

**A importância do sistema de plantio direto na palha para reestruturação do solo e restauração da matéria orgânica**

**La importancia del sistema de plantación directa em la paja para la reestructuración del suelo y la restauración de la materia orgânica**

**The Importance of Straw No-Tillage System for Soil Restructuring and Organic Matter Restoration**

Recebido: 16/10/2019 | Revisado: 20/10/2019 | Aceito: 22/10/2019 | Publicado: 29/10/2019

**Pedro Emílio Amador Salomão**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9451-3111>

Faculdade Presidente Antônio Carlos, Brasil

E-mail: [pedroemilioamador@yahoo.com.br](mailto:pedroemilioamador@yahoo.com.br)

**Werner Kriebel**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9451-3458>

Faculdade Presidente Antônio Carlos, Brasil

E-mail: [kriebel275@hotmail.com](mailto:kriebel275@hotmail.com)

**Arthur Amaral dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-2563-4582>

Faculdade Presidente Antônio Carlos, Brasil

Email; [arthurtec2016@hotmail.com](mailto:arthurtec2016@hotmail.com)

**Ana Clara Esteves Martins**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-2635-1258>

Faculdade Presidente Antônio Carlos, Brasil

Email: [anaclaraem@outlook.com](mailto:anaclaraem@outlook.com)

**Resumo**

As condições químicas, físicas e biológicas do solo são extremamente importantes para obtenção de uma produção agrícola satisfatória. O sistema de plantio direto na palha (SPD) contribui para minimizar a perda de solo na lavoura, garantindo a estabilidade de seus agregados através do revolvimento mínimo do solo e pela sobreposição do solo com uma camada vegetal. O presente trabalho tem como objetivo, por meio de revisão de literatura disponível, evidenciar que o sistema de plantio direto na palha promove a reestruturação do solo através da ação da matéria orgânica constituída por restos vegetais de culturas advindas

do processo de rotação de culturas. Visando minimizar problemas na produção agrícola como início do processo erosivo, o SPD utiliza de técnicas conservacionistas para promover a descompactação do solo e aumentar a biodiversidade do sistema produtivo pela diversidade de espécies proporcionadas pelo processo de rotação e sucessão de culturas. Com isso, o sistema de plantio direto aumenta a fertilidade natural do solo pela decomposição da matéria orgânica e pelo consórcio com plantas leguminosas que aumentam a concentração de nitrogênio (N) no solo. Pode-se concluir que o SPD proporciona inúmeros benefícios a curto, médio e longo prazo, possibilitando a solução de problemas ambientais encontrados na área de produção agrícola, tornando o sistema mais sustentável. Neste trabalho é feita uma revisão bibliográfica acerca do tema.

**Palavras-chaves:** produção agrícola; SPD; matéria orgânica; rotação de culturas; biodiversidade.

### **Abstract**

The chemical, physical and biological conditions of the soil are extremely important to obtain satisfactory agricultural production. The no-tillage system (SPD) contributes to minimize soil loss in the crop, ensuring the stability of its aggregates by minimal soil tillage and overlapping the soil with a vegetable layer. The present work aims, through a review of available literature, to show that the no-tillage system promotes soil restructuring through the action of organic matter built by crop residues from the crop rotation process. Aiming to minimize problems in agricultural production as the beginning of the erosive process, the SPD uses conservation techniques to promote soil decompression and increase the biodiversity of the production system through the diversity of species provided by the crop rotation and succession process. Thus, the no-tillage system increases the natural fertility of the soil by decomposing organic matter and intercropping with leguminous plants that increase the concentration of nitrogen (N) in the soil. Thus, it can be concluded that SPD provides numerous short, medium and long term benefits, enabling the solution of environmental problems found in the area of agricultural production, making the system more sustainable. In this work a bibliographical revision about the theme is made.

**Keywords:** agricultural production; SPD; organic matter; crop rotation; biodiversity.

### **Resumen**

Las condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo son extremadamente importantes para una producción agrícola satisfactoria. El sistema de plantación directa en la paja (SPD)

contribuye al minimizar la pérdida de suelo en el cultivo, asegurando La estabilidad de sus agregados mediante una labranza mínima del suelo y superponiendo el suelo con una capa vegetal. El presente trabajo tiene como objetivo, a través de una revisión de la literatura disponible, mostrar que el sistema de plantación directa en la paja promueve la reestructuración del suelo a través de la acción de la materia orgánica construida por los residuos del proceso de rotación de cultivos. Com el objetivo de minimizar los problemas en la producción agrícola como El comienzo Del proceso erosivo, el SPD utiliza técnicas de conservación para promover la descompresión del suelo y aumentar La biodiversidad del sistema de producción a través de la diversidad de especies proporcionadas por la rotación de cultivos y el proceso de sucesión. Con esto, El sistema de producción directa aumenta la fertilidad natural del suelo por la descomposición de la materia orgánica y el cultivo intercalado con plantas leguminosas que aumentan La concentración de nitrógeno (N) em el suelo. Sin embargo, se puede concluir que SPD proporciona numerosos beneficios a corto, mediano y largo plazo, permitiendo la solución de problemas ambientales encontrados en el área de producción agrícola, haciendo que el sistema sea más sostenible. En este trabajo se realiza una revisión bibliográfica sobre el tema.

**Palabras clave:** producción agrícola; SPD; matéria orgánica; rotación de cultivos; biodiversidad.

## 1. INTRODUÇÃO

A produção agrícola sofre anualmente com o aumento na perda de solos, devido ao escoamento superficial de sedimentos, decorrentes das intensas precipitações nas lavouras, provocando a desestruturação de parte do perfil do solo e promovendo a perda dos nutrientes e da matéria orgânica presentes no mesmo. Diante disso, ocorre a alteração da morfologia da área de plantio promovida pelas ações das intensas chuvas.

É importante enfatizar que as condições químicas, físicas e biológicas do solo são extremamente importantes para a obtenção de uma produção agrícola satisfatória (Adams, 2016). Dentro desse contexto, o manejo desse recurso natural se torna um fator limitante à produção vegetal.

O tráfego intenso de maquinários e implementos agrícolas decorrentes do manejo do solo pelo sistema convencional acaba por gerar em longo prazo a compactação do solo nas camadas mais profundas, principalmente quando o solo se encontra úmido, gerando o chamado “pé-de-

grade”, dificultando a expansão do sistema radicular em algumas culturas, além de diminuir a infiltração da água em períodos de fortes chuvas e por sua vez prejudicando a capacidade de retenção de água no solo, provocando o escoamento superficial.

O revolvimento do solo em grande escala proporcionado pelo sistema de cultivo convencional acaba por deixar o solo em um estado de vulnerabilidade devido à exposição do mesmo a ações externas como a ação do vento e a radiação solar por um longo prazo de tempo, impedindo sua proteção de intempéries naturais (Kochann & Denardin, 2000).

Desta forma diversas regiões agricultáveis do Brasil encontram-se diante de problemas na produção por conta de erosões hídricas advindas pelo carreamento e lixiviação de sedimentos promovidos do manejo inadequado do solo. O Sistema de Plantio Direto (SPD) através da rotação de culturas promove a estabilização de agregados no perfil do solo devido à ação da matéria orgânica produzida pelo maciço vegetal proveniente da cultura anterior (Castro Filho, Muzilli & Podanoschi, 1998).

O sistema de plantio direto quando comparado ao sistema de plantio convencional, minimiza a perda do perfil de solo em até cinco vezes mais, quando ocorre eficiência no manejo do SPD. É importante frisar também que o SPD tem máxima eficiência na produção de maciço vegetal em regiões de climas mais quentes, como ocorre nas regiões sudeste, centro-oeste e nordeste do Brasil, quando comparado à produção na região sul do país (Junior, Araújo & L 2012).

Segundo Adams (2016), o sistema plantio direto proporciona a cobertura do solo na lavoura de forma contínua, através dos restos vegetais de culturas advindas do processo de rotação de culturas, deixando a palhada na parte superior do solo. Nesse contexto o SPD tem como principais finalidades o mínimo revolvimento do solo, cobertura do mesmo com restos vegetais associado com a adubação verde devido à ação de plantas leguminosas e práticas conservacionistas de solo e água, que buscam em conjunto a restauração da fertilidade do componente solo.

A matéria orgânica é considerada um dos principais atributos resultante da conservação e melhoramento do perfil do solo, influenciando diretamente na produção agrícola e na qualidade do ambiente das regiões tropicais e subtropicais (Muzilli, 2002). Deste modo, o SPD promove a alteração ecológica e autossustentável por proporcionar a reciclagem dos compostos orgânicos, comparando-se à ação da serrapilheira nas matas (Cardoso, 2000).

O uso de gramíneas em consórcio com outras espécies como leguminosas nos primeiros anos de implantação do sistema é ideal por proporcionar maior construção da matéria orgânica no solo. Conseqüentemente, fornece equilíbrio na concentração C/N (carbono/nitrogênio) nas camadas superficiais do solo, por sua vez, diminuindo a imobilização do nitrogênio pela ação dos microrganismos, promovendo a liberação dos nutrientes para as plantas, melhorando a relação solo e planta (Amado et al., 1999).

A rotação de culturas promove diversos benefícios, entre os quais o aumento na concentração de carbono (C) no solo, devido à decomposição da palhada proveniente das plantas de cobertura, influenciando também na diminuição das perdas de nutrientes por lixiviação (Embrapa, 2007). Nesse sentido as leguminosas se destacam pela incrementação de N no solo, no processo de sucessão, e pela elevada produção de biomassa, resultando na manutenção da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, garantindo a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Fiorin, 2008).

Segundo Espíndola et al., (1997), a biomassa proveniente das gramíneas apresenta maior efeito de agregação no solo, pois possui alta relação de C/N proporcionando uma decomposição lenta e gradativa da matéria orgânica. Além da incorporação de macro e micro nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, boro, molibdênio entre outros, através da reciclagem dos nutrientes proporcionada pela decomposição da fitomassa presente na cobertura do solo.

Em estudo para a obtenção e análise da palhada em sistema plantio direto, foi constatado que o consórcio entre milho (*Pennisetum glaucum*) e mucuna-preta (*Mucuna pruriens*) apresenta maior produtividade de matéria fresca e seca, porém não diferindo significativamente em relação a sua produção em monocultivo (Oliveira et al., 2002). Já Teixeira et al., (2009), constataram também que em consórcio com a crotalaria (*Crotalaria juncea*), o milho apresentou alta produtividade em matéria seca, além de apresentar maior velocidade de liberação de macronutrientes na palhada com exceção do enxofre (S). Assim, é ideal a introdução de espécies que produzam grande quantidade de fitomassa e possuam abundante desenvolvimento do sistema radicular, visando à rápida recuperação de solos degradados (EMPRAPA, 2007).

Para o melhor manejo do sistema plantio direto é indispensável o mínimo revolvimento do solo assim como a eficiente preservação das espécies vegetais fornecidas pelo sistema através da rotação das plantas de cobertura. A sustentação e o equilíbrio do SPD dependem

primordialmente da cultura a ser implantada na área (Muzilli, 2002). Visto que é necessário que a cultura apresente altos teores de produção de matéria seca, garantindo homogeneidade eficiente no revestimento da parte superior do solo com a palhada, favorecendo maior longevidade do sistema (Castro Filho et al., 1998).

O presente trabalho tem o objetivo, com base em uma revisão da literatura disponível, de evidenciar que o sistema de plantio direto na palha promove a reestruturação do perfil do solo através da matéria orgânica construída pelos restos vegetais das culturas advindas do processo de rotação de culturas adotado pelo sistema para garantir equilíbrio da biodiversidade, aumentando futuramente a fertilidade natural do solo e por sua vez podendo influenciar positivamente nos gastos com insumos agropecuários.

## **2. METODOLOGIA**

O trabalho é uma revisão da literatura acerca do tema. Para a manufatura do mesmo foram feitas pesquisas bibliográficas, através de consultas em livros, artigos científicos, cartilhas, dissertações e teses com intuito de quantificar as informações. Após isso foi realizada uma qualificação das informações, retirando os dados e considerações que ajudaram a fundamentar e explicar todos os termos acerca do assunto.

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 EROÇÃO DO SOLO E LIXIVIAÇÃO DE NUTRIENTES NO PREPARO CONVENCIONAL**

A utilização de sistemas convencionais para o manejo do solo possibilita a perda de nutrientes e matéria orgânica pelo carreamento de sedimentos do perfil do solo (Hernani; Kurihara & Silva, 1999). A mobilização da camada arável do solo acelera a oxidação da matéria orgânica e promove o desarranjo dos agregados, tornando-os menos estáveis (Denardin et al., 2012). Diante disso, a exposição do solo durante o seu revolvimento, possibilita maior expansão do processo erosivo nas lavouras agrícolas (Junior; Araujo & Llanilo, 2012).

As fortes chuvas favorecem a desagregação das partículas do solo, arrastando quantidades consideráveis de minerais e compostos orgânicos, contribuindo para a perda da fertilidade (Silva & De Maria, 2011). A vulnerabilidade do perfil do solo proporcionado pelo sistema de preparo convencional contribui para a mobilização do mesmo, intensificando sua exposição para ações externas como vento e precipitações que favorecem sua translocação (Kochhann & Denardin, 2000).

A elevação da densidade do solo, em decorrência do tráfego intenso de maquinários agrícolas, propicia a formação de crostas, resultando na redução da taxa de infiltração e na capacidade de retenção hídrica do solo. Além disso, a compactação do solo inibe também o desenvolvimento radicular das plantas e favorece problemas na área de produção como aumento das enxurradas e lixiviação dos nutrientes disponíveis no solo, ocorrendo com maior frequência em terrenos mais declivosos, favorecendo o seu empobrecimento (Denardin et al., 2012).

O processo de lixiviação dos nutrientes para as camadas mais profundas do solo pode ocorrer frequentemente devido a fortes precipitações na lavoura, inviabilizando a absorção dos nutrientes pelas plantas, além de promover a contaminação do lençol freático com produtos químicos advindos das plantações (Lawton; Coelho & Crisóstomo, 1978). Deste modo, o revestimento do solo com material vegetativo contribui para a diminuição da erosão hídrica, evitando a perda dos nutrientes do solo (Castro Filho et al., 1998).

O manejo inadequado do solo facilita a promoção do início do processo erosivo, causando perda de solo, água, nutriente e matéria orgânica (Hernani et al., 1999). Diante disso, o planejamento antecipado da produção associado com práticas conservacionistas promove a estabilização do perfil do solo e revitalização da sua fertilidade natural (Rodrigues et al. 2019).

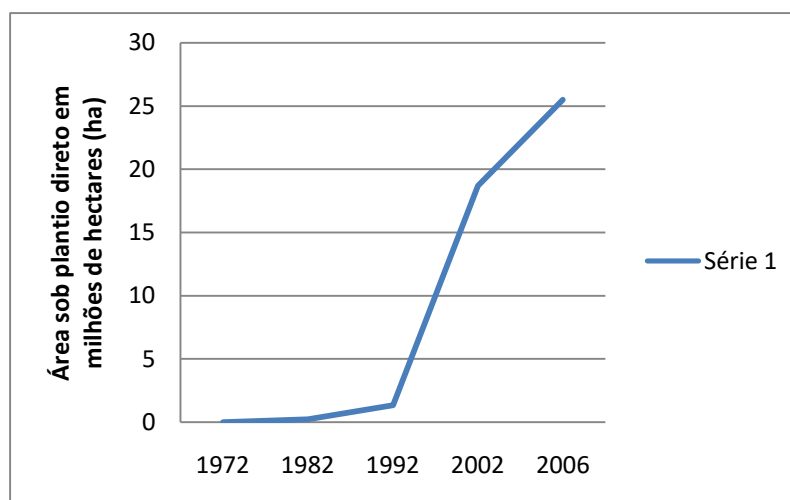
### **3.2 O SISTEMA PLANTIO DIRETO (SPD)**

O Sistema de Plantio Direto (SPD) foi introduzido no Brasil na década de 1970, na região sul do país. Sua propagação pelos estados sulistas brasileiros se deu devido a problemas intensos de erosão, deixada através do intenso processo de sucessão de culturas, principalmente entre

trigo e soja. A minimização do processo erosivo preconizado pelo SPD foi um grande marco nesse período, o que motivou o interesse de técnicos, agricultores e pesquisadores em relação aos impactos do manejo inadequado do solo que a região sofria (Kochhann & Denardin, 2000). Os precursores do plantio direto na palha buscaram informações sobre esse sistema pelas mãos de agricultores ingleses e norte-americanos, onde a técnica surgiu. O termo inglês “*no till*”, que dispensa a necessidade de revolver a terra deu origem ao sistema de plantio direto no Brasil (Motter & Almeida, 2015).

Segundo Muzilli (1985), nos períodos entre 1972 a 1983, o Brasil teve um aumento significativo na taxa de expansão das áreas de plantio direto. No início da década de 1970, quando iniciaram os estudos sobre SPD em países tropicais, a cobertura da área em plantio do sistema era em torno de 100 hectares (ha), passando para 500.000 ha no início dos anos 80, ou seja, crescimento de 5.000 % da área em plantio. No Gráfico 1 pode-se observar o avanço territorial, no Brasil, da área em hectares com plantio direto.

**Gráfico 1** – Crescimento territorial em hectares do sistema de plantio direto entre os períodos de 1974 a 2006.



Fonte: FEBRAPDP, adaptado 2019.

Como pode ser visto no gráfico 1, houve um crescimento quase que exponencial na área na qual foi praticado a técnica de plantio direto.

Segundo dados do IBGE (2017), atualmente o Brasil se encontra com uma superfície de quase 33 milhões de hectares sob plantio direto, como pode ser observado no Quadro 1, e esse



número só tende aumentar nos próximos anos, devido à expansão de novas tecnologias de manejo do SPD e pela necessidade de conservação hídrica que o sistema oferece na lavoura.

**Quadro 1-** Superfícies em hectares (ha) sobre plantio direto nos principais estados brasileiros.

BRASIL E ESTADOS	SUPERFÍCIE SOB PLANTIO DIRETO (ha)
Brasil	32.878.660
Mato Grosso	8.101.143
Rio Grande do Sul	6.027.019
Paraná	4.859.075
Goiás	3.125.168
Mato Grosso do Sul	2.343.274
Minas Gerais	1.863.303
Outros	6.559.678

Fonte: IBGE, adaptado 2017.

Como pode ser visto no quadro 1, o plantio direto já vem sendo implementado em grandes áreas nos estados de Mato Grosso e Rio Grande do Sul.

A falta de padronização dos maquinários e implementos agrícolas adaptados ao SPD era uma das grandes dificuldades encontradas pelos pioneiros do sistema. Os maquinários não eram eficientes no corte da palhada para o sulcamento e disposição das sementes na linha de plantio. O nivelamento da área de plantio se tornava um problema para o trânsito das máquinas na lavoura devido aos terrenos ondulados. Diante dessas dificuldades sobrepostas ao sistema, o incentivo em pesquisas e novas tecnologias para maquinários e implementos agrícolas tiveram forte influência para tornarem o plantio de cobertura à técnica mais difundida no Brasil (Junior; Araujo & Llanilo, 2012).

Porém, a deficiência de informações complementares em relação às técnicas de plantio acabou por gerar períodos de instabilidade na propagação do SPD, uma vez que as lavouras ficavam abandonadas após três a quatro anos da adoção do sistema devido à ausência de informações do manejo do plantio direto na palha (KOCHHANN & DENARDIN, 2000).

De acordo com Alvarenga et al., (2001), a palhada deixada por restos de culturas advindas do processo de rotação de culturas, como pode ser observado na Figura 1, associado com os resíduos de material vegetativo das plantas de cobertura é uma das características do sistema plantio direto que proporciona o vigor da matéria orgânica no solo.

**Figura 1** – Cobertura Morta advinda do processo de rotação de culturas.



Fonte: FEBRAPDP 2011.

Como visto na figura 1, no plantio direto a palhada fica sobre o solo mantendo a proteção do solo, resultando em excelentes resultados na cultura plantada.

O SPD é conhecido formalmente pelo não revolvimento do perfil do solo, porém inicialmente quando o sistema foi introduzido no Brasil, foi permitido o sulcamento apenas na linha de plantio, pelo fato que na época não havia implementos capazes de realizarem o corte da palha, devido o seu volume adensado na superfície do solo (Adams, 2016).

Os restos dos materiais vegetativos que constituem a palhada disponibilizados na parte superior ao solo, contribuem para a minimização dos impactos das gotas da chuva e diminuindo o efeito “splash”, que por sua vez da origem ao processo erosivo (Corrêa & Cruz, 1987). Grande parte dos resultados eficientes no sistema plantio direto é devido à palhada das culturas perenes e anuais, como os materiais disponibilizados pelas plantas de cobertura, que melhoram as características físicas, químicas e biológicas do perfil do solo, proporcionando um ambiente mais favorável e sustentável para as plantas (EMBRAPA, 2009).

A eficiência em manter o solo coberto por uma camada vegetal no sistema plantio direto é devido à utilização das plantas de cobertura. O seu grande desenvolvimento em solos

compactados é uma das principais características que melhoram a eficiência do sistema, modificando as características do solo pela liberação de nutrientes nas camadas mais profundas do mesmo, devido à decomposição dos compostos orgânicos (Fiorin, 2007). A estabilização e conservação do solo, reestruturação e restauração da matéria orgânica e o aumento produtivo agrícola, são benefícios promovidos pelas plantas de cobertura (Lazaro et al., 2013). O maciço vegetal pode ser manejado em diferentes formas, como o uso da picadeira ou rolo-faca e utilização de produtos químicos como os dessecantes, depende da finalidade da espécie da planta a ser utilizada como cobertura (Kochhann & Denardin, 2000).

A rotação e sucessão de culturas, fundamentos do plantio direto, são essenciais para o funcionamento do sistema produtivo (Adams, 2016). O plantio de variadas espécies culturais numa mesma área dentro de um determinado ciclo é a caracterização do processo de rotação de culturas (EMBRAPA, 2011).

Visando um eficiente sistema produtivo na propriedade, se faz necessário um bom planejamento antecipado e estratégico do plantio, escolhendo as variedades e cultivares de plantas com antecedência e de acordo com a adaptação ao clima da região de plantio, visando principalmente características como a resistência a seca ou déficit hídrico e sua potencialidade em produção de matéria seca buscando um adensamento homogêneo na cobertura do solo (Fiorin, 2007).

É notório enfatizar que solos expostos e que não possuam cobertura vegetal, estão sujeitos a mudanças físicas, químicas e biológicas, que influenciaram na queda da fertilidade natural do solo (Corrêa et al., 1987). Além disso, várias espécies culturais em um determinado ciclo de produção contribuem para a revitalização da biodiversidade no solo, redução da evaporação e erosão superficial, reestruturação de seus agregados e conservação da umidade do solo (EMPRAPA, 2007).

Como fundamentado anteriormente, o processo de plantio direto traz inúmeros benefícios ao solo e a cultura plantada. Ocorre a manutenção da camada orgânica do solo, evita a exposição ao sol excessivo, mantém umidade além de contribuir com a manutenção dos microrganismos do solo.

### **3.3 PROBLEMAS DO “SISTEMA PLANTIO DIRETO”**

O revolvimento do solo na linha de plantio, cobertura morta na parte superior do solo, rotação e sucessão de plantas cultivadas, corte da palhada para a semeadura e manutenção do maciço vegetal para o aporte da matéria orgânica, são alguns princípios básicos do plantio direto (Muzilli, 2002). Porém, a adoção do plantio direto por diversos agricultores no início de sua propagação no país gerou grandes problemas na lavoura (Adams, 2016). Muitas vezes houve confusão dos termos “plantio direto” com “semeadura direta”, pelo fato de que os dois conceitos enfatizassem o não revolvimento do solo no plantio (EMBRAPA, 2014).

A diferença de Plantio e/ou Semeadura Direta (PD) para Sistema de Plantio Direto (SPD), se deve pelo fato de que o PD não envolve a diversidade de espécies culturais que o SPD engloba, por isso foi necessário ocorrer o processo de adaptação da técnica originária das regiões temperadas para a região tropical e subtropical, intensificando e abordando mais práticas conservacionistas, resultando no SPD atual (Denardin et al., 2012).

Diversas vezes, o sistema de plantio direto foi instalado em solos degradados e compactados, além de ser manejado de forma inadequada, ocasionando vários problemas no sistema, como: carência de cobertura (palhada) na superfície do solo, ausência de técnicas de terraceamento e cultivo em nível e problemas com a densidade do solo, devidos ao excesso de trânsito máquinas e implementos agrícolas (Bertol; Cogo & Levien, 1997).

Segundo Denardin (2014), o SPD muitas vezes sofria de dificuldades em sua disseminação, por causa do manejo inadequado do sistema, o que resultava frequentemente no abandono da lavoura devido à falta de procedimentos essenciais para a revitalização do sistema de produção, como o abandono das técnicas de terraceamento que influenciava no descontrole do deflúvio superficial, causando negligências com alguns preceitos da agricultura conservacionista.

A erosão hídrica do perfil do solo é um dos principais distúrbios encontrados pelo sistema de plantio direto pelo manejo inadequado do sistema de produção. O desarranjo dos agregados do solo contribui para o carreamento de nutrientes, matéria orgânica e defensivos agrícolas, através das enxurradas advindas do processo erosivo, aumentando conforme a declividade do terreno e promovendo a deformação da morfologia da lavoura e perda da fertilidade do solo (Silva & De Maria, 2010).

A falta da introdução do processo de rotação de culturas coloca a sustentabilidade e biodiversidade do sistema em risco. O monocultivo intenso de espécies como ocorre

freqüentemente em soja-trigo ou soja-milho, tende a afetar definitivamente as condições químicas, físicas e biológicas do solo, promovendo a propagação de plantas invasoras, redução do desenvolvimento radicular, degradação física do solo e afetando a disponibilidade nutricional e conseqüentemente promovendo a queda da produtividade do sistema agrícola (EMBRAPA, 2019).

O plantio direto apresenta inúmeros benefícios, porém para seus efeitos serem sentidos de fato é preciso a realização de uma rotação de cultura. Essa rotação de cultura garante a manutenção do nutrientes disponíveis, mantendo um equilíbrio do solo.

### **3.3 MÁQUINAS PARA O SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA**

Com o avanço em pesquisas e novas tecnologias para o sistema de plantio direto, os maquinários e implementos agrícolas passaram a atender a necessidade e demanda exigida pelo sistema de produção. Diante disso, a ascensão territorial das áreas com SPD influenciou o crescimento tecnológico que ofertasse a demanda necessária pelo sistema. A deficiência mecânica das máquinas para o corte da palha e abertura dos sulcos tornou-se uma questão a ser trabalhada pelas empresas de maquinários no início da expansão do sistema de plantio direto (Junior et al., 2012). Os mesmos autores destacam que a evolução dos maquinários agrícolas para o plantio direto se desenvolveu em questão do aumento do aporte da palhada concentrada na superfície do solo, que dificultava o processo de semeadura, e pela grande difusão da técnica conservacionista.

Os maquinários e implementos agrícolas podem variar de acordo com a cultura a ser manejada. Na cultura do milho, por exemplo, a colhedeira não é eficiente para o corte e processamento da palha, cortando apenas 30% do material vegetativo, necessitando da utilização de uma roçadeira mecânica ou de um triturador (Figura 2) de palha para o processo de corte da palha (Seixas et al., 2005). Inicialmente o uso do picador de palha da colhedora automotriz se tornava essencial para uniformização da palhada na área de plantio, contribuindo por diminuir a evaporação da água e melhoria na eficiência dos herbicidas (Mantovani, 1987).

**Figura 2** – Manejo do triturador de palha na cultura do milho



Fonte: ARAÚJO et al., 2001.

Como ilustrado na figura 1, para que a camada de matéria orgânica fique no solo de forma efetiva é preciso fazer uso de máquinas agrícolas.

A primeira semeadora para o SPD desenvolvida no Brasil foi a do modelo TD220 (Figura 3), da empresa Semeato, usada principalmente em culturas de inverno como trigo e outros cereais.

**Figura 3** – Semeadora modelo TD220.



Fonte: JUNIOR et al., 2012.

A figura 3 mostra o tipo específico de semeadura para aplicação em lavouras que fazem o uso do plantio direto.

Os rodados externos da semeadora traziam problemas em terrenos ondulados, o que levou posteriormente ao desenvolvimento da TDA300 (figura 4) com rodados articulados, se tornando a mais eficaz e popular (Junior et al., 2012).

**Figura 4** – Semeadora modelo TDA300.



Fonte: JUNIOR et al., 2012.

A figura 4 mostra o tipo específico de semeadura para aplicação em lavouras que fazem o uso do plantio direto.

Segundo o Junior et al., (2012), a empresa Jumil atualmente disponibiliza para os agricultores, no mercado de vendas, a semeadora modelo Múltipla, que é capaz de semear sementes de forrageiras intercalando as linhas com a cultura principal. Além disso, a semeadora é eficaz na disposição da semente no solo evitando problemas de embuchamento. O disco duplo defasado mostra-se eficiente para o corte e abertura dos sulcos sobre a palhada, podendo ter, ainda, a função de auxiliar na limpeza dos discos, através do limpador de discos acoplado na parte superior do mesmo, evitando o embuchamento (Embrapa, 2011).

Como mostrado anteriormente, de fato é preciso ter máquinas específicas para a realização do plantio direto, visto que o solo tem grande quantidade de matérias orgânica que acaba por gerar um embuchamento do disco do arador.

### **3.4 DESSECANTES E OUTRAS TECNOLOGIAS ADOTADAS NO SPD**

O controle das ervas invasoras era um problema no início da propagação do sistema plantio direto, pois o adensamento do maciço vegetal reduzia a eficiência dos herbicidas dessecantes na superfície do solo, devido à neutralização do seu princípio ativo (Junior; Araujo & Llanillo, 2012).

Na década de 1970 existiam dessecantes como Diquat e Paraquat que são herbicidas de contato, porém era pouco utilizado devido seu alto custo financeiro. O maior problema dos herbicidas em SPD era a sua baixa eficiência quando aplicados sobre a palhada do solo, pois os herbicidas de pós-emergência foram desenvolvidos para solos sem cobertura vegetal (JUNIOR et al., 2012).

A aplicação de dessecantes (figura 5) como glifosato (Glyphosate) e a mistura comercial paraquat + diuron, têm se mostrado eficientes para a criação e manejo da cobertura morta no sistema de plantio direto. Deste modo, o uso de dessecantes se mostra obrigatório para cultivos em SPD (PROCÓPIO et al., 2006). Porém, Darolt & Neto (2002), em estudo de caso para sistema de plantio direto em agricultura orgânica, constataram que existe a possibilidade de implantar o SPD sem a utilização de herbicidas dessecantes e de pós-emergência para a construção da palhada e controle das ervas invasoras.



**Figura 5** – Aplicação de herbicida dessecante na lavoura de milho.



Fonte: Melhorança 2002.

De acordo com Melhorança (2002), os herbicidas de manejo ou dessecantes são essenciais para que a cultura inicial do sistema de plantio direto se desenvolva e estabeleça sem a competição com plantas daninhas. Neste caso, a dessecação com herbicidas totais pode ser realizada independentemente do estágio de desenvolvimento da planta para a cobertura morta. Além do mais, os dessecantes possuem a vantagem de proporcionar a facilidade na operação de semeadura, pois o maquinário pode realizar o processo de plantio com as plantas de cobertura em pé, facilitando o desempenho da semeadora (Kochhann & Denardin, 2000).

No SPD a aplicação de herbicidas dessecantes como os de pós-emergência são extremamente importantes para o estabelecimento do consórcio e para o uso de forrageiras como cobertura morta (Kluthcouski et al., 2000). Entretanto, deve-se atender a qual cultura e estágio vegetativo que se aplica o herbicida, pois culturas para fins de cobertura como o milho deve-se aplicar o dessecante antes do florescimento para evitar problemas com a germinação na cultura subsequente (Fidelis et al., 2002).

Os dessecantes auxiliam na produção da palhada, que por sua vez consiste no princípio fundamental da técnica do plantio direto. A utilização de herbicidas auxilia de forma efetiva nesse processo.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica conservacionista permite a restauração da biodiversidade no solo pelo processo de rotação de culturas, aumentando a concentração de nutrientes e compostos orgânicos no solo pela decomposição da palhada. Além disso, o SPD promove a reestruturação de solos degradados e compactados pela ação de plantas de cobertura e da matéria orgânica em decomposição que possui a capacidade de agregação das partículas do solo.

A cobertura vegetal tem a capacidade de propiciar diversas vantagens, entre elas, minimização do impacto das chuvas nas lavouras, redução da evaporação da água no solo proporcionando mais tempo com o solo úmido e aumenta a capacidade de retenção de água no mesmo.

Contudo, a implantação do sistema de plantio direto pode proporcionar inúmeros benefícios a curto, médio e longo prazo. Os benefícios gerados pelo SPD mostram uma alternativa de produção econômica e sustentável, que possibilita a solução de problemas ambientais encontrados na área de produção agrícola, como início do processo erosivo e lixiviação de nutrientes, insumos químicos e matéria orgânica para cursos hídricos.

A análise de palhada e sua relação com a microbiologia dos solos fica como sugestão de trabalhos futuros.

#### REFERÊNCIAS

Adams, G. A. (2016). *Influência de diferentes tipos de plantas sobre a estrutura do solo em plantio direto*. UFFS. Cerro Largo, RS.

Amado, T.J.C., Mielniczuk, J., Fernandes, S.B.V., & Bayer, C. (1999). Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. *Revista brasileira de ciência do solo. Campinas*. 23(3): 679-686 (jul./set. 1999).

Alvarenga, R. C., Cabezas, W. A. L., Cruz, J. C., & Santana, D. P. (2001). Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. *Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)*. (Autores, a informação está incompleta: como assim, periódico indexado? Qual o volume, número e paginas?)

Araújo, A.G., Junior, R. C., & Siqueira, R. (2001). *Mecanização do plantio direto: problemas e soluções*. IAPAR (Autores, a informação está incompleta: como assim, periódico indexado? Qual o volume, número e páginas?)

Bertol, I., Cogo, N. P., & Levien, R. (1997). Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais. *Revista brasileira de ciência do solo. Campinas*. 21(3): 409-418. (jul./set. 1997).

CASTROFILHO, C. D., Muzilli, O., & Podanoschi, A. L. (1998). Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22(3), 527-538.

Castrofilho, C.D., Muzilli, O., & Podanoschi, A.L. (1998). Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22(3): 527-538.

Cardoso, F.P. (2003). Plantio direto: ano 2000. *R. Agric*, 78(1): 165-168.

Correa, L. A., & Cruz, J. C. (1987). Plantio direto. *Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)*. (Autores, a informação está incompleta: como assim, periódico indexado? Qual o volume, número e páginas?)

Denardin, J.E., Kochhann, R.A., Faganello, A., Denardin, N., & Wietholter, S. (2012). Diretrizes do Sistema Plantio Direto no contexto da agricultura conservacionista. *Passo Fundo: Embrapa Trigo*, 15.

Denardin, J. E. (2014). Manejo da cultura de soja para terras baixas. In *Embrapa Trigo-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL, 40., 2014, Pelotas. Atas e resumos... Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014..

Darolt, M. R., & SKORA NETO, F. (2002). Sistema de plantio direto em agricultura orgânica. *Revista Plantio Direto*, 70(1).

ESPÍNDOLA, J. A. A., GUERRA, J. G., & de Almeida, D. L. (1997). Adubação verde: Estratégia para uma agricultura sustentável. *Embrapa Agrobiologia-Documentos (INFOTECA-E)*.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Rotação de culturas – Paraná 2007*.

Denardin, J. E., Kochhann, R. A., Faganello, A., DENARDIN, N., & WIETHOLTER, S. (2012). Diretrizes do Sistema Plantio Direto no contexto da agricultura conservacionista. *Passo Fundo: Embrapa Trigo*, 15.

Hernani, L., & De Melo Filho, G. A. (2009). Sistemas produtivos utilizados em lavouras conduzidas em "Plantio Direto" na região dos cerrados. *Embrapa Agropecuária Oeste-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*.

FEBRAPDP – Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. Área de plantio direto no Brasil. Disponível em: <[WWW.febrapdp.org.br](http://WWW.febrapdp.org.br)>. Acesso em 12/10/2019.

Fiorin, J. E. (2008). *Ciclagem de nutrientes e produtividade de grãos em sucessões de culturas sob sistema plantio direto* (Doctoral dissertation, Universidade Federal de Santa Maria).

Fiorin, J. E. (2007). Rotação de culturas e as plantas de cobertura de solo. *Informativo Fundacep*, (02), 1-8.

Fidelis, R. R., Rocha, R. N. C., Leite, U. T., & Tancredi, F. D. (2003). Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. *Bioscience Journal*, 19(1).

Hernani, L. C., Kurihara, C. H., & SILVA, W. D. (1999). Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23(1), 145-154.

Índice Brasileiro De Geografia E Estatística. Censo agropecuário – 2017. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro\\_2017\\_resultados\\_preliminares.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_preliminares.pdf)>. Acesso em: 01/10/2019

Junior, R. C., de Araújo, A. G., & Llanillo, R. F. SISTEMA PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL: Fatores que promoveram a evolução do sistema e.

Júnior, L. A. Z., Lana, R. M. Q., Carvalho-Zanão, M. P., & Guimarães, E. C. (2010). Variabilidade espacial de atributos químicos em diferentes profundidades em um Latossolo em sistema de plantio direto. *Revista Ceres*, 57(3), 429-438.

Lawton, K., Coelho, M. A., & Crisóstomo, L. A. (1978). Movimento e perdas por lixiviação de nutrientes so luveis aplicados a solos do Estado do Ceara, Brasil. *Ciência agronômica*.

Lima Lázaro, R. D., da Costa, A. C. T., da Silva, K. D. F., Sarto, M. V. M., & Júnior, J. B. D. (2013). Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 43(1).

Muzilli, O. (2002). Manejo da matéria orgânica no sistema plantio direto: a experiência no Estado do Paraná. *Informações agronômicas*, 100, 6-10.

Muzilli, O., & FUNDAÇÃO CARGILL. (1985). Fertilidade do solo em plantio direto. *Atualização em plantio direto*.

Mantovani, E. C. (1987). Máquinas e implementos agrícolas. *Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.

Melhorança, A. L. (2002). Tecnologia de dessecação de plantas daninhas no sistema plantio direto. *Embrapa Agropecuária Oeste-Circular Técnica (INFOTECA-E)*.

Motter, P., & ALMEIDA, H. D. (2015). Plantio direto: A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira. *Foz do Iguaçu: Parque Itaipu*.

de Oliveira, T. K., de Carvalho, G. J., & de Souza Moraes, R. N. (2002). Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(8), 1079-1087.

Roloff, G., Lutz, R. A., & Mello, I. (2011). Validação do Índice de Qualidade Participativo (IQP) do Plantio Direto. *Boletim Técnico. FEBRAPDP*.

de Silva, R. L., & De Maria, I. C. (2011). Erosão em sistema plantio direto: Influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 15(6).

Seixas, J., Roloff, G., & Ralisch, R. (2005). Tráfego de máquinas e enraizamento do milho em plantio direto. *Ciência Rural*, 35(4), 794-797.

Teixeira, C. M., de Carvalho, G. J., de Andrade, M. J. B., Silva, C. A., & Pereira, J. M. (2009). Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milheto e milheto+ crotalária no plantio direto do feijoeiro. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 31(4), 647-653.

Kochhann, R. A., & Denardin, J. E. (2000). *Implantação e manejo do sistema plantio direto*. Embrapa Trigo.

Kluthcouski, J., Cobucci, T., Aidar, H., Yokoyama, L. P., de Oliveira, I. P., Costa, J. D. S., ... & Magnabosco, C. D. U. (2000). Sistema Santa Fé-Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. *Embrapa Arroz e Feijão-Circular Técnica (INFOTECA-E)*.

Rodrigues, J. P., Salomão, P. E. A., Freitas, S. D. J., Rodrigues, W. P., Struiving, T. B., & Vale, P. (2019). Effect of growth regulators on maturity of fruit and quality of coffee drin. *Research, Society and Development*, 8(6), 17861026.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Pedro Emílio Amador Salomão – 25%

Werner Kriebel – 25%

Arthur Amaral dos Santos – 25%

Ana Clara Esteves Martins – 25%