,00
DMS (C)		4.326,00	0,09	0,09	620,00	501,00

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F.

Fonte: Próprio Autor.

A população final de plantas do milho (Tabela 32) em monocultivo apresentou melhor desempenho na presença das culturas de cobertura, onde o painço proporcionou 59.259 plantas ha⁻¹, superando o pousio (51.851 plantas ha⁻¹). Conforme Sangoi et al. (2007) a população de plantas é o mais importante componente de produção da cultura, exercendo grande influência na produtividade do milho. Deste modo, as palhadas de plantas de cobertura que proporcionem ambiente mais adequado para a semeadura do milho em sucessão como o painço, podem trazer benefícios ao estande de plantas.

O manejo em monocultivo proporcionou maior população final de plantas quando semeado sobre palhada de painço. Já para o milho manejado em rotação a mesma planta de cobertura refletiu em menor população final de plantas para o milho. A palhada de milheto, em rotação com soja, proporcionou 58.009 plantas ha⁻¹ na cultura do milho.

Tabela 32. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para população de plantas na cultura do milho, em SPD. Safra 2013/14.

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	População de plantas (plantas ha ⁻¹)	
Spectabilis	57.083 ab A	55.555 ab A
Painço	59.259 a A	50.000 b B
Juncea	56.407 ab A	55.555 ab A
Milheto	57.129 ab A	58.009 a A
Pousio	51.851 b B	53.703 ab A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=6.119; DMS de manejo dentro de cobertura=4.136.

Fonte: Próprio Autor.

Na análise da Tabela 33, foi observado que as culturas de cobertura não afetaram a altura de plantas do milho manejado em monocultivo, entretanto a rotação com soja refletiu em maior altura de plantas para o milho cultivado nas áreas de milheto, juncea e pousio.

Segundo Favarato et al. (2016), plantas de milho com maior estatura apresentam vantagens competitivas sobre as plantas daninhas, pois proporcionam o sombreamento destas de forma mais rápida. Este efeito reduz os custos de produção do milho no sistema (FREITAS et al., 2008).

Tabela 33. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para altura de plantas na cultura do milho, em SPD. Safra 2013/14.

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Altura de plantas (m)	
Spectabilis	1,67 a A	1,68 b A
Painço	1,65 a A	1,76 b A
Juncea	1,73 a A	1,77 ab A
Milheto	1,64 a B	1,89 a A
Pousio	1,65 a B	1,78 ab A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=0,13; DMS de manejo dentro de cobertura=0,10.

Fonte: Próprio Autor.

Este aumento no porte do milho pode estar relacionado à melhor nutrição das plantas em resposta às melhorias da fertilidade do solo proporcionada pela rotação de culturas. Ambrosano et al. (2012), analisando amostras do solo após o cultivo dos adubos verdes, também verificaram melhorias nos atributos do solo pela utilização das plantas de cobertura.

A produtividade de palha do milho durante a safra 2013/14 (Tabela 34) foi superior no manejo com rotação. As palhadas de painço, *crotalaria juncea* e milho proporcionaram as melhores produtividades de palha, superiores a 8.000 kg ha⁻¹ de palha na cultura do milho. Independente da palhada das plantas de cobertura, a rotação com soja proporcionou incremento na produtividade de palha da cultura do milho.

Tabela 34. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para produtividade de palha da cultura do milho, em SPD. Safra 2013/14.

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Produtividade de palha (kg ha ⁻¹)	
Spectabilis	4.983 a B	6.887 b A
Painço	5.282 a B	8.149 a A
Juncea	4.913 a B	8.846 a A
Milheto	5.213 a B	8.468 a A
Pousio	5.203 a B	6.601 b A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=878; DMS de manejo dentro de cobertura=943.

Fonte: Próprio Autor.

O manejo influenciou a produtividade de grãos da cultura do milho na safra 2013/14 (Tabela 35), entretanto as coberturas não interferiram no desempenho do milho em monocultivo. Foi observado incremento na produtividade de grãos do milho sob rotação em todas as culturas de cobertura, com exceção para o pousio, sendo que painço, *crotalaria juncea* e milho refletiram nas maiores produtividades de grãos do milho, com valores superiores a 6.000 kg ha⁻¹.

As produtividades de grãos obtidas no cultivo do milho manejado em rotação com soja, semeado sobre palhada das plantas de cobertura estão acima da média nacional (5.200 kg ha⁻¹), conforme a Conab (2016), em todas as safras avaliadas pelo trabalho.

Tabela 35. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para produtividade de grãos na cultura do milho, em SPD. Safra 2013/14.

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	
Spectabilis	4.147 a B	5.339 b A
Painço	4.439 a B	6.317 a A
Juncea	4.128 a B	6.857 a A
Milheto	4.381 a B	6.564 a A
Pousio	4.372 a A	5.117 b A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=708; DMS de manejo dentro de cobertura = 765.

Fonte: Próprio Autor.

A utilização de plantas de cobertura, que auxiliam na reciclagem de nutrientes e os deixam menos suscetíveis a perdas por lixiviação e volatilização, além de proporcionar a disponibilidade gradual de acordo com a mineralização dos resíduos vegetais (LÁZARO et al., 2013), deve ser uma técnica cada vez mais adotada nos sistemas de produção de grãos, principalmente no cultivo do milho em solos de Cerrado.

Muitos trabalhos apontam para as vantagens do cultivo de milho em SPD; Yano (2002) observou que a produção de milho em SPD foi superior a de outros modos de preparo. A importância do uso do sistema plantio direto também foi destacada por Silva (2000) onde atribui a maior produção de milho neste sistema, mesmo sob registros de ocorrência de veranicos durante o desenvolvimento da cultura.

4.1.2 Área manejada com soja em monocultivo e rotacionado sob SPD

4.1.2.1 Atributos químicos da camada de 0,00-0,10m do solo sob SPD, manejado com soja monocultivo e rotacionada

Os valores dos atributos químicos da camada superficial do solo cultivado com soja em SPD estão apresentados na Tabela 36. Foi observado que os teores de P não foram influenciados pelo manejo, entretanto, o cultivo de crotalária spectabilis e painço, proporcionaram maior concentração de P no solo, em relação ao milho e pousio.

Não houve interação entre manejo e plantas de cobertura para o teor de MO do solo (Tabela 36). Contudo, o monocultivo de soja proporcionou ao solo maior teor de MO, em relação à rotação entre soja e milho, na camada superficial do solo, ao longo de 15 anos. A área mantida em pousio mostrou-se superior, em termos de teor de MO, que a área com cultivo de crotalária spectabilis. Comportamento semelhante foi observado para o teor de CO do solo em relação aos tratamentos.

O pH da camada superficial do solo (Tabela 36) apresentou maior valor no manejo rotacionado e, a associação com a crotalária spectabilis proporcionou o maior pH entre as plantas de cobertura (4,8), sendo verificado o menor pH na área sob painço (4,5).

O mesmo comportamento foi observado para a saturação por bases (V) da camada superficial do solo (Tabela 36), com melhor resultado no manejo rotacionado. Em relação às plantas de cobertura, notou-se maior V para a área sob crotalária spectabilis, que não diferiu de crotalária juncea.

O teor de Al da camada superficial do solo cultivado com soja também foi influenciado pelo manejo (Tabela 36). O monocultivo apresentou maior teor de Al ($3,44 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo do que o manejo rotacionado ($2,32 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Este resultado reforça a importância da rotação de culturas nas áreas de produção de Cerrado, pois permitem maior equilíbrio dos atributos químicos da camada superficial do solo.

Tabela 36. Valores de P (mg dm⁻³), matéria orgânica (g dm⁻³), pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB e CTC (mmol_c dm⁻³), V e m (%), e CO (g dm⁻³), na camada de solo de 0,00-0,10m, em SPD, 15 anos após a instalação do sistema, com sucessão e rotação de culturas com soja. Selvíria, MS (2015).

TRATAMENTOS		P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m	CO
		(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)					(mmol _c dm ⁻³)			(%)		(g dm ⁻³)
Manejo (M)	Monocultivo	21,5	18,7 a	4,6 b	1,70	13,6	6,5	32,2	3,44 a	21,8	54,7	39,8 b	13,7	10,8 a
	Rotacionado	22,3	17,2 b	4,7 a	2,07	16,5	7,8	32,2	2,32 b	26,5	58,8	45,0 a	8,0	10,0 b
Coberturas (C)	Spectabilis	23,6 ab	16,9 b	4,8 a	2,16	17,2	8,2	32,2	2,99 a	27,6	59,9	46,1 a	9,7	9,8 b
	Painço	25,4 a	17,7 ab	4,5 d	1,75	14,0	6,6	35,8	2,94 a	22,4	58,2	38,3 c	12,0	10,2 ab
	Juncea	22,9 b	17,8 ab	4,7 b	1,90	15,2	7,2	31,2	2,94 a	24,4	55,6	43,8 ab	10,8	10,3 ab
	Milheto	19,3 c	18,6 ab	4,7 b	1,96	15,6	7,4	32,7	2,72 a	25,0	57,8	42,9 b	10,3	10,8 ab
	Pousio	18,3 c	18,8 a	4,6 c	1,67	13,3	6,3	30,8	2,79 a	21,4	52,2	40,9 bc	11,6	10,9 a
Teste F														
M		1,08ns	29,48*	43,25**	10,42**	95,33**	96,47**	0,72ns	51,96**	95,08**	12,82*	93,65**	82,34**	29,01*
C		40,43**	3,27*	18,15**	19,52**	19,30**	19,25**	25,20**	3,02ns	19,28**	21,56**	18,02**	6,94**	3,26*
M*C		0,12ns	2,17ns	2,44ns	5,43**	5,40**	5,36**	17,89**	2,09ns	5,39**	16,62**	2,61ns	8,85**	2,16ns
CV (%) M		10,4	4,7	1,0	5,8	5,9	5,9	6,8	5,2	5,9	6,3	1,9	7,4	4,7
CV (%) C		6,0	6,8	1,1	6,4	6,4	6,4	3,4	6,5	6,4	3,1	4,6	9,3	6,8
DMS (M)		2,3	0,8	0,1	0,11	0,9	0,4	2,2	0,15	1,4	3,6	0,8	0,8	0,4
DMS (C)		1,9	1,8	0,1	0,17	1,4	0,6	1,6	0,27	2,3	2,6	2,9	1,5	1,0

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio Autor.

Os teores de K na camada superficial do solo cultivado com soja em SPD foram influenciados pelos manejos (Tabela 37), de modo que a área submetida ao manejo rotacionado apresentou incremento no teor de K, inclusive na área com pousio.

O solo onde se cultivou crotalária spectabilis associada ao monocultivo de soja apresentou maior teor de K em relação aos outros tratamentos. Já para o manejo rotacionado, o cultivo de milho proporcionou maior teor de K na camada superficial do solo, não diferindo estatisticamente da crotalária spectabilis.

Tabela 37. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para K ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Teor de K ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
	Soja monocultivo	Soja rotacionado
Spectabilis	2,04 aB	2,28 abA
Painço	1,56 bB	1,93 cdA
Juncea	1,76 bB	2,05 bcA
Milheto	1,60 bB	2,31 aA
Pousio	1,56 bB	1,78 dA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=0,26. DMS de manejo dentro de cobertura=0,17.

Fonte: Próprio Autor.

Na análise da Tabela 38, notou-se que os teores de Ca da camada de 0,00-0,10m do solo foram influenciados pelos tratamentos. Na área de monocultivo de soja, o solo submetido ao cultivo com crotalária spectabilis apresentou o maior teor de Ca no solo.

Tabela 38. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Ca ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Teor de Ca ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
	Soja monocultivo	Soja rotacionado
Spectabilis	16,3 aB	18,2 abA
Painço	12,5 bB	15,5 cdA
Juncea	14,1 bB	16,3 bcA
Milheto	12,8 bB	18,5 aA
Pousio	12,5 bB	14,2 dA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo= 2,1. DMS de manejo dentro de cobertura=1,4.

Fonte: Próprio Autor.

Com relação ao manejo rotacionado, o cultivo de milho em antecedendo o cultivo da soja, proporcionou maior teor de Ca na camada superficial do solo. Contudo, em todos os tratamentos, o manejo rotacionado refletiu em maior teor de Ca no solo.

A concentração de Mg (Tabela 39) foi superior no solo cultivado com crotalaria spectabilis, quando submetido ao monocultivo de soja. Entretanto, o manejo rotacionado beneficiou o teor de Mg no solo, com destaque para a área com milho (8,81 mmol_c dm⁻³), o qual não diferiu de crotalaria spectabilis (8,69 mmol_c dm⁻³).

Tabela 39. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Mg (mmol_c dm⁻³), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Teor de Mg (mmol _c dm ⁻³)	
Spectabilis	7,76 aB	8,69 abA
Painço	5,95 bB	7,38 cdA
Juncea	6,72 bB	7,80 bcA
Milho	6,11 bB	8,81 aA
Pousio	5,95 bB	6,78 dA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=1,00. DMS de manejo dentro de cobertura=0,68.

Fonte: Próprio Autor.

A acidez potencial (H+Al) da camada superficial do solo (Tabela 40), foi maior nas áreas com crotalaria spectabilis (34,9 mmol_c dm⁻³) e painço (36,0 mmol_c dm⁻³), superando o pousio (29,6 mmol_c dm⁻³), quando em monocultivo.

Tabela 40. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para H+Al (mmol_c dm⁻³), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	H+Al (mmol _c dm ⁻³)	
Spectabilis	34,9 aA	29,6 bB
Painço	36,0 aA	35,6 aA
Juncea	32,3 abA	30,0 bB
Milho	31,3 abB	34,1 abA
Pousio	29,6 bB	31,9 abA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=5,0. DMS de manejo dentro de cobertura=1,6.

Fonte: Próprio Autor.

Já quando o solo foi submetido ao manejo rotacionado, observou-se maior H+Al para pousio ($31,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e milho ($34,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), em relação ao monocultivo.

Na análise da Tabela 41, foi observado que a camada superficial do solo obteve maior SB com a crotalaria spectabilis, sob monocultivo. Já para o manejo rotacionado, o milho proporcionou SB superior ($29,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), não diferindo da crotalaria spectabilis. A rotação de culturas refletiu em maiores concentrações de SB no solo, inclusive na área mantida sob vegetação espontânea (pousio).

Tabela 41. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para SB ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	SB ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	
Spectabilis	26,1 aB	29,2 abA
Painço	20,0 bB	24,8 cdA
Juncea	22,6 bB	26,2 bcA
Milho	20,5 bB	29,6 aA
Pousio	20,0 bB	22,8 dA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=3,9. DMS de manejo dentro de cobertura=2,2.

Fonte: Próprio Autor.

A capacidade de troca catiônica (CTC) da camada superficial do solo (Tabela 42) sob monocultivo de soja, apresentou maior valor pela semeadura de crotalaria spectabilis ($61,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), não diferindo estatisticamente de painço ($56,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e crotalaria juncea ($55,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

Tabela 42. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para CTC na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	CTC ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	
Spectabilis	61,0 aA	58,8 abA
Painço	56,1 abB	60,4 abA
Juncea	55,0 abA	56,2 abA
Milho	51,8 bB	63,7 aA
Pousio	49,7 bB	54,7 bA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=8,0. DMS de manejo dentro de cobertura=2,6.

Fonte: Próprio Autor.

O manejo rotacionado proporcionou maior CTC ao solo cultivado com painço ($60,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e milho ($63,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). O mesmo comportamento foi observado para a área sob pousio, que apresentou T de $49,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ sob monocultivo e $54,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no manejo rotacionado.

A saturação por alumínio (m) da camada superficial do solo manejado sob monocultivo de soja (Tabela 43) apresentou maior porcentagem na área mantida em pousio (15,1%), não diferindo da área sob milho (14,5%).

Tabela 43. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para m (%), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	m (%)	
Spectabilis	11,2 cA	8,21 abB
Painço	15,1 aA	9,08 aB
Juncea	12,9 bcA	8,82 aB
Milho	14,5 abA	6,21 bB
Pousio	15,1 aA	8,16 abB

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=2,02. DMS de manejo dentro de cobertura=1,4.

Fonte: Próprio Autor.

Por outro lado, o manejo rotacionado gerou menor saturação por alumínio, inclusive na área mantida com vegetação espontânea (pousio). Este resultado reforça a importância da prática da rotação de culturas, quando se tem exploração agrícola em LATOSSOLO Vermelho distrófico, por atenuar a presença e a saturação deste elemento, que é prejudicial e tóxico às plantas.

4.1.2.2 Atributos químicos da camada de 0,10-0,20m do solo sob SPD, manejado com soja em monocultivo e rotacionada

As médias gerais dos atributos químicos da camada de 0,10-0,20m da área manejada com soja sob SPD estão apresentadas na Tabela 44. Não houve interação entre manejo e plantas de cobertura para MO, CTC e CO do solo.

Os teores de MO do solo foram superiores na área em que houve o manejo rotacionado ($15,8 \text{ g dm}^{-3}$) e as menores concentrações do atributo foram verificadas mediante o cultivo de crotalária spectabilis e painço, não diferindo estatisticamente do valor encontrado pelo cultivo de crotalária juncea.

A distribuição de nutrientes no perfil do solo em SPD também pode ser afetada pela ausência do preparo, onde se tem menor concentração de nutrientes na camada subsuperficial, devido à deposição na superfície, pela palhada, dos nutrientes reciclados pelas plantas (VIEIRA, 2009)

Segundo Séguy e Bouzinac (2003) para se construir uma agricultura sustentável, em solos pobres quimicamente, onde as condições de mineralização da matéria orgânica são elevadas (condições típicas do Cerrado), devem-se utilizar conceitos de gestão de matéria orgânica, inspirados no funcionamento estável do ecossistema, em que o solo deve ser mantido totalmente coberto, protegido por vegetação.

Tabela 44. Valores de P (mg dm⁻³), matéria orgânica (g dm⁻³), pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB e CTC (mmol_c dm⁻³), V e m (%), e CO (g dm⁻³), na camada de solo de 0,10-0,20m, em SPD, 15 anos após a instalação do sistema, com sucessão e rotação de culturas com soja. Selvíria, MS (2015).

TRATAMENTOS		P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m	CO
		(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)				(mmol _c dm ⁻³)				(%)	(g dm ⁻³)	
Manejo (M)	Monocultivo	19,7	14,2 b	4,3	0,70	9,05	4,27	33,7	3,07	14,0	47,7 b	29,2	18,1	9,18 a
	Rotacionado	18,0	15,8 a	4,4	0,83	10,65	5,02	33,1	3,66	16,5	49,6 a	33,0	18,6	8,23 b
Coberturas (C)	Spectabilis	23,5	13,5 b	4,4	0,87	11,12	5,24	34,4	3,29	17,2	51,7 a	33,2	16,1	7,88 b
	Painço	22,6	14,0 b	4,4	0,84	10,75	5,07	34,6	3,20	16,6	51,2 a	32,3	16,4	8,14 b
	Juncea	17,1	15,0ab	4,4	0,79	10,12	4,77	33,2	3,65	15,6	48,9 ab	31,8	19,1	8,75 ab
	Milheto	17,4	16,2 a	4,3	0,72	9,25	4,36	32,1	3,27	14,3	46,5 bc	30,7	18,7	9,40 a
	Pousio	13,7	16,1 a	4,3	0,62	8,00	3,77	32,5	3,41	12,4	44,9 c	27,5	21,6	9,35 a
Teste F														
M		2,70 ^{ns}	34,61 ^{**}	69,12 ^{**}	59,60 ^{**}	54,85 ^{**}	54,14 ^{**}	13,83 [*]	7,83 ^{ns}	54,85 ^{**}	19,75 [*]	73,31 ^{**}	0,23 ^{ns}	34,40 ^{**}
C		55,73 ^{**}	6,23 ^{**}	7,06 ^{**}	11,03 ^{**}	11,02 ^{**}	11,03 ^{**}	4,75 ^{**}	2,20 ^{ns}	11,02 ^{**}	12,33 ^{**}	7,13 ^{**}	6,90 ^{**}	6,25 ^{**}
M*C		20,92 ^{**}	1,08 ^{ns}	5,61 ^{**}	4,61 ^{**}	4,52 ^{**}	4,50 ^{**}	3,17 [*]	8,89 ^{**}	4,52 ^{**}	2,42 ^{ns}	5,49 ^{**}	8,11 ^{**}	1,09 ^{ns}
CV (%) M		17,1	5,8	0,8	6,6	6,9	6,9	1,5	19,8	6,9	2,7	4,4	17,4	5,8
CV (%) C		8,2	8,9	1,4	10,8	10,8	10,8	4,3	9,9	10,8	4,8	7,5	12,9	8,9
DMS (M)		3,2	0,8	0,1	0,05	0,6	0,32	0,5	0,67	1,0	1,3	1,3	3,2	0,51
DMS (C)		2,2	1,9	0,1	0,12	1,5	0,74	2,1	0,49	2,4	3,4	3,4	3,5	1,14

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio Autor.

A capacidade de troca catiônica do solo (CTC) apresentou incremento pelo manejo rotacionado (Tabela 44). O cultivo de crotalária spectabilis, painço e crotalária juncea proporcionaram maior T no solo, comparado ao pousio.

O teor de CO da camada subsuperficial do solo (Tabela 44) foi superior no monocultivo de soja. O cultivo de milho proporcionou maior concentração de CO no solo, comparado à crotalária spectabilis e painço.

Na Tabela 45, foi observado o teor de P na camada subsuperficial do solo cultivado em SPD apresentou incremento pelo cultivo de crotalária spectabilis, painço e crotalária juncea, sob monocultivo de soja, em relação ao pousio.

Tabela 45. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para P (mg dm^{-3}), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Teor de P (mg dm^{-3})	
Spectabilis	22,8 aA	24,2 aA
Painço	22,4 aA	22,8 abA
Juncea	22,2 aA	12,1 cB
Milheto	18,7 abA	16,2 bcB
Pousio	12,7 bA	14,8 cA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=7,1. DMS de manejo dentro de cobertura=2,2.

Fonte: Próprio Autor.

A crotalária spectabilis e painço proporcionaram maior concentração de P também no manejo rotacionado, superando as áreas de crotalária juncea e pousio. O pH do solo apresentou maiores valores pelo cultivo de crotalária spectabilis e milho, quando o solo foi manejado em monocultivo (Tabela 46).

Tabela 46. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para pH (CaCl_2), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	pH (CaCl_2)	
Spectabilis	4,4 aB	4,5 aA
Painço	4,3 bB	4,5 aA
Juncea	4,3 bB	4,5 aA
Milheto	4,4 aA	4,3 bB
Pousio	4,2 cB	4,3 bA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=0,1. DMS de manejo dentro de cobertura= 0,1.

Fonte: Próprio Autor.

O manejo rotacionado proporcionou incremento no pH do solo em todos os casos, exceto para a área sob milho.

A concentração de K da camada 0,10-0,20m do solo (Tabela 47) cultivado com soja monocultivo foi maior na área em se realizou a semeadura de crotalaria spectabilis (0,8 mmol_c dm⁻³), em relação a área onde se manteve o pousio (0,6 mmol_c dm⁻³).

Tabela 47. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para K (mmol_c dm⁻³), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Teor de K (mmol _c dm ⁻³)	
Spectabilis	0,80 aB	0,94 aA
Painço	0,72 abB	0,95 aA
Juncea	0,66 abB	0,92 aA
Milheto	0,74 abA	0,70 bA
Pousio	0,60 bA	0,64 bA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=0,14. DMS de manejo dentro de cobertura= 0,12.

Fonte: Próprio Autor.

O manejo rotacionado contribuiu para o aumento do teor de K no solo submetido ao cultivo de crotalaria spectabilis, painço e crotalaria juncea.

Notou-se que o teor de Ca da camada subsuperficial da área com soja monocultivo (Tabela 48) foi maior quando se associou a semeadura de crotalaria spectabilis (10,2 mmol_c dm⁻³), em relação ao pousio (7,7 mmol_c dm⁻³).

Tabela 48. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Ca (mmol_c dm⁻³), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionada
	Teor de Ca (mmol _c dm ⁻³)	
Spectabilis	10,2 aB	12,0 aA
Painço	9,2 abB	12,2 aA
Juncea	8,5 abB	11,7 aA
Milheto	9,5 abA	9,0 bA
Pousio	7,7 bA	8,2 bA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=1,8. DMS de manejo dentro de cobertura=1,5.

Fonte: Próprio Autor.

O manejo rotacionado também influenciou positivamente os teores de Ca da camada subsuperficial do solo, nas áreas sob o cultivo de crotalária spectabilis, painço e crotalária juncea.

A concentração de Mg do solo (Tabela 49) submetido ao monocultivo de soja foi beneficiado pelo cultivo das plantas de cobertura, superando os teores da área mantida em pousio. O manejo rotacionado também proporcionou incremento no teor de Mg do solo nas áreas cultivadas com spectabilis, painço e crotalária juncea.

Tabela 49. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo		Soja rotacionada	
	Teor de Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)			
Spectabilis	4,83	aB	5,66	aA
Painço	4,36	abB	5,77	aA
Juncea	4,01	abB	5,54	aA
Milheto	4,48	abA	4,24	bA
Pousio	3,65	bA	3,89	bA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo= 0,89. DMS de manejo dentro de cobertura= 0,73.

Fonte: Próprio Autor.

Na análise da H+Al do solo submetido ao monocultivo de soja (Tabela 50), foi verificado que o cultivo de painço refletiu em maior valor do atributo químico ($36 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$) entretanto, quando o solo recebeu manejo rotacionado, a área com painço apresentou resposta ao manejo, com menor H+Al ($33,2 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$).

Tabela 50. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para H+Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo		Soja rotacionado	
	H+Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)			
Spectabilis	33,5	bA	35,4	aA
Painço	36,0	aA	33,2	abB
Juncea	33,5	bA	32,8	bA
Milheto	32,0	bA	32,3	bA
Pousio	33,3	bA	31,6	bA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo= 2,2. DMS de manejo dentro de cobertura= 2,0.

Fonte: Próprio Autor.

O teor de Al da camada de 0,10-0,20m do solo manejado em monocultivo não apresentou influencia das plantas de cobertura (Tabela 51). O mesmo comportamento foi observado para o manejo rotacionado, entretanto, a concentração de Al no solo foi afetada pelo manejo, onde o monocultivo de soja proporcionou menor teor de Al nas áreas com milho (2,57 mmol_c dm⁻³) e pousio (2,89 mmol_c dm⁻³).

Tabela 51. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Al (mmol_c dm⁻³), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Teor de Al (mmol _c dm ⁻³)	
	Soja monocultivo	Soja rotacionado
Spectabilis	3,42 aA	3,15 aA
Painço	3,20 aA	3,21 aA
Juncea	3,26 aB	4,04 aA
Milheto	2,57 aB	3,98 aA
Pousio	2,89 aB	3,93 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=1,49. DMS de manejo dentro de cobertura= 0,48.

Fonte: Próprio Autor.

Na análise da Tabela 52, observou-se que o valor de SB da camada subsuperficial do solo sob monocultivo superou o pousio, pela utilização de crotalária spectabilis. O manejo rotacionado proporcionou maior SB para as áreas sob crotalária spectabilis, painço e crotalária juncea. As referidas plantas também refletiram em maior SB no solo, em comparação às áreas com milho e pousio.

Tabela 52. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para SB (mmol_c dm⁻³), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	SB (mmol _c dm ⁻³)	
	Soja monocultivo	Soja rotacionado
Spectabilis	15,8 aB	18,6 aA
Painço	14,3 abB	18,9 aA
Juncea	13,1 abB	18,2 aA
Milheto	14,7 abA	13,9 bA
Pousio	12,0 bA	12,7 bA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo= 2,9. DMS de manejo dentro de cobertura= 2,4.

Fonte: Próprio Autor.

A saturação por bases (V) da camada de 0,10-0,20m do solo manejado sob monocultivo de soja (Tabela 53) apresentou melhor desempenho quando associado ao cultivo de crotalária spectabilis (32,1%) e milho (31,3%), os quais superaram a V da área mantida em pousio (26,4%).

A crotalária spectabilis, painço e crotalária juncea proporcionaram maior V ao solo manejado em sistema rotacionado, comparado ao milho e pousio. Além da destacada importância da correta escolha da planta de cobertura para compor o sistema de rotação, deve-se salientar a contribuição que determinadas espécies, como as crotalárias, possuem no equilíbrio químico do solo, além de outros fatores benéficos aos sistemas de cultivo de soja.

Tabela 53. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para V (%), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monicultivo		Soja rotacionado	
	V (%)			
Spectabilis	32,1 aA		34,4 aA	
Painço	28,4 abcB		36,2 aA	
Juncea	28,0 bcB		35,6 aA	
Milho	31,3 abA		30,1 bA	
Pousio	26,4 cA		28,6 bA	

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=4,0. DMS de manejo dentro de cobertura= 3,4.

Fonte: Próprio Autor.

A saturação por alumínio do solo (m) não foi influenciada pelas plantas de cobertura quando a soja foi manejada em monocultivo (Tabela 54) entretanto, quando o manejo foi rotacionado, houve menor porcentagem de m para as áreas submetidas ao cultivo de crotalária spectabilis (14,5%) e painço (14,6%), os quais não diferiram de crotalária juncea (18,2%).

Tabela 54. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para m (%), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPD. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	m (%)	
	Soja monocultivo	Soja rotacionado
Spectabilis	17,7 aA	14,5 bA
Painço	18,2 aA	14,6 bB
Juncea	20,0 aA	18,2 abA
Milheto	15,1 aB	22,2 aA
Pousio	19,5 aB	23,6 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo= 7,1. DMS de manejo dentro de cobertura= 3,4.

Fonte: Próprio Autor.

A saturação por alumínio do solo (m) foi maior para a área em monocultivo sob painço (18,2%) e para a área rotacionada sob milheto (22,2%) e pousio (23,6%).

4.1.2.3 Características agronômicas da soja cultivada sob SPD

As médias gerais das características agronômicas da soja cultivada na safra 2011/12, sob SPD estão apresentadas na Tabela 55. Não houve interação entre manejo e plantas de cobertura para altura de plantas e altura de inserção de vagem, no entanto notou-se interação para número de vagens, produtividade de palha e de grãos.

Foi observado um incremento médio de 8,5 cm na altura de plantas pelo manejo rotacionado da cultura da soja. Este resultado pode ser atribuído à melhoria da fertilidade do solo conferida pela rotação de culturas.

Tabela 55. Médias e valores de F das características agrônômicas da soja, em função de sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, em SPD. Safra 2011/12.

TRATAMENTOS		Altura	Alt. Ins.	N.	Produtividade	Produtividade
		Planta	Vagem	Vagens	Palha	Grãos
		(cm)		Un.	(kg ha ⁻¹)	
Manejo (M)	Rotacionado	87,1 a	22,3	43,9	3.329	2.466
	Monocultivo	78,6 b	20,8	54,9	3.511	2.680
Coberturas (C)	Spectabilis	84,6	21,5	50,7	3.387	2.544
	Painço	84,2	22,8	47,7	3.364	2.530
	Juncea	83,2	21,3	49,4	3.271	2.462
	Milheto	83,7	20,2	51,6	3.720	2.803
	Pousio	78,5	21,9	47,6	3.357	2.526
M		94,09**	2,99 ^{ns}	245,63**	20,91*	49,23**
C		2,03 ^{ns}	0,93 ^{ns}	1,58 ^{ns}	9,57**	9,82**
M*C		0,15 ^{ns}	1,84 ^{ns}	7,39**	19,83**	20,05**
CV (%) M		3,35	13,29	4,50	3,67	3,74
CV (%) C		5,89	12,75	8,03	4,64	4,64
DMS (M)		2,70	2,80	2,20	126,20	96,90
DMS (C)		7,10	4,00	5,80	233,60	175,80

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio Autor.

O número de vagens por planta da soja conduzida em monocultivo (Tabela 56) apresentou incremento pelos tratamentos em que houve semeadura de crotalária spectabilis, painço e crotalária juncea, os quais superaram o número de vagens por planta referentes à soja cultivada onde anteriormente constava o tratamento com pousio.

O cultivo de milho na área sob o tratamento de manejo rotacionado proporcionou maior número de vagens por planta (48,1) em relação ao painço (38,8). Entretanto, o monocultivo contribuiu para o maior número de vagens por planta da cultura da soja, em todas as áreas com plantas de cobertura, não diferindo apenas para o pousio.

Tabela 56. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para número de vagens por planta da cultura da soja, em SPD. Safra 2011/12.

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Número de vagens (vagens planta ⁻¹)	
Spectabilis	56,9 a A	44,4 ab B
Painço	56,6 a A	38,8 b B
Juncea	58,4 a A	40,5 ab B
Milheto	55,1 ab A	48,1 a B
Pousio	47,6 b A	47,6 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=8,2; DMS de manejo dentro de cobertura= 4,7.

Fonte: Próprio Autor.

A produtividade de palha da cultura da soja conduzida sob monocultivo (Tabela 57) apresentou incremento pelo cultivo de milho (4.150 kg ha⁻¹), comparado os demais tratamentos, que refletiram em médias abaixo de 3.500 kg ha⁻¹ de palha produzida pela cultura.

O manejo rotacionado da cultura da soja contribuiu para o aumento na produtividade de palha, quando houve o cultivo de crotalaria spectabilis na área, a qual, em condições de manejo rotacionado, refletiu no melhor resultado de produtividade de palha da cultura da soja, ao lado do painço.

Deste modo, a crotalaria spectabilis mostrou-se como a opção mais adequada em relação à crotalaria juncea, milho e pousio, em termos de produtividade de palha da cultura da soja.

Tabela 57. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para produtividade de palha na cultura da soja, em SPD. Safra 2011/12.

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Produtividade de palha (kg ha ⁻¹)	
Spectabilis	3.120 c B	3.654 a A
Painço	3.399 bc A	3.329 ab A
Juncea	3.414 bc A	3.129 b B
Milheto	4.150 a A	3.291 b B
Pousio	3.471 b A	3.243 b B

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=330,4; DMS de manejo dentro de cobertura=215,4.

Fonte: Próprio Autor.

A produtividade de grãos da soja (Tabela 58) manejada sob monocultivo foi influenciada pelas plantas de cobertura, com destaque para o

milheto, que proporcionou à cultura da soja mais de 3.000 kg ha⁻¹ de grãos, mostrando-se como a melhor opção, para o monocultivo de soja.

Por outro lado, quando a soja foi conduzida sob o manejo rotacionado, a crotalaria spectabilis proporcionou maior produtividade de grãos à soja, não diferindo do resultado verificado para a área cultivada com painço.

Tabela 58. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para produtividade de grãos na cultura da soja, em SPD. Safra 2011/12.

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	
Spectabilis	2.381 c B	2.707 a A
Painço	2.595 bc A	2.466 ab A
Juncea	2.606 bc A	2.318 b B
Milheto	3.168 a A	2.437 b B
Pousio	2.649 b A	2.402 b B

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=248,7; DMS de manejo dentro de cobertura=163,4.

Fonte: Próprio Autor.

As médias dos valores das características agrônômicas da soja cultivada na safra 2012/13 estão apresentadas na Tabela 59.

Tabela 59. Médias e valores de F das características agrônômicas da soja em função de sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, em SPD. Safra 2012/13.

TRATAMENTOS		Altura	Alt. Ins.	N.	Produtividade	Produtividade
		Planta	Vagem	Vagens	Palha	Grãos
		(cm)		Un.	(kg ha ⁻¹)	
Manejo (M)	Rotação	86,1	22,5	45,8	4.866	3.500
	Monocultivo	82,4	22,2	50,7	4.037	2.968
Coberturas (C)	Spectabilis	83,2	21,5	48,1	4.070	2.957
	Painço	85,2	21,9	45,8	4.522	3.287
	Juncea	86,0	23,4	49,6	4.857	3.529
	Milheto	83,8	23,1	49,7	4.425	3.214
	Pousio	83,2	22,0	48,1	4.382	3.184
M		8,93 ^{ns}	0,29 ^{ns}	5,40 ^{ns}	273,43 ^{**}	214,53 ^{**}
C		1,67 ^{ns}	1,12 ^{ns}	0,92 ^{ns}	12,88 ^{**}	12,88 ^{**}
M*C		3,18 [*]	1,74 ^{ns}	1,04 ^{ns}	3,19 [*]	3,19 [*]
CV (%) M		4,68	8,53	14,06	3,56	3,55
CV (%) C		3,25	9,43	9,56	5,01	5,01
DMS (M)		3,90	1,90	6,80	159,40	115,50
DMS (C)		4,00	3,10	6,80	328,40	239,00

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio Autor.

Não houve interação entre manejo e plantas de cobertura para altura de inserção de vagens e número de vagens por planta da soja. Entretanto observou-se interação entre manejo e plantas de cobertura para altura de plantas e produtividades de palha e de grãos da cultura da soja.

A altura de plantas da soja (Tabela 60) manejada sob monocultivo apresentou menor valor quando se realizou a semeadura de crotalária juncea, comparado ao manejo rotacionado, que proporcionou incremento na altura de plantas da cultura da soja. Este resultado evidencia a importância da prática da rotação de culturas em solos de Cerrado utilizados para produção de soja.

Tabela 60. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo altura de plantas na cultura da soja, em SPD. Safra 2012/13.

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Altura de plantas (cm)	
Spectabilis	80,3 a A	86,1 ab A
Painço	84,9 a A	85,6 ab A
Juncea	81,6 a B	90,4 a A
Milheto	83,1 a A	84,6 b A
Pousio	82,2 a A	84,1 b A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=5,7; DMS de manejo dentro de cobertura=5,8.

Fonte: Próprio Autor.

A produtividade de palha da soja (Tabela 61) sob monocultivo foi maior quando semeada sobre crotalária juncea (4.430 kg ha⁻¹), embora não tenha diferido do resultado proporcionado pelo painço. O manejo rotacionado refletiu em incremento na produtividade de palha da soja de forma geral, inclusive na área sob pousio.

Tabela 61. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para produtividade de palha na cultura da soja, em SPD. Safra 2012/13.

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Produtividade de palha (kg ha ⁻¹)	
Spectabilis	3.693 c B	4.447 c A
Painço	4.318 ab B	4.727 bc A
Juncea	4.430 a B	5.284 a A
Milheto	3.837 c B	5.013 ab A
Pousio	3.908 bc B	4.857 abc A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=464,4; DMS de manejo dentro de cobertura=287,2.

Fonte: Próprio Autor.

A produtividade de grãos da cultura da soja conduzida em monocultivo foi influenciada pelas plantas de cobertura (Tabela 62). A crotalária juncea proporcionou maior produtividade de grãos à soja (3.257 kg ha⁻¹), em relação ao milho (2.821 kg ha⁻¹), crotalária spectabilis (2.715 kg ha⁻¹), e pousio (2.783 kg ha⁻¹).

Tabela 62. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para produtividade de grãos na cultura da soja, em SPD. Safra 2012/13.

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	
Spectabilis	2.715 c B	3.199 c A
Painço	3.175 ab B	3.400 bc A
Juncea	3.257 a B	3.801 a A
Milheto	2.821 c B	3.607 ab A
Pousio	2.873 bc B	3.494 abc A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=338,0; DMS de manejo dentro de cobertura=208,7.

Fonte: Próprio Autor.

O manejo rotacionado proporcionou incremento na produtividade de grãos da soja, entretanto, neste referido manejo, a crotalária juncea refletiu em maior ganho comparado ao painço e crotalária spectabilis. As médias para as características agrônômicas da soja estão apresentadas na Tabela 63.

Tabela 63. Médias e valores de F das características agrônômicas da soja em função de sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, em SPD. Safra 2013/14.

TRATAMENTOS		Altura Planta	Alt. Ins. Vagem	N. Vagens	Produtividade Palha	Produtividade Grãos
		(cm)		Un.	(kg ha ⁻¹)	
Manejo (M)	Rotacionado	66,7	18,9	71,6	3.172	2.234
	Monocultivo	65,1	18,4	69,2	3.018	2.187
Coberturas (C)	Spectabilis	65,3	17,5	71,0	3.046	2.177
	Painço	66,3	18,4	72,9	2.939	2.099
	Juncea	67,0	18,8	72,6	3.208	2.290
	Milheto	65,9	20,0	77,3	3.297	2.354
	Pousio	65,1	18,5	58,3	2.985	2.131
M		1,93 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,32 ^{ns}	6,80 ^{ns}	1,23 ^{ns}
C		0,44 ^{ns}	2,29 ^{ns}	15,80**	10,80**	10,80**
M*C		1,92 ^{ns}	2,87*	7,45**	3,38*	3,33*
CV (%) M		5,48	9,85	9,63	6,00	6,03
CV (%) C		4,93	8,93	7,23	4,23	4,20
DMS (M)		3,60	1,80	6,80	187,00	134,10
DMS (C)		4,70	2,40	7,50	192,70	136,90

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Fonte: Próprio Autor.

Verificou-se que não houve interação entre manejo e plantas de cobertura apenas para a variável altura de planta.

A altura de inserção de vagem da soja em monocultivo foi inferior em relação ao manejo rotacionado apenas sob crotalária spectabilis (Tabela 64). Para a soja monocultivo a utilização de milho proporcionou maior altura de inserção de vagem em relação a crotalária spectabilis. Já para o manejo rotacionado, não houve diferença entre as plantas de cobertura e pousio, em termos de altura de inserção de vagem.

Tabela 64. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para altura de inserção de vagens na cultura da soja, em SPD. Safra 2013/14.

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Altura inserção vagem (cm)	
Spectabilis	15,9 b B	19,2 a A
Painço	17,5 ab A	19,3 a A
Juncea	19,3 ab A	18,3 a A
Milheto	20,6 a A	19,3 a A
Pousio	18,9 ab A	18,2 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=3,4; DMS de manejo dentro de cobertura=2,8.

Fonte: Próprio Autor.

Na análise da Tabela 65, foi observado que o número de vagens por planta, para a soja monocultivo, foi maior quando ocorreu a semeadura de crotalária juncea (73,8) em relação ao pousio (62,1). Contudo, para o manejo rotacionado, o milho refletiu em maior número de vens por planta (86,6) e, o pousio apresentou resultado inferior a todas as plantas de cobertura, proporcionando 54,5 vagens por planta à cultura da soja.

Tabela 65. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para número de vagens por planta na cultura da soja, em SPD. Safra 2013/14.

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Número de vagens (vagens planta ⁻¹)	
Spectabilis	70,4 ab A	71,7 b A
Painço	71,5 ab A	74,2 b A
Juncea	73,8 a A	71,4 b A
Milheto	68,0 ab B	86,6 a A
Pousio	62,1 b A	54,5 c A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=10,6; DMS de manejo dentro de cobertura=10,0.

Fonte: Próprio Autor.

A produtividade de palha da cultura da soja (Tabela 66) conduzida em monocultivo foi beneficiada pelo milho (3.151 kg ha⁻¹), superando a produtividade de palha da soja cultivada sobre o pousio (2.877 kg ha⁻¹). O mesmo comportamento foi observado para a soja conduzida no manejo rotacionado. A rotação de cultura proporcionou incremento na produtividade de palha da soja cultivada sobre milho e crotalária juncea.

Tabela 66. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para produtividade de palha na cultura da soja, em SPD. Safra 2013/14.

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Produtividade de palha (kg ha ⁻¹)	
Spectabilis	3.105 ab A	2.988 c A
Painço	2.891 ab A	2.988 c A
Juncea	3.067 ab B	3.348 ab A
Milho	3.151 a B	3.444 a A
Pousio	2.877 b A	3.093 bc A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=272,5; DMS de manejo dentro de cobertura=268,6.

Fonte: Próprio Autor.

A produtividade de grãos da soja conduzida em monocultivo foi maior quando a semeadura ocorreu sobre milho (2.283 kg ha⁻¹), comparado ao pousio (2.085 kg ha⁻¹). Entretanto, quando a soja foi manejada pelo sistema rotacionado, o milho, assim como a crotalária juncea, proporcionaram maiores produtividades de grãos à soja, em relação à crotalária spectabilis, painço e pousio.

Tabela 67. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para produtividade de grãos na cultura da soja, em SPD. Safra 2013/14.

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	
Spectabilis	2.250 ab A	2.104 c A
Painço	2.095 ab A	2.104 c A
Juncea	2.222 ab A	2.358 ab A
Milho	2.283 a A	2.428 a A
Pousio	2.085 b A	2.178 c A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=193,6; DMS de manejo dentro de cobertura=198,8.

Fonte: Próprio Autor.

Este resultado pode estar ligado ao fato de que as plantas de cobertura de grande porte e com rápido desenvolvimento, como o milho e crotalária juncea favorecem o desempenho da soja em sucessão, em termos de ciclagem de nutrientes e proteção do solo.

Camargo e Piza (2007) afirmam que a produtividade de grãos da grande maioria das culturas anuais, sob diferentes manejos de solo depende, dentre outros fatores, das condições climáticas do ano agrícola, da qualidade do manejo, do nível de fertilidade do solo e do estado fitossanitário da cultura.

Desta forma, tem sido bastante variável na literatura, o comportamento das culturas sob diferentes manejos do solo. Entretanto, a cultura da soja tem se destacado no cenário agrícola nacional pela expansão em termos de área cultivada, aliado a ganhos de produtividade. Este avanço tem se dado principalmente pela utilização de sistemas conservacionistas, em que se deve considerar a importância da rotação de culturas e preservação de palhada no solo durante o ano (EMBRAPA, 2011).

Este modelo de produção adequado à condições tropicais, no qual a cultura da soja tem se destacado, tende a ser melhor ajustado mediante o avanço dos resultados científicos promovidos por pesquisas regionais, que levem em consideração as peculiaridades dos fatores de produção de cada local.

4.2 Área conduzida em SPC

4.2.1 Área manejada com milho em monocultivo e rotacionado sob SPC

4.2.1.1 Atributos químicos da camada de 0,00-0,10m do solo sob SPC, manejado com milho em monocultivo e rotacionado

As médias dos atributos químicos da camada superficial do solo cultivado com milho em SPC estão apresentadas na Tabela 68. Não houve interação entre manejo e plantas de cobertura para a capacidade de troca catiônica do solo (T) e saturação por alumínio (m).

O manejo não influenciou a T da camada superficial do solo (Tabela 68), sob SPC, entretanto, as plantas de cobertura promoveram alterações no referido atributo químico, onde a semeadura de milho, ao longo de quinze

anos, associado ao cultivo de milho, proporcionou maior T ao solo ($54,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), comparado à área mantida sob pousio ($51,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

A saturação por alumínio (m) da camada superficial do solo manejado em monocultivo (Tabela 68) apresentou-se inferior (32,8%) ao manejo rotacionado (34,3%). Embora haja diferença na resposta da m do solo, ambos os manejos estão dentro da faixa considerada de elevada saturação por alumínio presente no solo, conforme Raij et al. (1997).

Foi observado menor saturação por alumínio na camada superficial do solo (Tabela 68) cultivado com crotalária spectabilis (29,6%), em relação à crotalária juncea (35,4%), milheto (35%) e pousio (35,4%). Este resultado salienta a importância da alternância de espécies nos sistemas de produção de grãos em solo de Cerrado, onde a rotação de culturas pode contribuir para a supressão da disponibilidade de elementos tóxicos às plantas, como o alumínio.

Os sistemas de preparo interferem nos atributos químicos do solo, portanto o correto manejo deve proporcionar a sustentabilidade dos ambientes de produção, visando a conservação do solo (DEBIASI et al., 2013). Os resultados observados para os atributos químicos do solo, quinze anos após a adoção do SPC, mostraram-se, de forma geral, dependentes do manejo e das plantas de cobertura utilizadas.

Tabela 68. Valores de P (mg dm^{-3}), matéria orgânica (g dm^{-3}), pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB e CTC ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), V e m (%), e CO (g dm^{-3}), na camada de solo de 0,00-0,10m, em SPC, 15 anos após a instalação do sistema, com sucessão e rotação de culturas com milho. Selvíria, MS (2015).

TRATAMENTOS		P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m	CO
		(mg dm^{-3})	(g dm^{-3})	(CaCl_2)					($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)				(%)	
Manejo (M)	Monocultivo	26,8	12,5	4,03	1,13	5,61	2,54	42,4	4,47	9,29	51,7	17,9	32,8 b	7,2
	Rotacionado	28,0	13,7	4,03	1,17	5,84	2,65	43,9	5,05	9,68	53,6	18,0	34,3 a	7,9
Coberturas (C)	Spectabilis	27,4	13,3	4,08	1,25	6,23	2,83	41,9	4,31	10,33	52,2 ab	19,7	29,6 b	7,7
	Painço	29,7	12,9	4,04	1,15	5,71	2,59	42,8	4,44	9,46	52,3 ab	18,0	32,2 ab	7,5
	Juncea	29,9	13,1	4,00	1,09	5,42	2,59	45,1	4,94	8,98	54,1 a	16,5	35,4 a	7,6
	Milheto	27,0	13,3	4,03	1,15	5,73	2,60	43,5	5,11	9,50	53,0 ab	17,9	35,0 a	7,7
	Pousio	23,0	12,8	4,03	1,11	5,52	2,51	42,5	5,00	9,15	51,6 b	17,6	35,4 a	7,4
Teste F														
M		4,93 ^{ns}	39,6 ^{**}	0,38 ^{ns}	2,39 ^{ns}	2,39 ^{ns}	2,42 ^{ns}	5,35 ^{ns}	138,0 ^{**}	2,41 ^{ns}	4,47 ^{ns}	0,31 ^{ns}	26,9 [*]	39,3 ^{**}
C		29,9 ^{**}	0,44 ^{ns}	3,13 [*]	1,47 ^{ns}	1,47 ^{ns}	1,46 ^{ns}	12,05 ^{**}	14,37 ^{**}	1,47 ^{ns}	2,70 [*]	2,92 [*]	6,23 ^{**}	0,44 ^{ns}
M*C		8,55 ^{**}	5,43 ^{**}	3,86 [*]	2,97 [*]	2,97 [*]	2,95 [*]	3,00 [*]	10,08 ^{**}	2,97 [*]	1,15 ^{ns}	3,72 [*]	0,81 ^{ns}	5,43 ^{**}
CV (%) M		6,6	4,45	1,0	8,3	8,3	8,3	4,6	3,2	8,3	5,2	3,3	2,6	4,4
CV (%) C		5,2	6,95	1,2	12,6	12,7	12,7	2,3	5,6	12,7	3,0	10,5	8,6	6,9
DMS (M)		1,8	0,5	0,01	0,09	0,48	0,21	2,0	0,15	0,79	2,7	0,6	0,8	0,3
DMS (C)		2,1	1,3	0,07	0,21	1,07	0,49	1,4	0,39	1,78	2,3	2,7	4,2	0,7

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Fonte: Próprio Autor.

Os teores de P da camada superficial do solo (Tabela 69) sob monocultivo com a cultura do milho não foram influenciados pelas plantas de cobertura.

Tabela 69. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para P (mg dm^{-3}), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de P (mg dm^{-3})	
Spectabilis	27,4 a A	27,8 bc A
Painço	28,3 a B	31,2 ab A
Juncea	27,3 a B	32,6 a A
Milheto	27,1 a A	26,9 c A
Pousio	24,2 a A	21,7 d B

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=4,0. DMS de manejo dentro de cobertura= 2,1.

Fonte: Próprio Autor.

Entretanto foi observado maior teor de P na área de pousio monocultivo, em relação ao pousio rotacionado. Este resultado pode estar ligado à menor extração de P do solo requerido pelo monocultivo em detrimento do manejo rotacionado. O manejo rotacionado proporcionou maiores teores de P da camada superficial do solo nas áreas sob painço e crotalária juncea. As referidas plantas proporcionaram maior concentração de P do que o milho e pousio, no manejo rotacionado.

Na análise da Tabela 70, notou-se que a crotalária spectabilis favoreceu o acúmulo de MO na camada superficial do solo manejado em monocultivo, quando comparado ao painço.

Tabela 70. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para MO (g dm^{-3}), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de MO (mg dm^{-3})	
Spectabilis	13,7 a A	12,9 a A
Painço	11,4 b B	14,4 a A
Juncea	13,0 ab A	13,2 a A
Milheto	12,3 ab B	14,3 a A
Pousio	12,1 ab B	13,6 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=1,6. DMS de manejo dentro de cobertura= 1,3.

Fonte: Próprio Autor.

A alternância de espécies e de famílias de plantas, no caso do cultivo do milho, com a inserção de uma leguminosa, pode trazer vantagens em termos de aumento e manutenção da MO do solo. O manejo rotacionado proporcionou, com exceção das áreas com crotalárias, aumento no teor de MO do solo para as demais plantas de cobertura, inclusive para a área mantida sob pousio.

O pH da camada superficial do solo manejado sob monocultivo de milho (Tabela 71) apresentou maior valor pela inserção da crotalária *spectabilis* na área (4,14), que embora seja considerado baixo para o cultivo de milho, mostrou-se superior aos demais tratamentos. O manejo rotacionado proporcionou decréscimo no valor do pH da área sob crotalária *spectabilis* (4,03), entretanto, o pH não foi influenciando, dentro deste manejo, pelas plantas de cobertura.

Tabela 71. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para pH (CaCl_2), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	pH (CaCl_2)	
Spectabilis	4,14 a A	4,03 a B
Painço	4,04 b A	4,03 a A
Juncea	3,98 b A	4,02 a A
Milheto	4,02 b A	4,04 a A
Pousio	3,99 b A	4,06 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=0,07. DMS de manejo dentro de cobertura=0,07.

Fonte: Próprio Autor.

Os teores de K da camada superficial do solo manejado sob monocultivo de milho (Tabela 72) foram superiores na área com crotalária *spectabilis*, em relação aos locais onde ocorreram a semeadura de crotalária *juncea* e *milheto*. O monocultivo proporcionou aumento do teor de K na área sob *spectabilis*. Este resultado pode estar ligado à grande concentração de K na palhada do milho, sendo menor o aporte de K liberado pela palhada ao solo em locais onde a se deu a rotação de culturas com a soja.

No manejo rotacionado, as plantas de cobertura não influenciaram a concentração de K na camada superficial do solo cultivado em SPC. De forma

geral, as médias observadas estão abaixo da faixa média estabelecida por Raij et al. (1997), para o teor médio de K no solo para cultivo de culturas anuais, que é de 1,6 a 3,0 mmol_c dm⁻³.

Tabela 72. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para K (mmol_c dm⁻³), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de K (mmol _c dm ⁻³)	
Spectabilis	1,38 a A	1,13 a B
Painço	1,12 ab A	1,18 a A
Juncea	1,04 b A	1,15 a A
Milheto	1,10 b A	1,21 a A
Pousio	1,01 a A	1,22 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=0,26. DMS de manejo dentro de cobertura=0,21.

Fonte: Próprio Autor.

A concentração de Ca da camada superficial do solo manejado com milho em monocultivo, sob SPC (Tabela 73), foi inferior nas áreas com crotalária juncea, milheto e pousio, sendo observada maior concentração de Ca no solo pelo cultivo de crotalária spectabilis (6,87 mmol_c dm⁻³). Verificou-se também que, para a área com a referida planta de cobertura, o manejo rotacionado refletiu em diminuição do teor de Ca no solo (5,6 mmol_c dm⁻³).

Tabela 73. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Ca (mmol_c dm⁻³), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de Ca (mmol _c dm ⁻³)	
Spectabilis	6,87 a A	5,60 a B
Painço	5,57 ab A	5,85 a A
Juncea	5,15 b A	5,70 a A
Milheto	5,45 b A	6,02 a A
Pousio	5,00 b A	6,06 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=1,30. DMS de manejo dentro de cobertura=1,04.

Fonte: Próprio Autor.

A inserção de uma leguminosa no processo de rotação de culturas, além da crotalária spectabilis, pode ter aumentado a demanda por Ca na camada superficial do solo, visto que a soja também possui sistema radicular

superficial, o que pode ter contribuído para o menor teor de Ca no solo, em comparação ao monocultivo de milho.

A área conduzida em SPC com milho em monocultivo apresentou teores médios de Mg na camada superficial do solo (Tabela 74), conforme preconizado por Raij et al. (1997). Não houve influência do cultivo de milheto, crotalária juncea e painço, em relação ao pousio, para este elemento, na área em monocultivo. Contudo, a área com crotalária spectabilis, no manejo monocultivo, proporcionou incremento no teor de Mg da camada superficial do solo ($3,12 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

Tabela 74. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	
Spectabilis	3,12 a A	2,54 a B
Painço	2,53 ab A	2,65 a A
Juncea	2,34 b A	2,59 a A
Milheto	2,47 b A	2,74 a A
Pousio	2,27 b A	2,75 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=0,59. DMS de manejo dentro de cobertura=0,48.

Fonte: Próprio Autor.

Na análise da Tabela 75, verificou-se que a acidez potencial (H+Al) foi maior na camada superficial do solo manejado sob monocultivo, com crotalária juncea ($45,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), em relação ao solo cultivado com crotalária spectabilis ($40,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

Tabela 75. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para H+Al ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	H+Al ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	
Spectabilis	40,5 b B	43,2 a A
Painço	41,5 ab B	44,1 a A
Juncea	45,3 a A	44,9 a A
Milheto	42,7 ab B	44,2 a A
Pousio	42,0 ab A	43,0 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=4,5. DMS de manejo dentro de cobertura= 1,4.

Fonte: Próprio Autor.

O manejo rotacionado elevou a H+Al da camada superficial do solo para todas as áreas com plantas de cobertura, com exceção da crotalária juncea.

A concentração de Al na camada superficial do solo (Tabela 76) manejado sob monocultivo de milho não foi influenciado pelas plantas de cobertura. O manejo rotacionado proporcionou aumento do teor de Al no solo, para as áreas onde se cultivou milheto e também para a área mantida em pousio.

Tabela 76. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
Spectabilis	4,41 a A	4,20 b A
Painço	4,39 a A	4,48 b A
Juncea	4,43 a B	5,44 a A
Milheto	4,53 a B	5,70 a A
Pousio	4,56 a B	5,43 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=0,46. DMS de manejo dentro de cobertura=0,39.

Fonte: Próprio Autor.

O solo sob crotalária spectabilis e painço, conduzido com milho rotacionado, apresentou os menores valores de Al na camada superficial.

A SB observada na camada superficial do solo conduzido em SPC, com a cultura do milho (Tabela 77), apresentou incremento quando ocorreu o monocultivo de milho associado ao cultivo de crotalária spectabilis ($11,38 \text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$). Para o milho monocultivo, o painço também apresentou resultado semelhante ($9,23 \text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), não diferindo estatisticamente.

Tabela 77. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para SB ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	SB ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
Spectabilis	11,38 a A	9,27 a B
Painço	9,23 ab A	9,68 a A
Juncea	8,53 b A	9,44 a A
Milheto	9,02 b A	9,98 a A
Pousio	8,28 b A	10,02 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=2,16. DMS de manejo dentro de cobertura=1,76. Fonte: Próprio Autor.

A saturação por bases (V) apresentou comportamento semelhante à SB em relação aos manejos e plantas de cobertura (Tabela 78). Notou-se o melhor resultado na área de milho monocultivo sob crotalária spectabilis. Apesar dos valores de V estarem muito abaixo do recomendado para o cultivo de milho, pode-se verificar a influência dos manejos e plantas de cobertura na concentração e disponibilidade de bases trocáveis no solo, bem como sua saturação no complexo de troca catiônica do solo, mesmo quando não se tem reposição de bases por meio da aplicação de insumos por um longo período de tempo.

Tabela 78. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para V (%), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	V (%)	
Spectabilis	21,8 a A	17,6 a B
Painço	18,1 b A	17,9 a A
Juncea	15,8 b A	17,3 a A
Milheto	17,4 b A	18,3 a A
Pousio	16,4 b A	18,8 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=2,9. DMS de manejo dentro de cobertura=2,7.

Fonte: Próprio Autor.

Foi observado, conforme ilustrado na Tabela 79, que o teor de CO do solo foi influenciado pelas plantas de cobertura, no milho manejado sob monocultivo, onde a crotalária spectabilis proporcionou maior teor de CO ao solo do que o painço.

Tabela 79. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para CO (g dm⁻³), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de CO (g dm ⁻³)	
Spectabilis	7,98 a A	7,48 a A
Painço	6,66 b B	8,36 a A
Juncea	7,56 ab A	7,68 a A
Milheto	7,15 ab B	8,34 a A
Pousio	7,05 ab B	7,90 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=0,94. DMS de manejo dentro de cobertura=0,77.

Fonte: Próprio Autor.

O manejo rotacionado melhorou os níveis de CO da camada superficial do solo quando ocorreu a semeadura de painço e milho. O mesmo comportamento foi observado para a área mantida em pousio.

4.2.1.2 Atributos químicos da camada de 0,10-0,20m do solo sob SPC, manejado com milho em monocultivo e rotação

Os atributos químicos da camada subsuperficial da área conduzida em SPC (Tabela 80), apresentaram comportamentos distintos em relação aos tratamentos. As concentrações de MO, pH, K, Ca, SB, V, m e CO; não foram influenciadas pelos manejos e plantas de cobertura. Provavelmente a desestruturação do solo causada pelo sistema de preparo convencional, aliado ao revolvimento e inversão de camadas, podem provocar alterações na concentração e disponibilidade destes elementos na solução do solo.

O teor de MO mostrou-se entre 11 e 12 g dm⁻³, valores considerados baixos, entretanto é natural ocorrer a diminuição da concentração de MO do solo em subsuperfície. Contudo, o cultivo de plantas por meio do sistema de preparo convencional, com utilização de gradagens, que preconizam a intensa mobilização do solo, contribui, conforme Debiazi et al. (2013), para a diminuição de carbono do solo, afetando o teor de MO. Estes fatos auxiliam na baixa concentração de MO no solo, mesmo em áreas com cultivo sequencial de plantas produtoras de grãos e de cobertura.

O pH da camada de subsuperfície esteve em torno de 3,9, o que mostra a característica de latossolos distróficos cultivados sem correção. Este valor pode ser atribuído à baixa quantidade de bases trocáveis presentes no solo (K, Ca e Mg), que conferem baixa soma de bases (SB) e saturação por bases (V) ao solo. Com um pH baixo, fica evidente a alta acidez e, por consequência, os elevados valores de saturação por alumínio no solo (m), elemento extremamente prejudicial ao cultivo de plantas produtoras de grãos, como o milho e a soja.

O cultivo de crotalária *spectabilis* atenuou a saturação por alumínio (m) da camada de subsuperfície do solo (0,10-0,20m), em comparação à área

submetida ao manejo com crotalária juncea, onde foram observadas saturações de 38,7% e 45,6%, de m, respectivamente.

Tabela 80. Valores de P (mg dm^{-3}), matéria orgânica (g dm^{-3}), pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB e CTC ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), V e m (%), e CO (g dm^{-3}), na camada de solo de 0,10-0,20m, em SPC, 15 anos após a instalação do sistema, com sucessão e rotação de culturas com milho. Selvíria, MS (2015).

TRATAMENTOS		P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m	CO
		(mg dm^{-3})	(g dm^{-3})	(CaCl_2)					($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)				(%)	
Manejo (M)	Monocultivo	23,0	11,9	3,9	0,63	5,35	2,37	43,2	5,51	8,36	51,5	16,1	40,4	6,91
	Rotacionado	23,3	11,7	3,9	0,60	5,05	2,24	44,0	6,01	7,89	51,9	15,1	43,6	6,82
Coberturas (C)	Spectabilis	23,3	12,3	4,0	0,68	5,75	2,55	41,8	5,50	8,98	50,8	17,5	38,7 b	7,14
	Painço	25,3	11,8	3,9	0,64	5,37	2,38	44,5	5,54	8,40	52,9	15,8	40,0 ab	6,87
	Juncea	20,9	11,6	3,9	0,54	4,50	2,00	43,8	5,88	7,03	50,9	13,8	45,6 a	6,78
	Milheto	24,1	12,0	3,9	0,64	5,37	2,38	44,1	5,82	8,40	52,6	15,8	41,4 ab	6,97
	Pousio	22,4	11,3	3,9	0,59	5,00	2,22	43,5	6,06	7,81	51,4	15,0	44,2 ab	6,58
Teste F														
M		0,16ns	0,49ns	0,64ns	0,35ns	0,35ns	0,35ns	4,30ns	18,44*	0,35ns	0,09ns	0,59ns	2,62ns	0,49ns
C		13,07**	1,26ns	1,18ns	1,77ns	1,76ns	1,76ns	4,65**	6,32**	1,76ns	1,92ns	2,16ns	3,73*	1,25ns
M*C		6,43**	1,89ns	0,56ns	1,32ns	1,32ns	1,32ns	9,77**	4,61**	1,32ns	8,84**	0,58ns	0,64ns	1,90ns
CV (%) M		9,0	6,1	2,5	30,3	30,8	30,7	2,8	6,4	30,8	6,7	24,7	15,1	6,1
CV (%) C		5,5	7,7	1,7	18,8	19,3	19,3	3,1	4,6	19,3	3,8	16,5	9,9	7,7
DMS (M)		2,1	0,7	0,1	0,18	1,61	0,71	1,2	0,37	2,52	3,5	3,8	6,4	0,42
DMS (C)		1,9	1,3	0,2	0,17	1,48	0,65	2,0	0,39	2,31	2,9	3,8	6,1	0,78

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio Autor.

Na análise da Tabela 81, foi observado que os teores de P da camada de subsuperfície do solo manejado em monocultivo não foram influenciados pelas plantas de cobertura, entretanto, este manejo proporcionou maior concentração de P no solo em que se cultivou crotalária juncea.

Por outro lado, notou-se comportamento oposto quando se adotou o manejo rotacionado, onde a crotalária spectabilis associado ao manejo rotacionado, proporcionou incremento de P na camada de 0,10-0,20m do solo.

Tabela 81. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para P (mg dm^{-3}), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de P (mg dm^{-3})	
Spectabilis	21,5 aB	25,1 aA
Painço	24,5 aA	26,0 aA
Juncea	22,0 aA	19,8 bB
Milheto	24,4 aA	23,7 abA
Pousio	22,8 aA	21,9 abA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=4,6. DMS de manejo dentro de cobertura=1,8.

Fonte: Próprio Autor.

A acidez potencial (H+Al) da camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC (Tabela 82), apresentou maior concentração na área semeada com painço ($45,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), em relação às áreas com milheto e crotalária juncea ($42,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). O manejo rotacionado proporcionou menor acidez potencia para a área submetida ao cultivo de crotalária spectabilis.

Tabela 82. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para H+Al ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	H+Al ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	
Spectabilis	43,2 abA	40,4 bB
Painço	45,4 aA	43,5 aA
Juncea	42,2 bB	45,5 aA
Milheto	42,2 bB	46,1 aA
Pousio	42,7 abA	44,3 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=2,9. DMS de manejo dentro de cobertura=2,0.

Fonte: Próprio Autor.

A concentração de Al não sofreu influência das plantas de cobertura (Tabela 83), quando a área foi conduzida pelo manejo do milho em monocultivo, sendo que, este manejo refletiu em menores teores de Al, em relação ao manejo rotacionado, para as áreas sob crotalária juncea, milho e pousio.

A crotalária *spectabilis* proporcionou menor teor de Al no solo sob manejo rotacionado, em relação ao milho e pousio.

Tabela 83. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Teor de Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
Spectabilis	5,54 aA	5,46 bA
Painço	5,39 aA	5,68 abA
Juncea	5,51 aB	6,26 abA
Milho	5,34 aB	6,29 aA
Pousio	5,75 aB	6,38 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=0,82. DMS de manejo dentro de cobertura=0,39.

Fonte: Próprio Autor.

A capacidade de troca catiônica do solo (CTC), referente à camada em subsuperfície (Tabela 84), apresentou maior valor quando o solo foi submetido ao monocultivo de milho, associado a sementeira de crotalária *spectabilis* (53,4 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) e painço (54,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$).

Tabela 84. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
Spectabilis	53,4 aA	48,2 aB
Painço	54,5 aA	51,4 aB
Juncea	49,2 aB	52,6 aA
Milho	50,4 aB	54,7 aA
Pousio	50,2 aB	52,6 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=8,0. DMS de manejo dentro de cobertura= 2,9.

Fonte: Próprio Autor.

Por outro lado, o manejo rotacionado causou incremento na CTC da camada em subsuperfície do solo, onde ocorreu a semeadura de crotalária juncea ($52,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e milho ($54,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

4.2.1.3 Características agronômicas do milho cultivado sob SPC

A população final de plantas, altura de plantas e altura de inserção de espigas do milho cultivado na safra 2011/12, sob SPC (Tabela 85), não foram afetadas pelo manejo. Entretanto, houve interação entre manejo e plantas de cobertura para altura de plantas e altura de inserção de espiga.

O cultivo de plantas de cobertura afetou a população final de plantas do milho, onde a maior população observada ($51.388 \text{ plantas ha}^{-1}$) ocorreu na área manejada com painço, que apesar de não diferir das áreas submetidas ao manejo com crotalária spectabilis, milho e pousio, superou a área cultivada com crotalária juncea ($46.759 \text{ plantas ha}^{-1}$).

Tabela 85. Médias e valores de F das características agronômicas do milho, em função de sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, em SPC. Safra 2011/12.

TRATAMENTOS		População Final Plantas (plantas ha^{-1})	Altura de Plantas (m)	Altura Ins. Espiga (m)	Produtividade de Palha (kg ha^{-1})	Produtividade de Grãos (kg ha^{-1})
Manejo (M)	Rotacionado	49.259	2,21	1,22	7.604 b	6.035 b
	Monocultivo	50.555	2,21	1,22	7.996 a	6.893 a
Coberturas (C)	Spectabilis	50.462 ab	2,23	1,23	7.649 a	6.330 a
	Painço	51.388 a	2,21	1,23	8.040 a	6.657 a
	Juncea	46.759 b	2,20	1,22	8.446 a	7.011 a
	Milheto	50.462 ab	2,24	1,23	8.362 a	6.922 a
	Pousio	50.462 ab	2,15	1,19	6.502 b	5.401 b
Teste F						
M		1,96 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,23 ^{ns}	18,47*	133,34**
C		3,30*	4,72**	0,82 ^{ns}	13,06**	13,00**
M*C		1,47 ^{ns}	3,98*	3,78*	1,94 ^{ns}	1,83 ^{ns}
CV (%) M		5,87	1,20	1,88	3,70	3,64
CV (%) C		5,63	2,18	3,92	7,93	7,90
DMS (M)		2.946,00	0,02	0,02	290,00	236,00
DMS (C)		4.138,00	0,07	0,07	911,00	752,00

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio Autor.

As respostas da cultura do milho em relação a manejo e plantas de cobertura encontradas na literatura são diversas, entretanto, deve-se considerar a amplitude de condições edafoclimáticas em que os trabalhos são submetidos, além da quantidade de materiais genéticos disponíveis para cultivo que são utilizados nas áreas de produção, que podem refletir de forma distinta. Carvalho et al. (2004), trabalhando com a cultura do milho, verificaram que a população final de plantas, altura de plantas e altura de inserção de espiga não foram influenciados pelas plantas de cobertura de solo.

A produtividade de palha foi afetada pelo manejo, sendo que o monocultivo superou (7.996 kg ha^{-1}) o manejo rotacionado (7.604 kg ha^{-1}). O mesmo comportamento foi observado para a produtividade de grãos, onde o monocultivo (6.893 kg ha^{-1}) resultou em maior produtividade de grãos, comparado ao rotacionado (6.893 kg ha^{-1}).

As plantas de cobertura proporcionaram maior produtividade de grãos ao milho, em relação à área mantida em pousio. As culturas de cobertura contribuíram para o aumento de produtividade de palha e de grãos da cultura do milho, em relação ao pousio, que apresentou os menores valores, respectivos 5.401 e 6.502 kg ha^{-1} de grãos e palha, no SPC.

Tisdale et al. (1985) verificaram que em condições favoráveis à altas produtividades, os resultados demonstram que as produtividades de milho manejado sob monocultivo produz em torno de 15% a menos, em relação ao manejo rotacionado.

Na análise da Tabela 86 foi observado que a altura de plantas do milho foi maior no manejo rotacionado cultivado sobre painço (2,24) e crotalária juncea (2,23). Notou-se um comportamento inverso quando o cultivo do milho ocorreu sobre milheto (2,29) e pousio (2,18), onde o manejo sob monocultivo proporcionou maior desenvolvimento das plantas.

Tabela 86. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para altura de plantas da cultura do milho, em SPC. Safra 2011/12.

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Altura de plantas (m)	
Spectabilis	2,22 ab A	2,24 a A
Painço	2,18 b B	2,24 a A
Juncea	2,17 b B	2,23 a A
Milheto	2,29 a A	2,20 ab B
Pousio	2,18 b A	2,12 b B

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=0,10; DMS de manejo dentro de cobertura=0,05.

Fonte: Próprio Autor.

A altura de inserção de espigas (Tabela 87) do milho conduzido em SPC (safra 2011/12) foi influenciada pelo manejo. O monocultivo de milho associado à semeadura de milheto resultou em maior altura de inserção de espigas, quando comparado ao manejo rotacionado. Contudo, o milho cultivado após crotalária juncea apresentou maior altura de inserção de espiga quando manejado de forma rotacionada.

Tabela 87. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para altura de inserção de espigas da cultura do milho, em SPC. Safra 2011/12.

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Altura de inserção espigas (m)	
Spectabilis	1,24 a A	1,22 a A
Painço	1,20 a A	1,25 a A
Juncea	1,19 a B	1,26 a A
Milheto	1,28 a A	1,18 a B
Pousio	1,20 a A	1,19 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=0,10; DMS de manejo dentro de cobertura=0,05.

Fonte: Próprio Autor.

Os valores médios encontrados para as características agrônômicas do milho cultivado em SPC, referente à safra 2012/13, estão apresentados na Tabela 88. Verificou-se que os tratamentos não influenciaram a população final de plantas, altura de plantas e altura de inserção de espigas, na referida safra. No entanto houve interação entre manejo e plantas de cobertura para a produtividade de palha e produtividade de grãos do milho.

Tabela 88. Médias e valores de F das características agrônômicas do milho, em função de sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, em SPC. Safra 2012/13.

TRATAMENTOS		População Final Plantas (plantas ha ⁻¹)	Altura de Plantas (m)	Altura Ins. Espiga	Produtividade de Palha (kg ha ⁻¹)	Produtividade de Grãos (kg ha ⁻¹)
Manejo (M)	Rotacionado	53.168	1,99	1,08	8.116	6.652
	Monocultivo	55.675	1,97	1,09	7.403	6.609
Coberturas (C)	Spectabilis	54.629	1,96	1,07	7.824	6.686
	Painço	54.166	1,96	1,07	7.529	6.423
	Juncea	54.629	1,99	1,08	8.315	7.118
	Milheto	54.629	2,00	1,11	7.766	6.627
	Pousio	54.055	2,00	1,09	7.362	6.299
Teste F						
M		7,98 ^{ns}	0,87 ^{ns}	1,00 ^{ns}	242,25 ^{**}	1,14 ^{ns}
C		0,07 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,90 ^{ns}	5,22 ^{**}	5,63 ^{**}
M*C		0,46 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,58 ^{ns}	2,99 [*]	3,29 [*]
CV (%) M		5,16	3,92	4,33	1,87	1,91
CV (%) C		5,31	3,45	4,97	5,77	5,63
DMS (M)		2.824,00	0,07	0,04	145,00	127,00
DMS (C)		4.255,00	0,10	0,07	659,00	550,00

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F.
Fonte: Próprio Autor.

A produtividade de palha da cultura do milho (safra 2012/13), conduzido sob SPC (Tabela 89) foi influenciada pelos manejos e plantas de cobertura. O milho em monocultivo apresentou produtividade de palha maior quando foi semeado sobre crotalária juncea, comparado ao pousio.

Tabela 89. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para produtividade de palha no milho, em SPC. Safra 2012/13.

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Produtividade de palha (kg ha ⁻¹)	
Spectabilis	7.469 ab B	8.179 a A
Painço	6.892 b B	8.167 a A
Juncea	8.270 a A	8.360 a A
Milheto	7.145 b B	8.388 a A
Pousio	7.238 b A	7.486 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=932; DMS de manejo dentro de cobertura=482.

Fonte: Próprio Autor.

Notou-se que a cultura do milho em monocultivo (Tabela 90) apresentou maior produtividade de grãos quando semeado sobre crotalária juncea (7.384 kg ha⁻¹), quando comparado ao sistema rotacionado (6.853 kg ha⁻¹), no entanto o comportamento inverso foi observado para o milho cultivado

sobre painço e milheto, onde a rotação proporcionou incremento na produtividade de grãos da cultura.

Tabela 90. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para produtividade de grãos na cultura do milho, em SPC. Safra 2012/13.

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	
Spectabilis	6.668 ab A	6.704 a A
Painço	6.153 b B	6.694 a A
Juncea	7.384 a A	6.853 a B
Milheto	6.379 b B	6.875 a A
Pousio	6.463 b A	6.136 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=778; DMS de manejo dentro de cobertura=404.

Fonte: Próprio Autor.

A crotalária juncea proporcionou aumento na produtividade de grãos do milho semeado no sistema de monocultivo, com 7.384 kg ha⁻¹, superando o painço, milheto e pousio, entretanto não diferiu estatisticamente da crotalária spectabilis, que proporcionou ao milho 6.668 kg ha⁻¹ de produtividade de grãos.

A cultura do milho cultivada no sistema rotacionado não apresentou influência das plantas de cobertura na produtividade de grãos.

As médias dos valores das características agrônômicas do milho, em função de sistemas de manejo do solo e plantas de cobertura estão apresentadas na Tabela 91. Estes resultados são referentes ao milho cultivado em SPC, na safra 2013/14.

A população final de plantas do milho manejado em monocultivo (Tabela 91) foi inferior à apresentada pelo milho cultivado sob manejo rotacionado, onde a diferença entre manejos superou 4.000 plantas ha⁻¹. Este resultado pode estar relacionado ao aporte de palhada na superfície do solo proveniente das safras de milho ao longo dos anos, a qual teria atrapalhado o processo de germinação e emergência das plântulas, ocasionada pelo envelopamento da semente pela palha.

Tabela 91. Médias e valores de F das características agronômicas do milho, em função de sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, em SPC. Safra 2013/14.

TRATAMENTOS		População Final Plantas (plantas ha ⁻¹)	Altura de Plantas (m)	Altura Ins. Espiga	Produtividade de Palha	Produtividade de Grãos
					(kg ha ⁻¹)	
Manejo (M)	Rotacionado	51.466 a	1,61	0,88	6.766	5.456
	Monocultivo	46.851 b	1,66	0,81	6.032	5.338
Coberturas (C)	Spectabilis	51.388 ab	1,65 a	0,87	6.054	5.085
	Painço	48.148 bc	1,71 a	0,84	6.432	5.419
	Juncea	53.203 a	1,67 a	0,86	7.264	6.114
	Milheto	47.222 bc	1,62 ab	0,86	6.960	5.897
	Pousio	45.833 c	1,52 b	0,80	5.285	4.471
Teste F						
M		17,80*	4,65 ^{ns}	14,30*	23,83*	0,86 ^{ns}
C		7,06**	7,74**	3,00*	32,25**	31,91**
M*C		1,04 ^{ns}	2,77 ^{ns}	3,16*	18,87**	13,61**
CV (%) M		7,03	4,52	6,35	7,43	7,47
CV (%) C		6,60	4,47	5,58	6,06	6,08
DMS (M)		3.440,00	0,07	0,05	478,00	405,00
DMS (C)		4.778,00	0,10	0,06	571,00	483,00

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio Autor.

As plantas de cobertura também influenciaram a população final de plantas da cultura do milho (Tabela 91), sendo observado melhor desempenho nas áreas sob cultivo de crotalária spectabilis e crotalária juncea, em relação à área mantida em pousio.

Notou-se incremento na altura de plantas do milho (Tabela 91) pelo cultivo de crotalária spectabilis (1,65), painço (1,71) e crotalária juncea (1,67), comparado ao pousio. Na referida safra (2012/13) verificou-se a ocorrência de veranico na área, sendo este fenômeno o provável responsável pelo menor porte das plantas de milho, entretanto, mesmo em condições de déficit hídrico, o manejo do solo com plantas de cobertura podem auxiliar no desenvolvimento das plantas.

A altura de inserção de espigas das plantas de milho (Tabela 92), foram influenciadas pelo manejo. O milho conduzido em monocultivo apresentou maior altura de inserção de espigas nas áreas cultivadas com crotalária spectabilis e crotalária juncea, quando comparado ao pousio.

O manejo rotacionado proporcionou incremento na altura de inserção de espigas do milho semeado na área mantida sob pousio. Este

comportamento pode estar relacionado ao residual deixado pela cultura da soja, principalmente em termos de N, que refletiram em melhor desempenho desta parâmetro na cultura do milho.

Tabela 92. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para altura de inserção da espiga na cultura do milho, em SPC. Safra 2013/14.

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Altura inserção espiga (m)	
Spectabilis	0,87 a A	0,87 a A
Painço	0,81 ab A	0,86 a A
Juncea	0,84 a A	0,89 a A
Milheto	0,82 ab A	0,90 a A
Pousio	0,72 b B	0,88 a A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=0,09; DMS de manejo dentro de cobertura=0,08.

Fonte: Próprio Autor.

A produtividade de palha da cultura do milho conduzido sob SPC durante a safra 2012/13 (Tabela 93) foi afetada pelos tratamentos, onde o cultivo de milho em monocultivo sobre milheto proporcionou maior produtividade de palha do que a observada nas áreas de painço, crotalária spectabilis e pousio. O manejo rotacionado causou incremento da produtividade de palha do milho semeado na área cultivada com crotalária juncea.

Tabela 93. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para produtividade de palha na cultura do milho, em SPC. Safra 2013/14.

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Produtividade de palha (kg ha ⁻¹)	
Spectabilis	5.153 c A	6.955 b A
Painço	5.920 bc A	6.943 b A
Juncea	6.516 ab B	8.012 a A
Milheto	7.245 a A	6.676 b A
Pousio	5.326 c A	5.243 c A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=808; DMS de manejo dentro de cobertura=707.

Fonte: Próprio Autor.

A produtividade de grãos da cultura do milho conduzido sob monocultivo durante a safra 2012/13 (Tabela 94) apresentou melhor resultado

quando a semeadura ocorreu nas áreas sob milheto e crotalária juncea, em relação aos locais mantidos com crotalária spectabilis e pousio. Já no manejo rotacionado, foi observada maior produtividade de grãos de milho pela utilização da crotalária juncea (6.461 kg ha⁻¹), como planta de cobertura.

Tabela 94. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para produtividade de grãos na cultura do milho, em SPC. Safra 2013/14.

Tratamentos	Milho monocultivo	Milho rotacionado
	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	
Spectabilis	4.560 c B	5.609 b A
Painço	5.239 bc A	5.599 b A
Juncea	5.766 ab B	6.461 a A
Milheto	6.411 a A	5.384 b B
Pousio	4.714 c A	4.228 c A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=684; DMS de manejo dentro de cobertura=599.

Fonte: Próprio Autor.

A produtividade de grãos do milho cultivado sobre milheto foi maior em monocultivo. Por outro lado, o manejo rotacionado promoveu maior produtividade de grãos ao milho nas áreas onde havia crotalária spectabilis e crotalária juncea. Percebe-se a importância da rotação de culturas para a produção de milho, quando compara-se à área em pousio, onde as produtividades foram inferiores, em relação às plantas de cobertura que proporcionaram produtividades de grãos acima da média nacional, que é de 5.200 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016).

4.2.2 Área manejada com soja em monocultivo e rotacionada sob SPC

4.2.2.1 Atributos químicos da camada de 0,00-0,10m do solo sob SPC, manejado com soja em monocultivo e rotacionado

Na Tabela 95 estão apresentados os valores médios encontrados para os atributos químicos da camada superficial do solo cultivado com soja em diferentes manejos, sob SPC, 15 anos após a adoção do sistema.

Houve interação entre manejo e plantas de cobertura para todos os atributos químicos avaliados, com exceção de MO e CO do solo. Entretanto, a

concentração da MO da camada superficial do solo apresentou maior valor quando ocorreu o monocultivo de soja ($13,4 \text{ g dm}^{-3}$), superando o manejo rotacionado ($12,8 \text{ g dm}^{-3}$).

Foi observado comportamento semelhante para os teores de CO da camada superficial do solo conduzido sob SPC. O manejo da cultura da soja em monocultivo proporcionou incremento no CO do solo ($7,78 \text{ g dm}^{-3}$), quando comparado ao teor CO da camada superficial do solo submetido ao manejo rotacionado ($7,48 \text{ g dm}^{-3}$).

A distribuição de nutrientes no perfil do solo pode ser afetada pelo tipo de preparo, onde, no SPD se tem menor concentração de nutrientes na camada subsuperficial, devido à deposição na superfície, pela palhada, dos nutrientes reciclados pelas plantas, por outro lado, sob SPC a concentração de elementos químicos podem ser mais semelhantes devido a mobilização do solo (VIEIRA, 2009).

Tabela 95. Valores de P (mg dm⁻³), matéria orgânica (g dm⁻³), pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB e CTC (mmol_c dm⁻³), V e m (%), e CO (g dm⁻³), na camada de solo de 0,00-0,10m, em SPC, 15 anos após a instalação do sistema, com sucessão e rotação de culturas com soja. Selvíria, MS (2015).

TRATAMENTOS		P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m	CO
		(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)					(mmol _c dm ⁻³)				(%)	
Manejo (M)	Monocultivo	21,4	13,4 a	4,7	3,51	17,4	7,91	35,9	1,80	28,8	64,7	44,3	5,9	7,78 a
	Rotacionado	24,7	12,8 b	4,4	2,50	12,4	5,64	40,8	2,47	20,5	61,4	32,5	13,3	7,48 b
Coberturas (C)	Spectabilis	21,8	13,1	4,6	3,06	15,2	6,92	37,5	1,43	25,2	62,8	40,1	5,3	7,65
	Painço	23,8	12,7	4,6	3,16	15,6	7,13	37,5	1,45	25,9	63,5	40,9	5,3	7,42
	Juncea	25,5	13,7	4,7	3,78	18,7	8,52	37,9	2,01	31,0	69,0	45,0	6,3	8,00
	Milheto	20,8	13,5	4,5	2,97	14,7	6,69	40,8	2,95	24,3	65,2	36,5	12,1	7,88
	Pousio	23,2	12,4	4,3	2,06	10,2	4,64	37,9	2,84	16,9	54,8	29,4	19,0	7,19
Teste F														
M		49,10**	15,59*	65,94**	75,15**	83,27**	81,28**	40,75**	85,53**	83,77**	26,14*	72,5**	39,5**	15,35*
C		12,75**	2,35ns	67,79**	94,15**	95,58**	95,33**	7,35**	73,28**	95,57**	86,78**	66,3**	40,2**	2,35ns
M*C		5,47**	0,95ns	46,39**	61,10**	62,20**	62,04**	10,12**	12,34**	62,19**	60,62**	45,6**	87,1**	0,95ns
CV (%) M		2,0	3,1	1,8	5,4	5,4	5,4	3,4	10,6	5,4	3,2	3,2	15,7	3,1
CV (%) C		6,2	7,9	1,1	5,9	5,9	5,5	3,7	11,2	5,9	2,5	5,3	14,7	7,9
DMS (M)		0,4	0,4	0,1	0,16	0,8	0,36	1,3	0,22	1,3	2,0	1,4	1,5	0,24
DMS (C)		2,1	1,5	0,1	0,26	1,3	0,59	2,1	0,35	2,1	2,3	3,0	2,0	0,89

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio Autor.

O teor de P da camada superficial do solo (Tabela 96) apresentou maior concentração no manejo rotacionado, para todas as plantas de cobertura, com exceção do milho, onde não houve diferença. Na área submetida ao monocultivo de soja, a crotalária juncea promoveu maior teor de P no solo (23 mg dm^{-3}), em relação à área cultivada com crotalária spectabilis ($20,7 \text{ mg dm}^{-3}$).

Notou-se teores de P superiores no manejo rotacionado atribuídos a crotalária juncea ($27,9 \text{ mg dm}^{-3}$), não havendo diferença do valor proporcionado pelo painço ($26,7 \text{ mg dm}^{-3}$), sendo maiores que as concentrações de P proporcionadas pelo cultivo de milho e crotalária spectabilis.

Tabela 96. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para P (mg dm^{-3}), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Teor de P (mg dm^{-3})	
Spectabilis	20,7 bB	22,9 cA
Painço	20,9 abB	26,7 abA
Juncea	23,0 aB	27,9 aA
Milho	20,9 abA	20,6 dA
Pousio	21,2 abB	25,1 bcA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=2,2. DMS de manejo dentro de cobertura= 2,1.

Fonte: Próprio Autor.

O pH da camada superficial do solo (Tabela 97) mostrou-se superior na área sob monocultivo, para todas as plantas de cobertura, sendo observado comportamento semelhante para a área mantida sob pousio, Entretanto, a crotalária juncea promoveu maior pH ao solo sob monocultivo. A referida espécie também refletiu este acréscimo no manejo rotacionado, contudo, a crotalária spectabilis e painço também proporcionaram pH com maior valor, ao solo sob manejo rotacionado, em comparação ao milho e pousio.

Segundo Kiehl (1979), em valores de pH abaixo de 5,0 geralmente ocorre a deficiência de P, Ca e Mg, ou toxidez de Al e outros metais, devido as suas maiores solubilidades. Os valores de pH encontrados são próximos aos verificados por Guimarães (2000) que também trabalhou com planta de cobertura de solo. Segundo o mesmo autor, as exsudações ácidas das raízes

das plantas, principalmente da crotalária juncea e do milho influenciam diretamente no pH do solo.

Tabela 97. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para pH (CaCl_2), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo		Soja rotacionado	
	pH (CaCl_2)			
Spectabilis	4,6 bA		4,5 aB	
Painço	4,6 bA		4,5 aB	
Juncea	4,9 aA		4,5 aB	
Milheto	4,6 bA		4,3 bB	
Pousio	4,6 bA		4,0 cB	

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo= 0,1. DMS de manejo dentro de cobertura= 0,1.

Fonte: Próprio Autor.

Na análise da Tabela 98, verificou-se que a crotalária juncea e milho promoveram aumento no teor de K da camada superficial do solo manejado em monocultivo, superando pousio, painço e crotalária spectabilis. Por outro lado, quando se adotou o manejo rotacionado da cultura da soja, as crotalárias e o painço promoveram maior concentração de K na camada superficial do solo, em relação ao milho que, embora refletindo menor desempenho, apresentou resultado superior ao pousio.

Tabela 98. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para K ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo		Soja rotacionado	
	Teor de K ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)			
Spectabilis	3,15 bA		2,98 aA	
Painço	3,10 bA		3,22 aA	
Juncea	4,28 aA		3,28 aB	
Milheto	3,90 aA		2,03 bB	
Pousio	3,11 bA		1,00 cB	

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=0,38. DMS de manejo dentro de cobertura=0,26.

Fonte: Próprio Autor.

Os teores de Ca da camada superficial do solo (Tabela 99) conduzido com soja em monocultivo foram superiores ao manejo rotacionado quando

ocorreu a semeadura de crotalária juncea e milho, sendo observado comportamento semelhante também para a área mantida em pousio.

Tabela 99. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Ca ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Teor de Ca ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
	Soja monocultivo	Soja rotacionado
Spectabilis	15,6 bA	14,8 aA
Painço	15,3 bA	16,0 aA
Juncea	21,2 aA	16,2 aB
Milho	19,3 aA	10,0 bB
Pousio	15,4 bA	4,9 cB

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=1,9. DMS de manejo dentro de cobertura= 1,2.

Fonte: Próprio Autor.

No entanto, a crotalária juncea e milho promoveram os maiores teores de Ca à camada superficial do solo conduzido sob monocultivo. Já quando ocorreu o manejo rotacionado, as crotalárias e o painço foram responsáveis pelo incremento na concentração de Ca do solo, superando a área com milho, sendo observado menor teor do elemento associado à área mantida sob pousio.

A concentração de Mg do solo (Tabela 100) foi influenciada pelo cultivo de crotalária juncea e milho, onde estas plantas de cobertura promoveram incremento do elemento no solo manejado com soja em monocultivo. Este manejo também proporcionou aumento no teor de Mg do solo submetido ao cultivo de milho, crotalária juncea e mantido em pousio. O manejo rotacionado associado ao cultivo das crotalárias e painço, refletiram em maiores teores de Mg na camada superficial do solo, quando comparado à área com milho. Ainda na análise da área submetida ao cultivo de soja sob manejo rotacionado, verificou-se que a área mantida em pousio apresentou a menor concentração de Mg na camada superficial do solo.

Tabela 100. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Teor de Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
	Soja monocultivo	Soja rotacionado
Spectabilis	7,10 bA	6,73 aA
Painço	6,98 bA	7,27 aA
Juncea	9,66 aA	7,38 aB
Milheto	8,80 aA	4,58 bB
Pousio	7,02 bA	2,26 cB

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=0,86. DMS de manejo dentro de cobertura=0,58.

Fonte: Próprio Autor.

A acidez potencial (H+Al) da camada superficial do solo (Tabela 101) manejado com soja monocultivo foi influenciada pelas plantas de cobertura, onde o cultivo de milho refletiu em maior H+Al ($39,9 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$). Entretanto, o manejo sob monocultivo promoveu menores concentrações de H+Al na camada superficial do solo para todas as áreas, exceto onde se cultivou milho, que apresentou alto teor de H+Al em ambos os manejos adotados. A crotalaria juncea proporcionou menor H+Al ao solo submetido ao monocultivo, quando comparado às áreas com crotalaria spectabilis e milho.

Tabela 101. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para H+Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	H+Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
	Soja monocultivo	Soja rotacionado
Spectabilis	36,2 bB	38,9 bA
Painço	35,3 bcB	39,6 bA
Juncea	32,8 cB	43,0 aA
Milheto	39,9 aA	41,7 abA
Pousio	35,1 bcB	40,7 abA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=3,0. DMS de manejo dentro de cobertura= 2,1.

Fonte: Próprio Autor.

Na análise da Tabela 102, observou-se que o cultivo de milho, assim como a área mantida em pousio, promoveram maiores concentrações de Al na camada superficial do solo conduzido em monocultivo.

Tabela 102. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Teor de Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
	Soja monocultivo	Soja rotacionado
Spectabilis	1,42 bA	1,44 cA
Painço	1,40 bA	1,51 cA
Juncea	1,57 bB	2,46 bA
Milheto	2,53 aB	3,37 aA
Pousio	2,10 aB	3,57 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=0,52. DMS de manejo dentro de cobertura=0,35.

Fonte: Próprio Autor.

Já para o manejo rotacionado, destacaram-se os resultados refletidos pelo cultivo de crotalária spectabilis ($1,44 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$) e painço ($1,51 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$), responsáveis por diminuir a concentração de Al na camada superficial do solo, em relação ao milheto ($3,37 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$) e pousio ($3,57 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$).

Os valores de SB do solo manejado com soja em monocultivo (Tabela 103) foram influenciados pelas plantas de cobertura, em que a crotalária juncea e milheto provocaram o aumento na quantidade de bases trocáveis da camada superficial do solo, superando as áreas com crotalária spectabilis, painço e pousio.

Por outro lado, observou-se incremento em ternos de SB no manejo rotacionado, pelo cultivo de crotalária spectabilis, painço e crotalária juncea, que superaram o resultado proporcionado pelo milheto ($16,6 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$), sendo este último ainda melhor do que a SB obtida na área mantida sob pousio. Deste modo, torna-se perceptível a importância da rotação de culturas e diversificação de espécies para o bom desempenho das bases trocáveis no solo, que são de grande importância para a nutrição das culturas do milho e da soja.

Tabela 103. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para SB ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo		Soja rotacionado	
	SB ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)			
Spectabilis	25,8 bA		24,5 aA	
Painço	25,4 bA		26,4 aA	
Juncea	35,1 aA		26,9 aB	
Milheto	32,0 aA		16,6 bB	
Pousio	25,5 bA		8,2 cB	

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=3,1. DMS de manejo dentro de cobertura=2,1.

Fonte: Próprio Autor.

A capacidade de troca catiônica (CTC) apresentou incremento na camada superficial do solo (Tabela 104) pelo cultivo de crotalária juncea e milho quando foi adotado o monocultivo de soja.

O manejo rotacionado promoveu maior CTC ao solo cultivado com painço ($66,1 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$). Para o referido manejo, além área com painço, a área com crotalária juncea superou milho e pousio, em termos de T do solo.

Tabela 104. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo		Soja rotacionado	
	CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)			
Spectabilis	62,1 bA		63,5 bA	
Painço	60,8 bB		66,1 abA	
Juncea	68,0 aA		69,6 aA	
Milheto	72,0 aA		58,4 cB	
Pousio	60,7 bA		48,9 dB	

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=4,6. DMS de manejo dentro de cobertura=2,2.

Fonte: Próprio Autor.

A saturação por bases (V) da camada de 0,00-0,10m do solo cultivado em SPC (Tabela 105) apresentou melhor desempenho pelo cultivo de crotalária juncea, em área de monocultivo, sendo que este manejo promoveu melhor V em todas as áreas, com exceção da área onde se teve a semeadura de painço.

As plantas de cobertura também influenciaram a V da camada superficial do solo conduzido sob manejo rotacionado, onde painço e crotalária juncea promoveram os melhores resultados, em relação ao milho e pousio.

Tabela 105. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para V (%), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	V (%)	
Spectabilis	41,6 bA	38,6 aB
Painço	41,8 bA	40,0 aA
Juncea	51,6 aA	38,4 aB
Milheto	44,5 bA	28,5 bB
Pousio	42,0 bA	16,8 cB

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=3,7. DMS de manejo dentro de cobertura= 2,9.

Fonte: Próprio Autor.

A saturação por alumínio (m) do solo manejado sob monocultivo de soja (Tabela 106) foi menor quando se teve o cultivo de crotalária juncea e milho. O mesmo comportamento foi verificado para a área conduzida em pousio.

No manejo rotacionado, foi observado maior saturação por alumínio na camada superficial do solo sob pousio (30,4%) e os menores valores foram encontrados nas áreas em que se semeou crotalária spectabilis, painço e crotalária juncea.

O fato de haver inversão de camadas durante o preparo convencional pode fazer com que o solo conduzido sob este tipo de preparo (SPC) apresente teores maiores de Al em camadas superficiais, que influênciam na saturação por alumínio (m) observada.

Tabela 106. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para m (%), na camada de 0,00-0,10m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	m (%)	
Spectabilis	5,2 aA	5,5 cA
Painço	5,2 aA	5,4 cA
Juncea	4,2 aB	8,3 cA
Milheto	7,3 aB	16,8 bA
Pousio	7,6 aB	30,4 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. DMS de cobertura dentro de manejo=3,4. DMS de manejo dentro de cobertura=2,0.

Fonte: Próprio Autor.

Este comportamento pode estar relacionado ao manejo de solos distróficos, com alta acidez, que apesar de serem passíveis de correção superficial pela aplicação de insumos ou até mesmo pela deposição de bases trocáveis (K, Ca e Mg) na superfície do solo através da palhada; não perdem a característica de natural acidez das camadas de subsuperfície, de modo que, pelo SPC, estas camadas são mobilizadas, gerando em superfície, maior acidez e m%, em relação à manejos conservacionistas.

4.2.2.2 Atributos químicos da camada de 0,10-0,20m do solo sob SPC, manejado com soja em monocultivo e rotacionado

Os atributos químicos da camada de subsuperfície (0,10-0,20m) do solo, cultivado com soja em SPC, estão apresentados na Tabela 107. Houve interação entre manejo e plantas de cobertura para todos os elementos analisados. A camada de subsuperfície do solo conduzido em SPC foi mais influenciada, em termos de concentração de elementos químicos presentes no solo, do que a camada superficial do solo submetido ao mesmo sistema de preparo. Este comportamento pode ser atribuído principalmente à mobilização do solo pelas operações de preparo que compõem o SPC, alterando os teores de MO e CO do solo.

Tabela 107. Valores de P (mg dm⁻³), matéria orgânica (g dm⁻³), pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB e CTC (mmol_c dm⁻³), V e m (%), e CO (g dm⁻³), na camada de solo de 0,10-0,20m, em SPC, 15 anos após a instalação do sistema, com sucessão e rotação de culturas com soja. Selvíria, MS (2015).

TRATAMENTOS		P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m	CO
		(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)				(mmol _c dm ⁻³)				(%)	(g dm ⁻³)	
Manejo (M)	Monocultivo	18,3	12,2	4,4	1,37	11,5	5,13	35,7	3,57	18,0	53,7	33,5	16,6	7,08
	Rotacionado	24,1	12,2	4,2	1,19	10,0	4,44	40,7	5,05	15,6	56,3	27,2	25,8	7,12
Coberturas (C)	Spectabilis	20,6	11,7	4,3	1,29	10,8	4,83	38,7	4,48	17,0	55,7	30,4	20,9	6,82
	Painço	21,4	12,5	4,4	1,41	11,8	5,27	37,4	4,55	18,5	55,9	33,1	19,7	7,26
	Juncea	20,8	11,7	4,4	1,43	12,0	5,33	40,1	4,29	18,7	58,8	31,9	18,6	6,83
	Milheto	22,4	12,7	4,3	1,32	11,1	4,94	38,6	4,14	17,3	56,0	31,0	19,4	7,41
	Pousio	20,7	12,3	4,2	0,95	8,0	3,55	36,2	4,08	12,5	48,7	25,1	27,5	7,18
Teste F														
M		75,46**	0,07ns	66,44**	83,79**	82,37**	80,88**	73,05**	58,28**	81,82**	47,02**	67,88**	22,2**	0,06ns
C		2,65ns	2,36ns	9,78**	11,26**	11,42**	11,41**	18,65**	4,32**	11,41**	23,41**	10,27**	13,5**	2,37ns
M*C		11,67**	3,15*	9,93**	7,36**	7,49**	7,48**	5,35**	17,38**	7,48**	8,45**	10,24**	22,4**	3,16*
CV (%) M		3,1	6,4	1,4	4,9	5,0	5,0	4,8	4,5	5,0	2,1	7,9	9,2	6,4
CV (%) C		6,2	6,8	1,6	12,6	12,6	12,6	2,5	6,4	12,6	3,9	8,9	13,0	6,9
DMS (M)		0,6	0,7	0,1	0,06	0,5	0,24	1,8	0,19	0,8	1,2	2,4	1,9	0,46
DMS (C)		1,9	1,2	0,1	0,23	2,0	0,88	1,4	0,40	3,1	3,2	4,0	4,0	0,72

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F;

Fonte: Próprio Autor.

Na análise da Tabela 108, foi observado que, com exceção da área cultivada com milheto, houve incremento nos teores de P da camada subsuperficial pelo manejo rotacionado, inclusive na área conduzida em pousio. Para o solo onde se adotou o monocultivo e soja, o milheto proporcionou maiores teores de P, superando as crotalárias, painço e pousio.

Tabela 108. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para P (mg dm^{-3}), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Teor de P (mg dm^{-3})	
	Soja monocultivo	Soja rotacionado
Spectabilis	15,8 cB	25,5 aA
Painço	17,5 bcB	25,4 abA
Juncea	17,7 bcB	23,9 abcA
Milheto	21,6 aA	23,2 bcA
Pousio	18,7 bB	22,7 cA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=2,1. DMS de manejo dentro de cobertura=1,9.

Fonte: Próprio Autor.

Por outro lado, onde se teve o manejo rotacionado, a semeadura de crotalária spectabilis e painço promoveram maiores teores de P ao solo, em relação ao pousio. Conforme apresentado na Tabela 109, a concentração de MO na camada de 0,10-0,20m do solo, submetido ao monocultivo de soja apresentou menor valor na área onde se deu a semeadura de crotalária spectabilis ($10,8 \text{ g dm}^{-3}$).

Tabela 109. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para MO (g dm^{-3}), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Teor de MO (mg dm^{-3})	
	Soja monocultivo	Soja rotacionado
Spectabilis	10,8 bB	12,6 aA
Painço	12,6 aA	12,3 aA
Juncea	11,7 abA	11,8 aA
Milheto	13,1 aA	12,4 aA
Pousio	12,6 aA	12,1 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=1,8. DMS de manejo dentro de cobertura=1,2.

Fonte: Próprio Autor.

Nesta mesma área, observou-se que o manejo rotacionado promoveu aumento do teor de MO do solo para a $12,6 \text{ g dm}^{-3}$. O manejo rotacionado manteve

o teor de MO do solo entre 11,8 e 12,6 g dm⁻³, para todas as plantas de cobertura, e também para o pousio.

Os valores de pH da camada de subsuperfície do solo (Tabela 110) sob monocultivo de soja foram superiores do que os valores verificados para as áreas sob manejo rotacionado. Entretanto, as plantas de cobertura proporcionaram maior pH do que a área mantida em pousio.

Tabela 110. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para pH (CaCl₂), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	pH (CaCl ₂)	
	Soja monocultivo	Soja rotacionado
Spectabilis	4,4 aA	4,3 aB
Painço	4,4 aA	4,3 aB
Juncea	4,4 aA	4,3 aB
Milheto	4,4 aA	4,3 aB
Pousio	4,4 aA	4,0 bB

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=0,1. DMS de manejo dentro de cobertura=0,1.

Fonte: Próprio Autor.

A concentração de K da área conduzida em monocultivo (Tabela 111) não foi influenciada pelas plantas de cobertura. Por outro lado, no manejo rotacionado, observou-se maiores teores de K na camada de 0,10-0,20m do solo atribuído à semeadura das plantas de cobertura, que superaram o teor de K da área em pousio.

Tabela 111. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para K (mmol_c dm⁻³), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Teor de K (mmol _c dm ⁻³)	
	Soja monocultivo	Soja rotacionado
Spectabilis	1,25 aA	1,34 aA
Painço	1,49 aA	1,34 aA
Juncea	1,43 aA	1,43 aA
Milheto	1,40 aA	1,25 aA
Pousio	1,31 aA	0,59 bB

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=0,25. DMS de manejo dentro de cobertura= 0,23.

Fonte: Próprio Autor.

O teor de Ca na camada de 0,10-0,20m do solo (Tabela 112) não foi afetado pelas plantas de cobertura, entretanto, na análise do manejo rotacionado, notou-se que a área mantida em pousio refletiu em menor concentração do elemento.

Este resultado pode estar relacionado à baixa reciclagem de nutrientes promovida pela vegetação espontânea, características das áreas mantidas em pousio, onde não se tem a mesma intensidade de cultivo de plantas ao longo do ano, o que poderia, durante 15 anos, refletir em menor deposição de restos culturais na superfície do solo e conseqüentemente menores valores de Ca disponível na solução do solo, proveniente da mineralização destes resíduos.

Tabela 112. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Ca ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Teor de Ca ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
Spectabilis	10,5 aA	11,2 aA
Painço	12,5 aA	11,2 aA
Juncea	12,0 aA	12,1 aA
Milheto	11,7 aA	10,5 aA
Pousio	11,0 aA	5,0 bB

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=2,1. DMS de manejo dentro de cobertura=1,9.

Fonte: Próprio Autor.

Na análise da Tabela 113, pode-se observar que a concentração de Mg no solo manteve-se inalterada em relação às plantas de cobertura, quando se deu o manejo em monocultivo, contudo, no manejo rotacionado, as plantas de cobertura promoveram maior teor de Mg ao solo, comparado à área mantida em pousio.

Tabela 113. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Teor de Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
Spectabilis	4,66 aA	4,99 aA
Painço	5,55 aA	4,99 aA
Juncea	5,33 aA	5,33 aA
Milheto	5,22 aA	4,66 aA
Pousio	4,88 aA	2,22 bB

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=0,95. DMS de manejo dentro de cobertura=0,88.

Fonte: Próprio Autor.

A acidez potencial (H+Al) da camada de subsuperfície (Tabela 114) foi maior quando ocorreu o manejo rotacionado da cultura da soja, inclusive para a área em pousio. No entanto, as plantas de cobertura em área de manejo rotacionado também causaram o aumento da H+Al do solo, comparado à área mantida sob vegetação espontânea (pousio). Este resultado provavelmente seria o reflexo da maior quantidade de cargas negativas proporcionadas no complexo de troca do solo, geradas principalmente pelo aumento da capacidade de troca catiônica do solo, atribuído ao cultivo das plantas de cobertura.

Tabela 114. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para H+Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo		Soja rotacionado	
	H+Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)			
Spectabilis	37,1 aB		40,4 abA	
Painço	34,5 aB		40,2 abA	
Juncea	36,4 aB		43,7 aA	
Milheto	36,5 aB		40,6 abA	
Pousio	33,9 aB		38,6 bA	

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=4,2. DMS de manejo dentro de cobertura=1,3.

Fonte: Próprio Autor.

Foi observado que o teor de Al no solo (Tabela 115) apresentou maiores valores pelo cultivo de crotalária spectabilis, sob monocultivo e; painço, quando no manejo rotacionado, embora o teor da área com crotalária juncea não tenha diferido, para o mesmo manejo (rotacionado). O monocultivo promoveu menor concentração de Al no solo.

Gonzaga (2009), trabalhando com rotação de culturas entre milho, soja e plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho distrófico, observou que o teor de alumínio trocável do solo foi influenciado pelo manejo, entretanto, verificou valores médios inferiores, em SPC ($1,5 \text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), aos apresentados neste trabalho, 15 anos após a implantação do sistema.

Tabela 115. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo		Soja rotacionado	
	Teor de Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)			
Spectabilis	4,40 aB		4,57 cA	
Painço	3,46 bB		5,63 aA	
Juncea	3,42 bB		5,17 abA	
Milheto	3,53 bB		4,76 bcA	
Pousio	3,05 bB		5,11 bA	

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=0,51. DMS de manejo dentro de cobertura=0,40.

Fonte: Próprio Autor.

A SB do solo sob monocultivo não foi influenciada pelas plantas de cobertura (Tabela 116). Para o manejo rotacionado, o pousio promoveu menores teores de SB.

Tabela 116. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para SB ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo		Soja rotacionado	
	SB ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)			
Spectabilis	16,4 aA		17,5 aA	
Painço	19,5 aA		17,5 aA	
Juncea	18,7 aA		18,7 aA	
Milheto	18,3 aA		16,4 aA	
Pousio	17,1 aA		7,8 bB	

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=3,3. DMS de manejo dentro de cobertura=3,1.

Fonte: Próprio Autor.

Este resultado deixa evidente a importância da rotação de culturas na quantidade e disponibilidade de bases trocáveis no solo, essenciais para o desenvolvimento das plantas. Na Tabela 117 constam os valores de CTC da camada superficial do solo.

Tabela 117. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
Spectabilis	53,5 abB	58,0 bA
Painço	54,0 abB	57,8 bA
Juncea	55,1 aB	62,5 aA
Milheto	54,9 aA	57,0 bA
Pousio	51,1 bA	46,4 cB

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=3,6. DMS de manejo dentro de cobertura=3,1.

Fonte: Próprio Autor.

A saturação por bases (V) da camada de 0,10-0,20m do solo sob monocultivo (Tabela 118) foi maior do que a apresentada pelo manejo rotacionado, exceto quando houve o cultivo de crotalária spectabilis. As plantas de cobertura proporcionaram maior V no solo sob manejo rotacionado, em relação ao pousio.

Tabela 118. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para V (%), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo		Soja rotacionado	
	V (%)			
Spectabilis	30,6 aA		30,2 aA	
Painço	36,0 aA		30,2 aB	
Juncea	33,9 aA		29,9 aB	
Milheto	33,4 aA		28,7 aB	
Pousio	33,5 aA		16,8 bB	

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=5,7. DMS de manejo dentro de cobertura=3,9.

Fonte: Próprio Autor.

A saturação por alumínio (m) do solo manejado sob monocultivo (Tabela 119) apresentou maiores porcentagens nas áreas submetidas ao cultivo de crotalária spectabilis, não diferindo estatisticamente da m observada para a área com milho. O solo em que foi semeado crotalária spectabilis não apresentou alteração na saturação por Al em detrimento dos manejos adotados, entretanto, para as demais plantas de cobertura, o manejo rotacionado promoveu incremento na saturação por Al do solo, inclusive para a área conduzida em pousio.

Tabela 119. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para m (%), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo		Soja rotacionado	
	m (%)			
Spectabilis	21,2 aA		20,7 bA	
Painço	15,1 bB		24,4 bA	
Juncea	15,4 bB		21,7 bA	
Milheto	16,2 abB		22,6 bA	
Pousio	15,3 bB		39,8 aA	

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=5,1. DMS de manejo dentro de cobertura=4,0.

Fonte: Próprio Autor.

A concentração de CO no solo sob monocultivo apresentou-se maior em função do cultivo de milho e painço, em relação a crotalária spectabilis (Tabela 120). O manejo rotacionado refletiu em incremento do CO do solo submetido ao cultivo de crotalária spectabilis, não sendo observada influência de manejo para as demais plantas de cobertura, bem como para a área conduzida em pousio.

Tabela 120. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo e plantas de cobertura, significativo para CO (g dm⁻³), na camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC. Selvíria, MS (2015).

Tratamentos	Soja monocultivo		Soja rotacionado	
	Teor de CO (%)			
Spectabilis	6,27 bB		7,36 aA	
Painço	7,36 aA		7,16 aA	
Juncea	6,80 abA		6,85 aA	
Milheto	7,64 aA		7,19 aA	
Pousio	7,33 abA		7,02 aA	

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS de cobertura dentro de manejo=1,07. DMS de manejo dentro de cobertura=0,71.

Fonte: Próprio Autor.

Apesar das diferenças nos teores de CO do solo, promovidas pelos tratamentos, de forma geral as concentrações de CO da camada de 0,10-0,20m do solo, cultivado em SPC permaneceu entre 6,27 e 7,64 g dm⁻³. Portanto, estratégias que visem a manutenção e até mesmo o aumento do estoque de carbono no solo devem ser difundidas nos sistemas de produção que estão sobre solos de Cerrado, em particular os Latossolos, os quais possuem dependência, em termos de fertilidade, das frações orgânicas que os constituem.

Conforme Alvarenga et al. (2002), o SPC do solo promove desestruturação do solo causando a quebra dos agregados, que pode impor uma certa limitação do movimento de nutrientes, gerando condições menos favoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas, o qual pode passar por modificações, tanto de ordem morfológica quanto fisiológica, alterando o seu padrão de crescimento.

Contudo, a forma pela qual a área conduzida em SPC é manejada, de acordo com as espécies cultivadas ao longo do tempo, influencia na concentração dos elementos que constituem os principais atributos químicos do solo de interesse à produção agrícola.

4.2.2.3 Características agronômicas da soja cultivada sob SPC

As características agronômicas da cultura da soja (Tabela 121) conduzida na safra 2011/12, sob SPC, foram influenciadas pelos tratamentos. Houve interação entre manejo e plantas de cobertura para altura de inserção de vagens, produtividade de palha e de grãos.

A altura de planta da soja apresentou maior porte quando semeada após crotalária *spectabilis* (82,9cm), superando, em termos de altura de planta, a área anteriormente cultivada com painço (76,2 cm). Este efeito pode estar relacionado às melhores condições químicas do solo proporcionada pelo cultivo de uma planta de cobertura pertencente à família das leguminosas.

O número de vagens por planta (Tabela 121) da cultura da soja apresentou desempenho superior em área onde se deu o cultivo de milho, comparado às áreas de crotalária *spectabilis* e pousio.

Muitos estudos apontam para o bom desempenho das lavouras de soja rotacionadas com a cultura do milho, devido à grande capacidade do milho de reciclar K, ao passo que este elemento é o segundo, em quantidade, mais demandado pela cultura da soja (EMBRAPA, 2011).

Tabela 121. Médias e valores de F das características agronômicas da soja, em função de sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, em SPC. Safra 2011/12.

TRATAMENTOS		Altura	Alt. Ins.	N.	Produtividade	Produtividade
		Planta	Vagem	Vagens	Palha	Grãos
		(cm)		Un.	(kg ha ⁻¹)	
Manejo (M)	Rotacionada	79,5	21,0	49,1	3.564	2.700
	Monocultivo	79,4	21,9	53,9	3.813	2.956
Coberturas (C)	<i>Spectabilis</i>	82,9 a	20,9	48,4 b	3.473	2.663
	Painço	76,2 b	21,7	50,8 ab	3.690	2.831
	<i>Juncea</i>	79,6 ab	21,7	51,8 ab	3.954	3.031
	Milheto	81,3 ab	21,5	60,8 a	3.862	2.958
	Pousio	77,2 ab	21,6	45,8 b	3.464	2.656
M		0,02 ^{ns}	1,69 ^{ns}	2,12 ^{ns}	17,35*	31,28*
C		3,97*	0,16 ^{ns}	4,97**	22,40**	22,32**
M*C		0,33 ^{ns}	5,50**	1,65 ^{ns}	13,39**	13,24**
CV (%) M		4,43	10,39	20,37	5,14	5,13
CV (%) C		4,96	10,35	13,91	3,60	3,59
DMS (M)		3,50	2,20	10,50	190,90	145,90
DMS (C)		5,80	3,20	10,50	195,80	149,50

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio Autor.

A altura de inserção de vagem da cultura da soja conduzida em SPC, na safra 2011/12 (Tabela 122), apresentou redução quando cultivada sobre milho (monocultivo), em relação ao pousio. Entretanto, para a área em pousio, o manejo rotacionado promoveu a diminuição da altura de inserção de vagem da soja. O oposto foi observado no caso da soja semeada sobre milho, onde a soja

apresentou altura de inserção de vagem de 19,7 cm no monocultivo e, 23,4 cm sob manejo rotacionado, em área de milheto.

Tabela 122. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para altura de inserção de vagem na cultura da soja, em SPC. Safra 2011/12.

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Altura inserção vagem (cm)	
Spectabilis	20,0 ab A	21,9 a A
Painço	23,1 ab A	20,4 a A
Juncea	22,8 ab A	20,7 a A
Milheto	19,7 b B	23,4 a A
Pousio	24,3 a A	18,9 a B

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=4,6; DMS de manejo dentro de cobertura=3,4.

Fonte: Próprio Autor.

A produtividade de palha da soja (Tabela 122) manejada em monocultivo apresentou melhor desempenho em solo submetido ao cultivo de painço (4.023 kg ha⁻¹), não diferindo da produtividade de palha obtida sobre crotalária juncea (3.987 kg ha⁻¹), porém superiores à crotalária spectabilis (3.672 kg ha⁻¹) e pousio (3.639 kg ha⁻¹).

O manejo rotacionado promoveu redução na produtividade de palha da soja cultivada sobre crotalária spectabilis e painço, sendo verificado o mesmo efeito para o pousio. No entanto, para o referido manejo, a crotalária juncea e milheto proporcionaram as maiores produtividade de palha na cultura da soja.

Tabela 123. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para produtividade de palha na cultura da soja, em SPC. Safra 2011/12.

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Produtividade de palha (kg ha ⁻¹)	
Spectabilis	3.672 c A	3.273 b B
Painço	4.023 a A	3.357 b B
Juncea	3.987 ab A	3.922 a A
Milheto	3.745 bc A	3.978 a A
Pousio	3.639 c A	3.288 b B

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=276,9; DMS de manejo dentro de cobertura=283,3.

Fonte: Próprio Autor.

A produtividade de grãos da soja conduzida sob SPC na safra 2011/12 (Tabela 124) apresentou incremento pelo cultivo de painço, quando no monocultivo, em relação à crotalária spectabilis e pousio.

A soja submetida ao manejo rotacionado apresentou melhores produtividades de grãos nas áreas com crotalária juncea e milho, sendo que, para estas plantas de cobertura, o manejo não influenciou na produtividade de grãos da cultura da soja.

Tabela 124. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para produtividade de grãos na cultura da soja, em SPC. Safra 2011/12.

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	
Spectabilis	2.847 c A	2.479 b B
Painço	3.118 a A	2.543 b B
Juncea	3.091 ab A	2.971 a A
Milho	2.903 bc A	3.014 a A
Pousio	2.821 c A	2.491 b B

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=211; DMS de manejo dentro de cobertura=216.

Fonte: Próprio Autor.

A soja cultivada na safra 2012/13 sob SPC (Tabela 125) foi influenciada pelos tratamentos. Entretanto não houve interação entre manejo e plantas de cobertura para produtividade de palha e produtividade de grãos.

Tabela 125. Médias e valores de F das características agrônômicas da soja em função de sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, em SPC. Safra 2012/13.

TRATAMENTOS		Altura	Alt. Ins.	N.	Produtividade	Produtividade
		Planta	Vagem	Vagens	Palha	Grãos
		(cm)		Un.	(kg ha ⁻¹)	
Manejo (M)	Rotacionado	79,6	23,0	60,9	4.299 b	3.232 b
	Monocultivo	84,3	24,5	57,4	4.487 a	3.478 a
Coberturas (C)	Spectabilis	86,3	24,1	58,4	4.075 c	3.113 c
	Painço	82,8	23,8	62,1	4.481 ab	3.423 ab
	Juncea	81,5	22,9	62,9	4.586 a	3.500 a
	Milheto	82,0	24,8	62,6	4.672 a	3.569 a
	Pousio	77,2	23,0	50,1	4.149 bc	3.170 bc
M		17,53*	106,96*	12,72*	20,02*	58,80**
C		7,57**	1,39 ^{ns}	14,10**	10,02**	10,11**
M*C		5,06**	3,76*	2,84*	2,06 ^{ns}	2,06 ^{ns}
CV (%) M		4,39	1,96	5,24	3,02	3,02
CV (%) C		4,06	7,80	6,87	5,40	5,37
DMS (M)		3,60	0,40	3,10	133,60	102,00
DMS (C)		4,90	2,70	5,90	349,40	265,70

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio Autor.

A produtividade de palha da soja (Tabela 125) obteve incremento pelo manejo sob monocultivo, sendo o mesmo comportamento observado para a produtividade de grãos.

As plantas de cobertura promoveram influência nas produtividades de palha e de grãos da soja, onde a semeadura sobre crotalária juncea e milheto refletiram em ganhos para ambas as variáveis, em relação às áreas sob crotalária spectabilis e pousio.

A altura de plant

as da soja cultivada na safra 2012/13 não foi influenciada pelas plantas de cobertura (Tabela 126), quando conduzida sob monocultivo. Entretanto, as crotalárias e o milheto proporcionaram incremento na altura de plantas, comparado ao pousio.

Tabela 126. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para altura de plantas na cultura da soja, em SPC. Safra 2012/13.

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Altura de plantas (cm)	
Spectabilis	85,3 a A	87,2 a A
Painço	87,5 a A	78,2 bc B
Juncea	84,1 a A	79,0 b A
Milheto	82,5 a A	81,6 ab A
Pousio	82,5 a A	72,0 c B

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=6,9; DMS de manejo dentro de cobertura=5,5.

Fonte: Próprio Autor.

Na análise da Tabela 127, foi observado que a altura de inserção de vagem da soja apresentou redução pela adoção do monocultivo, em área de pousio. Contudo, a soja conduzida sob manejo rotacionado apresentou melhor desempenho na altura de vagem de planta quando semeada sobre crotalária spectabilis, em relação ao pousio.

Tabela 127. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para altura de inserção de vagens na cultura da soja, em SPC. Safra 2012/13.

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Altura inserção vagem (cm)	
Spectabilis	23,5 a A	24,7 a A
Painço	24,7 a A	23,0 ab A
Juncea	23,0 a A	22,9 ab A
Milheto	25,5 a A	24,0 ab A
Pousio	25,8 a A	20,2 b B

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de cobertura dentro de manejo=3,8; DMS de manejo dentro de cobertura=1,9.

Fonte: Próprio Autor.

O número de vagens por planta (Tabela 128) da soja monocultivo apresentou incremento nas áreas onde ocorreu a semeadura de plantas de cobertura, sendo atribuído menor valor ao pousio.

Por outro lado, o manejo rotacionado proporcionou incremento em termos de número de vagens por planta da soja, semeada sobre milheto e pousio. As áreas onde se cultivou crotalária juncea e milheto promoveram, no manejo rotacionado, maior número de vagens à soja, em relação ao pousio.

Tabela 128. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo para número de vagens na cultura da soja, em SPC. Safra 2012/13.

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Número de vagens (vagens planta ⁻¹)	
Spectabilis	57,6 a A	59,2 ab A
Painço	63,6 a A	60,6 ab A
Juncea	61,3 a A	64,4 a A
Milheto	59,7 a B	65,5 a A
Pousio	45,1 b B	55,1 b A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de manejo=8,4; DMS de cobertura dentro de manejo=5,4.

Fonte: Próprio Autor.

Na Tabela 129 estão apresentadas as médias das características agrônômicas da soja cultivada na safra 2013/14, sob SPC. Houve interação entre manejo e plantas de cobertura apenas para o número de vagens por planta da soja.

A altura de planta da soja foi maior quando a cultura foi conduzida em monocultivo (66,2cm), em relação ao manejo rotacionado (60,2cm). O cultivo de crotalária juncea proporcionou maior altura de planta na soja, comparado aos resultados proporcionados por crotalária spectabilis e pousio.

A altura de inserção de vagem também foi maior na área sob crotalária juncea, em relação ao pousio. As produtividades de palha e de grãos da soja foram superiores nas áreas com crotalária juncea e milheto, as quais superaram o pousio.

A produtividade de grãos da cultura da soja semeada na safra 2013/14, em SPC, embora tenha sido prejudicada pela má distribuição das chuvas durante os períodos de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo refletindo em baixas produtividades quando comparadas à média nacional observada pela cultura, apresentou melhor desempenho quando submetida ao manejo sob monocultivo (2.219 kg ha⁻¹), comparado ao manejo rotacionado (2.051 kg ha⁻¹).

Entretanto, não se deve desconsiderar a importância e os benefícios da rotação de culturas, do ponto de vista de equilíbrio químico proporcionado aos atributos do solo.

Tabela 129. Médias e valores de F das características agronômicas da soja em função de sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, em SPC. Safra 2013/14.

TRATAMENTOS		Altura	Alt. Ins.	N.	Produtividade	Produtividade
		Planta	Vagem	Vagens	Palha	Grãos
		(cm)		Un.	(kg ha ⁻¹)	
Manejo (M)	Rotacionado	60,7 b	18,4	48,0	2.790	2.051 b
	Monocultivo	66,2 a	19,9	70,3	2.930	2.219 a
Coberturas (C)	Spectabilis	60,7 c	19,2 ab	59,4	2.808 ab	2.097 ab
	Painço	61,3 bc	17,9 b	60,2	2.832 ab	2.116 ab
	Juncea	67,6 a	20,9 a	65,0	2.993 a	2.234 a
	Milheto	66,9 ab	19,8 ab	61,1	3.034 a	2.265 a
	Pousio	60,8 c	18,0 b	50,0	2.630 b	1.964 b
M		10,22*	4,52 ^{ns}	1.623,7**	6,45 ^{ns}	16,90*
C		5,79**	4,17*	9,95**	7,35**	7,19**
M*C		1,40 ^{ns}	2,45 ^{ns}	6,73**	1,40 ^{ns}	1,35 ^{ns}
CV (%) M		8,53	11,71	2,95	6,10	6,05
CV (%) C		6,40	9,00	8,40	5,89	5,94
DMS (M)		5,40	2,20	1,70	175,40	130,00
DMS (C)		5,90	2,50	7,30	248,00	186,80

Nota: *, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio Autor.

O número de vagens por planta da soja (Tabela 130) apresentou melhor desempenho sob monocultivo, onde o painço e crotalária juncea promoveram ganhos ao parâmetro avaliado, em relação à crotalária spectabilis e pousio.

Tabela 130. Desdobramento da interação entre sistemas de manejo do solo e culturas de cobertura, significativo número de vagens por planta na cultura da soja, em SPC. Safra 2013/14.

Tratamentos	Soja monocultivo	Soja rotacionado
	Número de vagens (vagens planta ⁻¹)	
Spectabilis	64,1 bc A	54,8 a B
Painço	76,1 a A	44,3 b B
Juncea	80,0 a A	50,0 ab B
Milheto	72,1 ab A	50,1 ab B
Pousio	59,1 c A	40,9 b B

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS de manejo dentro de cobertura=10,3; DMS de cobertura dentro de manejo=5,4.

Fonte: Próprio Autor.

No manejo rotacionado, a crotalária spectabilis promoveu incremento no número de vagens da soja, em relação ao painço e pousio. Trabalhando com a cultura da soja Tanaka et al. (1992), também verificaram aumento de produtividade pela rotação de culturas. Deste modo, observou-se que a utilização de plantas de

cobertura no processo de rotação com soja e milho, melhora o desempenho agrônomo das plantas, além de favorecerem a fertilidade do solo.

5 CONCLUSÕES

A rotação de culturas entre milho e soja, com plantas de cobertura semeadas na primavera, promoveram maior equilíbrio dos atributos químicos do solo, em Cerrado de baixa altitude;

As características agronômicas da cultura do milho responderam positivamente ao cultivo de plantas de cobertura, tanto em sistema plantio direto quanto em sistema convencional;

A soja apresentou melhor desempenho das características agronômicas quando semeada após a condução de plantas de cobertura na primavera, sob sistema plantio direto;

O milheto apresentou-se como melhor planta de cobertura visando o cultivo de soja, sob sistema plantio direto;

A crotalária juncea destacou-se dentre as plantas de cobertura para o cultivo de milho.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

ALVES, A.G.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Relações da erosão do solo a persistência da cobertura morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 19, n. 1, p. 127-132, 1995.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; ARMINDA, A. M. C. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 179-189, 2000.

AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; DIAS, F. L. F. Alterações químicas no solo na sucessão de milho verde/adubo verde e milho verde/tomate. **Pesquisa e Tecnologia**, São Bernardo do Campo, v. 13, n. 1, p. 1-12, 2016.

AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; DIAS, F. L. F. Produtividade do milho na sucessão de milho/adubos verdes e tomate cereja/milho, **Pesquisa e Tecnologia**, São Bernardo do Campo, v. 9, n. 2, p. 1-15, 2012.

AMBROSANO, E. J.; TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; RAIJ, B.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. p. 189-204.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N., JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e adubação orgânica e/ou mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 867-874, 2000.

ANDREOTTI, M.; ARALDI, M.; GUIMARÃES, V. F.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um Latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 109-115, 2008.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 873-928.

ANGHINONI, I.; SALET, R. L. Variabilidade espacial de propriedades químicas do solo no sistema plantio direto. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1996. p.279-290.

ARF, O.; SILVA, L. S. da; BUZETTI, S.; ALVES, M. C.; SÁ, M.E. de; RODRIGUES, R.A.; HERNANDEZ, F.B.T. Efeitos na cultura do trigo da rotação com milho e adubos verdes, na presença e na ausência de adubação nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 323-334, 1999.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; FLECK, N.G.; BORTOLINI, C.G.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle do capim-papuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 851-860, 2001.

BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, E. F.; RALISCH, R. Desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.) submetido a três sistemas de manejo em um Latossolo roxo eutrófico. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 20, 1994, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABMS, 1994. p. 221.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. **Recomendações técnicas para o uso da adubação verde em solos de tabuleiros costeiros**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 24 p. Embrapa Tabuleiros Costeiros. (Circular Técnica,19).

BERTOLINI, C.G., SILVA, P.R., ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 897-903, 2000.

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

BONAMIGO, S. **ADR. Sementes Adriana: um compromisso com a agricultura**. [S. l.: s. n., 2009]. Disponível em: <http://www.interural.com/interna.php?referencia=revistase materia=314>. Acesso em: 21 dez. 2016.

BORKERT, C.M., GAUDÊNCIO, C. A.; PEREIRA, J.E. et al. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n.1, p.143-153, 2003.

BOT, A.J.; NACHTERGAELE, F.O.; YOUNG, A. **Land resource potencial and constraints at regional and country levels**. Rome, Land and Water Development Division, Food and Agriculture Organization, 2000. 114 p.

BRANQUINHO, K. B. **Semeadura direta da soja (*Glicine max* L.) em função da velocidade de deslocamento e do tipo de manejo do milheto (*Pennisetum glaucum* (L) R. Brow)**. 2003. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, 2003.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. da; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 1, p. 83-87, 2004.

BROCH, D.L.; RANNO, S.K. **Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da soja**. Campo Grande: Fundação MS, 2012. 39 p.

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e respostas ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 1, p. 27-34, 1998.

CAIRES, E.F; FONSECA, A.F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no SPD em função da calagem na superfície. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 213-220, 2000.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDNER, L. do P.; COSTA, M.B.B. da ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S. AMADO, T.J.C. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. Ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B.; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997.

CARVALHO, A.M.; AMÁBILE, R.F. **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369 p.

CENTURION, J. F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. **Científica**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 57-61, 1982.

CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob Cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 263-266, 1985.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v.4 – Safra 2016/17, n.2**: segundo levantamento, Dezembro, 2016. Brasília, DF, 2016. Disponível em <http://www.conab.gov.br/arquivos/boletim_graos_junho_2016.pdf>. Acesso em 12 jan. 2017.

CRUSCIOL, C. A. C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 2, p. 161-168, 2005.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; CONTE, O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; OLIVEIRA, M. C. N. **Sistemas de preparo do solo: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 10 p. (Documentos, 342)

DE MARIA, I. C., CASTRO, O.M., SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p. 703-709, 1999.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U.; KRAUSE, R.; BLANKEN, J. Controle da erosão no Paraná: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo convencional. **Eschborn**: Deutsche Gesellschaft für, 1991. 268 p.

DERPSCH, R., NIKOLAS, S., HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema de Produção**. 3. ed. Brasília, DF, [2009]. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milheto_3_ed/index.htm. Acesso em: 21 dez. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de Produção de Soja – Paraná – 2007**: instalação da lavoura de soja; época, cultivares, espaçamento e população de plantas. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 12 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA SOJA **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 261 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 15).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de Produção de Soja – Paraná – 2010**. Desenvolvimento, Mercado e Rentabilidade da Soja Brasileira. **Londrina**: Embrapa Soja, 2010. 20 p.

FAVATARO, L.F.; SOUZA, J.L.; GALVÃO, J.C.C.; SOUZA, C.M.; GUARCONI, R.C.; BALBINO, J.M.S. Crescimento e produtividade de milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 4, p. 497-506, 2016.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA - FEBRAPDP. **Evolução da área de plantio direto no Brasil**. Ponta Grossa, 2016. Disponível em: [≤www.agri.com.br/febrapdp>](http://www.agri.com.br/febrapdp). Acesso em 21 dez. 2016.

FERNANDES, L.A., VSCONSCÉLOS, C.A., FURTINI NETO, A.E., ROSCOE, R., GUEDES, G.A.A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 9, p. 1691-1698, 1999.

FERREIRA; D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, J.P. **Desempenho técnico e econômico de forrageiras tropicais em sistema integrado de produção no Cerrado de baixa altitude.** 2015. 128 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2015.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; VOSS, M.; AMBROSI, I. Rendimento e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais de inverno sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 2, p. 349-355, 2000.

GAUDÊNCIO, C. A.; YORINORI, J. T.; GARCIA, A.; QUEIROZ, E. F. **Rotação de culturas com a soja no norte do Estado do Paraná.** Londrina: Embrapa-CNPSo, 1986. 10 p. (Embrapa-CNPSo, Pesquisa em Andamento, 10)

GERALDO, J.; ROSSIELLO, R.O.P.; ARAÚJO, A.P. et al. Diferenças em crescimento e produção de grãos entre quatro cultivares de milho-pérola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1367-1376, 2000.

GOEDERT, W. J.; OLIVEIRA, S. A. Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo.** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 991-1017.

GOES, R.J. **Doses de nitrogênio em coberturas vegetais e molibdênio foliar na soja em sucessão.** 2016. 87 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016.

GONZAGA, R. L. **Efeito de sistemas de preparo de solo, culturas de cobertura e rotação de culturas nas propriedades físico-químicas de um solo de cerrado.** 2009. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

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

GUIMARÃES, G. L.; BUZETTI, S.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Efeitos de culturas de verão e opções de inverno na cultura do milho na implantação do plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 471-477, 2006.

GROTTA, D.C.C; FURLANI, C.E.A; SILVA, R.P.; CORTEZ, J.W. Cultura do milho em diferentes profundidades de deposição de adubo sobre duas culturas de cobertura. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 1, 2006.

HEINRICH, R., FANCELLI, A.L. Influência do cultivo consorciado de aveia preta (*Avena strigosa* Schieb.) e ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.) na produção de fitomassa e no aporte de nitrogênio. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 1, p. 27-32, 1999.

HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 9, p. 1021-1030, 1985.

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

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C. **Milho, informações técnicas**. Dourados: EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste, 1997. (Circular Técnica, 05).

ISMAIL, I.; BLEVINS, R. L.; FRYE, W. W. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields. **Soil Science American Journal**, Madison, v. 58, n. 1, p. 193-198, 1994.

JORGE, R. F; PASSOS, R. R; BORGES, E. N; CORRÊA, G. F; GONTIJO, I. Efeito de sistemas de preparo no rendimento, nutrição e características agrônômicas da soja cultivada em solo de Cerrado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 187-196, 2004.

KALINOVA, J.; MOUDRY, J. Content and quality of protein in proso millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 61, n. 1, p.45-49, 2006.

KANEKO, F.H. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*, fontes e doses de nitrogênio na cultura do milho em duas épocas de semeadura**. 2013. 110 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.

KANEKO, F. H.; SABUNDJIAN, M. T.; ARF, O.; LEAL, A. J. F.; CARNEIRO, L. F.; PAULINO, H. B. Análise econômica do milho em função da inoculação com *Azospirillum*, fontes e doses de N em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n. 2, p. 202-216, 2016.

KAPPES, C. **Coberturas vegetais, manejo do solo e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho**. 2013. 204 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B. **Uso do milheto como planta forrageira**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000. Disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD46.html>. Acesso em: 21 dez. 2016.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia relação solo-planta**. São Paulo: Agrocereos 1979. 264 p.

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

LÁZARO, R. L.; COSTA, A. C. T. DA; SILVA, K. DE F. DA; SARTO, M. V. M.; DUARTE JÚNIOR, J. B. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, p. 10-17, 2013.

LEITE, L.F.C.; FREITAS, R. C. A.; SAGRILO, E.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição de liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 29-35, 2010.

LIMA, E. V.; CAVARIANI, C.; LIMA, P. L.; CRUSCIOL, C. A. C.; NAKAGAWA, J.; VILLAS BOAS, R. L. Qualidade fisiológica de sementes de painço (*Panicum dichotomiflorum* Michx.) em função do tempo de mistura com o superfosfato triplo. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 9, n. 1, p. 177-189, 2000.

LIMA, V. M. P.; OLIVEIRA, G. C.; SERAFIM, M. E.; CURI, N.; EVANGELISTA, A. R. Intervalo hídrico ótimo como indicador de melhoria da qualidade estrutural de Latossolo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2012.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 1-64.

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA. 2004. 110 p.

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

MARCANDALLI, L. H.; LAZARINI, E.; OLIVEIRA, W. A. S.; MARCO, R. G.; LEAL, A. J. F.; FRANZOTE, F. H. Comportamento da cultura da soja cultivada no SPD com aplicação de doses de calcário em superfície e residual de modos de aplicação de calcário, culturas de cobertura e doses de nitrogênio. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, Londrina. **Resumos...** Londrina SBCS/EMBRAPA/IAPAR/UDEL, 2008. 1 CD ROM.

MARCELO, A.V. **Atributos químicos do solo, estado nutricional e produtividade de soja, milho e arroz após culturas de inverno em semeadura direta**. 2007. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

MARCELO, A.V. **Decomposição de resíduos vegetais de culturas de entressafra em sistema de semeadura direta e efeitos nos atributos químicos de um Latossolo e na produtividade de soja e milho**. 2011. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C.; MARTINS, M. D. R.; JORGE, R. F. Crop sequences in no-tillage system: Effects on soil fertility and soybean, maize and rice yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 417-428, 2009.

MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 703-09, 1999.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; COSTA, A.B.; ROSA, F.V.; COSTA, V.F. **Efeito residual de leguminosas sobre o rendimento físico e econômico da cana-planta**. Campinas: IAC, 1994. (Boletim Científico nº 32).

MASCARENHAS, H. A. A. HIROLE, R.; BRAGA, N. R.; MIRANDA, M. A. C. BULISANI, E. A.; POMMER, C. V.; SAWAZAKI, E.; GALLO, P. B.; PEREIRA, J. C. V. N. A. **Efeito do nitrogênio residual da soja na produção do milho**. 2 ed. Campinas: IAC, 1986. 24 p. (Boletim Técnico, 58).

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.1-18.

MURAISHI, C. T.; LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; GOMES JUNIOR, F. G. G. Manejo de espécies vegetais de cobertura de solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 199- 207, 2005.

MUZILLI, O. **O uso dos solos na Mata Araucária**. In: ARAÚJO, Q. R. 500 anos de uso do solo no Brasil. Ilhéus: Editus, 2002. p. 435-445.

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

OLIVEIRA, E. F.; BAIRRÃO, J. F. M.; CARRARO, I. M. **Efeito dos sistemas de preparo do solo sobre algumas características físicas e rendimentos de grãos de soja e milho**. Cascavel: OCEPAR, 1990. 54 p. (Resultados da Pesquisa, 4).

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011.

PAIVA, P.J.R.; VALE, F. R. do; FURTINI NETO, A. E.; FAQUIN, V. Acidificação de um Latossolo roxo do Estado do Paraná sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 3, p. 71-75, 1996.

PAYNE, W. A. Optimizing crop water use in sparse stands of pearl millet. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 92, p. 808-814, 2000.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.

PIRES, F. R.; ASSIS, R. L.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, G. P.; MORAES, L. L.; RUDOVALHO, M. C.; BOER, C. A. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 55, n. 2, p. 94-101, 2008.

PITOL, C. **O milheto na integração agricultura-pecuária**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996, p. 8-9. (Informações agrônômicas, 76).

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

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; ARMELIN, M. J. A. Qualidade mineral e degradabilidade potencial de adubos verdes conduzidos sobre Latossolos, na região tropical de São Carlos, SP, Brasil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 77, n. 1, p. 89-102, 2002.

RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. Ed. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).

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

ROMAN, E.S.; VELLOSO, J.A.R.O. Controle cultural, coberturas mortas e alelopatia em sistemas conservacionistas. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT/FUNDACEP FECOTRIGO/Fundação Aldeia Norte, 1993. p. 77-84.

RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1995. 134 p.

SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Eds.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição do solo**. Viçosa, MG: SBCS; Lavras: UFLA/DCS, 1999. Cap. 2, p. 267-319.

SALET, R. L. **Dinâmica de íons na solução de um solo submetido ao sistema plantio direto**. 1994. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um podzólico vermelho-escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 313-319, 1995.

SANTOS, H.P.; REIS, E.M. Efeitos de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre a estatura de plantas da soja. **Pesquisa agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 26, n. 5, p. 729-735, 1991.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T.J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. Ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, H. P.; ROMAN, E.S. Efeitos de culturas de inverno e rotações sobre a soja cultivada em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 7., n. 1, p. 59-68, 2001.

SANTOS, H.P.; LHAMBY, J.C.B.; SANDINI, I. Efeitos de culturas de inverno e de sistema de rotação de culturas sobre algumas características da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 11, p. 1141-1146, 1997.

SANTOS, H.P.; REIS, E.M. Efeitos de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre a estatura de plantas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 5, p. 729-735, 1991.

SCALÉA, M. J. Perguntas e Respostas sobre o plantio direto. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 83, p. 1-8. 1998. Encarte Técnico.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento de grãos de soja, em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol). **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 103-106, 1983.

SILVA, A.R.B. **Comportamento de variedades/híbridos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes tipos de preparo do solo**. Botucatu, 2000. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, universidade Estadual paulista, 2000.

SOUSA, D.M.G; LOBATO, E; REIN, T.A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D.M.G; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção de solo e adubação**. Brasília, DF: Terra Viva, 2004. Cap. 6. p.147-167.

SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; SOBRINHO, T. A.; FEDATTO, E.; ZANON, G. D.; HASEGAWA, E.K.B. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na produtividade de milho em plantio direto irrigado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete lagoas, v. 2, n. 3, p. 55-62, 2003.

SOUZA, L. C. F.; LUIS, A. J.; PILETTI, L. M. M. S. Características agronômicas do milho em função da cultura antecessora em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete lagoas, v. 15, n. 2, p. 272-280, 2016.

STALEY, T. E.; BOYER, D. G. Short-term carbon, nitrogen and pH alterations in a hill-land Ultisol under maize silage relative to tillage method. **Soil e Tillage Research**, Amsterdam, v. 42, n. /2, p. 115–126, 1997.

SUZUKI, L. E. A. S.; ALVES, M. C. Produtividade do milho (*Zea mays* L.) influenciada pelo preparo do solo e por plantas de cobertura em um Latossolo Vermelho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 61-65, 2004.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; DIAS, O. S.; CAMPIDELLI, C.; BULISANI, E. A. Cultivo de soja após incorporação de adubo verde e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 11, p. 1477-1483, 1992.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. 4 ed. New York, Mc Millan, 1985. 754 p.

VENEGAS, F.; SCUDELER, F. Diferentes coberturas vegetais na produção de milho (*Zea mays* L.). **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 16, n. 2, p. 09-20, 2012.

VENTURA, W.; WATANABE, I. Green manure production of *Azolla microphylla* and *Sesbania rostrata* and their long-term effects on rice yields and soil fertility. **Biology and Fertility of Soils**, New York, v. 15, n. 4, p. 241-248, 1993.

VEZZANI, F.M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. 2001.184 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

VIEIRA, C.P. **Sistemas de Manejo do Solo, Culturas de Cobertura e Rotação de Culturas: Resposta para Soja e Milho**. . Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho, 2009, 79p. Tese de Doutorado.

YANO, E.H. **Sistemas integrados de produção: manejo do solo, culturas de inverno e verão**. Ilha 2002. 103 f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2002.

ZANCANELLA, E. F.; BONATTI, J. L.; MARTUCCI, L. M. V. **Cultura do painço: informações práticas**. Campinas: CATI, 2003. 4 p. Folheto.

ZANCANELLA, E. F.; BONATTI, J. L.; MARTUCCI, L. M. V. **Novos cultivares de painço**. Campinas, 2006. 10 p. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/novacati/tecnologias/painco/novos_cultivares.htm>. Acesso em: 21 dez. 2016.

ZIECH, A.R.D.; CONCEIÇÃO, P.C.; HEBERLE, C.T.; CIDIMAR, C.; BALIM, N.M. Produtividade e componentes de rendimento de milho em função de plantas de cobertura e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete lagoas, v. 15, n. 2, p. 195-201, 2016.