

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

**HERMANO JOSÉ RIBEIRO HENRIQUES**

**SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO PARA RETOMADA DO PLANTIO DIRETO**

Ilha Solteira  
2018

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

**HERMANO JOSÉ RIBEIRO HENRIQUES**

**SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO PARA RETOMADA DO PLANTIO DIRETO**

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

Nome do orientador  
**Prof. Dr. Élcio Hiroyoshi Yano**

Ilha Solteira  
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

H519s      Henrique, Hermano José Ribeiro.  
Sistemas de manejo do solo para retomada do plantio direto / Hermano José Ribeiro Henriques. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2018  
57 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2018

Orientador: Élcio Hiroyoshi Yano  
Inclui bibliografia

1. *Glycinemax* L.. 2. Preparos do solo. 3. Matéria orgânica. 4. Mineralização.  
5. Carbono orgânico total.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Sistemas de manejo do solo para retomada do sistema plantio direto


AUTOR: HERMANO JOSÉ RIBEIRO HENRIQUES

ORIENTADOR: ELCIO HIROYOSHI YANO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, área:  
SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. ELCIO HIROYOSHI YANO  
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

  
Prof. Dr. LUIZ MALCOLM MANO DE MELLO  
Depo de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

  
Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA  
Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrômicas - UNESP

Ilha Solteira, 20 de fevereiro de 2018

## DEDICO

Aos meus pais Hermano José de Aguiar Henriques e Vera Lucia Ribeiro de Aguiar Henriques; a minha família e a minha amiga incondicional Jiuli Ani Vilas Boas Regis pelo apoio e dedicação para que mais esta meta fosse cumprida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus porque dele, por ele e para ele são todas as coisas! Por ter me dado a vida e zelado por ela. Pela fé, perseverança, capacidade e força para atingir os meus objetivos, por estar sempre presente nos momentos mais difíceis.

À minha família: Pais, Hermano José de Aguiar Henriques e Vera Lucia Ribeiro de Aguiar Henriques; ao meu irmão Renato Ribeiro Henriques; aos meus tios e tias Maurício Roberto Anhesini, Rosa Maria Ribeiro Anhesini e Hélem Ribeiro; pelo carinho, compreensão, dedicação, e acima de tudo suporte para que minhas metas fossem cumpridas.

Ao meu Orientador, Professor Dr. Élcio Hiroyoshi Yano pelos constantes ensinamentos e paciência em todos os trabalhos realizados juntos. Muito obrigado!

Ao Professor Dr. Luiz Malcolm Mano de Mello pelos valiosos ensinamentos!

Agradeço a amiga Jiuli Ani Vilas Boas Regis e ao amigo Rafael Romo, pelo apoio e incentivo.

À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" e a todos Professores da Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade.

A todos os funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP FEPE pela ajuda e dedicação ao cumprimento das tarefas a campo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

A todos que de alguma forma estiveram presentes nessa caminhada. Sou grato a todos vocês!

Jesus respondeu: "Eu lhes asseguro que, se vocês tiverem fé e não duvidarem, poderão fazer não somente o que foi feito à figueira, mas também dizer a este monte: 'Levante-se e atire-se no mar', e assim será feito. E tudo o que pedirem em oração, se crerem, vocês receberão".

(Mateus 21:21,22)

## RESUMO

A utilização das regiões de cerrado para a produção agrícola se estabeleceu inicialmente pelo uso intensivo do solo proporcionando alterações nos atributos físicos, químicos e biológicos de acordo com o tipo de manejo adotado. O experimento foi realizado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Ensino (FEPE-Cerrado), pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, no município de Selvíria- MS, em um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2013), nos anos de 2016 a 2017 teve como objetivo de comparar os sistemas de manejo do solo a ser adotada em safras seguidas para estabilização do plantio direto (SPD) nas culturas de soja (verão) e do sorgo (outono-inverno). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições e sete tratamentos: sistema de semeadura direta contínuo (de 23 e 24 anos de implantação), sendo que cultivo mínimo, preparo convencional do solo com grade pesada e arado de aiveca seguida de três gradagens leves e plantio direto sobre cada destes manejos do solo realizados continuamente com o mesmo número de safras seguidas até a 7<sup>o</sup> e 8<sup>o</sup> safra. Para comparação de medias foram avaliados os dados biométricos das culturas da soja e do sorgo, atributos físicos do solo e quantidade de carbono orgânico total. Os resultados obtidos indicaram que os sistemas de semeadura direta contínuo apresentaram maior quantidade de estoque de carbono orgânico total. A elevação da produtividade de grãos de soja está diretamente relacionada à maior presença de plantas no estande final quando o solo foi preparado com grade pesada seguida do tempo de implantação como sistema plantio direto, diferentemente dos manejos de preparo do solo com grade pesada e arado de aiveca contínuo terem menor sobrevivência de plantas, refletiu diretamente na queda de produtividades de grãos de soja em razão do maior campo de visão ter facilitado o ataque de pássaros. Os mesmos tratamentos de manejos do solo adotados na cultura do sorgo apresentaram efeito nulo sobre características biométricas, demonstrando que independentemente do tempo de implantação do SPD e manejo do solo adotado anteriormente continua sendo a opção mais viável economicamente para a região de Cerrado.

**Palavras-chave:** *Glycinemax L.* Preparos do solo. Matéria orgânica. Mineralização. Carbono orgânico total.



## ABSTRACT

The use of cerrado regions for agricultural production was established initially with intensive use of the soil, providing changes in the physical, chemical and biological attributes according to the type of management adopted. The experiment was carried out at the Fazenda de Ensino, Pesquisa e Ensino (FEPE-Cerrado), belonging to the Faculty of Engineering of Ilha Solteira, in the of Selvíria-MS, in an Oxisol (EMBRAPA, 2013), year period from 2016 to 2017, had the objective of comparing the soil tillage systems to be adopted in crop seasons for stabilization of no-tillage (SPD) in soybean (summer) and sorghum (autumn-winter). The experimental design was a randomized block design, using factorial arrangement with four replications and seven treatments: continuous no-tillage (23 and 24 years of implantation), with minimum tillage, conventional soil tillage with heavy grating, and shisel moldboard pow by three disk plowing followed and no-tillage on each of these soils managed continuously with the same number of harvests followed up to the 7th and 8th harvests. Biometric data from soybean and sorghum cultures, soil physical attributes and amount of total organic carbon were evaluated for comparison of means. The results showed that continuous direct seeding systems presented higher amounts of total organic carbon stock. The increase of soybean grain yield is directly related to the greater presence of plants in the final stand when the soil was prepared with heavy grating followed by the time of implantation as no-tillage system, unlike the soil preparation operations with heavy grating and shisel moldboard pow continued to have lower plant survival, directly reflected in the fall in yields of soybeans because the greater field of view facilitated the attack of birds. The same soil management treatments adopted in the sorghum crop showed zero effect on biometric characteristics, showing that regardless of the time of SPD implementation and previously adopted soil management, it remains the most economically viable option in the Cerrado.

**Keywords:** *Glycine max L.* Soilpreparation. Organic matter. Mineralization. Total organic carbon.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 -</b>	Valores mensais de precipitação pluvial, e médias mensais das temperaturas do ar no período de dezembro de 2016 a abril de 2017.....	25
<b>Figura 2 -</b>	Valores mensais de precipitação pluvial, e médias mensais das temperaturas do ar no período de julho a novembro de 2017.....	25
<b>Figura 3 -</b>	Croqui da área experimental e 2012, para semeadura da soja.....	27
<b>Figura 4 -</b>	Croqui da área experimental da soja (7ºsafra) e sorgo (8ºsafra).....	28

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 -</b>	Caracterização dos atributos químicos do solo na camada de 0,00 a 0,10 m.....	31
<b>Tabela 2 -</b>	Caracterização dos atributos químicos do solo, na camada de 0,10 a 0,20 m.....	31
<b>Tabela 3 -</b>	Valores médios de população inicial e final de plantas de soja e índice de sobrevivência (%), em sete sistemas de manejos do solo.....	38
<b>Tabela 4 -</b>	Valores médios de diâmetro do caule ( $\emptyset$ ), altura de inserção da primeira vagem (1ª vagem) e altura da planta (Planta), e número de grãos por vagem (NGV), em sete sistemas de manejo do solo.....	40
<b>Tabela 5 -</b>	Valores médios do número de vagens.planta <sup>-1</sup> (VP), grãos inviáveis.planta <sup>-1</sup> (GIP), grãos viáveis.planta <sup>-1</sup> (GVP), Massa de 1000 grãos (1000 G), produtividade de grãos e matéria seca de palha de planta de soja, em função dos manejos de solo.....	42
<b>Tabela 6 -</b>	Matriz de correlação linear dos atributos biométricos da cultura da soja em um Latossolo Vermelho Distroférico da Fazenda de Ensino e Pesquisa/UNESP (Selvíria, MS).....	44
<b>Tabela 7 -</b>	Valores médios para densidade de partícula (Dp), densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt) e carbono orgânico total (COT), em função dos manejos de solo, na camada 0,00 a 0,10 m, em sete sistemas de manejo.....	45
<b>Tabela 8 -</b>	Valores médios para densidade de partícula (Dp), densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt) e carbono orgânico total (COT), em função dos manejos de solo, na camada 0,10 a 0,20 m.....	47
<b>Tabela 9 -</b>	Altura de plantas (PLA) e panículas (PN), diâmetro de caule (D.C), população inicial (P.I), população final de plantas (P.F), índice de sobrevivência (I.S), produtividade de grãos e matéria seca de palha de sorgo, em função dos manejos do solo.....	49
<b>Tabela 10 -</b>	Matriz de correlação linear dos atributos biométricos da cultura do sorgo em um Latossolo Vermelho Distroférico da Fazenda de Ensino e Pesquisa/UNESP (Selvíria, MS).....	50

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	15
2.1	CULTURA DA SOJA .....	15
2.2	CULTURA DO SORGO .....	15
2.3	MANEJO DO SOLO .....	17
2.4	PREPARO CONVENCIONAL DO SOLO .....	18
2.5	CULTIVO MÍNIMO.....	19
2.6	SISTEMA PLANTIO DIRETO .....	21
2.7	ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO.....	21
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
3.1	MATERIAL.....	24
<b>3.1.1</b>	<b>Localização e caracterização da área experimental</b> .....	24
<b>3.1.2</b>	<b>Descrição do clima e dados de precipitação</b> .....	24
<b>3.1.3</b>	<b>Solo e histórico da área</b> .....	26
4.2	MÉTODOS .....	28
<b>4.2.1</b>	<b>Delineamento experimental</b> .....	28
<b>4.2.2</b>	<b>Ordem cronológica das atividades realizadas no campo</b> .....	29
<b>4.2.2.1</b>	<b><i>Ensaio de Soja</i></b> .....	29
<b>4.2.2.2</b>	<b><i>Ensaio de sorgo</i></b> .....	32
<b>4.2.3</b>	<b>Determinação dos atributos físicos do solo</b> .....	34
<b>4.2.4</b>	<b>Biometria das culturas de soja e sorgo</b> .....	35
<b>4.2.4.1</b>	<b><i>Biometria de Soja</i></b> .....	36
<b>4.2.4.2</b>	<b><i>Biometria de Sorgo</i></b> .....	36
<b>4.2.5</b>	<b>Análise estatística</b> .....	37
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	38
5.1	CULTURA DA SOJA .....	38
5.2	CULTURA DO SORGO .....	48
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	51
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	52

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycinemax*) é o principal produto agrícola de exportação brasileira, possui aproximadamente 33 milhões de hectares plantados, sendo o segundo maior produtor, com 114,1 milhões de toneladas, safra 2016/17, perdendo apenas para os Estados Unidos (CONAB, 2017). Na maioria das áreas de cerrado realiza-se uma segunda semeadura, compreendida como segunda safra, podendo ser implantada a cultura do milho ou sorgo. No período deste cultivo são pontuados menores índices pluviométricos (SILVA et al., 2015).

Do ponto de vista econômico, a cultura da soja ganhou importância nos últimos anos, principalmente com a inserção no mercado externo devido às necessidades alimentícias asiáticas, em especial, China e Índia. O Brasil colaborou de forma significativa neste crescimento, sendo o cerrado responsável por aproximadamente 15% de toda a produção existente no planeta (EMBRAPA, 2012).

No tocante à produtividade média, o cerrado passou de 1,3 ton ha<sup>-1</sup> em 1976, para 3,9 ton ha<sup>-1</sup> em 2017 (CONAB, 2017), sendo este volume crescente com a introdução de novas tecnologias, como manejo de solo, os novos sistemas em agricultura de precisão e o melhoramento genético (EMBRAPA, 2012).

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é o quinto cereal mais cultivado no mundo (FAOSTAT, 2015). No Brasil seu cultivo alcança 612 mil hectares e produtividade média de 2.778 kg ha<sup>-1</sup>, totalizando 1,7 milhão de toneladas anuais (CONAB, 2017). Nos sistemas agrícolas utilizados no Brasil o sorgo se destaca, pois apresenta tolerância a condições desfavoráveis de umidade no solo, produzindo altas quantidades de matéria seca com relação C/N relativamente elevadas (DAN et al., 2010). O sorgo também apresenta as maiores taxas fotossintéticas e balanço de biomassa favorável quando comparado a braquiária (*Brachiariadecumbens*) e o milho, considerada a espécie que possui a melhor performance ecofisiológica sob restrição hídrica (SANTOS et al., 2014; TOLK; HOWELL; MILLER, 2013). Sendo assim, trata-se de uma alternativa de cobertura apropriada para o estabelecimento ou a manutenção do sistema de semeadura direta (MAGALHÃES et al., 2014).

Para altos níveis produtivos, um dos principais meios de inovação tecnológica relacionado ao manejo de solo, foi a adoção do sistema de plantio direto ou semeadura direta. Este preconiza a redução da intensidade do revolvimento e a manutenção da cobertura do solo (TAVARES; BENEZ; SILVA, 2016).

O sistema de plantio direto abre um amplo campo para integração do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao sistema de semeadura direta, como excelente produtor de palha de alta qualidade, além de uma oferta sustentável de alimentos de boa qualidade para alimentação animal e de baixo custo, tanto para pecuaristas como para a agroindústria de rações (EMBRAPA, 2017).

Uma das limitações encontradas nos manejos de solo e na manutenção do potencial produtivo dos cultivos de soja e sorgo é que, devido ao intenso tráfego de máquinas agrícolas empregadas na condução das lavouras, há o surgimento de camadas de solo compactado, reduzindo assim, a longevidade do sistema de semeadura direta. Debiasi (2013), considera esse fator prejudicial ao desenvolvimento das culturas, afetando diretamente processos fisiológicos como a germinação, processo fonte e dreno no enchimento de grãos e o desenvolvimento radicular (TAIZ; ZEIGER; MURPHY, 2017).

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo de avaliar e comparar os sistemas de manejo do solo a ser adotada em safras seguidas para estabilização do plantio direto nas culturas de soja e do sorgo na região de Cerrado.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. CULTURA DA SOJA

Considerada como uma das mais importantes fontes de óleo e proteína vegetal, em função da sua qualidade, alta produtividade e do baixo custo de produção (EMBRAPA, 2014), a soja é o quarto grão mais produzido no mundo e o primeiro no Brasil (CONAB, 2017).

A soja pode ser cultivada em sistema de plantio direto e fazer parte de sistemas de integração lavoura-pecuária (RICCE; ALVES; PRETE, 2011). Devido a sua importância econômica, tem sido utilizada como uma das principais culturas cultivadas no sistema plantio direto (ANDREOTTI et al., 2010). No entanto, existe pouca diversificação dos sistemas de rotação de culturas; sendo a soja periodicamente cultivada na primeira safra, e o milho na segunda.

Segundo Embrapa (2014), deve-se considerar primeiramente o sistema de semeadura direta, porém, quando o mesmo se torna impossibilitado é necessário lembrar que o preparo convencional do solo compreende um conjunto de práticas que, quando usadas com responsabilidade e forma racional, podem permitir preservação do solo e garantir ambiente ideal para o desenvolvimento da cultura da soja.

Ainda, segundo Embrapa (2014), no cerrado, a pequena produção de palha da soja juntamente com rápida decomposição dos resíduos culturais, são dificuldades encontradas para a viabilização do sistema de plantio direto, principalmente quando essa leguminosa é cultivada como monocultura. Portanto, para superar essa dificuldade, a soja deve compor sistemas de rotação de culturas adequadas para que se possa haver permanente cobertura e suficiente reposição de palhada sobre o solo, viabilizando esse sistema de manejo de solo.

### 2.2. CULTURA DO SORGO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é originário do continente africano e pertence à família Poaceae. É considerado um produto da intervenção do homem que, ao decorrer dos anos, vem domesticando a espécie e transformando-a com o intuito de satisfazer às necessidades humanas (RIBAS, 2014).

É uma planta C4 anual, tolerante a estresses hídricos, adaptando-se aos diversos ambientes, principalmente aos que apresentam deficiência hídrica, que são considerados desfavoráveis a maior parte dos cereais. Por ser tolerante, a cultura consegue se desenvolver e expandir em regiões de cultivo que apresentam uma irregular distribuição de chuvas e também em sucessão com as culturas de verão. No entanto, apesar do sorgo ser uma cultura rústica, ele é responsivo às boas práticas agrícolas e de manejo (DURÃES et al., 2012).

O sorgo também apresenta as maiores taxas fotossintéticas e balanço de biomassa favorável quando comparado à braquiária (*Brachiariadecumbens*) e o milho, considerada a espécie que possui a melhor performance ecofisiológica sob restrição hídrica (SANTOS et al., 2014; TOLK; HOWELL; MILLER, 2013). Sendo assim, trata-se de uma alternativa de cobertura apropriada para o estabelecimento ou a manutenção do sistema de plantio direto da soja (MAGALHÃES et al., 2014).

Nos sistemas agrícolas utilizados no Brasil o sorgo se destaca, pois apresenta tolerância a condições desfavoráveis de umidade no solo produzindo altas quantidades de matéria seca com relação C/N relativamente elevada (DAN et al., 2010).

Classificam-se os sorgos em cinco grupos, sendo: granífero, vassoura, sacarino, forrageiro e biomassa. As características do sorgo granífero são o porte baixo e panículas com alta quantidade de grãos, os quais o torna propício principalmente à produção de ração animal (GOMES et al., 2006).

De acordo com Rodrigues (2015), nos últimos anos agrícolas, o sorgo apresentou uma expansão expressiva. Este crescimento pode ser explicado do ponto de vista agrônomo, principalmente, pelo elevado potencial de produção de grãos e matéria seca da cultura, além da capacidade de tolerar adversidades ambientais. No entanto, mesmo diante da expansão observada nos últimos anos, a participação do sorgo no agronegócio nacional ainda é baixa quando comparada com o milho e soja.

Outro fator a favorecer a expansão da cultura é a crescente procura do milho pelas agroindústrias instaladas no Centro-Oeste. Além disso, as produções limitadas em determinados anos, faz com que os produtores busquem formas alternativas de grãos para a alimentação animal (SILVA et al., 2018). Sendo assim, o sorgo tem se mostrado como uma espécie promissora para produção de grãos (SILVA et al, 2015), por possuir maior tolerância à seca em relação ao milho.



### 2.3. MANEJO DO SOLO

O solo é considerado como recurso fundamental e indispensável para a agricultura e o ambiente. O mesmo é constituído pelas fases sólida, líquida e gasosa. Um solo ideal para o desenvolvimento de plântulas é composto por 45% de parte mineral, 5% de parte orgânica, 25% de parte gasosa e 25% de parte líquida, tendo suprimento adequado de nutrientes, sem excesso de elementos tóxicos, boa estrutura para o fácil movimento de ar, água e raízes, aptidão a atividade biológica, friabilidade e drenagem (EMBRAPA, 2017).

O preparo do solo é um conjunto de operações que são realizadas com o intuito de fornecer condições favoráveis à sementeira, ao desenvolvimento e à produção das plantas. Com isso, é imprescindível a adoção de boas práticas, priorizando os sistemas conservacionistas (SOUZA, 2017).

De acordo com a Embrapa (2017), as operações de preparo do solo, tem por objetivo fornecer condições ótimas para os processos de germinação, emergência e estabelecimento de plântulas, afim de permitir aumento da infiltração de água e perda de sedimentos por erosão.

Seki (2010) afirma que o preparo da área para a implantação da cultura, deve ser realizado em condições ideais para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Estudos realizados por Deperon Junior et al. (2016), demonstram que a utilização de equipamentos para o preparo do solo geralmente influencia os valores de densidade e porosidade total, principalmente na camada de 0,00-0,10m.

O preparo físico do solo se faz mediante duas alternativas principais: o plantio direto e o preparo convencional. O preparo convencional é realizado tradicionalmente pelas operações de aração e gradagem para que se forme uma camada adequada para as fases de sementeira, germinação e desenvolvimento inicial das plântulas, tendo também como objetivo reduzir a infestação de plantas invasoras. Já os sistemas conservacionistas como o plantio direto preconizam o mínimo revolvimento do solo, havendo mobilização apenas nas operações de abertura do sulco para a deposição de sementes e adubos (EMBRAPA, 2017).

Os sistemas conservacionistas de plantio direto e o cultivo mínimo, conservam os recursos ambientais tais como água e solo. No entanto, o plantio direto apresenta limitações, sendo uma delas a compactação superficial geralmente posicionada na camada de 0,10-0,20m (FRANCHINI et al., 2011).

De acordo com Aratani et al. (2009), a qualidade do solo é avaliada em aspectos físicos, químicos e biológicos. Estes parâmetros são importantes para avaliar a extensão da degradação ou a melhoria do solo.

De acordo com Hamza e Anderson (2005), dos componentes do manejo, o preparo do solo é a atividade que mais exerce influência nos atributos indicadores da qualidade física do solo, pois atua diretamente na sua estrutura, principalmente quando há revolvimento do solo com a utilização de implementos.

Entretanto, o revolvimento pode ser necessário quando há problemas de compactação, contribuindo na eliminação de plantas invasoras e no rearranjo das partículas resultando uma maior aeração e infiltração de água no solo (ALBUQUERQUE, SANGOI, ENDER, 2001).

Já a mobilização excessiva do solo ocasiona aumento da taxa de decomposição dos resíduos vegetais (GONÇALVES et al., 2010) e a mineralização da matéria orgânica. O tráfego de máquinas e implementos agrícolas no preparo do solo pode agravar esse processo (FREITAS, et al. 2016).

#### 2.4. PREPARO CONVENCIONAL DO SOLO

O preparo convencional do solo consiste no revolvimento das camadas superficiais com a finalidade de: reduzir a compactação, incorporar corretivos e fertilizantes, aumentar os espaços porosos que elevam à permeabilidade e o armazenamento de ar e água; promovendo ainda o corte e o enterro de plantas daninhas auxiliando no controle de pragas e patógenos (EMBRAPA 2017).

Quando sistemas de manejo caracterizados pelo preparo intensivo do solo são utilizados em regiões de clima subtropical e tropical como é o caso do Brasil, os reflexos sobre a produção agrícola e sobre o ambiente podem ser desvantajosos (EMBRAPA, 2017).

As características principais do sistema convencional são o uso de mecanização intensiva e o revolvimento excessivo do solo antes da implantação da cultura, por meio de aração, gradagens, subsolagem ou escarificação (EMBRAPA, 2013).

De acordo com Loss et al. (2015), estas práticas ocasionam a fragmentação da cobertura e dos resíduos vegetais, proporcionando a ruptura dos agregados presentes no solo. Com isso, há o favorecimento dos processos erosivos que conseqüentemente

ocasionam alterações nos atributos edáficos, como a compactação do solo e a diminuição do conteúdo de matéria orgânica.

Nos anos 70 e 80, a falta de cobertura e a desagregação excessiva do solo, provocadas pelo preparo intensivo, resultaram no aumento da intensidade dos processos erosivos. A perda média de solo por erosão em áreas terraceadas e manejadas sob sistema de plantio convencional, dependendo do tipo de solo, sob aração mais duas gradagens, pode chegar a 20 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2017).

Além de representar ameaça à manutenção da produtividade da soja e de outras culturas, a erosão hídrica resulta em impactos negativos sobre o ambiente. Os solos erodidos de áreas de lavouras acumula-se nos mananciais superficiais de água, acentuando o processo de assoreamento, além de carregar uma elevada gama de nutrientes (EMBRAPA, 2017).

De acordo com Roscoe, Boddey e Salton (2006), os sistemas convencionais de cultivo envolvendo aração e gradagem ocasionam maior degradação, o que resulta geralmente na redução do teor de matéria orgânica do solo.

Muniz et al. (2014), observaram, no estado do Amazonas, uma maior produção de milho cultivado em sistema de plantio direto quando comparado com o cultivo do milho no sistema convencional, com aração e gradagem. Eles também observaram que o sistema plantio direto, ocasiona um aumento na quantidade de carbono orgânico no solo em camadas superficiais.

Entretanto, Kluthcouski (1998) trabalhando com o arado de aiveca, observou maior produtividade de milho comparado ao plantio direto ou ao preparo com grade pesada. Esse fato pode ter ocorrido devido ao menor desenvolvimento do sistema radicular nos dois preparos ocasionado pela compactação do solo na camada superficial ou sub- superficial.

## 2.5. CULTIVO MÍNIMO

De acordo com Dallmeyer (1994), pode-se definir cultivo mínimo ou preparo reduzido do solo como o sistema de manejo que proporciona um menor número de operações que no manejo convencional. Portanto, o cultivo mínimo resulta numa menor inversão do solo, menor incorporação dos resíduos vegetais e, conseqüentemente, redução nas perdas de solo e água (SOUZA, 2017).

Devido a estas características o cultivo mínimo é considerado um sistema conservacionista, poupando recursos ambientais, como água e solo, sendo grande responsável, juntamente com o sistema de plantio direto, pela continuidade da exploração agrícola (FREITAS et al., 2016).

No sistema cultivo mínimo, de acordo com Lanças (2002), o escarificador é um implemento utilizado com a função de desagregar o solo trabalhando a uma profundidade de até 35 cm. Assemelha-se a um subsolador, no entanto, difere do mesmo por trabalhar em profundidades e espaçamentos entre hastes menores. Ainda segundo o mesmo autor, o escarificador age rompendo o solo através de suas hastes com uma propagação tridimensional, ou seja, para frente, para os lados e para cima das trincas, sendo assim, esse mecanismo difere da aração ou gradagem pois não corta o solo e sim o rompe nas suas linhas de fraturas naturais, através das interfaces dos seus agregados.

Frequentemente recomendada, a escarificação é uma operação de elevada demanda de potência de maquinário, de alto consumo energético e de tempo elevado, portanto dever ser aplicada somente em casos onde a compactação é constatada (GIRARDELLO et al., 2011). Segundo Reichert et al. (2009), a escarificação do solo tem sido eficiente em reduzir os efeitos imediatos da compactação.

Vários são os trabalhos realizados com a escarificação do solo visando avaliar os efeitos da descompactação e sua longevidade. Girardello et al. (2014) avaliaram a eficiência de escarificadores na diminuição da resistência à penetração do solo e encontraram melhores valores em solos que receberam esse tratamento. Drescher et al. (2016), comprovaram em seus estudos sobre a longevidade dos efeitos da escarificação mecânica em sistema plantio direto que, até 18 meses após a operação, ainda era possível notar efeitos positivos no solo. Já Secco e Reinert (1997) afirmam que a escarificação têm um efeito residual de pelo menos 10 meses após a operação.

## 2.6. SISTEMA PLANTIO DIRETO

Com o objetivo de se obter um método alternativo de preparo de solo que controlasse a erosão em áreas submetidas a sucessivos cultivos, foi introduzido no início da década de setenta, na região sul do Brasil, o sistema plantio direto. (KOCHHANN; DENARDIN, 2000).

Segundo Bortoleti Junior et al. (2015), o sistema de plantio direto é caracterizado pelo manejo do solo no qual se evita a mobilização e, por consequência, se cria novas condições ambientais ao solo. Entre as vantagens desse sistema de cultivo podem ser destacadas: o controle da erosão; a conservação da umidade no solo, a melhoria da estruturação do solo e das condições fitossanitárias da cultura, o controle de algumas plantas daninhas e também uma maior economia com adubação e operações com máquinas.

Um problema enfrentado na adoção desse sistema é que, em geral, na camada superficial, após três a quatro anos de cultivo, há aumento dos valores de densidade e redução da microporosidade e porosidade total quando comparados com solos submetidos à sistemas convencionais de preparo. Isso ocorre, principalmente, devido ao rearranjo natural do solo que não sofre mobilização além da compactação provocada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas (SOUZA, 2017). O mesmo autor ainda afirma que a compactação é ainda maior em solos argilosos e com teores elevados de umidade.

## 2.7. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

A cultura da soja é implantada sobre diferentes sistemas de manejo de solo e em quase todo território brasileiro. A compactação do solo é um dos fatores limitantes a produção, reduzindo a penetração das raízes (BENGOUGH et al. 2001) e alterando o equilíbrio na proporção de gases, água e nutrientes do solo disponíveis às plantas (STIRZAKER et al. 1996). Consequentemente, o funcionamento bioquímico da planta é modificado restringindo diversos fatores, entre eles a taxa fotossintética, o crescimento da parte aérea e a produção (BEUTLER; CENTURION, 2004).

A compactação causada principalmente pelo intenso uso de máquinas e implementos agrícolas, cada vez mais pesados na agricultura, é uma das principais causas da degradação do solo das áreas agricultáveis. Solos compactados oferecem

uma grande restrição ao desenvolvimento das plantas, por dificultar o desenvolvimento radicular. (LIMA; LEON; SILVA, 2013).

Segundo Kertzman (1996), o termo compactação do solo engloba os processos mecânicos ocasionados pela ação do homem, que alteram a estrutura do solo e seus comportamentos físicos, mecânicos e hídricos. Sendo assim, trata-se de uma alteração física induzida que, conseqüentemente, altera o comportamento do ar e da água no solo, afetando diretamente o desenvolvimento radicular das plantas.

Por sua vez a compactação do solo pode ocorrer de diversas formas, sendo intensificada pelo tráfego de máquinas cada vez mais pesadas e com peso distribuído desproporcionalmente no tamanho e largura dos pneus, além de pneus mau calibrados, acarretando em um aumento de pressão sobre o solo, alterando sua estrutura física (RICHART et al., 2005).

O adensamento dos solos é considerado o principal desafio enfrentado para se conseguir elevadas produtividades em áreas sob sistema de plantio direto mecanizado (STEFANOSKI, et al., 2013), tendo como conseqüências o decréscimo de produtividade, aumento da resistência à penetração do solo que ocasiona a redução no desenvolvimento radicular das plantas (GIRARDELLO et al., 2017).

Desta forma, a compactação dos solos modifica a capacidade das raízes em extrair água e nutrientes (CALONEGO et al., 2011), podendo com isso, interferir no rendimento de grãos das plantas. Em relação a este fator, Beulter e Centurion (2004), avaliando o efeito da compactação no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja em Latossolo Vermelho de textura média, concluem que a partir do decréscimo de 18% da densidade radicular, na resistência à penetração de 0,85 MPa, na camada de 0,05–0,15 m, ocorre redução na produtividade da soja.

São grandes os problemas causados pela compactação do solo na região do Cerrado. Segundo Stone, Guimarães e Moreira (2002), em sistemas de plantio direto consolidados existe a ocorrência do aumento da densidade do solo e, conseqüentemente, redução da macroporosidade com o passar das safras. Este processo, diagnosticado como compactação, prejudica o crescimento das raízes e o movimento vertical de água, fazendo-se necessário o revolvimento do solo, prejudicando-se o trabalho biológico e físico de vários anos.

Para Oliveira (2014), como conseqüência da compactação ocorre o mal desenvolvimento das plantas decorrente às alterações do movimento da água e dos

nutrientes no solo e pelo aumento da resistência à penetração das raízes devido à alta densidade do mesmo.

Montanari (2011) enfatiza a importância dos estudos sobre a densidade para se avaliar o nível de compactação do solo, pois, para o bom desenvolvimento das plantas, é fundamental que elas se desenvolvam em áreas que não apresentem restrições ao crescimento radicular, ou seja, solos com densidade ideal para oferecer bom contato entre suas partículas e as raízes.

Santos et al. (2011) afirmam a existência de poucos experimentos de longa duração que possibilitem observar as alterações na qualidade do solo advindas dos efeitos acumulados dos sistemas de manejo.

Entretanto, na cultura da soja, Beutler et al. (2007), constataram redução na produtividade de grãos em solos que apresentavam intervalo de resistência à penetração entre 1,30 e 1,64 MPa. Com isso, a compactação devido ao sistema de manejo do solo e das culturas podem ocasionar alterações físicas que determinarão condições ideais ou até limitantes ao desenvolvimento vegetal (COLLARES et al., 2008).

Desse modo, tanto as práticas de manejo quanto as de conservação do solo e da água devem ser planejadas e executadas visando manter ou melhorar seus atributos com o objetivo de aumentar a capacidade do solo em sustentar uma produtividade competitiva, nos aspectos químicos, físicos e biológicos, sem o comprometimento da qualidade do solo e da água (STEFANOSKI et al., 2013).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. MATERIAL**

##### **3.1.1. Localização e caracterização da área experimental**

O experimento foi conduzido junto a Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), pertencente a Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - SP (UNESP), localizada no município de Selvíria - MS, nas proximidades das coordenadas geográficas de latitude 20°20'46" S e longitude 51°24'28" W. A altitude média do terreno é de 335m acima do nível do mar, com declividade homogênea de 0,04 m m<sup>-1</sup>.

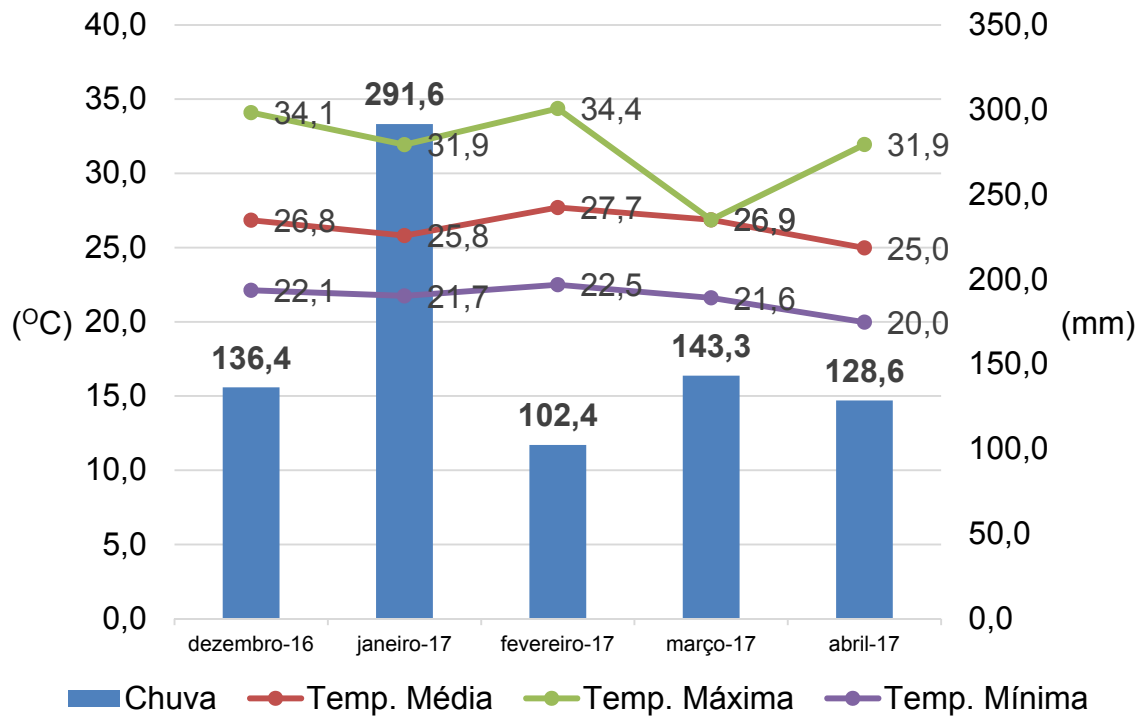
##### **3.1.2. Descrição do clima e dados de precipitação**

O clima é do tipo Aw, segundo classificação climática de Köppen, caracterizado como tropical, com estação chuvosa de novembro a abril no verão, e inverno seco de maio a outubro.

Os dados pluviométricos e de temperaturas (máxima, mínima e média) foram levantados nos períodos de dezembro de 2016 a abril de 2017, ciclo da cultura da soja, com um total de 802,3 mm de precipitações, distribuídos mensalmente, como mostra a Figura 1. De julho de 2017 a novembro de 2017, período de cultivo da cultura do sorgo, o total precipitado foi de 711,00 mm, como demonstrado na figura 2. Quando necessário, para suprir as necessidades hídricas de ambas as culturas, foi utilizado irrigação suplementar via pivô central.

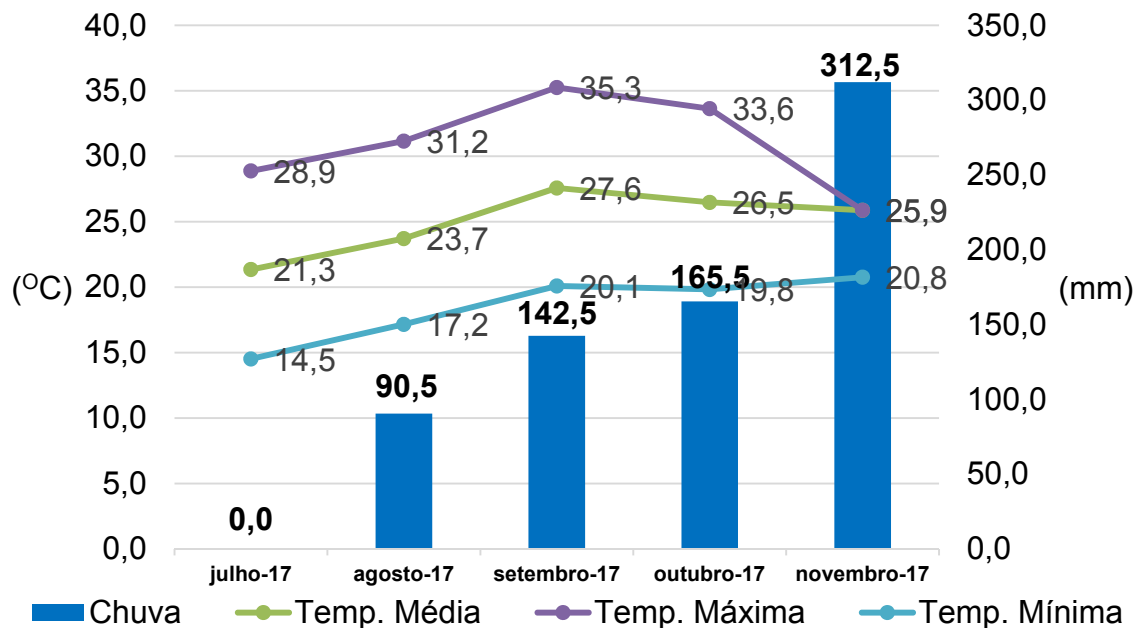


**Figura 1** - Valores mensais de precipitação pluvial, e médias mensais das temperaturas do ar no período de dezembro de 2016 a abril de 2017.



Fonte: Dados da pesquisa.

**Figura 2** - Valores mensais de precipitação pluvial, e médias mensais das temperaturas do ar no período de julho a novembro de 2017.



Fonte: Dados da pesquisa.

### 3.1.3. Solo e histórico da área

#### Solo:

A área experimental é composta por um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, de textura argilosa, classificado de acordo com as novas normas do sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 2014).

#### Histórico da área:

O presente experimento realizado nos anos de 2016 e 2017, como continuidade de um projeto iniciado em 2012 e finalizado no 1º semestre de 2016, onde foram mantidos os mesmos tratamentos e delineamento experimental, tendo como cultura de verão a soja (2016/17) e sorgo na estação de outono-inverno de 2017. Porém em outros anos a cultura principal de segunda safra era o milho, que em decorrência ao elevado caso de incidência da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*), responsável por transmitir os mollicutes (*Spiroplasma kunkelli*) enfezamento pálido e Fitoplasma - enfezamento vermelho) foi substituída pelo sorgo granífero.

O histórico da área em estudo tem como antecedente o sistema de semeadura direta por vinte anos de implantação, que após as análises dos atributos físicos do solo foi constatado a presença da camada compactada. Em que no 2º semestre de 2012, foi elaborado o primeiro delineamento experimental, onde foram introduzidos em suas respectivas parcelas os manejos de solo, sendo estes: preparo de solo com arado de aiveca, preparo de solo com grade pesada e cultivo mínimo, sendo mantido como testemunha o sistema de semeadura direta contínuo (Figura 3).

No ano seguinte na safra de outono-inverno de 2013, foi elaborado novo delineamento experimental, que se manteve até o presente momento (2º Semestre de 2017), constituídos por sete tratamentos (Figura 4), a seguir:

Sistema de plantio direto contínuo de 23 para 24 anos de implantação (**SPDC-23 e SPDC-24**), sendo que a semeadura de soja no verão de 2016 empregou-se o mecanismo sulcador tipo disco duplo desencontrado e defasado, enquanto que o sorgo de outono-inverno (2017), utilizou-se a haste sulcadora;

Preparo do solo por cultivo mínimo seguido de 7º e 8º safras com plantio direto (**CM/SD-7 e CM/SD-8**), em que a semeadura de soja no verão de 2016 empregou-se o mecanismo sulcador tipo disco duplo desencontrado e defasado, enquanto que o sorgo de outono-inverno (2017), utilizou-se a haste sulcadora;



**Figura 4** – Croqui da área experimental da soja (7º safra) e sorgo (8º safra).

BLOCO 1		BLOCO 2		BLOCO 3		BLOCO 4	
SPDC		CMC	CM/SD	AAC	AA/PD	GPC	GP/SD
GPC	GP/SD	AA/PD	AAC	CM/SD	CMC	SPDC	
AA/PD	AAC	GP/SD	GPC	SPDC		CM/SD	CMC
CMC	CM/SD		SPDC	GPC	GP/SD	AAC	AA/PD

**Fonte:** Elaboração do próprio autor. **SPDC** – sistema de plantio direto contínuo de 23 e 24 anos de implantação; **CM/SD** – preparo do solo com cultivo mínimo seguido de 7º e 8º safras com plantio direto; **GP/SD** – preparo convencional do solo com grade pesada seguido de 7º e 8º safras com plantio direto; **AA/SD** preparo do solo com arado de aiveca seguido de 7º e 8º safras com plantio direto; **CMC**- Sistema de manejo com cultivo mínimo contínuo de 7º e 8º safras; **GPC**- Preparo convencional do solo com grade pesada contínua de 7º e 8º safras e **AAC**- Preparo convencional do solo com arado de aiveca contínuo de 7º e 8º safras.

## 4.2. MÉTODOS

### 4.2.1. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, constituído por sete tratamentos e quatro repetições. As parcelas experimentais foram compostas por vinte e uma linhas de 10,00 metros de comprimento, espaçadas por 0,45 m, tanto para soja como para sorgo. Dentro de cada parcela, foi amostrada uma área para coleta e levantamento de dados, sendo composta por três linhas de 5,00 m de comprimento.

#### Os tratamentos foram:

Sistema de plantio direto contínuo de 23 e 24 anos de implantação (**SPDC-23** e **SPDC-24**), sendo que a semeadura de soja no verão de 2016 empregou-se o mecanismo sulcador tipo disco duplo desencontrado e defasado, enquanto que o sorgo de outono-inverno (2017), utilizou-se a haste sulcadora;

Preparo do solo por cultivo mínimo seguido de 7° e 8° safras com plantio direto (**CM/SD-7 e CM/SD-8**), em que a semeadura de soja no verão de 2016 empregou-se o mecanismo sulcador tipo disco duplo desencontrado e defasado, enquanto que o sorgo de outono-inverno (2017), utilizou-se a haste sulcadora;

Preparo convencional do solo com grade pesada seguido de 7° e 8° safras com plantio direto (**GP/SD-7 e GP/SD-8**), com os mesmos tratamentos de culturas e mecanismos sulcadores;

Preparo do solo com arado de aiveca seguido de 7° e 8° safras seguidas com plantio direto (**AA/SD-7 e AA/SD-8**), com os mesmos tratamentos descritos anteriormente;

Sistema de manejo com cultivo mínimo contínuo de 7° e 8° safras (**CMC-7 e CMC-8**), em que semeadura de soja no verão de 2016 e sorgo de outono-inverno (2017) empregou o mesmo o mecanismo sulcador tipo disco duplo desencontrado e defasado;

Preparo convencional do solo com grade pesada contínua de 7° e 8° safras (**GPC-7 e GPC-8**), em que se utilizou-se o mesmo mecanismo sulcador tipo disco duplo desencontrado e defasado para ambas as culturas (soja e sorgo);

Preparo convencional do solo com arado de aiveca contínuo de 7° e 8° safras (**AAC-7 e AAC-8**), em que as culturas (soja e sorgo) foram semeadas pelos mesmo sulcador citado no tratamento anterior.

## **4.2.2. Ordem cronológica das atividades realizadas no campo**

### **4.2.2.1. Ensaio de Soja**

**01/12/2016:** dessecação das parcelas que receberam os tratamentos sistema de semeadura direta contínuo e cultivo mínimo, realizadas com sal de amônio glifosato em concentração de 792,5 g.Kg<sup>-1</sup>, e dosagem de aplicação de 2,5 Kg.ha<sup>-1</sup>, acrescido de Triazolona em concentração de 400 g.L<sup>-1</sup>, e dosagem em aplicação de 0,07 L.ha<sup>-1</sup>, mais óleo mineral à dosagem de aplicação de 1,5 L.ha<sup>-1</sup>, com vazão de pulverização de 300,0 L.ha<sup>-1</sup>, sendo utilizado como equipamentos, pulverizador montado da marca Jacto, modelo Condor 800, com barras de 14,00 m de comprimento, de controle elétrico da taxa de aplicação, e pontas de pulverização tipo leque espaçadas a 0,50 m, acoplado ao sistema de levante hidráulico e terceiro ponto de um trator de pneus,

marca New Holland, modelo TL 75-E, de tração 4x2- TDA, com 57,41 Kw de potência no motor;

**03/12/2016:** subsolagem das parcelas experimentais com cultivo mínimo, sendo utilizado como equipamentos, um subsolador da marca Jan, modelo Jumbo Matic, composto por 5 hastes espaçadas em 0,45 m, discos de corte para palha de 18'', e rolo destorroador, acoplado a barra de tração de um trator de pneus marca John Deere, modelo 6110-J, tração 4x2, com 73,60 Kw de potência no motor;

**07/12/2016:** utilização de grade média, composta por 16 discos recortados de 28'', acoplada a barra de tração de um trator de pneus, marca Valmet, modelo 985, tração 4x2, com 73,60 Kw de potência máxima no motor, em sistema de meia passada de gradagem seguida de duas gradagens leve, para o preparo primário do solo nas parcelas com grade pesada e arado de aiveca, visando o rompimento da camada superficial de 0,00 a 0,12 m compactada;

**10/12/2016:** preparo do solo das parcelas experimentais com grade pesada, sendo utilizado como equipamentos uma grade pesada marca tatú, modelo GAPCR, composta por 14 discos recortados com diâmetro de 32'', acoplado a barra de tração de um trator de pneus marca John Deere, modelo 6110-J, tração 4x2, com 80,96 Kw de potência no motor, concomitantemente preparo do solo das parcelas experimentais com arado de aiveca, sendo utilizado como equipamentos, um arado de aiveca marca ikeda, modelo fixo MF, composto por 3 aivecas recortadas com largura de corte de 0,12 m, acoplado a barra de tração de um trator de pneus, marca Valmet, modelo 985, tração 4x2, com 73,60 Kw de potência no motor;

**12/12/2016:** utilização de grade média, composta por 16 discos recortados de 28'', acoplada a barra de tração de um trator de pneus, marca Valmet, modelo 985, tração 4x2, com 73,60 Kw de potência no motor, em sistema de meia passada de gradagem, para o preparo secundário do solo nas parcelas com os tratamentos grade pesada e arado de aiveca, tendo como objetivo diminuir o número de torrões;

**17/12/2016:** tratamento das sementes do cultivar BMX potência RR, sendo utilizado inoculante líquido com as semias *Bradyrhizobium japonicum* 5019 e 5079, acrescido dos fungicidas carboxina e thiran na concentração de 200 g.L<sup>-1</sup>, e dosagem de aplicação de 0,1L para 50 Kg de sementes, sendo a homogeneização realizada através de betoneira com recipiente plástico acionada eletricamente;

**17/12/2016:** semeadura, realizada por semeadora adubadora pantográfica, marca marchesan, modelo suprema ultra flex, composta por 7 linhas desencontradas

espaçadas a 0,45 m para plantio direto, discos de corte de palha de 16'', mecanismos sulcadores tipo disco duplo desencontrado defasado 16x15'' nos sistemas de deposição de adubo e sementes, roda dupla controladora de profundidade, rodado tipo V para o fechamento e compactação do sulco de semeadura, e sistema dosador de sementes tipo pneumático. A semeadora adubadora foi regulada para a deposição de 350.000 sementes.ha<sup>-1</sup>, e 150 Kg.ha<sup>-1</sup> do formulado granulado 08-28-16, de acordo com interpretação de análise química do solo entre a camada de 0 a 0,10m (Tabela 1) e 0,10 a 0,20m (Tabela 2).

**Tabela 1**– Caracterização dos atributos químicos do solo, na camada de 0,00 a 0,10 m.

Manejo do solo	P (mg.dm <sup>-3</sup> )	MO (g.dm <sup>-3</sup> )	pH	K	(mmolc.dm <sup>-3</sup> )			CTC	V (%)
					Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>		
SPDC	32,50	22,50	5,15	3,80	45,00	23,75	0,00	105,80	68,25
CMC	29,25	19,75	5,37	3,22	32,00	18,00	0,50	83,47	63,50
CM/SD	30,25	21,50	5,57	3,77	35,25	24,75	0,00	88,02	72,50
GPC	27,75	19,75	5,37	3,57	28,50	21,00	0,50	85,07	62,50
GP/SD	36,50	21,25	5,37	3,50	33,25	25,75	0,00	92,00	67,75
AAC	28,00	18,75	5,05	3,47	22,00	16,75	1,00	74,97	56,25
AA/SD	21,75	19,50	5,20	3,52	24,25	18,25	0,25	76,02	60,50

Fonte: Elaboração do próprio autor.

**Tabela 2**– Caracterização dos atributos químicos do solo, na camada de 0,10 a 0,20 m.

Manejo do solo	P (mg.dm <sup>-3</sup> )	MO (g.dm <sup>-3</sup> )	pH	K	(mmolc.dm <sup>-3</sup> )			CTC	V (%)
					Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>		
SPDC	23,50	17,00	4,52	1,87	15,32	12,00	0,75	73,20	39,75
CMC	19,00	17,75	4,80	2,05	17,65	14,75	1,50	70,35	48,75
CM/SD	26,65	15,75	4,90	2,27	24,65	18,75	1,25	78,57	58,00
GPC	26,00	17,25	5,20	2,57	26,00	19,75	0,75	80,72	59,50
GP/SD	20,32	16,00	4,85	2,02	14,00	16,25	2,25	68,35	47,50
AAC	21,00	16,25	4,82	2,65	22,32	14,25	2,00	74,62	52,50
AA/SD	17,00	14,75	4,70	2,35	17,00	12,75	2,25	68,65	46,25

Fonte: Elaboração do próprio autor.

**01/01/2017:** contagem da população inicial de plantas dentro da cota de avaliação, seguido do controle de ervas daninhas emergentes pela pulverização com sal de amônio glifosato em concentração de 792,5 g.Kg<sup>-1</sup>, e dosagem de aplicação de 2,0 Kg.ha<sup>-1</sup>, sendo utilizada vazão de 300,0 L.ha<sup>-1</sup>;

**18/01/2017:** pulverização do inseticida acefato com concentração de 750 g.Kg<sup>-1</sup> e dosagem de aplicação de 0,8 Kg.ha<sup>-1</sup>, para o controle de percevejos marrons (*Euschistus heros*), e fungicida azoxistrobina em concentração de 200 g.L<sup>-1</sup> mais ciproconazol em concentração de 80 g.L<sup>-1</sup> e dosagem de aplicação de 1,0 L.ha<sup>-1</sup>, para a prevenção de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), sendo utilizada vazão de 300,0 L.ha<sup>-1</sup>;

**07/02/2017:** pulverização com os inseticidas flubendiamida em concentração de 400 g.L<sup>-1</sup> e dosagem de aplicação de 0,07L. ha<sup>-1</sup>, metomil em concentração de 261 g.L<sup>-1</sup> e dosagem de aplicação de 0,6L.ha<sup>-1</sup>, para o controle de lagartas do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), e fungicida azoxistrobina em concentração de 200 g.L<sup>-1</sup> mais ciproconazol em concentração de 80 g.L<sup>-1</sup> e dosagem de aplicação de 1,0 L.ha<sup>-1</sup>, para a prevenção de ferrugem asiática, sendo utilizada vazão de 300,0 L.ha<sup>-1</sup>;

**30/04/2017:** recontagem da população na área designada para avaliação com o intuito de expressar a população final de plantas e colheita feita manualmente pela retirada e enfeixamento das plantas presentes na mesma área. Para posteriores análises biométricas, foram coletadas 10 plantas na mesma linha de semeadura, subjacente a área de avaliação, sendo estas: altura da planta, diâmetro do caule, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, número inicial de plantas, número final de plantas, índice de sobrevivência, grãos viáveis por planta, grão inviáveis por planta, produtividade, e matéria seca da planta de soja.

#### **4.2.2.2. Ensaio de sorgo**

**24/05/2017:** dessecação das parcelas que receberam os tratamentos, sistema de semeadura direta contínuo e cultivo mínimo, realizadas com sal de amônio glifosato em concentração de 792,5 g.Kg<sup>-1</sup>, e dosagem de aplicação de 2,5 Kg.ha<sup>-1</sup>, acrescido de 2,4D em concentração de 806 g.L<sup>-1</sup>, e dosagem de aplicação de 1,0L.ha<sup>-1</sup>, paraquat em concentração de 200 g.L<sup>-1</sup>, e dosagem de aplicação de 1,0L.ha<sup>-1</sup>, mais adjuvante óleo mineral a dosagem de aplicação de 1,5 L.ha<sup>-1</sup>, a uma vazão de pulverização de 300,0 L ha<sup>-1</sup>, sendo utilizado como equipamentos, pulverizador da marca Jacto,



modelo Condor 80, com controle elétrico de pulverização, barras de 14,00 m, e pontas de pulverização tipo leque espaçadas a 0,50 m, acoplado ao sistema de levante hidráulico e terceiro ponto de um trator de pneus, marca New Holland, modelo TL 75-E, tração 4x2, com 57,41 Kw de potência no motor;

**30/05/2017:** utilização de grade média, composta por 16 discos recortados de 28'', acoplada a barra de tração de um trator de pneus, marca Valmet, modelo 985, tração 4x2, com 73,60 Kw de potência no motor, em sistema de meia passada de gradagem, para o preparo primário do solo nas parcelas com grade pesada e arado de aiveca, visando o rompimento da camada superficial de 0,00 a 0,10 m compactada; simultaneamente realizou-se a subsolagem das parcelas experimentais com cultivo mínimo, sendo utilizado como equipamentos, subsolador da marca Jan, modelo Jumbo Matic, composto por 5 hates espaçadas em 0,45 m, discos de corte para palha de 18'' e rolo destorroador, acoplado a barra de tração de um trator de pneus marca John Deere, modelo 6110-J, tração 4x2, com 80,96 Kw de potência no motor;

**08/06/2017:** preparo do solo das parcelas experimentais com grade pesada, sendo utilizado como equipamentos, uma grade pesada marca tatú, modelo GAPCR, composta por 14 discos recortados com diâmetro de 32'', acoplado a barra de tração de um trator de pneus marca John Deere, modelo 6110-J, tração 4x2, com 73,60 Kw de potência no motor e, simultaneamente o preparo do solo das parcelas experimentais com arado de aiveca, sendo utilizado como equipamentos, um arado de aiveca marca ikeda, modelo fixo MF, composto por 3 aivecas recortadas com largura de corte de 0,12 m, acoplado na barra de tração do trator de pneu da marca Valmet, modelo 985, tração 4x2, com 73,60 Kw de potência máxima no motor;

**09/06/2017:** manejo secundário com grade média nas parcelas experimentais de grade pesada e arado de aiveca, com intuito a diminuir o número de torrões deixados por estes preparos;

**23/06/2017:** manejo terciário com grade leve nas parcelas de grade pesada e arado de aiveca anteriormente preparadas com grade média no manejo secundário, sendo utilizado os equipamentos, grade leve marca tatú, composta por 32 discos de 22'', acoplada a barra de tração de um trator de pneus marca massey Ferguson, modelo MF275, tração 4x2, com 55,20 Kw de potência no motor;

**25/06/2017:** nova dessecação com paraquat em concentração de 200g.L<sup>-1</sup>, e dosagem de aplicação de 1,0L. ha<sup>-1</sup>, mais óleo mineral na dosagem de aplicação de 1,0L. ha<sup>-1</sup>, e vazão de pulverização a 300,0 L ha<sup>-1</sup>;

**18/07/2017:** tratamento das sementes do cultivar de sorgo rancheiro semealli, sendo utilizado piraclostrobina em concentração de 25 g.L<sup>-1</sup> mais tiofanato metílico em concentração de 225 g.L<sup>-1</sup>, a dosagem de aplicação de 0,15L para 100 Kg de sementes, sendo a homogeneização realizada através de betoneira com recipiente plástico acionada eletricamente;

**18/07/2017:** A semeadura foi realizada pela mesma semeadora adubadora pantográfica utilizada na cultura da soja, regulada para a deposição de 330.000 pl.ha<sup>-1</sup>, e 250 Kg.ha<sup>-1</sup> do formulado granulado 8:28:16 de acordo com a interpretação de análise química do solo (Tabela 2), via extração da cultura anterior soja;

**02/08/2017:** contagem da população inicial de plantas dentro da cota de avaliação.

**16/08/2017:** adubação de cobertura com uréia a 45% de N, na dosagem de 200 Kg.ha<sup>-1</sup>, sendo utilizado os equipamentos, distribuidor de fertilizantes marca vincon, modelo PS 603, munido de mecanismo de dispersão pendular e sistema dosador tipo comporta, acoplado ao sistema de levante hidráulico e terceiro ponto de um trator de pneus marca massey Ferguson, modelo MF275, tração 4x2, com 55,20 Kw de potência no motor;

**18/08/2017:** pulverização do herbicida atrazina em concentração de 500g.L<sup>-1</sup>, e dosagem de aplicação de 1,0 L. ha<sup>-1</sup> acrescido do inseticida tiametoxan em concentração de 141 g.L<sup>-1</sup> mais lambda-cialotrina em concentração de 106 g.L<sup>-1</sup> a dosagem de aplicação de 1,0L. ha<sup>-1</sup>, e óleo mineral a dosagem de 1,0 L. ha<sup>-1</sup>, com vazão de pulverização a 250,0 L ha<sup>-1</sup>;

**14/11/2017:** recontagem da população na área designada para avaliação com o intuito de expressar a população final de plantas e colheita feita manualmente pela retirada e enfeixamento das plantas presentes na mesma área. Para posteriores análises biométricas, foram coletadas 10 plantas na mesma linha de semeadura, subjacente a área de avaliação, sendo estas: altura da planta, altura da panícula, comprimento da panícula, diâmetro de caule, número inicial de plantas, número final de plantas, índice de sobrevivência, produtividade, e matéria seca da planta de sorgo.

#### **4.2.3. Determinação dos atributos físicos do solo**

O levantamento dos atributos físicos do solo foi efetuado após a colheita da soja. Avaliou-se: densidade de partícula (**Dp**), densidade do solo (**Ds**),

macroporosidade (**Ma**), microporosidade (**Mi**), porosidade total (**Pt**), e a quantificação de carbono orgânico total (**COT**), sendo utilizadas para estas determinações 56 amostras, das quais 28 referentes a camada de 0,00 a 0,10 m e mais 28 a camada de 0,10 a 0,20 m.

Seguiu-se as seguintes metodologias:

**Dp** ( $\text{kg.dm}^{-3}$ ): determinada pelo método do álcool (balão volumétrico), conforme metodologia preconizada por Embrapa (2011),

**Ds** ( $\text{kg.dm}^{-3}$ ); **Mi** ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ): Método do monólito indeformado preconizado pela mesa de tensão Embrapa (2011);

**Pt** ( $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$ ): equação estabelecida pela Embrapa (2011);

**Ma** ( $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$ ): estimada pela diferença entre **Pt** e **Mi**.

**COT** ( $\text{g.dm}^{-3}$ ): foi determinada pelo método de perda de massa por ignição de acordo com Bem Dor e Banin (1989), em duas subamostras de solo em cada parcela.

#### 4.2.4. Biometria das culturas de soja e sorgo

Os levantamentos biométricos foram realizados na cota de avaliação de cada tratamento.

**População inicial e final de plantas:** para determinar a população inicial e final foram contadas as plantas presentes em 3 linhas de 5 metros de comprimento, 15 dias após a emergência das plantas (População inicial) e na colheita (População final), os valores encontrados foram extrapolados para plantas. $\text{ha}^{-1}$ .

**Produtividade ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ):** após a colheita das parcelas de avaliação, a produtividade de grãos de soja e sorgo foi obtida pelo processo de debulha em trilhadora de acionamento elétrico, sendo a massa de grãos pesada em balança de precisão em escala de 100 gramas, e posteriormente expressa em  $\text{kg.ha}^{-1}$ .

**Massa de palha ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ):** a massa de palha foi obtida pela diferença entre a massa de grãos e a massa total (planta mais grãos) em Kg. Os valores encontrados foram extrapolados em  $\text{kg.ha}^{-1}$ , sendo esta medida utilizada para a determinação da matéria seca de plantas de soja e sorgo.

#### 4.2.4.1. *Biometria de Soja*

Os levantamentos biométricos foram realizados por amostragem, em 10 plantas de soja, coletadas na mesma linha de semeadura, próximo a parcela de avaliação:

- **Altura de planta:** Medida através de régua graduada em (cm), tendo como padrão para retirada da média, a distância do alo demarcatório de emergência do caule em relação à superfície do solo até o ápice da planta.
- **Altura de inserção de 1ª vagem:** levantada pela distância em (cm), também por régua graduada em (cm), tendo como padrão para retirada da média, o alo demarcatório de emergência do caule em relação à superfície do solo até a inserção da 1ª vagem.
- **Diâmetro do caule:** mensurado com o auxílio de paquímetro graduado em (mm), tendo como padrão para retirada da média, o alo de emergência do caule em relação a superfície do solo.
- **Número de vagens por planta:** feito pela contagem manual de vagens por planta.
- **Número de grãos por vagem:** determinado pela divisão entre o número total de grãos por planta e vagens por planta.
- **Grãos viáveis e inviáveis por planta:** determinados pela subtração do número de grãos inviáveis (murchos e danificados) da massa de 1000 grãos.
- **Massa de 1000 grãos:** após correção da umidade a 13% (umidade de comercialização), calculado de acordo com as regras para a análise de sementes Mapa (2009).

#### 4.2.4.2. *Biometria de Sorgo*

Os levantamentos biométricos foram realizados por amostragem, em 10 plantas de sorgo, coletadas na mesma linha de semeadura, próximo a parcela de avaliação.

- **Altura de planta:** mensurada com o auxílio de régua graduada em (cm), sendo levantada a medida da distância do corte em relação a superfície do solo até a última folha do ápice da planta.

- **Altura de panícula:** determinada em sequência, também em (cm), pela medida do corte em relação à superfície do solo até a base da panícula.
- **Comprimento de panícula:** determinado por régua graduada em (cm), sendo mensurada pela distância da base do cacho até seu ápice.
- **Diâmetro do caule:** mensurado com o auxílio de paquímetro graduado em (mm), tendo como padrão para retirada da média, a região do primeiro nó, logo após o corte em relação à superfície do solo.

#### 4.2.5. Análise estatística

Os resultados estatísticos de ambos os ensaios foram realizados pelos programas computacionais: SISVAR ® (Ferreira, 2000), sendo inicialmente aplicada análise de variância pelo teste F, seguido da comparação de médias duas a duas pelo teste de Tukey a 5% e 10% de significância, e AgroEstat (BARBOSA, MALDONADO JR, 2015) para as análises de correlação a 1% e 5% de significância.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. CULTURA DA SOJA

Verificou-se que a população inicial e final de plantas de soja diferiu estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 3). Manejos convencionais seguidos por manejos conservacionistas, como arado de aiveca convertido para sistema de semeadura direta há 3 anos, grade pesada convertido para sistema de semeadura direta há 3 anos e sistema de semeadura direta contínuo há 4 anos, proporcionaram maiores números de plantas ha<sup>-1</sup>. Comportamento oposto foi observado no tratamento com arado de aiveca contínuo há 4 anos, apresentando população média inicial 17,83% e final 12,15% inferior ao sistema arado de aiveca convertido para sistema de semeadura direta há 3 anos.

**Tabela 3** - Valores médios de população inicial e final de plantas de soja e índice de sobrevivência (%), em sete sistemas de manejos do solo.

Causas da Variação		População (Plantas/ha)		Sobrevivência
		Inicial	Final	%
Manejos	SPDC	279009 ab	255923 a	92
	CMC	252837 b	237034 cd	94
	CM/SD	267774 ab	250367 abc	93
	GPC	254812 ab	244935 bcd	96
	GP/SD	275552 ab	261232 ab	95
	AAC	229256 c	224812 d	98
	AA/SD	283947 a	262960 a	92
F	-	8,6570*	4,1540*	0,2660 <sup>ns</sup>
DMS	-	29701,2429	17786,4715	6,9423
CV (%)	-	5,44	3,33	5,63

\*\*\* (10%); <sup>ns</sup> (não significativo). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. **SPDC** – sistema de plantio direto contínuo de 23 anos de implantação; **CM/SD** – preparo do solo com cultivo mínimo seguido de 7° safras com plantio direto; **GP/SD** – preparo convencional do solo com grade pesada seguido de 7° safras com plantio direto; **AA/SD** preparo do solo com arado de aiveca seguido de 7° safras com plantio direto; **CMC**- Sistema de manejo com cultivo mínimo contínuo de 7° safras; **GPC**- Preparo convencional do solo com grade pesada contínua de 7° safras e **AAC**- Preparo convencional do solo com arado de aiveca contínuo de 7° safras.

Observou-se diferença estatística entre os manejos com maiores populações finais de plantas de soja, para os tratamentos com arado de aiveca convertido para

sistema de semeadura direta há 3 anos e sistema de semeadura direta contínuo há 4 anos. Já nos manejos convencionais houve uma menor população de plantas, possível consequência da menor cobertura do solo por restos culturais proporcionar maior perda de teor de água no solo pelo aumento da taxa evaporativa, resultado também observado por Tavares, Benez e Silva (2016).

Outro parâmetro relativo ao menor número final de plantas nos manejos convencionais relacionou-se ao ataque de pássaros na emergência de plantas de soja, já nos manejos conservacionistas, a maior população final de plantas possivelmente está relacionada à sua proteção natural gerada pela palha que recobre o solo.

Apesar de haver diferença entre as populações dos tratamentos, não foi possível observar variação estatística entre os manejos do solo para o índice de sobrevivência, porém o preparo convencional com arado de aiveca contínuo há 4 anos, resultou no maior índice de sobrevivência de plantas pela menor competição intraespecífica por água, luz e nutrientes (Tabela 3).

Os diferentes manejos do solo interferiram significativamente nos valores biométricos de plantas de soja, em diâmetro de caule, altura de planta e inserção da primeira vagem e número de vagens por planta (Tabela 4). Observou-se que o diâmetro do caule no sistema de cultivo mínimo contínuo há 4 anos, foi superior ao preparo convencional com arado de aiveca contínuo há 4 anos em 10,34%, porém a altura de planta e inserção da primeira vagem foi inversamente proporcional à variável diâmetro de caule. Dias (2017), observou comportamento semelhante em relação ao diâmetro da haste e o número de ramificações da planta de soja, mostrando que os valores das variáveis são inversamente proporcionais com o aumento da densidade de semeadura.

Para a variável altura de inserção da primeira vagem, o tratamento com grade pesada contínuo há 4 anos, apresentou a maior altura, não diferindo estatisticamente dos tratamentos com preparo de solo com arado de aiveca transformado em sistema semeadura direta contínuo há 3 anos e sistema de semeadura direta contínuo há vinte e quatro anos, exceto o sistema de cultivo mínimo contínuo há 3 anos, com a menor altura de inserção.

Armond (2013), também constatou efeito significativo entre os manejos de solo com maior altura de inserção da primeira vagem de soja no plantio direto, independente o tipo de semeadura realizada, em linha ou cruzada, bem como houve

interação significativa com maior estatura de plantas entre os sistemas de manejo convencional, seguido de cultivo mínimo e plantio direto.

**Tabela 4** - Valores médios de diâmetro do caule ( $\emptyset$ ), altura de inserção da primeira vagem (1ª vagem) e altura da planta (Planta), e número de grãos por vagem (NGV), em sete sistemas de manejo do solo.

Causas da Variação		$\emptyset$ (cm)	Altura (cm)		NGV
			1ª vagem	Planta	
Manejos	SPDC	0,904 ab	10,65 abc	71,32 b	1,70 b
	CMC	0,928 a	7,30 c	70,65 b	1,92 ab
	CM/SD	0,866 ab	9,76 bc	69,12 b	1,80 ab
	GPC	0,900 ab	14,16 a	78,42 a	2,07 ab
	GP/SD	0,892 ab	10,13 bc	69,25 b	2,10 ab
	AAC	0,832 b	9,06 bc	70,72 b	2,12 a
	AA/SD	0,857 ab	11,56 ab	69,30 b	2,00 ab
F	M	2,1600**	6,2400**	11,21**	2,70**
DMS	M	0,0928	4,0023	4,5740	0,4082
CV (%)	-	5,0514	16,5037	2,7472	10,0062

\*\* (5%); <sup>ns</sup> (não significativo). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. **SPDC** – sistema de plantio direto contínuo de 23 anos de implantação; **CM/SD** – preparo do solo com cultivo mínimo seguido de 7º safras com plantio direto; **GP/SD** – preparo convencional do solo com grade pesada seguido de 7º safras com plantio direto; **AA/SD** preparo do solo com arado de aiveca seguido de 7º safras com plantio direto; **CMC**- Sistema de manejo com cultivo mínimo contínuo de 7º safras; **GPC**- Preparo convencional do solo com grade pesada contínua de 7º safras e **AAC**- Preparo convencional do solo com arado de aiveca contínuo de 7º safras.

Marques (2010), preconiza que a altura mínima de inserção da primeira vagem deve estar entre 0,10 e 0,15 m, alturas consideradas adequadas para o sistema de corte das atuais plataformas de colheita, sendo considerados aptos os tratamentos do preparo convencional com grade pesada contínuo há quatro anos, preparo de solo com arado de aiveca transformado em sistema semeadura direta contínuo há três anos e sistema de semeadura direta contínuo há vinte e quatro anos.

Souza, Rosa e Fietz (2010), constataram que a altura de inserção da primeira vagem variou entre 0,60 e 0,13 m, em duas safras seguidas com o mesmo manejo, semelhante aos dados observados no presente trabalho, sendo 0,73 m para o cultivo mínimo contínuo há quatro anos, e 0,14 m para o preparo convencional do solo com grade pesada contínuo há quatro anos (Tabela 4).



Observa-se também, na (Tabela 4), que a altura de plantas diferenciou estatisticamente entre os sistemas de manejo do solo. Houve superioridade do preparo convencional com grade pesada contínuo há quatro anos em comparação aos demais tratamentos sendo este superior em 9,05% ao sistema de semeadura direta contínuo há vinte e quatro anos, 9,81% ao preparo convencional com arado de aiveca contínuo há quatro anos, 9,90% ao cultivo mínimo contínuo há quatro anos, 11,62% ao preparo de solo com arado de aiveca transformado em sistema semeadura direta contínuo há três anos, 11,69% ao preparo de solo com grade pesada transformado em sistema semeadura direta contínuo há três anos e 11,85% ao cultivo mínimo seguido de sistema de semeadura direta há três anos.

Amorim et al. (2011), constataram que a altura de plantas apresenta uma relação direta com a altura de inserção da primeira vagem e a época de semeadura, sendo que o último fator afeta de modo acentuado a arquitetura e o comportamento da planta, devido a um conjunto de fatores ambientais, como o fotoperíodo e a temperatura, influenciando diretamente o comportamento do cultivar. Os mesmos autores relatam que a altura de inserção da primeira vagem e a altura de planta, número de vagens por planta e produtividade de grãos de soja, diferenciaram entre as combinações de manejo de solo.

Observa-se na (Tabela 5), que o número de vagens por planta, grãos inviáveis e viáveis por planta, e produtividade de grãos de soja, diferenciaram significativamente entre os manejos do solo, porém este fato não foi observado na massa de 1000 grãos e produtividade de palha de planta.

Os manejos conservacionistas de preparo de solo com grade pesada transformado em sistema semeadura direta contínuo há três anos, sistema de semeadura direta contínuo há vinte e quatro anos e cultivo mínimo contínuo há quatro anos, proporcionaram maior emissão de vagens por planta e número de grãos considerados como sadios pela massa de 1000 grãos (Tabela 5), refletindo no aumento da produtividade de grãos, diferentemente do preparo convencional com arado de aiveca contínuo há quatro anos que devido à menor estabilização populacional de plantas (Tabela 4), proporcionou menor emissão de vagens.planta<sup>-1</sup>, sendo 25,51%, 24,72%, e 23,15% inferior aos referidos tratamentos.

Segundo Goffi et al. (2017), a redução do número de gemas reprodutivas reduz o número de vagens na planta, sendo uma saída encontrada pela planta para aumentar o número de grãos por vagem.

**Tabela 5** - Valores médios do número de vagens.planta<sup>-1</sup> (**VP**), grãos inviáveis.planta<sup>-1</sup> (**GIP**), grãos viáveis.planta<sup>-1</sup> (**GVP**), Massa de 1000 grãos (**1000 G**), produtividade de grãos e matéria seca de palha de planta de soja, em função dos manejos de solo.

Causas de Variação	Número			Massa(g)	Prod. (kg.ha <sup>-1</sup> )		
	VP	GIP	GVP	1000 G	Grão	Palha	
SPDC	97 a	5 b	161 bc	105,44	3651 a	4474	
CMC	95 a	4 b	178 ab	106,15	3649 a	4469	
CM/SD	89 ab	4 b	158 bc	103,51	3441 a	4045	
Manejos	GPC	79 ab	14 a	150 bc	105,09	3365 a	3980
	GP/SD	98 a	4 b	203 a	103,36	3750 a	4497
	AAC	73 b	12 a	140 c	100,53	2422 b	3881
	AA/SD	80 ab	5 b	157 bc	106.23	3575 a	4023
F	-	9,06**	33,87**	9,06**	1,85 <sup>ns</sup>	4,49**	2,81 <sup>ns</sup>
DMS	-	32,4566	3,1726	32,4566	6,9869	1001,1104	755,3089
CV (%)	-	8,4699	22,01	8,4699	2,97	12,58	7,53

\*\* (5%); <sup>ns</sup> (não significativo). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. **SPDC** – sistema de plantio direto contínuo de 23 anos de implantação; **CM/SD** – preparo do solo com cultivo mínimo seguido de 7° safras com plantio direto; **GP/SD** – preparo convencional do solo com grade pesada seguido de 7° safras com plantio direto; **AA/SD** preparo do solo com arado de aiveca seguido de 7° safras com plantio direto; **CMC**- Sistema de manejo com cultivo mínimo contínuo de 7° safras; **GPC**- Preparo convencional do solo com grade pesada contínua de 7° safras e **AAC**- Preparo convencional do solo com arado de aiveca contínuo de 7° safras.

Segundo Souza, Rosa e Fietz (2010), com o aumento da densidade de plantas há redução no número de vagens por planta e do número de grãos por vagem, efeito evidenciado pelo aumento da competição entre plantas. Ainda de acordo com os mesmos autores, houve efeito compensatório positivo para os cultivares Roundup Ready™, em razão da redução do número de ramificações por planta ser compensada pelo maior número de plantas por área, uma vez que a concorrência intraespecífica é aumentada com o adensamento populacional, alterando-se diretamente a emissão de ramos por planta.

Dentre os manejos do solo, os preparos convencionais com grade pesada contínuo há quatro anos e arado de aiveca contínuo há quatro anos, proporcionaram maior presença de grãos inviáveis por planta, conseqüentemente a quantidade de grãos considerados sadios foi reduzida, principalmente no manejo com arado de aiveca contínuo há quatro anos, por apresentar menor estabilidade populacional e altura de plantas.

Apesar de não haver diferença estatística para a massa de 1000 grãos entre os manejos do solo, os sistemas conservacionistas apresentaram valores substanciais para esta variável. Dias (2017), relata que o aumento da massa de 1000 grãos está em razão da redução da densidade de semeadura, que proporciona menor número de grãos por vagem e maior número de vagens por plantas, com conseqüente menor competição por fotoassimilados, sendo estes potencialmente concentrados em um menor número grãos.

Observa-se na (Tabela 5), que os manejos do solo não influenciaram significativamente no incremento a produtividade de grãos de soja, exceto o preparo convencional com arado de aiveca contínuo há 4 anos, sendo menos produtivo  $1328 \text{ kg.ha}^{-1}$  ( $22,13 \text{ sc.ha}^{-1}$ ) ao preparo de solo com grade pesada transformado em sistema semeadura direta contínuo há três anos,  $1229 \text{ kg.ha}^{-1}$  ( $20,48 \text{ sc.ha}^{-1}$ ) ao sistema de semeadura direta contínuo há 24 anos,  $1227 \text{ kg.ha}^{-1}$  ( $20,45 \text{ sc.ha}^{-1}$ ) ao cultivo mínimo contínuo há 4 anos,  $1153 \text{ kg.ha}^{-1}$  ( $19,21 \text{ sc.ha}^{-1}$ ) ao arado de aiveca transformado em sistema semeadura direta contínuo há três anos,  $1019 \text{ kg.ha}^{-1}$  ( $16,98 \text{ sc.ha}^{-1}$ ) ao cultivo mínimo seguido de sistema de semeadura direta há três anos, e  $943 \text{ kg.ha}^{-1}$  ( $15,71 \text{ sc.ha}^{-1}$ ) ao preparo convencional com grade pesada contínuo há quatro anos.

O tipo de manejo durante o ano torna-se eficaz no aumento da qualidade das propriedades físicas do solo, mediante o desenvolvimento de sistemas radiculares sob o complexo semeadura direta em rotação de culturas, e o uso de culturas como cobertura serem essenciais para a elevação da produtividade de grãos de soja.

Souza et al. (2010) afirmam que os fatores de arranjo entre plantas e espaçamentos provocam mudanças no desenvolvimento da cultura da soja, em razão da amplitude de umidade, temperatura do solo e fotoperíodo, quando se variam as épocas de semeadura em regiões de maiores latitudes.

Nota-se, na (Tabela 6), que houve correlação positiva e significativa entre a altura de planta e a altura de inserção da primeira vagem ( $0,501^{**}$ ). De acordo com Cruz et al. (2016) e Ribeiro et al. (2017), o adensamento populacional provoca o estiolamento e menor emissão de ramificações laterais em plantas de soja de hábito de crescimento indeterminado.

Com o aumento do tamanho da planta consecutivamente ocorre o aumento da altura de inserção da primeira vagem. Houve também correlação positiva e significativa entre altura de planta e aumento do número de grãos inviáveis por planta ( $0,645^{**}$ ).

**Tabela 6** - Matriz de correlação linear dos atributos biométricos da cultura da soja em um Latossolo Vermelho Distroférico da Fazenda de Ensino e Pesquisa/UNESP (Selvíria, MS).

	AL.PL	D.CAL	ALT.IN	N.V.PL	N.I.PL	N.F.PL	IND.S	GR.V	GR.IN	PROD.
D.CAL	0,18 <sup>NS</sup>									
ALT.IN	0,50 <sup>**</sup>	0,25 <sup>NS</sup>								
N.V.PL	-0,18 <sup>NS</sup>	0,66 <sup>**</sup>	-0,06 <sup>NS</sup>							
N.I.PL	-0,11 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>NS</sup>	0,13 <sup>NS</sup>	0,32 <sup>NS</sup>						
N.F.PL	-0,06 <sup>NS</sup>	0,053 <sup>NS</sup>	0,13 <sup>NS</sup>	0,33 <sup>NS</sup>	0,68 <sup>**</sup>					
IND.S	0,07 <sup>NS</sup>	-0,03 <sup>NS</sup>	-0,00 <sup>NS</sup>	-0,03 <sup>NS</sup>	0,50 <sup>**</sup>	0,28 <sup>NS</sup>				
GR.V	-0,24 <sup>NS</sup>	0,46 <sup>*</sup>	-0,06 <sup>NS</sup>	0,69 <sup>**</sup>	0,69 <sup>**</sup>	0,31 <sup>NS</sup>	0,33 <sup>NS</sup>			
GR.IN	0,64 <sup>**</sup>	-0,11 <sup>NS</sup>	0,33 <sup>NS</sup>	-0,55 <sup>**</sup>	-0,54 <sup>**</sup>	-0,37 <sup>NS</sup>	0,29 <sup>NS</sup>	-0,51 <sup>**</sup>		
PROD	0,00 <sup>NS</sup>	0,32 <sup>NS</sup>	0,16 <sup>NS</sup>	0,34 <sup>NS</sup>	0,47 <sup>**</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	-0,43 <sup>*</sup>	0,43 <sup>*</sup>	-0,53 <sup>**</sup>	
MS	-0,33 <sup>NS</sup>	-0,39 <sup>*</sup>	-0,05 <sup>NS</sup>	-0,33 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>NS</sup>	0,25 <sup>NS</sup>	0,29 <sup>NS</sup>	-0,00 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>NS</sup>	-0,25 <sup>NS</sup>

\*significativo a 10%; \*\*significativo a 5%; ns (não significativo). AL.PL – altura da planta (cm), D.CAL – diâmetro do caule (cm), ALT.IN – altura de inserção da primeira vagem (cm), N.V.PL - número de vagens por planta, N.I.PL – número inicial de plantas (pl.ha<sup>-1</sup>), N.F.PL – número final de plantas (pl.ha<sup>-1</sup>), IND.S – índice de sobrevivência (%), GR.V – grãos viáveis por planta, GR.IN - grão inviáveis por planta, PROD – produtividade (kg.ha<sup>-1</sup>), MS – matéria seca da planta (kg.ha<sup>-1</sup>).

Nota-se também correlação positiva entre diâmetro de caule (Tabela 6) e o número de vagens por planta (0,662\*\*), e grãos inviáveis por planta negativa para produtividade de soja (-0,530\*\*) e palha, em que o número de vagens por planta está relacionado positivamente como o número de grãos viáveis por planta (0,698\*\*).

A correlação positiva reflete no aumento da produtividade de grãos viáveis e no aumento da produtividade de grãos de soja, inversamente negativa no aumento de grãos inviáveis e queda da produtividade. Casos semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2011), em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, onde a resposta da cultura de soja ao incremento de doses de inoculantes e nitrogênio mineral na semeadura, possibilitaram aumento no número de vagens por planta, porém, sem incremento significativo na produtividade de grãos.

**Tabela 7** - Valores médios para densidade de partícula (Dp), densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), Microporosidade (Mi), porosidade total (Pt) e carbono orgânico total (COT), em função dos manejos de solo, na camada 0,00 a 0,10 m, em sete sistemas de manejo.

Causas da Variação		Dp	Ds	Ma	Mi	Pt	COT
		(Kg/dm <sup>3</sup> )		(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )			(Kg/dm <sup>3</sup> )
Manejos	SPDC	1,913 e	1,576	0,156	0,218 b	0,373 ab	49,01 a
	CMC	2,110 bc	1,575	0,120	0,215 b	0,333 b	36,61 ab
	CM/SD	2,083 cd	1,547	0,125	0,240 b	0,327 b	39,74 bc
	GPC	2.139 b	1,354	0,185	0,223 b	0,441 a	34,49 d
	GP/SD	2,105 cd	1,597	0,158	0,200 b	0,358 ab	39,57 bc
	AAC	2,279 a	1,363	0,173	0,303 a	0,435 a	33,67 d
	AA/SD	2,078 d	1,514	0,146	0,205 b	0,344 b	41,10 b
F	-	242,97***	1,83 <sup>ns</sup>	2,15 <sup>ns</sup>	5,90***	5,47***	22,09***
DMS	-	0,0286	0,3146	0,0663	0,0598	0,0835	4,3418
CV (%)	-	0,66	10,06	20,97	12,54	10,77	7,92

\*\*\* (10%); <sup>ns</sup> (não significativo). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. **SPDC** – sistema de plantio direto contínuo de 23 anos de implantação; **CM/SD** – preparo do solo com cultivo mínimo seguido de 7<sup>o</sup> safras com plantio direto; **GP/SD** – preparo convencional do solo com grade pesada seguido de 7<sup>o</sup> safras com plantio direto; **AA/SD** preparo do solo com arado de aiveca seguido de 7<sup>o</sup> safras com plantio direto; **CMC**- Sistema de manejo com cultivo mínimo contínuo de 7<sup>o</sup> safras; **GPC**- Preparo convencional do solo com grade pesada contínua de 7<sup>o</sup> safras e **AAC**- Preparo convencional do solo com arado de aiveca contínuo de 7<sup>o</sup> safras.

Para a camada de 0,00 a 0,10m (Tabela 7), houve variação estatística dos manejos do solo para os atributos físicos do solo, densidade de partícula, microporosidade, porosidade total e carbono orgânico total. A densidade de partícula nesta camada está diretamente relacionada a maior mobilização e revolvimento do solo pelo preparo contínuo com arado de aiveca contínuo há 4 anos, sendo inversamente proporcional ao sistema de semeadura direta contínuo há vinte e quatro anos em 16,05%.

Este fato pode ser confirmado pela semelhança do uso contínuo de grade pesada por 4 anos, sendo o segundo tratamento a apresentar maior densidade de partícula. Silva et al. (2011) não verificaram influência de sistemas de manejo ou anos de cultivo na densidade de partículas, uma vez que a fração sólida mineral está ligada à gênese do solo, independentemente do tipo de manejo e/ou preparo do solo.

A superioridade do arado de aiveca contínuo há 4 anos, também foi observada para microporosidade e porosidade total, diferentemente dos demais manejo solo.

Assim como na porosidade total o maior volume de solo mobilizado pelo arado de aiveca contínuo há 4 anos e grade pesada contínuo há 4 anos, proporcionaram tamanhos de agregados suficientes para manter a maior quantidade de poros e uma menor densidade do solo.

Apesar de não ser constatada diferença estatística, o sistema de semeadura direta contínuo há 24 anos, mostrou ser mais denso 14,08% em relação ao manejo com grade pesada contínuo há 4 anos e 13,51% ao arado de aiveca contínuo há 4 anos (Tabela 7). De acordo com Montanari (2009), há uma correlação direta entre as variáveis porosidade total e densidade do solo, com grandezas inversamente proporcionais, onde quanto maior a porosidade total de um solo, menor é a densidade do mesmo. Silva et al. (2011), também não constataram diferença na densidade do solo entre os sistemas de manejo.

De acordo com Kiehl (1979) a macroporosidade é uma classe de poros que após saturados por água, não tem a capacidade de a reter, sendo perdida pela gravidade ou pela evapotranspiração. Ainda segundo o autor, solos excessivamente manejados apresentam esta característica, vindo de encontro com os dados aferidos para os manejos com grade pesada contínuo há 4 anos e arado de aiveca contínuo há 4 anos (Tabela 7), apresentando as maiores porosidades totais, podendo esta característica ser uma das possíveis causas do elevado índice de grãos inviáveis por planta (Tabela 4), no processo fonte dreno no enchimento de grãos, pela menor capacidade em retenção hídrica do solo, comparado com as características físicas do mesmo solo em manejos conservacionistas, os quais apresentam menor macroporosidade, e maior capacidade em retenção hídrica.

Segundo Franchini et al. (2011) a compactação do solo é reconhecida como principal causa de degradação da qualidade física do solo, resultando em incrementos na sua densidade e resistência mecânica, bem como em reduções na porosidade total, macroporosidade, capacidade de infiltração de água, aeração e condutividade hidráulica. Reichert, Reinert e Braidá, (2013) evidenciaram que a densidade do solo no sistema de semeadura direta é significativamente maior do que no preparo convencional do solo, fato observado junto a Tabela 7.

O acúmulo de massa pelos restos culturais em duas safras por ano, associado ao sistema de semeadura direta contínuo há 24 anos, proporcionou um maior acúmulo

de carbono orgânico total, diferentemente dos preparos convencionais com grade pesada contínuo há 4 anos e arado de aiveca contínuo há 4 anos (Tabela 7). Segundo Nunes et al. (2011), os estoques de carbono e nitrogênio são determinados pelo balanço entre adição e perda no sistema, este balanço está relacionado com a quantidade de carbono orgânico total resultar menor taxa de mineralização do nitrogênio em razão da menor mobilização do solo.

**Tabela 8** - Valores médios de densidade de partícula (Dp), densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), Microporosidade (Mi), porosidade total (Pt) e carbono orgânico total (COT), em função dos manejos de solo, na camada 0,10 a 0,20 m.

Causas da Variação		Dp	Ds	Ma	Mi	Pt	COT
		(Kg/dm <sup>3</sup> )		(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )			(Kg/dm <sup>3</sup> )
Manejos	SPDC	2,234 bc	1,623	0,122	0,206	0,326	38,71 a
	CMC	2,228 c	1,644	0,115	0,209	0,327	39,63 a
	CM/SD	2,253 abc	1,644	0,131	0,201	0,332	35,41 ab
	GPC	2,234 bc	1,609	0,151	0,209	0,349	36,57 ab
	GP/SD	2,266 bc	1,593	0,122	0,208	0,313	33,35 b
	AAC	2,279 a	1,656	0,140	0,210	0,304	27,83 c
	AA/SD	2,240 bc	1,597	0,140	0,209	0,341	36,15 ab
F	-	5,862***	0,941 <sup>ns</sup>	1,038 <sup>ns</sup>	0,162 <sup>ns</sup>	1,264 <sup>ns</sup>	12,19***
DMS	-	0,032	0,123	0,053	0,031	0,057	4,4411
CV (%)	-	0,70	3,66	19,33	7,29	8,44	8,97

\*\*\* (10%); <sup>ns</sup> (não significativo). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. **SPDC** – sistema de plantio direto contínuo de 23 anos de implantação; **CM/SD** – preparo do solo com cultivo mínimo seguido de 7° safras com plantio direto; **GP/SD** – preparo convencional do solo com grade pesada seguido de 7° safras com plantio direto; **AA/SD** preparo do solo com arado de aiveca seguido de 7° safras com plantio direto; **CMC**- Sistema de manejo com cultivo mínimo contínuo de 7° safras; **GPC**- Preparo convencional do solo com grade pesada contínua de 7° safras e **AAC**- Preparo convencional do solo com arado de aiveca contínuo de 7° safras.

Tanto a densidade de partícula como carbono orgânico total diferiram significativamente entre os manejos do solo na camada de 0,10 a 0,20m (Tabela 8). A densidade de partícula foi estatisticamente superior no preparo convencional com arado de aiveca contínuo há 4 anos, razão da inversão da leiva do solo no sentido desta camada em 180°, de modo que a massa acumulada na superfície, juntamente com os torrões do solo fossem depositados nesta profundidade.

Nota-se maior acúmulo de carbono orgânico total na camada de 0,10 a 0,20 m (Tabela 8) nos manejos com cultivo mínimo há 4 anos e sistema de semeadura direta

contínuo há 24 anos. Este resultado corrobora com Cardoso (2017), que verificou em experimentos de longa duração (12,15 e 32 anos), em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico argiloso, menor teor de carbono orgânico no preparo convencional, devido a exposição e oxidação da matéria orgânica, reflexo do manejo do solo por aração ou gradagem após abertura da mata nativa no primeiro ano de implantação dos experimentos.

Segundo Sales et al. (2016), o maior conteúdo de carbono orgânico total no sistema de semeadura direta em relação ao sistema de semeadura convencional, está relacionado ao não revolvimento do solo, favorecendo maior acúmulo de carbono nas camadas superficiais, fato presenciado na camada de 0,00 a 0,10 m (Tabela 7). Já o preparo convencional promove a rápida oxidação da matéria orgânica.

## 5.2. CULTURA DO SORGO

Observa-se na Tabela 9, mesmo não havendo diferenças estatísticas entre os manejos de solo que há superioridade do sistema de cultivo mínimo em relação aos demais tratamentos. Este tratamento ao ser comparado com o sistema de grade pesada contínuo há 4 anos, é superior 4,81% em altura de plantas, 3,8% em altura de panículas, e 8,15% em número final de planas; já em relação ao arado de aiveca contínuo há 4 anos, é mais expressivo 4,04% em altura de plantas, 2,28% em altura de panículas, e 8,20% em número final de planas.

Verifica-se ainda na Tabela 9, que a manutenção do maior número final de plantas no manejo com cultivo mínimo contínuo há 4 anos proporcionou aumento no número de panículas e, conseqüente, maior produtividade de grãos de sorgo, sendo 6,46 % (422 Kg.ha<sup>-1</sup>) mais produtivo que o manejo com grade pesada contínuo há 4 anos, e 19,22 % (1315 Kg.ha<sup>-1</sup>) superior ao preparo com arado de aiveca contínuo há 4 anos.

A menor produtividade aferida nos sistemas convencionais de preparo de solo possivelmente está associada ao grande revolvimento de solo, que proporcionou menor densidade de solo, maior porosidade total e menor quantidade de microporos (Tabela 8). De acordo com Montanari (2009), a microporosidade é uma classe de poros diretamente associada a capacidade de retenção hídrica de um solo, onde a excessiva mobilização apresenta como característica menor quantidade de



microporos e maior de macroporos, parâmetros diretamente associados a menor capacidade em manutenção dos estoques de água pela ação da taxa evaporativa.

**Tabela 9** – Valores médios de altura de plantas (PLA) e panículas (PN), diâmetro de caule (D.C), população inicial (P.I), população final de plantas (P.F), índice de sobrevivência (I.S), produtividade de grãos e matéria seca de palha de sorgo, em função dos manejos do solo.

Causas de Variação	Altura (cm)		D.C (cm)	P.I (pl.ha <sup>-1</sup> )	P.F (pl.ha <sup>-1</sup> )	I.S (%)	Produtividade (kg.ha <sup>-1</sup> )		
	PLA	PN					Grão	Palha	
Manejos	SPDC	89,85	108,80	1,44	252960	227034	91,67	5636	8330
	CMC	91,77	111,57	1,36	267404	248145	98,25	6841	8005
	CM/SD	92,60	109,62	1,39	229997	242220	97,49	6544	8165
	GPC	87,37	107,25	1,19	237034	232590	92,56	6399	8127
	GP/SD	88,65	109,47	1,31	248516	216664	95,40	6060	8396
	AAC	88,07	109,02	1,35	255182	227775	89,70	5526	7294
	AA/SD	87,70	103,20	1,40	246293	234442	92,57	6605	8898
F	-	0,99 <sup>NS</sup>	0,73 <sup>NS</sup>	1,69 <sup>NS</sup>	1,74 <sup>NS</sup>	1,87 <sup>NS</sup>	1,31 <sup>NS</sup>	1,61 <sup>NS</sup>	0,84 <sup>NS</sup>
DMS	-	8,59	12,84	0,2571	38652,02	31541,57	11,49	1648,91	2200,05
CV (%)	-	4,61	5,69	9,13	7,48	6,51	5,88	12,72	12,93

\*\*\* (10%); <sup>ns</sup> (não significativo). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. **SPDC** – sistema de plantio direto contínuo de 24 anos de implantação; **CM/SD** – preparo do solo com cultivo mínimo seguido de 8° safras com plantio direto; **GP/SD** – preparo convencional do solo com grade pesada seguido de 8° safras com plantio direto; **AA/SD** preparo do solo com arado de aiveca seguido de 8° safras com plantio direto; **CMC**- Sistema de manejo com cultivo mínimo contínuo de 8° safras; **GPC**- Preparo convencional do solo com grade pesada contínua de 8° safras e **AAC**- Preparo convencional do solo com arado de aiveca contínuo de 8° safras.

Observa-se na (Tabela 10), correlação positiva para produtividade de grãos de sorgo e palha de planta (0,44\*), firmando que quanto maior a produtividade de grãos maior é a produção de palha pela planta, fato essencial atribuído a sistemas de rotação de cultura. Nascimento et al. (2014) relatam maior produtividade de massas verde e seca de planta, tanto quanto de grãos de sorgo, obtidos através do manejo com sistema plantio direto comparado aos tratamentos convencionais, pois a maior cobertura do solo por restos culturais proporciona maior retenção hídrica, o que coincide com os resultados apresentados neste experimento.

**Tabela 10** - Matriz de correlação linear dos atributos biométricos da cultura do sorgo em um Latossolo Vermelho Distroférico da Fazenda de Ensino e Pesquisa/UNESP (Selvíria, MS).

	AL.PL	AL.PN	C.PAN	D.CAL	N.I.PL	N.F.PL	IND.S	PROD.
AL.PAN	0,73**							
C.PAN	-0,08 <sup>NS</sup>	0,50**						
D.CAL	-0,03 <sup>NS</sup>	0,34 <sup>NS</sup>	-0,64**					
N.I.PL	0,11 <sup>NS</sup>	-0,01 <sup>NS</sup>	0,00 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>NS</sup>				
N.F.PL	-0,39*	0,22 <sup>NS</sup>	-0,14 <sup>NS</sup>	-0,10 <sup>NS</sup>	0,66**			
IND.S	0,34 <sup>NS</sup>	0,29 <sup>NS</sup>	-0,16 <sup>NS</sup>	-0,13 <sup>NS</sup>	0,46*	0,35 <sup>NS</sup>		
PROD	0,16 <sup>NS</sup>	-0,19 <sup>NS</sup>	0,16 <sup>NS</sup>	0,03 <sup>NS</sup>	0,32 <sup>NS</sup>	0,50**	0,19 <sup>NS</sup>	
MS	-0,11 <sup>NS</sup>	-0,31 <sup>NS</sup>	0,32 <sup>NS</sup>	0,19 <sup>NS</sup>	0,26 <sup>NS</sup>	0,33 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,44*

\*significativo a 1%; \*\*significativo a 5%; ns (não significativo). AL.PL – altura da planta (cm), AL.P – altura da panícula (cm), C.PAN – comprimento da panícula (cm), D.CAL – diâmetro de caule (cm), N.I.PL – número inicial de plantas (pl.ha<sup>-1</sup>), N.F.PL – número final de plantas (pl.ha<sup>-1</sup>), IND.S – índice de sobrevivência (%), PROD – produtividade (kg.ha<sup>-1</sup>), MS – matéria seca da planta (kg.ha<sup>-1</sup>).

## 6. CONCLUSÕES

O sistema de semeadura direta contínuo há 24 anos, apresentou a maior quantidade de carbono orgânico total em decorrência ao tempo de acúmulo e as práticas de rotação de culturas que vem ocorrendo ao longo do tempo por trata-se de uma área irrigada que no mínimo realizada semeadura de dois tipos de culturas por ano;

A maior presença de plantas de soja no momento da colheita resultou na elevação da produtividade de grãos de soja no tratamento de plantio direto de 7<sup>o</sup> safra seguida sobre preparo convencional do solo com grade pesada;

Os manejos do solo contínuo por grade pesada e arado de aiveca em safras seguidas de 7<sup>o</sup> safra proporcionaram menor presença e sobrevivência de plantas de soja, pelo maior campo de visão ao ataque de pássaros ter reduzido a produtividade de grãos de soja.

Os mesmos tratamentos de manejos do solo adotados para a cultura do sorgo apresentaram efeito nulo sobre das características biométricas;

Independentemente do tempo de implantação do SPD e manejo do solo adotado anteriormente a este sistema, continua sendo a opção mais viável economicamente para a região de Cerrado.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. A. ;SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuárias propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 717-723, 2001.
- AMORIM, F. A. et al. Época de semeadura no potencial produtivo de soja em Uberlândia-MG. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, n. 1, v. 32, p. 1793-1802, 2011.
- ANDREOTTI, M. et al. Produtividade da soja correlacionada com a porosidade e a densidade de um Latossolo Vermelho do cerrado brasileiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 3, p. 520-526, 2010.
- ARATANI, R. G. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 677-687, 2009.
- ARMOND, A. T. S. **Sistemas de semeadura e manejo do solo no desenvolvimento da cultura da soja**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2013.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. **Experimentação agrônoma e agro estatística: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônomicos**. Jaboticabal: FUNEP, 2015.
- BEM DOR, E; BANIN, A. Determination of organic matter content in arid zone soils using a simple "loss-on-ignition" method. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 20, p. 1675-1695, 1989.
- BENGOUGH, A. G. et al. Penetrometer techniques in relation to soil compaction and root growth. In: SMITH, K. A.; MULLINS, C. E. **Soil and environmental analysis: physical methods**. 2. ed. Edinburgh: Marcel Dekker, 2001. p. 377-403.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 6, p. 581-588, jun. 2004.
- BEUTLER, A. N. et al. Intervalo hídrico ótimo no monitoramento da compactação e da qualidade física de um Latossolo Vermelho cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1223-1232, 2007
- BORTOLETI JUNIOR, A. et al. A importância do plantio direto e do plantio convencional e as suas relações com o manejo e conservação do solo. **Revista Conexão Eletrônica**, Três Lagoas, v. 12, n. 1, p.296-306, jan. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/LzfpGF>>. Acesso em: 13 dez. 2017.
- CALONEGO, J.C. et al. Desenvolvimento de plantas de cobertura em solo compactado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 289-296, 2011.
- CARDOSO, F.C.P. **Carbono orgânico e glomalina afetados por sistemas de cultivo de longa duração**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2017.

COLLARES, G. L. et al. Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade do feijão e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 933-942, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos** – v 4 safra 2016/17 – Décimo segundo levantamento, Brasília; p 1-158. Setembro 2017. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 02 jan. 2018.

CRUZ, S. C. S. et al. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, n. 1, v. 3, p. 1-6, 2016.

DALLMEYER, A. U. **Eficiência energética e operacional de equipamentos conjugados de preparo de solo**. 1994. 157 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

DAN, H. A. et al. Desempenho de plantas sorgo granífero sobre condições de sombreamento. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 675-679, 2010.

DEBIASI, H. **Sistemas de preparo do solo**: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 72 p.

DEPERON JÚNIOR, M. A. D. et al. Implementos de preparo e níveis de compactação sobre atributos físicos de argissolo amarelo e aspectos agrônômicos da cultura do milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 2, 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/PLNQqv>>. Acesso: 05 dez. 2016.

DIAS, P. P. **Efeito das densidades e profundidades de semeadura sobre o desempenho agrônômico da soja**. 2017. 70 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017. Disponível em: <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq1569.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

DRESCHER, M. S. et al. Resistência à penetração e rendimento da soja após intervenção mecânica em latossolo vermelho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p.1836-1844, 2016.

DURÃES, F. O. M. et al. **Sistema agroindustrial do sorgo sacarino no Brasil e a participação público-privada**: oportunidades, perspectivas e desafios. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. Documentos, 138.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA SOLOS - Embrapa - **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2011. 229 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **História**. 2012. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/unidade/historia/>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 266 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014. 376 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Agência Embrapa de informações técnicas**, 2017. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAOSTAT.. **Statisticcs division**. Rome: FAO, 2015.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: SIB, 2000. p. 255-258.

FRANCHINI J. C. et al. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 52 p. Disponível em: <<https://goo.gl/7sN7k8>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

FREITAS, L. A. et al. Efeito dos sistemas conservacionistas do solo e residual do gesso sobre a cultura da soja. **Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais**, Sinop, v. 4, n. 6, p.375-379, 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/8tcVgj>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

GIRARDELLO, V. C. et al. Alterações nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob plantio direto induzidas por diferentes tipos de escarificadores e o rendimento da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2115-2126, 2011.

GIRARDELLO, V. C. et al. Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em Latossolo argiloso manejado sob plantio direto de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 1234-1244, 2014.

GIRARDELLO, V. C. et al. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento radicular da soja sob sistema plantio direto com tráfego controlado de máquinas agrícolas. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 2, p.86-96, 2017. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/995/99551919009/>>. Acesso em: 13 dez. 2017

GOFFI M. et al. Produtividade e retorno econômico da cultura da soja com tecnologia intacta®. **Agrarian Academy**: Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 4, n. 7, p. 380- 390, 2017.

GOMES, S. O. et al. Comportamento agrônomico e composição químico-bromatológico de cultivares de sorgo forrageiro no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, p. 2, 221-227, 2006.

GONÇALVES, S. L. et al. **Decomposição de resíduos de milho e soja em função do tempo e do manejo do solo**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 19 p. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 23.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 82, p. 121-145, 2005.

- KERTZMAN, F. F. **Modificações na estrutura e no comportamento de um latossolo roxo provocados pela compactação**. 1996. 153 f. Tese (Doutorado em Geografia Física). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. Agronômica Ceres, 1979. 264 p.
- KLUTHCOUSKI, J. **Efeito de manejo em alguns atributos de um Latossolo Roxo sob cerrado e nas características produtivas de milho, soja, arroz e feijão, após oito anos de plantio direto**. 1998. 179 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. **Implantação e manejo do sistema plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 36 p.
- LANÇAS, K. P. Subsolação ou escarificação. **Cultivar Máquinas**. Pelotas. v. 1, n. 14, p. 34-37, 2002.
- LIMA, R. P.; LEON, M. J.; SILVA, A. R. Comparação entre dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, p. 577-581, 2013.
- LOSS, A. et al. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 1-13, 2015.
- MAGALHÃES, P. C. et al. Exigências edafoclimáticas e fisiologia da produção. In: Borém, A., Pimentel, L., Parrela, R. (Ed.). **Sorgo: do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. da UFV, 2014. p. 58- 88.
- MARQUES, M. C. **Adaptabilidade, estabilidade e diversidade genética de cultivares de soja em três épocas de semeadura**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Regras para a análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA, 2009. 398 p.
- MONTANARI, R. **Aspectos da produtividade do feijoeiro correlacionados com atributos do solo sob sistemas de manejo de elevado nível tecnológico**. 2009. 172 f. Tese (Doutorado em Sistema de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Paulista, Ilha Solteira, 2009.
- MONTANARI, R. **Produtividade da soja em função de algumas propriedades do solo sob plantio direto em um ferralsol do cerrado brasileiro**. 2011. 175 f. Tese (Doutorado – Pós Doc.) - Instituto Universitário de Geología Isidro Argandoña, Universidade da Coruña, A Coruña, 2011.
- MUNIZ, A. W. et al. **Sistema plantio direto: conservação do solo e produção sustentável de grãos em terra firme do Amazonas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2014. 6 p.
- NUNES, R. S. et al. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo de cerrado com a sucessão soja-milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1407-1419, 2011.

NASCIMENTO, M. N. et al. Efeito de sistemas de manejo do solo e velocidade de semeadura no desenvolvimento do sorgo forrageiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 332-337, 2014.

OLIVEIRA, P. R. **Indicadores de qualidade física em Latossolos cultivados com milho e soja sob semeadura direta e cultivo convencional**. 2014. 116 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014. Disponível em: <<http://200.145.6.238/bitstream/handle/11449/121870/000819139.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

REICHERT, J. M. et al. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 3, p. 310-319, 2009.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 27, p. 29-48, 2013.

RIBAS, P. M. **Origem e importância econômica do sorgo: sorgo do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. da UFV, 2014. p. 9-36, 2014.

RICCE, W. S.; ALVES, S. J.; PRETE, C. E. C. Época de dessecação de pastagem de inverno e produtividade de grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1220-1225, 2011.

RICHART, A. et al. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.

RIBEIRO, A. B. M. et al. Productive performance of soybean cultivars grown in different plant densities. **Ciência Rural**, Santa Maria, n. 7, v. 47, p. 1-8, 2017.

RODRIGUES, J.A.S. **Sistema de produção**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 30 p.

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas. Modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 304 p.

SALES, R.P. et al. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 429-438, 2016.

SANTOS, G. G. et al. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, DF, v. 46, p. 1339-1348, 2011.

SANTOS, O. O. et al. Desempenho ecofisiológico de milho, sorgo e braquiária sob déficit hídrico e reidratação. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p. 203-212, 2014.

SECCO, D.; REINERT, D. J. Efeitos imediato e residual de escarificadores em Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 16, n. 3, p. 5261, 1997.

SEKI, A. S. **Demanda energética e produtividade da soja e do milho em áreas de plantio direto e cultivo mínimo**. 2010. 131 f. Tese (Doutorado em Energia na



- Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.
- SILVA, A. S. et al. Semeadura direta na produção do milho em agricultura de sequeiro na região Nordeste do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 9, p.1556-1562, 2011.
- SILVA, A. G. et al. Selection of sorghum and brachiaria cultivars in intercropping for straw and grains production. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 5, p. 2951-2964, 2015.
- SILVA, A. G. da et al. Consórcio de sorgo granífero com braquiárias na safrinha para produção de grãos e biomassa. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 3, p.495-508, 2018.
- SOUZA, C. A. et al. Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja ROUNDUP READY. **Revista Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 887-896, 2010.
- SOUZA, F. R.; ROSA, E. J. J.; FIETZ, C. R. Atributos físicos e desempenho agrônômico da cultura da soja em um latossolo vermelho distroférrico submetido a dois sistemas de manejos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, n. 6, v. 34, p. 1357-1364, 2010.
- SOUZA, F. H. **Desempenho das culturas de soja e milho e atributos físicos do solo em diferentes sistemas de preparo e retomada do sistema de plantio direto**. 2017. 67 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2017. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/151916/souza\\_fh\\_dr\\_ilha.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/151916/souza_fh_dr_ilha.pdf?sequence=3&isAllowed=y)>. Acesso em: 22 mar. 2018.
- STEFANOSKI, D. C. et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 12, p.1301-309, 2013.
- STIRZAKER, R. J. et al. Soil structure and plant growth: impact of bulk density and biopores. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 185, n. 1, p. 151-162, 1996.
- STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A.A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 207-212, 2002.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 489-490.
- TAVARES, L. A. F.; BENEZ, S. H.; SILVA, P. A. Características agrônômicas e demanda energética de cultivares de soja sob efeito dos sistemas de preparo do solo. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 4, n. 27, p. 92-108, 2016.
- TOLK, J. A.; HOWELL, T. A.; MILLER, F. R. Yield component analysis of grain sorghum grown under water stress. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 145, n. 1, p. 44-51, 2013.