

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

**AMAURI CHAVEIRO E CHAVEIRO**

**QUALIDADE DE UM ARGISSOLO CULTIVADO COM HORTALIÇAS EM SISTEMA  
PLANTIO DIRETO**

Ilha Solteira

2022

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**AMAURI CHAVEIRO E CHAVEIRO**

**QUALIDADE DE UM ARGISSOLO CULTIVADO COM HORTALIÇAS  
EM SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Orientadora  
**Carolina dos Santos Batista Bonini**

Ilha Solteira

2022

FICHA CATALOGRÁFICA  
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C512q Chaveiro, Amauri Chaveiro e.  
Qualidade de um argissolo cultivado com hortaliças em sistema plantio  
direto / Amauri Chaveiro e Chaveiro. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022  
57 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de  
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2022

Orientador: Carolina dos Santos Batista Bonini

Inclui bibliografia

1. Plantas de cobertura. 2. Sistemas de plantio. 3. Estrutura do solo. 4.  
Matéria orgânica.

*Raiane da Silva Santos*  
Raiane da Silva Santos



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:** QUALIDADE DE UM ARGISSOLO CULTIVADO COM HORTALIÇAS EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

**AUTOR:** AMAURI CHAVEIRO E CHAVEIRO

**ORIENTADORA:** CAROLINA DOS SANTOS BATISTA BONINI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. CAROLINA DOS SANTOS BATISTA BONINI (Participação Virtual)  
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP

Prof. Dr. REGES HEINRICHS (Participação Virtual)  
FCAT/UNESP / Dracena/SP

Prof. Dr. FERNANDO FERRARI PUTTI (Participação Virtual)  
Engenharia de Biosistemas-FCE/UNESP / Tupã/SP

Ilha Solteira, 18 de agosto de 2022

*À minha esposa e filhos pelo companheirismo nessa jornada e à meus pais por terem me presenteado com o dom da vida.*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à UNESP- Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS) e UNESP- Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), por todos os professores, técnicos de laboratório e técnicos administrativos que contribuíram com essa pesquisa.

À minha família, pelo apoio em todos os sentidos.

À minha orientadora, Carolina Batista dos Santos Bonini, pela confiança, paciência, apoio, incentivo e conhecimentos compartilhados.

Aos meus colegas do GENAP e dos grupos de Conservação do Solo e Física do Solo.

À Deus, por ter me acompanhado e direcionado durante mais essa fase de minha vida.

## RESUMO

A preservação dos solos agrícolas pela adoção de sistemas adequados de uso e manejo, é essencial para a sua conservação, contribuindo para a manutenção da produtividade das culturas. O Sistema Plantio Direto (SPD) tem sido adotado em grandes culturas econômicas as quais são quase totalmente mecanizadas nos dias atuais, entretanto, para o ramo das hortaliças tal sistema ainda tem sido pouco utilizado e um dos fatores tem sido a falta de pesquisas específicas na área. Em razão disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os atributos físicos de um Argissolo Vermelho Amarelo em implantação de SPD cultivado com hortaliças e adubos verdes. O experimento foi desenvolvido em área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT/UNESP), sediada no município de Dracena - SP. Foram realizados dois cultivos de hortaliças em rotação de cultura com coberturas vegetais durante 2 anos. O experimento foi conduzido em duas épocas, uma no outono/inverno (Tremoço, Mix, Aveia, Repolho e Alface) e outro na primavera/verão (Estilosantes, Mix, Milheto e Pepino), instalados em delineamento de blocos casualizados com parcela subdividida e quatro repetições. Foram realizadas avaliações dos seguintes atributos físicos: Distribuição e estabilidade de agregados; Porosidade e Densidade do solo; Infiltração de água no solo; Resistência mecânica a penetração e umidade do solo. Distribuição e estabilidade de agregados em água – houve um aumento no tamanho dos agregados tendendo assim a uma possível melhora na estrutura do solo. Porosidade do solo – em consequência do revolvimento do solo houve aumento na macroporosidade, e mesmo o SPD também se observa um pequeno aumento. Densidade do solo (DS) – o SPD se mostrou com maiores valores de DS previsto pelo não revolvimento do solo. Infiltração de água no solo – os valores médios decresceram significativamente. Resistência do solo à penetração – o solo da área estudada já possuía valores positivos no início das coletas, pois os valores médios encontrados estão abaixo de 2Mpa. Os dados obtidos no presente trabalho se mostram consistentes e positivos, sendo muito interessante a continuidade do estudo do sistema em formação.

**Palavras-chave:** plantas de cobertura; sistemas de plantio; estrutura do solo; matéria orgânica.

## ABSTRACT

The preservation of agricultural soils through the adoption of adequate systems of use and management is essential for their conservation, contributing to the maintenance of crop productivity. The no-tillage system (NTS) has been widely applied in major economic crops which are almost completely mechanized nowadays, however, for the field of vegetables such system has still been a little used and one of the factors has been the lack of specific research in the area. For this reason, this study aimed to evaluate the physical attributes of a Ultisol under NTS implantation cultivated with vegetables and green manures. The experiment was developed in the experimental area of the College of Agricultural and Technological Sciences/São Paulo State University (FCAT/UNESP), headquartered in Dracena-SP. Two vegetable crops were grown in crop rotation with vegetable coverings for 2 years. The experiment was carried out in two seasons, one in autumn/winter (lupine, mix, oats, cabbage and lettuce) and another in spring/summer (Styling, Mix, millet and cucumber), installed in a randomized block design with split plot and four reps. Assessments of the following physical attributes were carried out: Distribution and stability of aggregates; Soil Porosity and Density; Soil water infiltration; Mechanical resistance to penetration and soil moisture. Distribution and stability of aggregates in water - there was a increase in aggregate size thus tending to an improvement in soil structure. Soil porosity - as a result of soil disturbance there was an increase in macroporosity, and even the SPD is also observed a slight increase. Soil density - the SPD shows the highest values of DS predicted by the non-revolving soil. Soil water infiltration - mean values decreased patients. Soil resistance to penetration - the soil in the studied area already had positive values at the beginning of the collections, as the mean values found are below 2Mpa. The data collected in this work are consistent and positive, and it is very interesting to continue the study of the system in formation.

**Keywords:** cover crops; planting systems; soil structure; organic matter.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização da área de estudo. A: mapa do Brasil, com destaque para o Estado de São Paulo e para o município de Dracena. B: área do experimento na UNESP/FCAT de Dracena, Estado de São Paulo, Brasil. ....	244
<b>Figura 2.</b> Caracterização inicial de infiltração média de água no solo..... <b>Erro! Indicador não definido.</b>	4
<b>Figura 3.</b> Taxa de infiltração média de água no solo da Gramínea em SPC e SPD por coleta realizada durante 2 anos.....	37
<b>Figura 4.</b> Taxa de infiltração média de água no solo do Mix em SPC e SPD por coleta realizada durante 2 anos.....	39
<b>Figura 5.</b> Taxa de infiltração média de água no solo da Leguminosa em SPC e SPD por coleta realizada durante 2 anos. ....	41

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Caracterização inicial do diâmetro médio ponderado.....	<b>Erro! Indicador não definido.9</b>
<b>Tabela 2.</b> Teste F, CV (%) e valores médios de diâmetro médio ponderado após 2 anos de cultivo. ....	30
<b>Tabela 3.</b> Interação dos tratamentos x SPC/SPD para diâmetro médio ponderado na camada de 0,10 - 0,20m após 2 anos de cultivo. ....	30
<b>Tabela 4.</b> Caracterização inicial da porosidade (macroporosidade, microporosidade e porosidade total) e densidade do solo.....	<b>Erro! Indicador não definido.1</b>
<b>Tabela 5.</b> Valores de F, CV (%) e valores médios de macroporosidade (MA), microporosidade (MI), porosidade total do solo (PT) e densidade do solo (DS) dos tratamentos estudados nas camadas de solos (0-10; 10-20; 20-40 cm), após 2 anos de cultivo. ....	32
<b>Tabela 6.</b> Interação dos tratamentos x SPD/SPC de densidade do solo na camada de 0,00 - 0,10m após 2 anos de cultivo. ....	<b>Erro! Indicador não definido.3</b>
<b>Tabela 7.</b> Valores de F, CV (%) e valores médio da taxa de infiltração de água no solo após 2 anos de cultivo.....	35
<b>Tabela 8.</b> Equações de ajuste referente ao tratamento das gramíneas em SPC e SPD.....	38
<b>Tabela 9.</b> Equações de ajuste referente ao tratamento do Mix em SPC e SPD.....	40
<b>Tabela 10.</b> Equações de ajuste referente ao tratamento das leguminosas em SPC e SPD.	42
<b>Tabela 11.</b> Caracterização inicial da umidade gravimétrica e resistência mecânica a penetração do solo. ....	43
<b>Tabela 12.</b> Valores de F, CV (%) da umidade gravimétrica após 2 anos de cultivo. ....	44
<b>Tabela 13.</b> Valores de F, CV (%) da resistência mecânica a penetração do solo após 2 anos de cultivo. ....	44
<b>Tabela 14.</b> Interação de tratamentos x SPD/SPC da resistência mecânica a penetração do solo na camada 0,00 - 0,10m.....	45

## LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC	Agricultura de Baixa Emissão de Carbono
COP	Conference of the parties
CTC	Capacidade de Troca de Cátions
DMP	Diâmetro Médio Ponderado
DS	Densidade do Solo
GEE	Gases de Efeito Estufa
MA	Macroporosidade
MI	Microporosidade
MO	Matéria Orgânica
PT	Porosidade Total
RP	Resistência mecânica a Penetração
SPC	Sistema de Plantio Convencional
SPD	Sistema Plantio Direto
SPDH	Sistema Plantio Direto de Hortaliças
UG	Umidade Gravimétrica

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	111
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	155
2.1	<b>Qualidade do solo .....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.5</b>
2.2	<b>Qualidade física do solo .....</b>	<b>157</b>
2.3	<b>Qualidade química do solo .....</b>	<b>19</b>
2.4	<b>Sistema Plantio Direto .....</b>	<b>190</b>
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	244
3.1	<b>Localização do trabalho de pesquisa e características do local .....</b>	<b>244</b>
3.2	<b>Descrição da área experimental .....</b>	<b>255</b>
3.2.1	<b>Estruturação dos tratamentos.....</b>	<b>256</b>
3.2.2	<b>Caracterização e avaliação.....</b>	<b>277</b>
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
4.1	<b>Estabilidade de agregados.....</b>	<b>29</b>
4.2	<b>Porosidade e Densidade do solo.....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.1</b>
4.3	<b>Infiltração .....</b>	<b>34</b>
4.4	<b>Umidade e Resistência a penetração .....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.3</b>
5	CONCLUSÃO .....	47
	REFERÊNCIAS .....	48

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil, após feito o acordo diante da COP 15 (Conferência da Partes) em 2009, tomou iniciativas como o Plano ABC, visando o cumprimento com os compromissos de redução de emissão de GEE no setor agropecuário do país. O Plano ABC tem por finalidade a organização das ações a serem realizadas, sendo divididas em 7 programas para a adoção das tecnologias de produção sustentáveis, sendo que dentre eles, há um especificamente para a ampliação de uso e estudo do Sistema Plantio Direto (SPD), mostrando então sua grande importância.

Entre as décadas de 1960 e 1970, nas lavouras do Brasil, o solo passou a ser manejado com mais intensidade, as matas eram derrubadas e a destoca era feita mecanicamente onde a biomassa era enleirada e geralmente queimada. O preparo do solo normalmente era feito com arados e grades (aradora, intermediária e niveladora), e o plantio com tração motorizada onde os insumos eram incorporados ao solo. Posteriormente à colheita, os resíduos das culturas eram queimados sobre o solo (BERTOL, 2016).

A partir da década de 1970, o agricultor Herbert Bartz implantou em sua fazenda no norte do Paraná, um sistema de cultivo que mais tarde substituiria o sistema tradicional de manejo de solo que utilizava arados e grades, por um sistema que envolvia cobertura do solo por massa vegetal e redução/eliminação do preparo de solo, iniciando assim o sistema de plantio direto no Brasil.

Com mais de 33 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2022), o Sistema de Plantio Direto (SPD) que é largamente utilizado em grandes culturas, busca sistemas produtivos visando a sustentabilidade e também produção, tomando como base, o SPD está alicerçado a três fundamentos, que são basicamente: cobertura permanente do solo, rotação de culturas (o que possibilita ao sistema uma diversificação de culturas abrangendo espécies de plantas de cobertura para obter palhada), revolvimento do solo de maneira localizada, sendo somente nas covas ou sulcos de plantio.

Dentre os benefícios do emprego do SPD, pode-se destacar: melhoria na produtividade agrícola, contribuição para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, melhora a fertilidade e as características físicas do solo, eficiência no uso da água e nutrientes, otimização do uso de máquinas na propriedade, promovendo diversificação e redução do risco da cultura (FEBRAPDP, 2022). Todos esses efeitos

benéficos da cobertura do solo, rotação de culturas, bem como restos vegetais das safras anteriores, contribuem no desempenho da cultura principal e podem ser atribuídos às suas raízes e palha. As raízes podem melhorar a qualidade física do solo (FERREIRA *et al.*, 2018), levando a um aumento na infiltração de água no solo e retenção, melhor difusão de oxigênio e redução resistência do solo à penetração da raiz. A palha reduz no solo a taxa de evaporação da água, os picos de aquecimento do solo, infestação de ervas daninhas e erosão do solo, também liberando nutrientes para as colheitas subsequentes (REIS *et al.*, 2019).

Se o sistema de manejo utilizado é realizado sem rotação de culturas e com tráfego intensivo de máquinas e equipamentos, sem considerar as condições de umidade do solo, causa compactação subsuperficial (TOKURA *et al.*, 2018, SPLIETHOFF *et al.*, 2020; BARETA JUNIOR *et al.*, 2021; TOKURA *et al.*, 2021). As intensas e constantes operações com equipamentos pesados podem afetar a estrutura do solo e também induzem a uma rápida decomposição e destruição da matéria orgânica (TROIAN *et al.*, 2020) e conseqüentemente leva a compactação do solo com redução do crescimento radicular e permeabilidade (JELOUDAR TALESHEAN *et al.*, 2018). Isso resultará em diminuição no rendimento das culturas (MARQUES, 2019). O manejo do solo ideal é a principal atividade a ser implementada atrelada ao objetivo de propiciar condições de desenvolvimento favoráveis ao desenvolvimento das plantas.

A utilização de sistemas de manejo conservacionistas como o SPD, proporciona potencial melhoria da qualidade edáfica (atributos químicos, físicos e biológicos) ao longo dos anos de cultivo, além da diminuição dos processos de degradação do solo (ROSSET *et al.*, 2019). Tais práticas podem ser alternativas estratégicas utilizadas na conservação dos solos, principalmente para solos de textura arenosa.

As propriedades físicas do solo são afetadas pelas diferentes práticas de manejo, e os fatores físicos mais avaliados como indicadores da qualidade física do solo são a densidade, taxa de infiltração de água, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, condutividade hidráulica e resistência à penetração, as quais sofrem influência direta do teor de argila e matéria orgânica presentes no solo (KAZMIERCZAK, 2018).

Na avaliação da qualidade física do solo os indicadores mais utilizados são aqueles diretamente ligados a sua estrutura (MOTA *et al.*, 2015). A qualidade física

do solo influencia diretamente a produtividade das culturas e está relacionada ao fornecimento de água, de oxigênio e à resistência do solo a penetração. Esses fatores físicos estão estreitamente relacionados à condição estrutural e a quantidade de água no solo e, portanto, sujeitos a modificações positivas ou negativas em relação à produtividade das culturas.

O incremento de compostos orgânicos feito por diferentes sistemas de manejo, pode acarretar não só benefícios químicos mas também melhoria na qualidade física do solo. A matéria orgânica pode reduzir a densidade do solo, elevar o volume de poros, favorecendo a infiltração e aeração para desenvolvimento das plantas. Nessa perspectiva, o uso de plantas de cobertura é fundamental para o aporte de matéria orgânica ao solo.

Segundo Mottin (2019), a braquiária tem grande potencial para promover melhorias na macroporosidade do solo devido principalmente a presença de raízes volumosas e bem desenvolvidas e profundas. Além disso, suas raízes finas podem se decompor formando bioporos e melhorando a agregação do solo refletindo na macroporosidade. A braquiária pertence à família Poaceae e a literatura destaca sua capacidade em promover melhorias físicas do solo. Ainda Mottin *et al.* (2018) constatou que as plantas de cobertura do solo da família Poaceae promoveram maior volume de macroporos quando comparado as plantas da família Fabaceae.

Em áreas com SPD em fase de transição, já pode ser evidenciada a melhora de alguns atributos físicos do solo, pois já são visíveis a reestruturação e estabilização das partículas, com isso, há diminuição da macroporosidade, aumento da densidade do solo, microporosidade, e porosidade total, com a manutenção de maior umidade do solo (TORRES *et al.*, 2015; MAZETTO JÚNIOR *et al.*, 2019), ainda sem problemas de compactação (TORRES *et al.*, 2019).

Diante dos benefícios já conhecidos no SPD em grandes culturas e da necessidade da implantação de um sistema de cultivo de hortaliças que diminua a possibilidade de erosões nos solos do Oeste Paulista, esses já altamente susceptíveis devido predominar Argissolos na região, é que se propôs implantar coberturas vegetais na produção de repolho e pepino no Sistema Plantio Direto de Hortaliças (SPDH) para avaliar se existirão efeitos na qualidade de um Argissolo, portanto, espera-se detectar efeitos benéficos das plantas de coberturas vegetais cultivadas

nas épocas de outono-inverno e primavera-verão, na produção de repolho e pepino, respectivamente às épocas.

O presente projeto teve por objetivo avaliar os atributos físicos de um Argissolo Vermelho Amarelo em implantação de SPD cultivado com hortaliças e adubos verdes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A pesquisa bibliográfica segundo Sousa *et al.* (2021), é o levantamento ou revisão de obras publicadas sobre a teoria que irá direcionar o trabalho científico o que necessita uma dedicação, estudo e análise pelo pesquisador que irá executar o trabalho científico e tem como objetivo reunir e analisar textos publicados, para apoiar o trabalho científico.

Sendo assim, esta pesquisa foi desenvolvida com o intuito de gerar conhecimento e obter informações para subsidiar estudos futuros sobre o sistema plantio direto em hortaliças. Após a leitura analítica, destacou-se os aspectos principais, e confeccionadas as seções: Qualidade do solo, Qualidade física do solo, Qualidade química do solo, sistema de plantio direto e considerações finais.

### 2.1 Qualidade do solo

O solo é um recurso natural, de extrema importância, capaz de gerar a perpetuidade animal e humana através da produção de alimentos, sendo meio para crescimento de plantas. Ele também desempenha funções essenciais para a proteção ambiental, pois promove a ciclagem de nutrientes, a retenção de gás carbônico e o abastecimento da água do lençol freático pela infiltração das águas pluviais.

A qualidade do solo pode ser referida como a capacidade que o solo possui em desempenhar as funções essenciais para o homem e para o meio ambiente. Isso é evidente pelo fato de que se tem observado que existe diversos fatores que podem ocasionar a degradação do solo, bem como agravar a perda da produtividade de uma determinada cultura (SILVA *et al.*, 2020).

Indicadores de solo são utilizados para avaliar a qualidade de um solo, esclarecendo informações importantes para a busca da máxima produção e a sustentabilidade do sistema, e podem ser físicos, químicos e biológicos. Assim sendo, a avaliação dos indicadores físicos e químicos do solo em cultivo de plantio direto irá nos revelar as diferenças positivas prováveis em relação ao plantio convencional.

Com a remoção da cobertura vegetal para exploração agrícola, o solo é exposto à ação direta do clima, e, quando submetido à intensa atividade de cultivo, há o impacto sobre os processos físicos, químicos e biológicos, modificando sua qualidade

(PORTUGAL *et al.*, 2012; RANGEL; SILVA, 2007). Solos semelhantes, submetidos a diferentes usos e manejos, possivelmente apresentarão níveis de degradação diferentes, sendo o sistema de preparo convencional causador da maior degradação do solo, em relação ao manejo conservacionista (ASSIS; LANÇAS, 2010; BERTOL *et al.*, 2004). O sistema de preparo convencional acelera a decomposição da matéria orgânica, rompe os agregados e reduz sua estabilidade nas camadas manejadas, além de favorecer o aumento da densidade do solo e a resistência à penetração em subsuperfície (ARATANI *et al.*, 2009). Comparativamente ao sistema convencional, no sistema de plantio direto é menor a decomposição da cobertura vegetal, acumulando a matéria orgânica e aumentando o teor de C orgânico total, que estabiliza a estrutura do solo, pelo efeito cimentante na formação e manutenção dos agregados (BARRETO *et al.*, 2009). Mesmo em sistemas de plantio direto irrigados no semiárido, o carbono orgânico do solo aumenta, devido à decomposição de resíduos e sua mineralização (GIUBERGIA *et al.*, 2013). Apesar dos benefícios, tem-se observado no plantio direto, a ocorrência de compactação da camada superficial do solo (BERTOL *et al.*, 2004), bem como consequente aumento da resistência do solo à penetração e a redução da macroporosidade (GOZUBUYUK *et al.*, 2014). No semiárido, a compactação do solo em cultivos irrigados, ocorre principalmente devido ao preparo do solo em umidade acima da friabilidade, favorecendo o seu adensamento, que pode ser remediado com preparo profundo ou uso de espécies descompactadoras em rotação (RADFORD *et al.*, 2007). O plantio direto nessas condições acumula resíduos culturais, promovendo acúmulo de carbono, que beneficiam a absorção de água e infiltração, aumentando a sortividade do solo, porosidade total e macroagregação (SÁ *et al.*, 2014). Esses benefícios podem acentuar-se com o uso da rotação ou sucessão de culturas, que podem melhorar a estrutura do solo e reduzir a compactação, devido à síntese radicular de material orgânico, associado à configuração e proporção de raízes laterais (ANDRADE *et al.*, 2009). Com apenas dois anos de plantio direto de milho irrigado no semiárido, melhoram os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, havendo aumento no conteúdo de água, do carbono orgânico, nitrogênio, da população microbiana e estabilidade de agregados (MUÑOZ *et al.*, 2007), que, nessas condições, é resultado do acúmulo do carbono orgânico, cujas propriedades agregantes superam o efeito dispersante do sódio nestes sistemas (GIUBERGIA *et al.*, 2013). Em regiões

semiáridas com baixas temperaturas (leste da Turquia), o plantio direto eleva a densidade do solo superficial, a resistência à penetração e umidade na capacidade de campo, acompanhado de redução na porosidade total e infiltração de água. Apesar disso, há aumento na germinação das culturas devido à maior umidade (GOZUBUYUK *et al.*, 2014). A degradação do solo está associada à sua capacidade produtiva e sustentabilidade do sistema de manejo, sendo possível sua avaliação pelas propriedades físicas do solo (ARATANI *et al.*, 2009), que são influenciadas por fatores regionalizados, como clima, classe de solo, granulometria, mineralogia, além do uso ao qual o solo é submetido. Na região climática do semiárido brasileiro, as alterações dos atributos físicos do solo sob sistemas irrigados são de grande importância para fornecer informações da qualidade do solo e sua capacidade produtiva (CORRÊA *et al.*, 2010), porém, tais informações ainda são escassas.

## **2.2 Qualidade física do solo**

A qualidade física do solo afeta o crescimento de todas as culturas, independente se elas são de sequeiro ou irrigadas. Ela influencia diretamente a produtividade das culturas e estão relacionadas ao fornecimento de água, de oxigênio e à resistência do solo à penetração. Esses fatores físicos estão estreitamente relacionados à condição estrutural e a quantidade de água no solo e, portanto, sujeitos a modificações positivas ou negativas em relação à produtividade das culturas. Sabendo disso, a avaliação dos impactos das práticas de manejo sobre a qualidade física do solo deve levar em consideração os premissas que determinam as condições físicas ideais para o crescimento das plantas.

De acordo com Kazmierczak (2018), os fatores físicos mais avaliados são a densidade, taxa de infiltração de água, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, condutividade hidráulica e resistência à penetração. Pinheiro (2018) identificou que a densidade do solo e a resistência mecânica à penetração foram os atributos físicos que melhor se destacaram como indicadores para avaliar a qualidade física do solo.

As alterações na estrutura do solo causada pelos diferentes sistemas de manejo, pode estar associado à formação de camadas compactadas ao longo do tempo. A compactação pode elevar à densidade e reduzir o volume de poros no solo, o que

resultariam em aumento da erosão, perda na condutividade hidráulica e redução do alongamento radicular das plantas (SHI *et al.*, 2012). Uma das práticas defendidas para melhorar a qualidade física dos solos compactados é a adoção de sistemas de rotação de culturas que contemplem plantas com elevado potencial de produção de fitomassa e caracterizadas por um sistema radicular abundante, profundo e agressivo (MORAES, 2013). O efeito da rotação de culturas sobre a qualidade física do solo no SPD foi objeto de diversas pesquisas (GENRO JÚNIOR *et al.*, 2009; FRANCHINI *et al.*, 2012), embora ainda persistam dúvidas a respeito da eficiência dessa prática na mitigação de camadas compactadas de solo.

Bertioli Júnior *et al.* (2012) consideram que uma das formas de se incrementar a qualidade estrutural do solo é por meio da conservação e adição de matéria orgânica no solo. A adição de compostos orgânicos em diferentes sistemas de manejo pode trazer não só benefícios químicos mas também melhoria na qualidade física do solo. A matéria orgânica pode reduzir a densidade do solo, elevar o volume de poros, favorecendo a infiltração e aeração para desenvolvimento das plantas.

Na questão de uso da água, como mencionado por Meirelles (2000), a irrigação corresponde a 73% do consumo da água doce disponível, e devido às mudanças climáticas, esta fonte esgotável está reduzindo, e portanto, deve ser utilizada com bom senso, e economizando na medida do possível. E na agricultura, uma das formas de contribuir, é a utilização de plantas de cobertura no sistema de plantio direto, e quanto maior a quantidade de matéria seca sobre o solo, como o milho (SILVA *et al.*, 2009) e a aveia preta (KIELING *et al.*, 2009), maior é a retenção e menor a evaporação de água.

Mais uma vez retratando a maior retenção de água no solo devido a cobertura vegetal em plantio direto, no trabalho de Marouelli *et al.* (2010), os autores produziram repolho sobre quatro quantidades de palha de milho (0,0, 4,5, 9,0, 13,5 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca) e detectaram economia de água em até 13% da lâmina de água aplicada em todo ciclo da cultura quando comparado a área sem palhada. E a economia foi maior ainda durante os primeiros 30 dias após o transplante das mudas, atingindo 28%. Por outro lado, os tratamentos não influenciaram na produção do repolho, mesmo na área sem palhada.

### 2.3 Qualidade química do solo

O levantamento dos indicadores químicos é importante, pois tem relação com a disponibilidade de nutrientes primordiais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Assim, matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes são os principais indicadores químicos da qualidade, permitindo análise técnica para recomendar a correção de pH e da nutrição do solo.

Segundo Saraiva *et al.* (2018), os solos podem apresentar acidez de forma natural, seja em função da carência de bases do material de origem ou em função de processos de formação que viabilizam a retirada de elementos básicos do solo, como  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ , entre outros. Os cultivos intensos e adubação química também podem reduzir o pH do solo, onde, em uma escala de pH que varia de 0 a 14, valores abaixo de 7 são considerados ácidos e acima de 7 são alcalinos.

A acidez do solo é um dos fatores limitantes ao desenvolvimento de culturas, gerando indisponibilidade de nutrientes e redução da população de microrganismos que são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica (SARAIVA *et al.*, 2018).

De acordo com Osterroht (2002), entre os efeitos do uso de plantas de cobertura sobre a fertilidade do solo, estão a adição de matéria orgânica (MO), maior capacidade de troca de cátions (CTC) e a menor acidez; o aumento do fósforo (P) disponível; complexação orgânica do alumínio (Al) e manganês (Mn) que se encontram em níveis tóxicos no solo; adição de N ao sistema pela fixação biológica; disponibilização de micronutrientes e melhoria no desenvolvimento dos cultivos, aumentando a estabilidade nas produções, ao longo dos anos.

Andrioli (2004) diz que o plantio de espécies de cobertura no início da primavera (setembro), antes da cultura principal, no início do período das chuvas, além de produzir fitomassa que viabiliza o sistema plantio direto, plantas de cobertura cultivadas em pré-safra, quando leguminosas, podem fornecer nitrogênio e aumentar a produtividade de milho.

No cerrado brasileiro, a obtenção de resíduos vegetais para a cobertura do solo em áreas sob SPD tem sido difícil devido, principalmente à baixa produção de fitomassa na entressafra e à decomposição acelerada dos resíduos, condições em que o uso de espécies com decomposição mais lenta representa uma estratégia para

aumentar a eficiência dessas coberturas na produção de resíduos sobre a superfície do solo (BRESSAN *et al.*, 2013).

Portugal *et al.* (2010), avaliaram as alterações em propriedades químicas. Os sistemas agrícolas com laranjeira e cana melhoraram a condição química do solo, aumentando os teores de nutrientes e diminuindo o  $Al^{3+}$  do complexo de troca, porém apresentaram redução dos teores de MO.

Ferreira (2009) em um estudo avaliando as concentrações do K do solo em um sistema ILP, em plantio direto, com diferentes intensidades de pastejo (aveia-preta + azevém) de bovinos no inverno e a cultura da soja cultivada no verão. O experimento foi iniciado em maio de 2001 em área pertencente à Fazenda do Espinilho, localizada no município de São Miguel das Missões – RS, em Latossolo Vermelho distroférrico que vinha sendo cultivado em plantio direto desde 1991. Os tratamentos constaram de intensidades de pastejo: 0,10; 0,20; 0,30 e 0,40 m de altura do pasto e um tratamento sem pastejo. Os teores de K disponível eram originalmente altos e assim se mantiveram ao longo do tempo, independentemente do tratamento de pastejo. Em todas as situações houve a formação de gradiente decrescente de concentração de K a partir da superfície sendo maior após pastagem que após soja. A ausência do pastejo, apesar de propiciar menor ciclagem de K, resultou em maiores teores do nutriente no solo, em relação às áreas com animais, especialmente aquelas intensamente pastejadas, devido às perdas causadas, provavelmente, pelas excretas.

## **2.4 Sistema Plantio Direto**

O sistema de plantio direto é um sistema de manejo onde a semeadura é feita sem fazer preparo do solo convencional (arados e grades), mantendo resíduos vegetais das culturas antecessoras sobre o solo. O sistema baseia-se em três pilares fundamentais: 1- o não revolvimento do solo (restrito à linha de semeadura ou covas para mudas), 2- a cobertura permanente do solo (plantas vivas ou palhadas) e 3- a diversificação de plantas na rotação de culturas (FEBRAPDP, 2022).

Dentre os benefícios do emprego do SPD, pode-se destacar: melhoria na produtividade agrícola, contribuição para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, melhora a fertilidade e as características físicas do solo, eficiência no uso da água e nutrientes, otimização do uso de máquinas na propriedade, promovendo

diversificação e redução do risco da cultura. Todos esses efeitos benéficos da cobertura do solo, rotação de culturas, bem como das safras anteriores, contribuem no desempenho da cultura principal e podem ser atribuídos às suas raízes e palha. As raízes podem melhorar a qualidade física do solo (FERREIRA *et al.*, 2018), levando a um aumento na infiltração de água no solo e retenção, melhor difusão de oxigênio e redução do solo resistência à penetração da raiz. A palha reduz no solo a taxa de evaporação da água, os picos de aquecimento do solo, infestação de ervas daninhas e erosão do solo, também liberando nutrientes para as colheitas subsequentes (REIS *et al.*, 2019).

A rotação de culturas pode ser considerado um dos principais requisitos utilizados para viabilizar o sistema plantio direto, pois é um dos sistemas mais eficientes de conservação de solo. Portanto, a rotação de culturas é uma estratégia importante sendo cada vez mais utilizada na agricultura brasileira. O conceito para essa prática é definido como plantio com alternância de espécies, uma após a outra, na mesma área, esta prática é recomendada com o objetivo de evitar a sucessão com a mesma cultura, que ameaça a sustentabilidade devido à exaustão causada pela mesma forma de exploração agrícola (SACHETTI, 2020).

A sucessão entre duas culturas é uma realidade em expansão na agricultura. Além disso, a prática também tem se difundido a nível nacional. Essa prática contribui de maneira significativa para redução de microrganismos maléficos, como os nematoides por exemplo, e contribuem para o condicionamento do solo. A sucessão de culturas anuais com espécies leguminosas e/ou gramíneas têm se mostrado como ferramentas efetivas proporcionando melhores condições de produtividade devido a seus benéficos ao solo e para a planta (EMBRAPA, 2021).

Diante das mudanças climáticas há que se ressaltar a contribuição do sistema de plantio direto, pois segundo Gassen e Gassen (1996) relataram que no início dos anos 90, houve evidências de que a liberação de CO<sub>2</sub> em solos arados, cultivado no sistema convencional de produção, foi superior ao volume de gases emitidos pelo consumo de combustíveis fósseis. O teor de carbono total é um importante indicador de sustentabilidade e de qualidade do solo, e quanto maior a intensidade de revolvimento com a aração, maior é sua perda na forma de dióxido de carbono, além de promover o aquecimento da superfície pela exposição à radiação solar, contribuindo para o aumento do efeito estufa. No SPD, com a palhada em cobertura,

promove reflexão da radiação solar, reduz perda de carbono, na forma de CO<sub>2</sub>, influenciando diretamente na redução do efeito estufa. O maior conteúdo de carbono total no SPD em relação ao Sistema de Plantio Convencional (SPC) está relacionado ao não revolvimento do solo, associado ao pousio com capim colônio nos quatro anos anteriores à implantação, à braquiária no primeiro ano, a presença de plantas espontâneas durante o pousio dos tratamentos, à cobertura morta produzida pelas sucessões e ao possível aumento na densidade radicular, favorecendo maior alocação de carbono nas camadas superficiais do solo (SÁ *et al.*, 2014). Além disso, o acúmulo de carbono é proporcional ao tempo de implantação do SPD, levando a um efeito superficial dos sistemas de manejo em relação à mata, enquanto no SPC, a rápida oxidação da matéria orgânica, pelo revolvimento do solo, reduziu o conteúdo de carbono (ASSIS; LANÇAS, 2010; MUÑOZ *et al.*, 2007).

Uma das questões de grande preocupação é a quantidade de água potável, e sem ela não há comida, e nem vida na Terra. Isto não deveria trazer preocupações, devido 70% do planeta ser coberto por água, porém aproximadamente 97,5% é salgada, estando disponível menos de 3% de água doce, e apenas 0,4% estão na superfície dos solos (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 2005). E de acordo com a Unicef (Fundo das Nações Unidas para a Infância), menos da metade da população mundial tem acesso, que segundo Meirelles (2000) relata que a irrigação corresponde a 73% do consumo, 21% nas indústrias e apenas 6% destina-se ao consumo doméstico, neste sentido pode ocorrer crise hídrica em futuro próximo.

Um dos setores de maior consumo de água para irrigação é a horticultura, onde a olericultura se insere, requisitando irrigação diariamente, uma ou duas vezes ao dia dependendo do clima e região. No contexto de otimização da água na agricultura, o SPD é o manejo mais adequado por aumentar a matéria orgânica no perfil e na superfície do solo, aumentando a retenção de água (MAROUELLI *et al.*, 2010).

Em grandes culturas já existem várias pesquisas conduzidas no sistema de plantio direto, como em feijão (STONE; MOREIRA, 2000; ANDRADE *et al.*, 2002; STONE *et al.*, 2006; BIZARI *et al.*, 2009), milho (LARA CABEZAS *et al.*, 2000; AMADO *et al.*, 2002; CERETTA *et al.*, 2002; CAIRES *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2006), soja (CAIRES *et al.*, 2001; CAIRES *et al.*, 2006; FLORES *et al.*, 2007; KLEIN; CAMARA, 2007), trigo (ABREU *et al.*, 2003; DA ROS *et al.*, 2003; BRAZ *et al.*, 2006; TEIXEIRA FILHO *et al.*, 2010), embora ainda há que se pesquisar.

Por outro lado, o plantio direto de hortaliças (SPDH) é um fato relativamente recente, surgindo os pioneiros próximos do ano 2000, portanto, ainda são poucos os trabalhos e ainda há muito que ser estudado. Alguns trabalhos já foram desenvolvidos, como em alface-americana (HIRATA *et al.*, 2014), berinjela (CASTRO *et al.*, 2005; LIMA *et al.*, 2012; ECHER *et al.*, 2016), beterraba (PURQUERIO *et al.*, 2009; FACTOR *et al.*, 2010), brócolis (MELO, 2007), cebola (SOUZA *et al.*, 2013; LOSS *et al.*, 2015), cebolinha (ARAÚJO NETO *et al.*, 2010), coentro (TAVELLA *et al.*, 2010), repolho (MAROUELLI *et al.*, 2010), tomate (MAROUELLI *et al.*, 2000; HIRATA *et al.*, 2009; KIELING *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2009), no entanto, vale ressaltar que a dinâmica da palhada e ciclagem de nutrientes é muito variável, conforme a posição geográfica do campo de produção, sendo influenciado pelo clima, fauna, pelos atributos físicos e químicos do solo, altitude, relevo, dentre outros que são altamente variáveis de região para região.

Como já mencionado sobre as vantagens da presença de palhada sobre o solo, foi observado por Silva *et al.* (2009), que estudaram o cultivo isolado e consorciado de adubos verdes: *Crotalaria juncea*, *Stizolobium aterrimum*, *Pennisetum glaucum*, *C. juncea* + *P. glaucum*, *C. juncea* + *S. aterrimum*, *P. glaucum* + *S. aterrimum*, para formação de palhada no cultivo de tomate rasteiro, e obtiveram maior supressão de plantas daninhas quando a palhada utilizada foi *P. glaucum* (milheto) devido a maior produção de massa seca (23,8 Mg ha<sup>-1</sup>), tanto em cultivo solteiro ou consorciado, e independente da espécie, não houve diferença significativa na produtividade do tomateiro. Já na produção da beterraba em plantio direto, houve produtividade superior sobre palhada da mistura de milheto + crotalária, não diferindo do milheto, que foi cultivado em solteiro (FACTOR *et al.*, 2010).

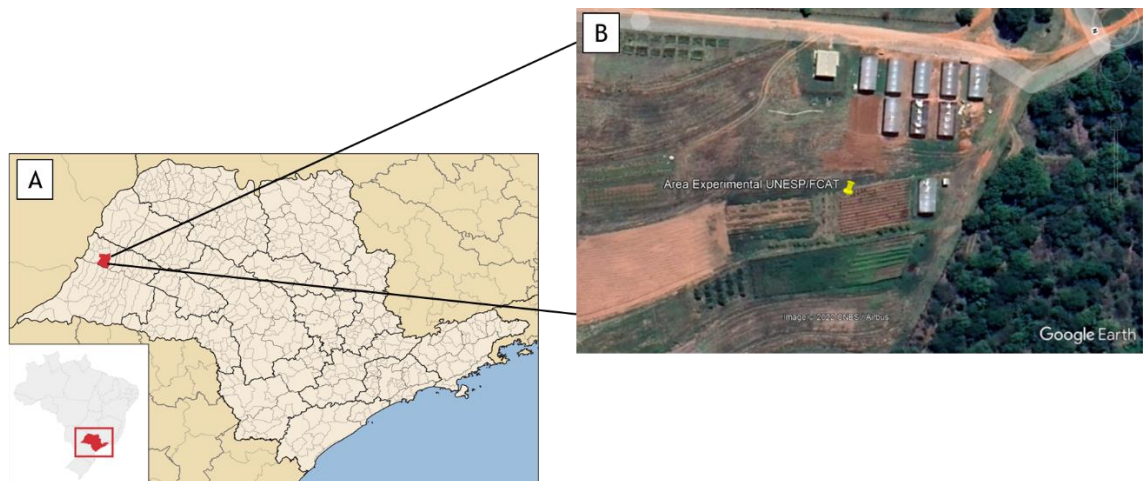
Em outro trabalho com tomateiro, foram testadas a aveia preta, ervilhaca e nabo forrageiro em sistemas de cobertura solteiros e consorciados, e as espécies que mais produziram matéria seca foram: aveia + ervilhaca e aveia solteira, e mesmo assim não houve diferença significativa na produção de tomate independente dos tratamentos (KIELING *et al.*, 2009).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização do trabalho de pesquisa e características do local

O trabalho foi desenvolvido em área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas/ Universidade Estadual Paulista (FCAT/UNESP), sediada no município de Dracena-SP, localizada na região oeste paulista à 420 metros de altitude, com latitude 21°29' S e longitude 51°52' W. O solo da área estudada foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (SANTOS *et al.*, 2018). O clima, segundo a classificação de Köppen é Cfa (subtropical úmido), com verão quente e chuvoso de outubro a março e inverno seco e ameno de baixa precipitação pluvial de abril a setembro, com pluviosidade média anual de 1.204 mm. As médias anuais: temperatura 23,97°C e umidade relativa de 64,23%.

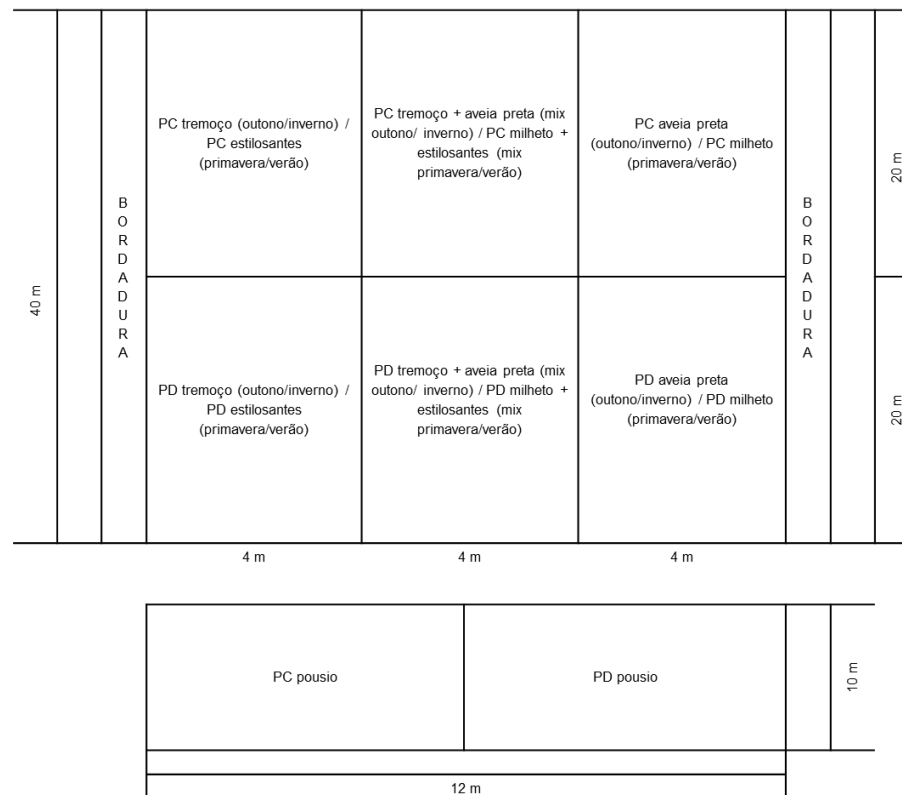
**Figura 1.** Localização da área de estudo. A: mapa do Brasil, com destaque para o Estado de São Paulo e para o município de Dracena. B: área do experimento na UNESP/FCAT de Dracena, Estado de São Paulo, Brasil.



Fonte: Abreu (20026) e Google Earth PRO (2022).

### 3.2. Descrição da área experimental

Foram realizados dois cultivos de hortaliças, repolho e pepino, em rotação de cultura com coberturas vegetais, sendo elas a cultura do tremoço, aveia, estilosantes e milho. O experimento foi conduzido em duas épocas, uma no outono/inverno e outra na primavera/verão, instalados em delineamento de blocos casualizados com parcela subdividida e quatro repetições. A área experimental totalizou 600 m<sup>2</sup> (12 x 50 m).



Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.2.1 Estruturação dos tratamentos

No outono/inverno, os tratamentos consistiram de três coberturas vegetais (Tremoço, Mix 70% tremoço e 30% aveia preta, Aveia preta) na parcela, e dois sistemas de cultivo na subparcela (cultivo convencional e direto). Após a roçagem dos adubos verdes de inverno, foram transplantadas mudas de repolho com espaçamento de 0,6 x 0,6 m. No projeto inicial estava programado o uso do repolho cv. Sooshu, entretanto durante o desenvolvimento do projeto ocorreu uma severa incidência da doença podridão negra (*Xanthomonas campestris pv. campestris*) na cultura, visto que a cultivar utilizada não apresenta características de resistência nem tolerância ao patógeno. No primeiro ano a incidência da doença foi baixa possibilitando prosseguimento do projeto, entretanto durante o cultivo no segundo ano a doença se alastrou por toda área impossibilitando a colheita mínima para avaliação da cultura. Em razão disso, houve a troca de cultivar optando pela Veloce F1 a qual possui resistência à podridão negra, no entanto mesmo com a tecnologia de resistência houve novamente alta incidência da doença, causada muito provavelmente pelo clima e ambiente favorável, e ainda devido à presença anterior do patógeno na área com aumento de inóculos. Após essas tentativas e seu lamentoso insucesso, decidiu-se então pela troca da cultura do repolho para a cultura da alface cv. Vanda, a qual não é suscetível ao patógeno e possui ciclo mais curto, uma vez que ainda se fazia necessário a realização de mais um ciclo de adubo verde e da cultura do pepino.

#### **Tratamentos**

1. Estilosantes
2. Mix 70% estilosantes + 30% milheto
3. Milheto

#### **Subparcelas**

1. Plantio direto
2. Plantio convencional (aração, gradagem e encanteirador)

Na primavera/verão, após a colheita do repolho/alface, foram semeados nas mesmas parcelas e subparcelas adubos verdes de verão. Após a roçagem dos adubos verdes em início de florescimento, foi realizado o transplante de mudas de

pepino do tipo aodai, híbrido Targa, no espaçamento de 1,0 x 0,5 m, com tutoramento por meio de estruturas de mourões e arames.

### **Tratamentos**

4. Estilosantes
5. Mix 70% estilosantes + 30% milheto
6. Milheto

### **Subparcelas**

3. Plantio direto
4. Plantio convencional (aração, gradagem e encanteirador)

As coberturas vegetais foram conduzidas até o início do florescimento e posteriormente cortadas com roçadeira manual. No cultivo das culturas econômicas, repolho/alface no inverno e pepino no verão, cada parcela experimental foi composta de 12 plantas (bordaduras e plantas úteis), considerando duas plantas úteis na avaliação das características de produção. E para a irrigação das culturas foi implantado um sistema de irrigação por gotejo.

### **3.2.2 Caracterização e avaliação**

A caracterização da área foi realizada com a coleta de amostras antes do início da implantação do sistema, sendo a primeira coleta no mês de abril de 2018, e a última coleta em maio de 2020 após a colheita. Tanto as coletas de amostras deformadas e indeformadas de solo foram realizadas concomitantemente para a camada de solo de 0,00 - 0,10 m; 0,10 - 0,20 m; 0,20 - 0,40 m, a fim de verificar o efeito das raízes das plantas utilizadas na área estudada.

Para avaliação dos atributos físicos do solo foram realizadas as seguintes análises:

- Estabilidade de agregados: A distribuição e estabilidade de agregados em água, diâmetro médio ponderado dos agregados foi determinado pelo método de Angers e Mehuys (2000).

- Porosidade e densidade do solo: A porosidade total pela saturação do solo (volume de poros totais ocupados pela água), a microporosidade pelo método de massa de tensão com coluna de água de 0,060 kPa, e a macroporosidade foi calculada por diferença entre a porosidade total e a microporosidade, segundo Teixeira *et al.* (2017). A densidade do solo pelo método de anel volumétrico de acordo com Teixeira *et al.* (2017).

- Infiltração de água: A taxa de infiltração de água foi determinada utilizando mini infiltrômetro de disco (ZHANG, 1997).

- Resistência mecânica à penetração: Para a resistência do solo à penetração foi utilizado o aparelho PenetroLOG, modelo Falker Automação Agrícola.

- Umidade do solo: Umidade gravimétrica e volumétrica do solo pelo método clássico de pesagem (TEIXEIRA *et al.*, 2017). Foi avaliada no momento da realização da resistência do solo à penetração.

Os dados analisados referentes aos atributos físicos foram submetidos à análise de variância, com utilização do teste Scott- Knott a 5% de probabilidade para a comparação de médias, utilizando o programa estatístico SISVAR.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Estabilidade de agregados

Na coleta inicial de caracterização da área, os dados obtidos mostraram um solo de boa qualidade para cultivo agrícola em relação aos atributos físicos avaliados do solo da área estudada. No que se refere ao atributo de agregação do solo, os valores médios do Diâmetro Médio Ponderado (DMP) encontrados, dispostos na Tabela 1, se mostram maiores que 2 mm (BONINI *et al.*, 2017) em todas as camadas, que é considerado valor mínimo para um solo de qualidade para cultivo.

**Tabela 1** – Caracterização inicial do diâmetro médio ponderado.

Profundidade	DMP (mm)
0,00 - 0,10 m	2,51
0,10 - 0,20 m	2,42
0,20 - 0,40 m	2,50

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tabela 2 pode-se verificar os valores médios do DMP da coleta realizada após dois anos de cultivo da área divididos em três camadas, no qual nota-se que houve efeito estatístico apenas na interação entre tratamento e subparcela na camada de 0,10 - 0,20 m. É possível observar ainda que na camada superficial do solo houve um ligeiro aumento no tamanho dos agregados tendendo assim a uma possível melhora na construção da estrutura do solo devido a implementação de material orgânico, concordando então com Marin (2002), que o aumento de MO auxilia na recuperação e conservação do solo sendo aspectos importantes quando ponderando longo prazo.

A utilização de gramíneas e leguminosas é uma estratégia inteligente visto que elas possuem alta capacidade de produção de biomassa e aporte de nitrogênio, respectivamente, e de acordo com Giumbelli (2019), sistemas de manejo utilizando o SPD na cultura da cebola se mostram vantajosos quando avaliado o diâmetro médio geométrico e ainda a combinação de plantas de cobertura de diferentes famílias se mostram positivas, sendo que o uso conjunto de plantas de cobertura das famílias

*Poaceae* e *Fabaceae* se mostraram bastante eficientes quanto ao acúmulo de carbono orgânico e nitrogênio.

**Tabela 2** – Teste F, CV (%) e valores médios de diâmetro médio ponderado após 2 anos de cultivo.

Tratamentos	DMP (mm)		
	0,00 - 0,10 m	0,10 - 0,20 m	0,20 - 0,40 m
Gramínea	2,618	2,570	2,428
Mix	2,928	2,518	2,605
Leguminosa	2,695	2,495	2,465
SPD	2,782	2,467	2,397
SPC	2,712	2,588	2,602
F trat. (T)	0,770 <sup>ns</sup>	0,084 <sup>ns</sup>	0,425 <sup>ns</sup>
F subprc (S)	0,402 <sup>ns</sup>	7,192 <sup>ns</sup>	2,005 <sup>ns</sup>
F (TxS)	4,061 <sup>ns</sup>	25,872 <sup>*</sup>	0,567 <sup>ns</sup>
CV 1 (%)	13,38	10,51	11,48
CV 2 (%)	6,96	3,11	10,03

Nota: \*significativo a 5% de probabilidade e “ns” não significativo. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5 % de probabilidade. Legenda: Mix – 70 % leguminosa + 30% gramínea; SPD – Plantio direto; SPC – Plantio convencional;

Fonte: Elaborado pelo autor

Na interação entre tratamento e subparcela, apresentados na tabela 3, foi possível averiguar que para o SPD todos os tratamentos tiveram médias estatisticamente iguais, e já no SPC o tratamento Mix se mostrou com maior valor em relação a gramínea e leguminosa. A cerca dos tratamentos, tanto para gramínea quanto para leguminosa de forma solteira não obtiveram diferenças de médias entre SPD e SPC, sendo apenas o Mix com média superior para o SPC.

**Tabela 3** – Interação dos tratamentos x SPC/SPD para diâmetro médio ponderado na camada de 0,10 - 0,20m após 2 anos de cultivo.

	DMP (mm) 0,10 - 0,20m		
	Gramínea	Mix	Leguminosa
SPD	2,660 aA	2,230 bB	2,510 aA
SPC	2,480 bA	2,805 aA	2,480 bA

Nota: Médias seguidas de letras minúsculas diferem entre si nas linhas e médias seguidas de letras maiúsculas diferem entre si nas colunas pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o SPD em relação aos dados de caracterização nota-se um pequeno aumento nas médias para as gramíneas e estabilidade para as leguminosas, isso

provavelmente foi ocasionado em virtude da capacidade de produção de MS das gramíneas, com isso maior acúmulo de MO durante os ciclos e conseqüente aumento do poder de agregação. Pauletti (2012) afirma que a cultura do milho (família das gramíneas) possui ótimo potencial para produção de MS e conseqüente cobertura do solo, em estudo realizado sobre a influência das plantas de cobertura em características produtivas da alfaca e nos atributos físicos e químicos do solo.

#### 4.2 Porosidade e Densidade do solo

Na porosidade do solo pode-se observar que todos os valores médios da macroporosidade, apresentados nas tabelas 4 e 5, tanto antes da implantação do sistema como após os dois anos de cultivo, se apresentaram acima de  $0,10 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , o que é considerado valor ideal de macroporosidade para um bom desenvolvimento de cultura. Como esperado, em conseqüência do SPC com o revolvimento do solo houve aumentos significativos na macroporosidade, e mesmo o SPD também se observa um ligeiro aumento, visto que no primeiro preparo do solo houve o revolvimento de toda a área para o estabelecimento dos canteiros. O uso de gramíneas e leguminosas proporcionaram um aporte de MO ao solo, fornecendo assim material cimentante para melhorar a agregação e estruturação do solo refletidas na porosidade do solo e densidade aparente. Solos arenosos, como do objeto de estudo são difíceis de ser manejados e é complexa a manutenção da estrutura, necessitando assim de maior cuidado para evitar a degradação do mesmo que ocorre mais facilmente em relação a solos mais argilosos.

**Tabela 4** – Caracterização inicial da porosidade (macroporosidade, microporosidade e porosidade total) e densidade do solo.

Profundidade	MA	MI	PT	DS ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )
	$(\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3})$			
0,00 - 0,10 m	0,177	0,229	0,377	1,51
0,10 - 0,20 m	0,168	0,182	0,291	1,63
0,20 - 0,40 m	0,231	0,116	0,309	1,61

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na camada de 0,10 - 0,20 m observa-se resultado estatístico entre o SPD e SPC, onde o SPC mostrou-se com maior valor devido ao revolvimento do solo a cada ciclo de cultura e adubo verde. Bonini *et al.* (2017) argumenta que a porosidade total

não é um bom atributo para confirmação da qualidade de um solo, em razão de que a maior importância se dá pela distribuição entre o tamanho dos poros, sendo eles macroporos 1/3 e microporos 2/3. Em razão disso a avaliação de macro e microporos se faz extremamente importantes para uma boa análise e entendimento das características do solo a ser estudado.

**Tabela 5** – Valores de F, CV (%) e valores médios de macroporosidade (MA), microporosidade (MI), porosidade total do solo (PT) e densidade do solo (DS) dos tratamentos estudados nas camadas de solos (0-10; 10-20; 20-40 cm), após 2 anos de cultivo.

Tratamentos	MA	MI	PT	DS (g.cm <sup>-3</sup> )
	(m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> )			
<b>0,00 - 0,10 m</b>				
Gramínea	0,248	0,130	0,375	1,540
Mix	0,238	0,140	0,378	1,523
Leguminosa	0,250	0,130	0,380	1,520
SPD	0,227	0,135	0,362	1,550 a
SPC	0,263	0,132	0,393	1,505 b
F trat (T)	0,151 <sup>ns</sup>	0,211 <sup>ns</sup>	0,158 <sup>ns</sup>	0,249 <sup>ns</sup>
F subprc. (S)	1,322 <sup>ns</sup>	0,040 <sup>ns</sup>	4,056 <sup>ns</sup>	145,800 *
F (TxS)	0,036 <sup>ns</sup>	0,640 <sup>ns</sup>	0,551 <sup>ns</sup>	79,800 *
CV 1 (%)	13,89	18,87	3,33	2,86
CV 2 (%)	22,54	21,65	7,21	0,42
<b>0,10 - 0,20 m</b>				
Gramínea	0,180	0,165	0,343	1,603
Mix	0,160	0,160	0,323	1,670
Leguminosa	0,140	0,175	0,313	1,663
SPD	0,142	0,157	0,298 b	1,703 a
SPC	0,178	0,177	0,353 a	1,587 b
F trat (T)	1,548 <sup>ns</sup>	1,750 <sup>ns</sup>	0,903 <sup>ns</sup>	2,424 <sup>ns</sup>
F subprc. (S)	2,283 <sup>ns</sup>	1,800 <sup>ns</sup>	18,458 *	17,626 *
F (TxS)	0,132 <sup>ns</sup>	0,150 <sup>ns</sup>	0,610 <sup>ns</sup>	0,090 <sup>ns</sup>
CV 1 (%)	20,09	6,93	9,87	2,89
CV 2 (%)	26,27	15,49	6,81	2,93
<b>0,20 - 0,40 m</b>				
Gramínea	0,165	0,143	0,310	1,705
Mix	0,170	0,123	0,295	1,720
Leguminosa	0,165	0,143	0,313	1,688
SPD	0,178	0,123	0,307	1,717
SPC	0,155	0,148	0,305	1,692
F trat (T)	0,032 <sup>ns</sup>	0,762 <sup>ns</sup>	43,000 <sup>ns</sup>	0,436 <sup>ns</sup>
F subprc. (S)	1,960 <sup>ns</sup>	6,429 <sup>ns</sup>	0,077 <sup>ns</sup>	1,056 <sup>ns</sup>
F (TxS)	2,560 <sup>ns</sup>	3,086 <sup>ns</sup>	2,846 <sup>ns</sup>	0,690 <sup>ns</sup>
CV 1 (%)	19,29	19,48	0,94	2,89
CV 2 (%)	17,32	12,57	3,40	2,47

Nota: \*significativo a 5% de probabilidade e “ns” não significativo. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5 % de probabilidade. Legenda: Mix - 70 % leguminosa + 30% gramínea; SPD - Plantio direto; SPC - Plantio convencional;  
Fonte: Elaborado pelo autor

A DS na caracterização se mostra próxima ao considerado ideal para solos desta textura ( $1,50 \text{ g.cm}^{-3}$ ) segundo Kiehl (1979). Após os cultivos observa-se que houve efeito estatístico nas subparcelas da primeira e segunda camada, 0,00 - 0,10 m e 0,10 - 0,20 m respectivamente, onde o SPD se mostrou com maiores valores de DS previsto pelo não revolvimento do solo. Os tratamentos que estão em SPD levam alguns anos para formação robusta do sistema para então alcançar uma boa estruturação do solo, e este do presente estudo ainda se encontra apenas em fase de implantação o que se torna bom motivo para continuação do estudo.

A interação entre tratamento e subparcela sobre a DS pode ser observada na tabela 6, onde o SPD se mostrou com médias mais altas para as gramíneas e o mix, e no SPC as gramíneas e as leguminosas foram as que apresentaram médias mais altas. Em relação aos tratamentos, tanto as gramíneas quanto o mix apresentaram médias mais altas no SPD devido ao não revolvimento do solo, já para as leguminosas não houve diferença estatística entre as médias do SPD e SPC, e possivelmente isso ocorreu pelo menor aporte de MS em relação as gramíneas, não alterando significativamente o incremento de MO.

**Tabela 6** – Interação dos tratamentos x SPD/SPC de densidade do solo na camada de 0,00 - 0,10m após 2 anos de cultivo.

<b>DS (<math>\text{g.cm}^{-3}</math>) 0,00 - 0,10m</b>			
	<b>Gramínea</b>	<b>Mix</b>	<b>Leguminosa</b>
<b>SPD</b>	1,560 aA	1,575 aA	1,515 bA
<b>SPC</b>	1,520 aB	1,470 bB	1,525 aA

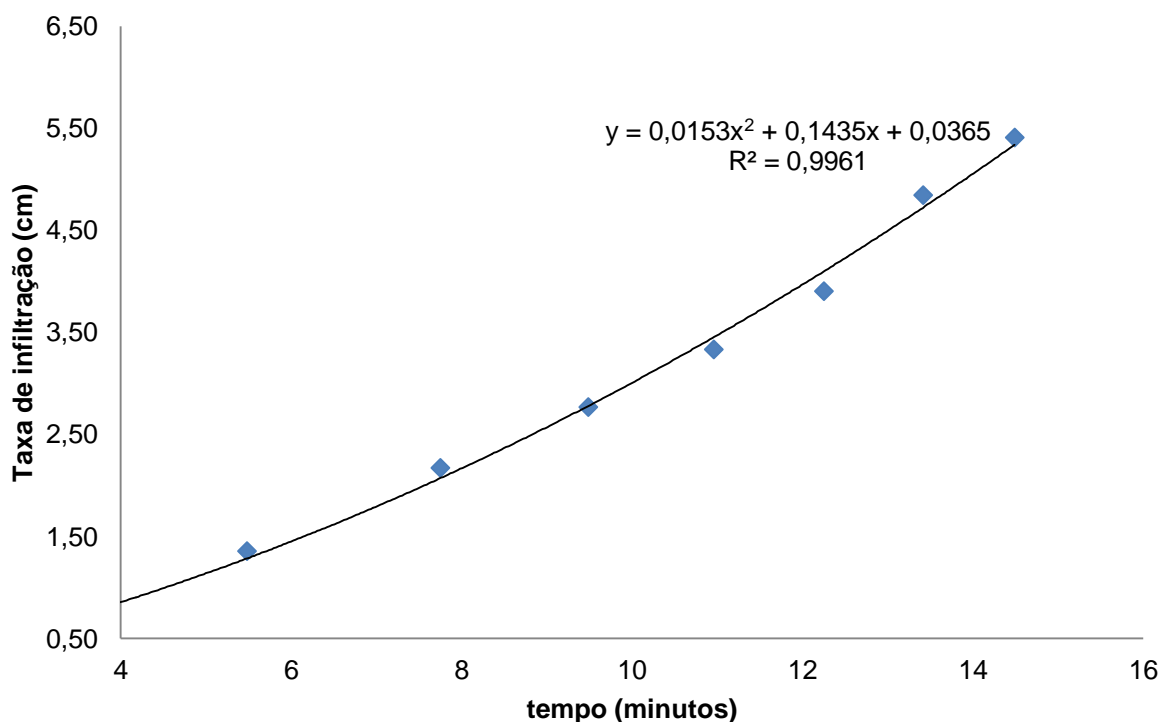
Nota: Médias seguidas de letras minúsculas diferem entre si nas linhas e médias seguidas de letras maiúsculas diferem entre si nas colunas pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

### 4.3 Infiltração

No que diz respeito a taxa média de infiltração de água no solo, os dados obtidos na caracterização inicial dispostos na figura 11, mostram que a velocidade de infiltração na área de estudo foi bastante uniforme visto que a variação foi baixa ( $R^2 = 0,996$ ). A taxa de infiltração média foi de 63,02 cm/h e se deve provavelmente a situação do campo no momento da coleta de dados, onde no momento da caracterização o solo encontrava-se com umidade natural e posteriormente para a condução do experimento houve instalação do sistema de irrigação da área, mantendo-a sempre com alta umidade. Para coleta de dados em relação a taxa de infiltração, há uma melhor qualidade de amostragem quando o solo está com menor presença de água em seu perfil, visto que a água irá correr inicialmente pelos macroporos e em seguida irá gradualmente aderir aos microporos onde irá ficar armazenada para absorção pelo sistema radicular das plantas.

**Figura 2** – Caracterização inicial de infiltração média de água no solo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tabela 7 pode-se verificar os valores médios da taxa de infiltração de água no solo após os dois anos de cultivo, onde não houve efeito estatístico entre as

médias. Como citado anteriormente, após a implantação das culturas foi instalado um sistema de irrigação para o cultivo das hortaliças e adubos verdes, então mantendo a área sempre com alta umidade, e assim é possível observar que os valores médios decresceram significativamente visto que a alta velocidade de infiltração se dá principalmente pelo enchimento dos macroporos os quais posteriormente se esvaziam, não possuem capacidade de retenção, e restando água retida apenas nos microporos que servem como armazenamento até o sistema radicular absorve-la.

Vale ressaltar sobre a importância da camada de cobertura vegetal sobre o solo, que dentre suas inúmeras vantagens pode-se destacar o controle da perda de solo e erosão (PANACHUKI *et al.*, 2011), evitando assim a degradação do solo em cultivo. O acúmulo de MO favorece a estruturação do solo ao longo do tempo formando agregados mais estáveis os quais favorecerão a distribuição da porosidade, e por consequência terão uma melhora na taxa de infiltração de água no solo.

**Tabela 7** – Valores de F, CV (%) e valores médio da taxa de infiltração de água no solo após 2 anos de cultivo.

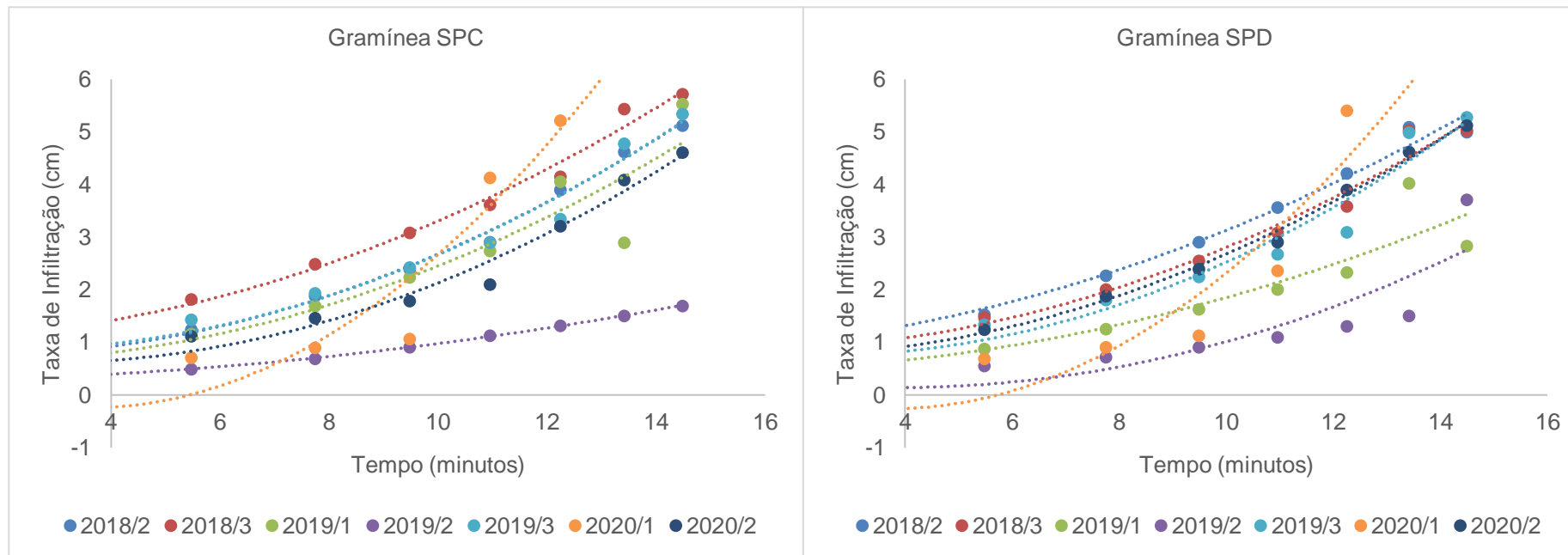
	Taxa de infiltração (cm.h <sup>-1</sup> )
Gramínea	15,334
Mix	16,257
Leguminosa	17,044
SPD	15,823
SPC	16,601
F (T)	1,178 <sup>n</sup>
F (S)	0,342 <sup>n</sup>
F (TxS)	0,140 <sup>n</sup>
CV1 (%)	9,73
CV2 (%)	14,20

Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir está apresentado os gráficos da taxa de infiltração média de todas as coletas realizadas durante o desenvolvimento do projeto, afim de mostrar o comportamento do solo durante as coletas. Dentre a taxa de infiltração média das gramíneas dispostas nos gráficos 2 e 3, nos quais foram compilados os dados médios de todas as coletas realizadas durante os dois anos de cultivo separados pelas datas

(ano e período da coleta, ex: 2018, 2º coleta), mostram que no SPD as taxas de infiltrações se acumularam em maiores valores.

**Figura 3** – Taxa de infiltração média de água no solo da Gramínea em SPC e SPD por coleta realizada durante 2 anos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

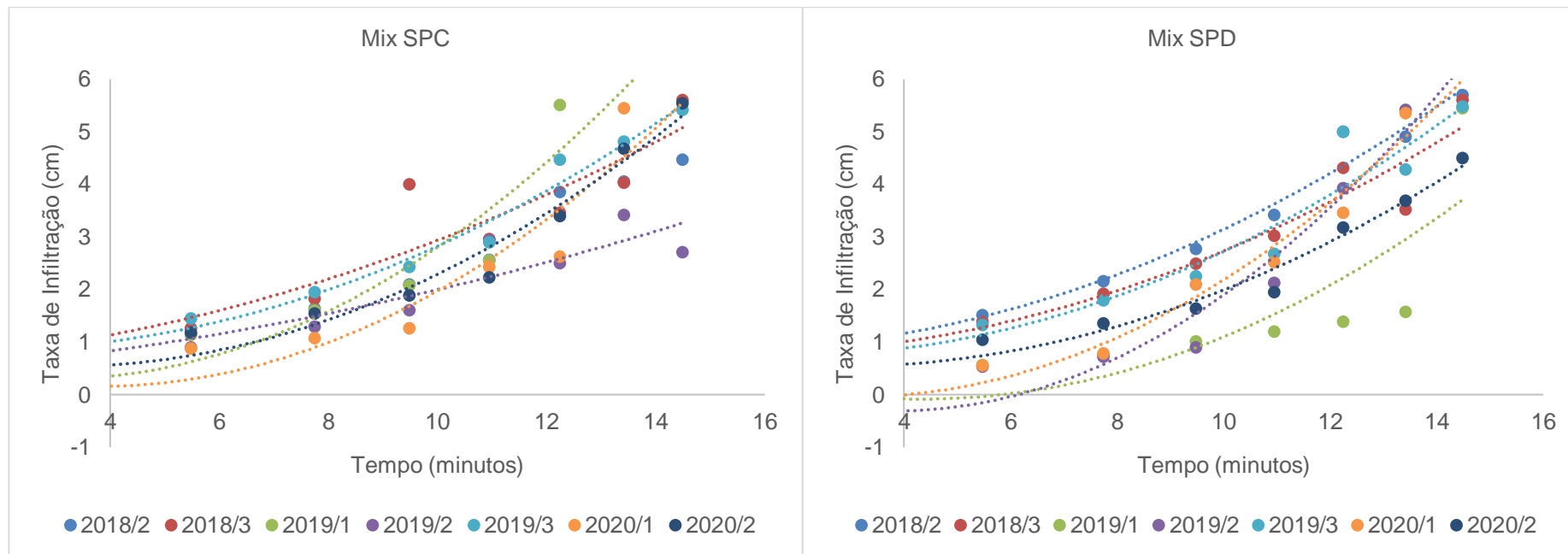
**Tabela 8** – Equações de ajuste referente ao tratamento das gramíneas em SPC e SPD.

Tratamento	Equações de ajuste	R <sup>2</sup>
Gramínea SPC	2018/2 $y = 0,0183x^2 + 0,4806x + 0,2238$	0,9951
	2018/3 $y = 0,0058x^2 + 0,622x + 0,4689$	0,9884
	2019/1 $y = 0,029x^2 + 0,3435x + 0,3285$	0,8676
	2019/2 $y = -0,003x^2 + 0,2321x + 0,0343$	0,9998
	2019/3 $y = 0,0419x^2 + 0,2542x + 0,6604$	0,9851
	2020/1 $y = 0,2827x^2 - 1,0043x + 1,3129$	0,9373
	2020/2 $y = 0,0532x^2 + 0,0896x + 0,627$	0,9861
Gramínea SPD	2018/2 $y = -0,0241x^2 + 0,8497x - 0,0284$	0,9885
	2018/3 $y = 0,015x^2 + 0,4904x + 0,3594$	0,9771
	2019/1 $y = -0,0058x^2 + 0,4786x - 0,0758$	0,8369
	2019/2 $y = 0,0845x^2 - 0,3988x + 0,9072$	0,8509
	2019/3 $y = 0,0564x^2 + 0,1351x + 0,7303$	0,9663
	2020/1 $y = 0,3218x^2 - 1,3934x + 1,8208$	0,9508
	2020/2 $y = 0,0183x^2 + 0,4806x + 0,2238$	0,9951

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas médias em relação ao tratamento Mix, é possível visualizar que as médias do SPC variaram bastante em relação as coletas e no SPD as médias foram mais estáveis, com exceção da segunda coleta de 2019 (após adubo verde) e a primeira coleta de 2020 (após cultura).

**Figura 4** – Taxa de infiltração média de água no solo do Mix em SPC e SPD por coleta realizada durante 2 anos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

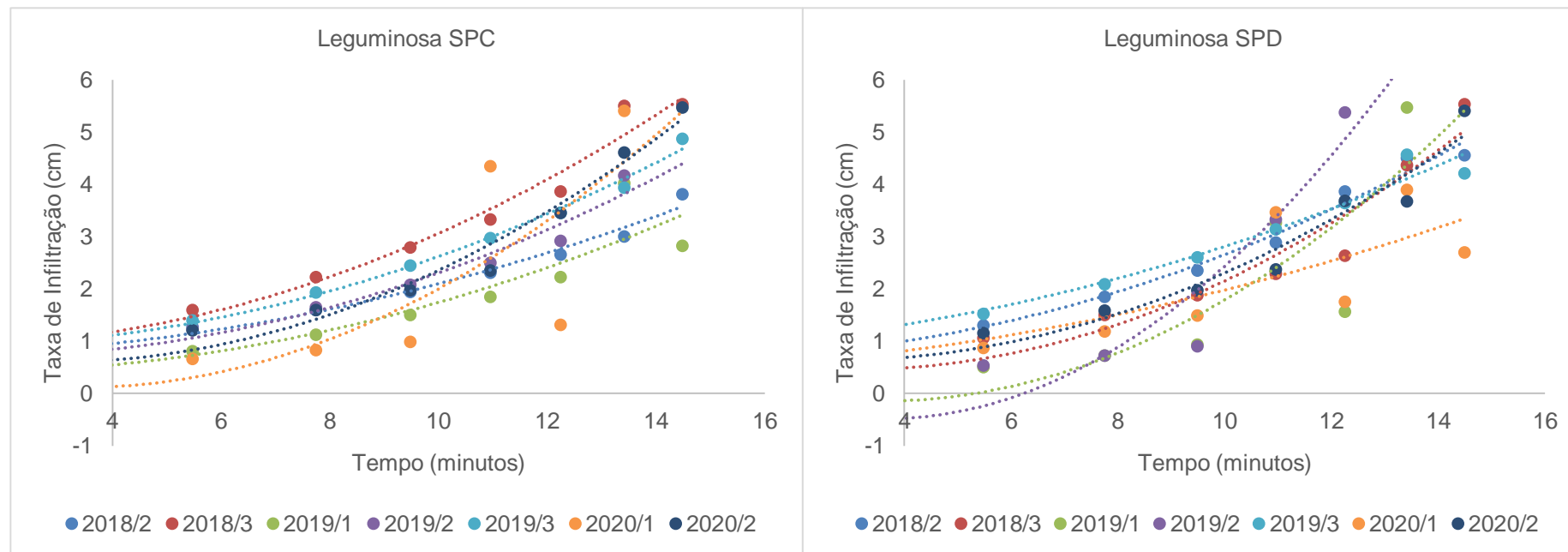
**Tabela 9** – Equações de ajuste referente ao tratamento do Mix em SPC e SPD.

Tratamento	Equações de ajuste	R <sup>2</sup>
Mix SPC	2018/2 $y = 1,8864\ln(x) + 0,059$	0,8724
	2018/3 $y = -0,0103x^2 + 0,7175x + 0,0017$	0,8625
	2019/1 $y = 0,2134x^2 - 0,6536x + 1,2893$	0,9241
	2019/2 $y = -0,0441x^2 + 0,7911x - 0,4549$	0,8771
	2019/3 $y = 0,0266x^2 + 0,4339x + 0,4043$	0,9781
	2020/1 $y = 0,1776x^2 - 0,7347x + 1,4338$	0,9380
	2020/2 $y = 0,0848x^2 - 0,084x + 0,8611$	0,9883
Mix SPD	2018/2 $y = -0,0003x^2 + 0,7163x + 0,0722$	0,9754
	2018/3 $y = 0,0176x^2 + 0,4668x + 0,3201$	0,9238
	2019/1 $y = 0,1488x^2 - 0,8275x + 1,4583$	0,7868
	2019/2 $y = 0,1982x^2 - 0,7515x + 1,0347$	0,9885
	2019/3 $y = 0,0263x^2 + 0,4493x + 0,2535$	0,9219
	2020/1 $y = 0,1185x^2 - 0,1376x + 0,3302$	0,9826
	2020/2 $y = 0,0548x^2 + 0,0544x + 0,6051$	0,9855

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já as leguminosas, pode-se observar médias bastante variadas tanto para o SPC como para o SPD e isso pode ser devido ao menor acúmulo de MO no solo em relação aos outros tratamentos, visto que as gramíneas presentes nos outros dois tratamentos possuem maior potencial de geração de MS quando comparado as leguminosas, que por sua vez possui a vantagem da fixação biológica de nitrogênio sendo uma grande vantagem a ser ponderada também. A sucessão de plantios para formação e acúmulo de uma boa camada de MO ocorre de maneira lenta, e ainda deve-se considerar que há muita umidade no sistema estudado e com isso o ciclo de decomposição é facilitado e ocorrendo a mineralização mais rapidamente, o que diminui a camada de acúmulo de MO.

**Figura 5** – Taxa de infiltração média de água no solo da Leguminosa em SPC e SPD por coleta realizada durante 2 anos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 10** – Equações de ajuste referente ao tratamento das leguminosas em SPC e SPD.

Cultura	Equações de ajuste	R <sup>2</sup>
Leguminosa SPC	2018/2 $y = 0,0099x^2 + 0,3176x + 0,4796$	0,9846
	2018/3 $y = 0,0182x^2 + 0,5213x + 0,4105$	0,9756
	2019/1 $y = 0,0036x^2 + 0,4041x - 0,0578$	0,8313
	2019/2 $y = 0,0399x^2 + 0,2091x + 0,5413$	0,9749
	2019/3 $y = 0,0139x^2 + 0,4204x + 0,4947$	0,9954
	2020/1 $y = 0,1185x^2 - 0,2476x + 0,6289$	0,6189
	2020/2 $y = 0,0732x^2 + 0,01x + 0,7657$	0,9911
Leguminosa SPD	2018/2 $y = -0,0051x^2 + 0,6369x + 0,0183$	0,9847
	2018/3 $y = 0,0893x^2 - 0,1503x + 0,8878$	0,9732
	2019/1 $y = 0,155x^2 - 0,5166x + 0,7907$	0,7727
	2019/2 $y = 0,3209x^2 - 1,2757x + 1,4607$	0,9718
	2019/3 $y = -0,0239x^2 + 0,7335x + 0,148$	0,9736
	2020/1 $y = -0,0366x^2 + 0,7323x - 0,3675$	0,665
	2020/2 $y = 0,0597x^2 + 0,084x + 0,6739$	0,9694

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.4 Umidade e Resistência a penetração

A Umidade Gravimétrica (UG) é utilizada em conjunto com a RP para verificar se no momento de coleta dos dados houve ou não interferência de acordo com a umidade daquele solo, visto que solos muito úmidos ou muito secos terão reações diferentes à penetração e em razão disso se faz necessário a análise concomitante dos dois atributos. Verifica-se que os dados de caracterização dispostos na tabela 11, estão bem abaixo dos valores encontrados na coleta após 2 anos de cultivo apresentados na tabela 12, e isso se dá pelo fato de que o experimento foi conduzido com irrigação constante e no momento da coleta inicial a área ainda não dispunha da instalação de irrigação.

**Tabela 11** – Caracterização inicial da umidade gravimétrica e resistência mecânica a penetração do solo.

Profundidade	UG (g.g <sup>-1</sup> )	RP (Mpa)
0,00 - 0,10 m	0,125	0,720
0,10 - 0,20 m	0,107	1,653
0,20 - 0,40 m	0,112	0,374

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 12** – Valores de F, CV (%) da umidade gravimétrica após 2 anos de cultivo.

Tratamento	UG (g. g <sup>-1</sup> )		
	0,00 - 0,10 m	0,10 - 0,20 m	0,20 - 0,40 m
Gramínea	2,390	2,578	2,513
Mix	2,325	2,495	2,593
Leguminosa	2,285	2,500	2,663
PD	2,322	2,383	2,483
PC	2,345	2,665	2,695
F trat (T)	0,983 <sup>ns</sup>	0,532 <sup>ns</sup>	2,782 <sup>ns</sup>
F subparc (S)	0,028 <sup>ns</sup>	0,910 <sup>ns</sup>	5,976 <sup>ns</sup>
F (TxS)	0,957 <sup>ns</sup>	1,358 <sup>ns</sup>	0,944 <sup>ns</sup>
CV1 (%)	4,58	5,02	3,48
CV2 (%)	10,39	20,26	5,79

Nota: \*significativo a 5% de probabilidade e "ns" não significativo. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5 % de probabilidade. Legenda: Mix - 70 % leguminosa + 30% gramínea; SPD - Plantio direto; SPC - Plantio convencional;

Fonte: Elaborado pelo autor

Nos dados obtidos de RP apresentados na tabela 13, pode-se verificar que houve efeito estatístico na subparcela e na interação entre tratamento e subparcela, apresentando valores bastante baixos quando comparados à caracterização inicial. Este fato se deve ao revolvimento do solo para o preparo inicial dos canteiros, é possível observar ainda que o PD mesmo apenas em dois anos de cultivo, considerado pouco para obtenção de diferença significativa na estrutura do solo, já obteve certa diferença de médias em relação ao PC. Na segunda e terceira camada, 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m respectivamente, não houve dados estatísticos.

De forma geral, o solo da área estudada já possuía valores adequados no início das coletas, pois os valores médios encontrados estão abaixo de 2MPa que é considerado por Canarache (1990) limite crítico para um bom desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

**Tabela 13** – Valores de F, CV (%) da resistência mecânica a penetração do solo após 2 anos de cultivo.

Tratamento	RP (MPa)		
	0,00 - 0,10m	0,10 - 0,20 m	0,20 - 0,40m
Gramínea	0,143	0,000	0,000
Mix	0,255	0,000	0,000
Leguminosa	0,247	0,000	0,000
PD	0,294 a	0,000	0,000
PC	0,136 b	0,000	0,000

F trat (T)	8,138 <sup>ns</sup>	-	-
F subparc (S)	59,086 <sup>*</sup>	-	-
F (TxS)	10,876 <sup>*</sup>	-	-
CV1 (%)	20,39	-	-
CV2 (%)	16,58	-	-

Nota: \*significativo a 5% de probabilidade e “ns” não significativo. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5 % de probabilidade. Legenda: Mix – 70 % leguminosa + 30% gramínea; SPD – Plantio direto; SPC – Plantio convencional;

Fonte: Elaborado pelo autor

A interação dos valores médios de RP dispostos na tabela 14, mostrou-se sem diferença estatística para os sistemas de plantio, e para os tratamentos é possível observar que as gramíneas e as leguminosas apresentaram valores mais altos com o SPD. Os valores apresentados em todos os tratamentos mostram um solo sem compactação devido ao revolvimento inicial dos canteiros, e com valores bem abaixo de 2MPa considerado valor máximo para um bom desenvolvimento do sistema radicular da planta.

**Tabela 14** – Interação de tratamentos x SPD/SPC da resistência mecânica a penetração do solo na camada 0,00 - 0,10m.

	RP (Mpa) 0,00 - 0,10m		
	Gramínea	Mix	Leguminosa
SPD	0,248 aA	0,266 aA	0,366 aA
SPC	0,037 aB	0,243 aA	0,126 aB

Nota: Médias seguidas de letras minúsculas diferem entre si nas linhas e médias seguidas de letras maiúsculas diferem entre si nas colunas pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

A camada de acúmulo de palhada no sistema depende principalmente de umidade e temperatura, sendo outro fator importante a micro e macrofauna presentes na área, e na região do presente trabalho as temperaturas são altas na maior parte do ano e o sistema foi trabalhado com irrigação, com isso então acelerando o processo de decomposição do material de cobertura. O tipo de solo, tempo, clima e condicionamento temporal do SPD são fatores que determinam o resultado do mesmo. Entretanto, a maioria dos solos em SPD apresentam nas camadas mais superficiais maiores compactações, comparados aos sistemas convencionais (VEIGA *et al.*, 2007), visto que não ocorre a quebra da estrutura do solo continuamente com a atividade de revolvimento do solo através da aração e gradagem.

A área estudada teve apenas dois anos de implantação do SPD, e na literatura outros estudos mostram que a longo prazo solos cultivados sob SPD apresentam melhoria na qualidade física do solo, caracterizada pela presença de agregados maiores e mais estáveis, dado com aumento da MO (SO *et al.*, 2009), com isso o conhecimento das interações entre os atributos físicos do solo e o desempenho produtivo das culturas agrícolas é de suma importância para a adoção de práticas de manejo adequadas (SILVA *et al.*, 2017), sendo ainda mais importante para o ramo das hortaliças que não possuem grande número de pesquisas.

Em estudo sobre o tempo de consolidação do SPD na cultura do milho em um Latossolo Vermelho Amarelo à 715m de altitude, sob clima classificado como tropical de savana, Pereira Neto *et al.* (2007) afirmam que até o oitavo ano de implantação do SPD o solo apresenta características semelhantes a um solo em SPC, e apenas acerca do décimo ano de implantação do sistema é que a estrutura do perfil do solo se assemelha a um solo de floresta, exemplificando então a necessidade de maior tempo para consolidação do sistema.

## 5 CONCLUSÃO

Para resultados com maiores evidências dos atributos físicos do solo, se faz necessário que o tempo de estudo seja maior para que ocorra a estruturação mais consistente do solo. Todavia, os dados obtidos no presente trabalho se mostram pertinentes e positivos, sendo interessante a continuidade do estudo do sistema em formação sendo eles:

- Distribuição e estabilidade de agregados em água – houve um ligeiro aumento no tamanho dos agregados tendendo assim a uma possível melhora na estrutura do solo.

- Porosidade do solo – em consequência do revolvimento do solo houve aumento na macroporosidade, e mesmo o PD também se observa um pequeno aumento.

- Densidade do solo – o PD se mostrou com maiores valores de DS previsto pelo não revolvimento do solo

- Infiltração de água no solo – os valores médios decresceram significativamente

- Resistência do solo à penetração – o solo da área estudado já possuía valores positivos no início das coletas, pois os valores médios encontrados estão abaixo de 2Mpa.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Variabilidade espacial de propriedades físico-hídricas do solo, da produtividade e da qualidade de grãos de trigo em Argissolo Franco Arenoso sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, p. 275-282, 2003.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendações de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, p.241-248, 2002.
- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 411-418, 2009.
- ANDRADE, R. S.; MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; CARVALHO, J. A. Consumo relativo de água do feijoeiro no plantio direto em função da porcentagem de cobertura morta do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, p. 35-38, 2002.
- ANDRIOLI, I. **Plantas de cobertura em pré-safra à cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP**. 2004. 78 f. Tese (Livre-Docente) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.
- ANGERS, D. A.; MEHUYS, G. R. Aggregate stability to water. *In*: CARTER, M.R. **Soil sampling and methods of analysis**. Boca Raton: Canadian Society of Soil Science, 2000. p. 529-539.
- ARATANI, R. G.; FREDDI, O. da S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho Acriférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, p. 677-687, 2009.
- ARAÚJO NETO, S. E.; GALVÃO, R. O.; FERREIRA, R. L. F.; PARMEJIANI, R. S.; NEGREIROS, J. R. S. Plantio direto de cebolinha sobre cobertura vegetal com efeito residual da aplicação de composto orgânico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 5, p. 1206-1209, 2010.
- ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P. Agregação de um Nitossolo Vermelho Distroférico sob sistemas de plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 58-66, 2010.
- BARETA JUNIOR, E., da SILVA, A. A. P., SENS, T. M. Z. G., COLECHA, K., RAMPIM, L., & POTT, C. A. Soil physical properties in variable levels of soil compaction. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 10, n. 2, 2021.

BARRETO, R. C.; MADARI, B. E.; MADDOCK, J. E. L.; MACHADO, P. L. O. A.; TORRES, E.; FRANCHINI, J.; COSTA, A. R. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO<sub>2</sub> in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 132, p. 243-251, 2009.

BERTIOLI JÚNIOR, E.; MOREIRA, W. H.; TORMENA, C. A.; FERREIRA, C. J. B.; SILVA, A. P.; GIAROLA, N. F. B. Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um Latossolo Vermelho após 30 anos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, p. 971-982, 2012.

BERTOL, I. **Conservação do solo no Brasil**: histórico, situação atual e o que esperar para o futuro. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: [https://www.sbcs.org.br/?noticia\\_geral=a-conservacao-do-solo-no-brasil](https://www.sbcs.org.br/?noticia_geral=a-conservacao-do-solo-no-brasil). Acesso em: 25 maio 2022.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JÚNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p. 155-163, 2004.

BIZARI, D. R.; MATSURA, E. E.; ROQUE, M. W.; SOUZA, A. L. Consumo de água e produção de grãos do feijoeiro irrigado em sistemas de plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 2073-2079, 2009.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. D.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema de plantio direto após diferentes culturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 30, n. 2, p. 193-198, 2006.

BRESSAN, S. B.; NÓBREGA, J. C. A.; NÓBREGA, R. S. A.; BARBOSA, R. S.; SOUSA, L. B. Plantas de cobertura e qualidade química de Latossolo Amarelo sob plantio direto no cerrado maranhense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 371-378, 2013.

BONINI, C. S. B.; HEINRICH, R.; COSTA, N. R.; MEIRELLES, G. C. Estado da arte e fatores intrínsecos na física de solos no manejo de pastagens. *In*: HEINRICH, R.; SOARES FILHO, C. V.; BONINI, C. S. B. (org.). **Simpósio de Adubação e Manejo de Pastagens / Simpósio de Produção Animal a Pasto**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2017. v. 1, p. 58-75.

CANARACHE, A. PENETR: a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 16, n. 1, p. 51-70, 1990.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; ALLEONI, L. R. F.; CÂMBRI, M. A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, p. 87-98, 2006.

- CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; FELDHAUS, I. C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 1029-1040, 2001.
- CASTRO, C. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; CARVALHO, J. F. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 5, p. 495-502, 2005.
- CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; DIEKOW, J.; AITA, C.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B.; VENDRUSCULO, E. R. O. Nitrogen fertilizer split-application for corn in no-till succession to black oats. **Scientia Agricola**, Piraciaba, v. 59, p. 549-554, 2002.
- CONSUMO SUSTENTÁVEL: **Manual de educação**. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC, 2005. 160 p.
- CORRÊA, R. M.; FREIRE, M. B. G. dos S.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; PESSOA, L. G. M.; MIRANDA, M. A.; MELO, D. V. M. Atributos físicos de solos sob diferentes usos com irrigação no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 358-365, 2010.
- DA ROS, C. O.; SALET, R. L.; PORN, R. L.; MACHADO, J. N. C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, p. 799-804, 2003.
- ECHER, M.M.; DALASTRA, G.M.; HACHMANN, T.L.; GUIMARÃES, V.F.; FIAMETTI, M.S. Desempenho de cultivares de berinjela em plantio direto e convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, p. 239-243, 2016.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Rotação e sucessão de culturas como estratégias para o manejo do nematoide reniforme**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/60318687/artigo---rotacao-e-sucessao-de-culturas-como-estrategias-para-o-manejo-do-nematoide-reniforme>. Acesso em: 07 abr. 2022.
- FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TONON, B. C.; FARIAS, J. R. B.; OLIVEIRA, M. C. N.; TORRES, E. Evolution of crop yields in different tillage and cropping systems over two decades in Southern Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.137, p. 178-185, 2012.
- FACTOR, T. L.; LIMA, J. R. S.; PURQUERIO, L. F. V.; BREDA JÚNIOR, J. M.; CALORI, A. H. C. Produção de beterraba em plantio direto sob diferentes palhadas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50., 2010, Guarapari. **Resumos [...]** Guarapari: [s. n.], 2010.

FEBRAPDP - FEDERAÇÃO BRASILEIRA DO SISTEMA PLANTIO DIRETO.

**Evolução da área sob plantio direto no Brasil.** [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://febrapdp.org.br/download/14588evolucao-pd-no-bbrazil-2021-jpg.jpg>. Acesso em: 04 abr. 2022.

FERREIRA, A. de O.; SÁ, J.C. de M.; LAL, R.; TIVET, F.; BRIEDIS, C.; INAGAKI, T.M.; GONÇALVES, D.R.P.; ROMANIW, J. Macroaggregation and soil organic carbon restoration in a highly weathered Brazilian Oxisol after two decades under no-till. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 621, p. 1559-1567, 2018.

FERREIRA, E. V. O. **Dinâmica de potássio em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto sob intensidades de pastejo.** 2009. Dissertação (Mestrado) - UFRGS, Porto Alegre, 2009.

FLORES, J. P. C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L. C.; CARVALHO, P. C. F.; LEITE, J. G. D. B.; FRAGA, T. I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p.771-780, 2007.

GASSEN, D.; GASSEN, F. **Plantio direto: o caminho do futuro.** Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207 p.

GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 65-73, 2009.

GIUBERGIA, J. P.; MARTELLOTTO, E.; LAVADO, R. S. Complementary irrigation and direct drilling have little effect on soil organic carbon content in semiarid Argentina. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 134, p. 147-152, 2013.

GIUMBELLI, L. D. **Índices de agregação e atributos químicos do solo sob sistemas de cultivo de cebola em sucessão ou rotação de culturas.** [S. l.: s. n.], 2019.

GOZUBUYUK, Z.; SAHIN, U.; OZTURK, I.; CELIK, A.; ADIGUZEL, M. C. Tillage effects on certain physical and hydraulic properties of a loamy soil under a crop rotation in a semi-arid region with a cool climate. **Catena**, Amsterdam, v. 118, p. 195-205, 2014.

HIRATA, A. C. S.; HIRATA, E. K.; GUIMARÃES, E. C.; RÓS, A. B.; MONQUERO, P. A. Plantio direto de alface americana sobre plantas de cobertura dessecadas ou roçadas. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p. 178-183, 2014.

HIRATA, A. C. S.; HIRATA, E.K.; MONQUERO, P. A.; GOLLA, A. R.; NARITA, N. Plantas de cobertura no controle de plantas daninhas na cultura do tomate em plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 465-472, 2009.

JELOUDAR TALESHEAN, F., GHAJAR SEPANLOU, M., EMADI, M. Impact of land use change on soil erodibility. **Global Journal of Environmental Science and Management**, v. 4, n. 1, p. 59-70, 2018.

KAZMIERCZAK, R. **Indicadores físicos e químicos de qualidade do solo em sistemas de preparo**. 2018. 102 p. Dissertação (Mestrado) - UEPG, Ponta Grossa, 2018.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.

KIELING, A. S.; COMIN, J. J.; FAYAD, J. A.; LANA, M. A.; LOVATO, P. E. Plantas de cobertura de inverno em sistema de plantio direto de hortaliças sem herbicidas: efeitos sobre plantas espontâneas e na produção de tomate. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2207-2209, 2009.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K. Rendimento de soja e intervalo hídrico ótimo em latossolo vermelho sob plantio direto escarificado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 221-227, 2007.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KONDÖRFER, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema de plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 363-376, 2000.

LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F.; SOUZA, A. P.; ROCHA, H. S.; GUERRA, J. G. M. Desempenho do cultivo da berinjela em plantio direto submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 6, p. 604-610, 2012.

LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B. S.; KOUCHER, L. P.; OLIVEIRA, R. A.; KURTZ, C.; LOVATO, P. E.; CURMI, P.; BRUNETTO, G.; COMIN, J. J. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n. 4, p. 1212-1224, 2015.

MARIN, A. M. P. **Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo**. [S. l.: s. n.], 2002.

MARQUELLI, W. A.; ABDALLA, R. P.; MADEIRA, N. R.; OLIVEIRA, A. S.; SOUZA, R.F. Eficiência de uso da água e produção de repolho sobre diferentes quantidades de palhada em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, p. 369-375, 2010.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R.; VILELA, N. J. Eficiência econômica do manejo racional da irrigação em tomateiro para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 3, p. 238-243, 2000.

MARQUES, J. F. Custos da erosão do solo em razão dos seus efeitos internos e externos à área de produção agrícola. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 36, n. 1, p. 61-80, 2019.

MAZETTO JÚNIOR, J. C.; TORRES, J. L. R.; COSTA, D. D. de A.; SILVA, V. R.; SOUZA, Z. M. de; LEMES, E. M. Production and decomposition of cover crop residues and associations with soil organic fractions. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 11, p. 58-69, 2019.

MEIRELLES, F. Impactos decorrentes nos principais setores usuários: setor agrícola: a visão da FAESP. *In*: THAME, A. C. de M. (coord.). **A cobrança pelo uso da água**. São Paulo: IQUAL, 2000. p. 197-200.

MELO, R. A. C. **Produtividade e rentabilidade de brócolos de inflorescência única em sistema de plantio direto**. 2007. 56 f. Dissertação (Mestrado) - UnB, Brasília, 2007.

MORAES, M. T. **Qualidade física do solo sob diferentes tempos de adoção e de escarificação do sistema plantio direto e sua relação com a rotação de culturas**. 2013. 205 f. Dissertação (Mestrado) - UFSM, Santa Maria, 2013.

MOTA, J. A.; ALENCAR, T. L.; ASSIS JÚNIOR, R. N. Alterações físicas de um cambissolo cultivado com bananeira irrigada na chapada do Apodi, Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n. 4, p. 1015-1024, 2015.

MOTTIN, M. C. **Caracterização química da matéria orgânica, propriedades físicas do solo e produtividade de milho de segunda safra consorciado com plantas de cobertura e soja em sucessão**. 2019. 85 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Unioeste, Marechal Cândido Rondon, 2019.

MOTTIN, M. C., SEIDEL, E. P., FEY, E., VANELLI, J., ALVES, A. L., RICHART, A., FRANDOLOSO, J. F., ANSCHAU, K. A., FRANZISKOWSKI, M. A. (2018). Biomass Productivity and Physical Properties of the Soil after Cultivation of Cover Plant in the Autumn and Winter. **American Journal of Plant Sciences**, Irvine, v. 9, p. 775-788, 2018.

MUÑOZ, A.; LÓPEZ-PIÑEIRO, A.; RAMÍREZ, M. Soil quality attributes of conservation management regimes in a semi-arid region of south western Spain. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 95, n. 1/2, p. 255-265, 2007.

OSTERROHT, M. von. O que é uma adubação verde: princípios e ações. **Agroecologia Hoje**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 9-11, 2002.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, p. 1777-1786, 2011.

PAULETTI, D. R. **Influência das plantas de cobertura nas características produtivas da alface e nos atributos físicos e químicos do solo.** 2012. Dissertação (Mestrado) - UFMT, Cuiabá, 2012.

PEREIRA NETO, O. C.; GUIMARÃES, M. F.; RALISH, R.; FONSECA, I. C. B. Análise do tempo de consolidação do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, p. 489-496, 2007.

PINHEIRO, D. P. **Indicadores de qualidade de Argissolo submetido à escarificação em área mecanizada de cana-de-açúcar.** 2018. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2018.

PORTUGAL, A. F.; FONTES, L. E. F.; LANI, J. L.; SCHAEFER, C. E. G.; FERNANDES FILHO, E. I. Alterações em propriedades físicas do solo em ecossistemas de floresta após a implantação de pastagem no extremo oeste do Acre. In: ARAUJO, E. A.; LANI, J. L. **Uso sustentável de ecossistemas de pastagens cultivadas na Amazônia Ocidental.** Rio Branco: SEMA, 2012. 142 p.

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. V.; COSTA, L. M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, p. 575-585, 2010.

PURQUERIO, L. F. V.; FACTOR, T. L.; LIMA, J. R. S.; TIVELLI, S. W.; TRANI, P. E.; BREDA JÚNIOR, J. M.; ROCHA, M. A. V. Produtividade e qualidade de beterraba cultivada em plantio direto em função do nitrogênio e molibdênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, p. S366-S372, 2009.

RADFORD, B. J.; YULE, D. F.; MCGARRY, D.; PLAYFORD, C. Amelioration of soil compaction can take 5 years on a Vertisol under no till in the semi-arid subtropics. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 97, n. 2, p. 249-255, 2007.

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

REIS, A. S.; NANNI, M. R.; SANTOS, G. L. A. A.; FURLANETTO, R. H.; RODRIGUES, M.; OLIVEIRA, K. M. Comportamento espectraltemporal da cultura da soja em relação à rotação e sucessão de culturas. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA – EPCC, 11., 2019, [s. l.]. **Anais eletrônico [...]** [S. l.: s. n.], 2019.

ROSSET, J. S.; PEREIRA, M. G.; ASSUNÇÃO, S. A.; GARCÍA, A. C. Qualidade do solo em diferente sistemas. **Revista A Granja**, 2019.

SÁ, J. C. M.; TIVET, F.; LAL, R.; BRIEDIS, C.; HARTMAN, D. C.; ZUFFO, J. dos S.; SANTOS, J. B. Long-term tillage systems impacts on soil C dynamics, soil resilience and agronomic productivity of a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 136, p. 38-50, 2014.

SACHETTI, B. B. **A importância da rotação de culturas para o sistema de plantio direto**. 2020. 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – FAMA - Faculdade da Amazônia, Vilhena, 2020.

SANTOS, H. G.; JOCOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREARAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. ampli. Rio de Janeiro: Embrapa. 2018. 531 p.

SARAIVA, J. S.; OLIVEIRA, L. L.; SILVA, L. F.; SANTOS, P. C.; BARBOSA, I. C. Acidez potencial em um latossolo amarelo, Belém, Pará. IN: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS - COINTER PDVAGR, 3., 2018, [s. l.]. **Anais [...]** [S. l.: s. n.], 2018.

SHI, X. H.; YANG, X. M.; DRURY, C. F.; REYNOLDS, W. D.; MCLAUGHLIN, N. B.; ZHANG, X. P. Impact of ridge tillage on soil organic carbon and selected physical properties of a clay loam in southwestern Ontario. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 120, p. 1-7, 2012.

SILVA, M. C. C.; ANDREOTTI, M.; COSTA, N. R.; LIMA, C. G. R.; PARIZ, C. Soil physical attributes and yield of winter common bean crop under a no-till system in the Brazilian Cerrado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 1, p. 155- 163, 2017.

SILVA, M. O.; VELOSO, C. L.; NASCIMENTO, D. L.; OLIVEIRA, J.; PEREIRA, D. F.; COSTA, K. D. S. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], 2020.

SILVA, A. C.; HIRATA, E. K.; MONQUERO, P. A. Produção de palha e supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura, no plantio direto do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 1, p.22-28, 2009.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; TRIVELIN, P. C. O. Nitrogen management in corn under no-tillage with different cover crops in a Rhodic Hapludox soil. (In Portuguese, with English abstract). **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, p. 477–486, 2006.

SO, H. B.; GRABSKI, A.; DESBOROUGH, P. The impact of 14 years of conventional and no-till cultivation on the physical properties and crop yields of a loam soil at Grafton NSW, Australia. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 180-184, 2009.

SOUSA, A. S.; OLIVEIRA, G. S. e ALVES, L. H. A PESQUISA BIBLIOGRÁFICA: PRINCÍPIOS E FUNDAMENTOS. **Cadernos da Fucamp**, Unicamp, v. 20, n. 43, p. 64-83/2021.

SOUZA, M.; COMIN, J. J.; LEGUIZAMÓN, E. S.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; MÜLLER JÚNIOR, V., VENTURA, B., CAMARGO, A. P. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, v. 1, p. 21-27, 2013.

SPLIETHOFF, J.; POTT, C. A.; RAMPIM, L.; WATZLAWICK, L. F.; JADOSKI, S. O. Limites de compactação do solo para *Ilex paraguariensis*. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 9, 2020.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 835-841, 2000.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. DA; MOREIRA, J. A. A.; BRAZ, A. J. B. P. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 4, p. 577-582, 2006.

TAVELLA, L. B.; GALVÃO, R. O.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; NEGREIROS, J. R. S. Cultivo orgânico de coentro em plantio direto utilizando cobertura viva e morta adubado com composto. **Revista Ciência Agronômica**, Jaboticabal, v. 41, n. 4, p. 614-618, 2010.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2017. 573 p.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 8, p. 797-804. 2010.

TOKURA, L. K.; SECCO, D.; JÚNIOR, L. A. Z.; SIQUEIRA, J. A. C.; SOUZA, S. N. M.; BARICATTI, R. A.; CENTER, N. M. R. Structuring of a Haplortox by soil cover species. **Journal of Agricultural Science**, Beaver Creek, v. 10, n. 11, p. 299-310, 2018.

TOKURA, L. K.; SECCO, D.; JÚNIOR, L. A. Z.; SIQUEIRA, J. A. C.; ALOVISI, A. M. T.; BARISON, A.; ZIN, Z. Use of cover crops in Oxisol and its effects on yield and soybean oil content. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 10, n. 12, 2021.

TORRES, J. L. R.; ARAUJO, A. S.; BARRETO, A. C.; SILVA NETO, O. F.; SILVA, V. R.; VIEIRA, D. M. S. Desenvolvimento e produtividade da couve-flor e repolho influenciados por tipos de cobertura do solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, p. 510-514, 2015.

TORRES, J. L. R.; MAZETTO JÚNIOR, J. C.; SILVA JÚNIOR, J.; VIEIRA, D. M. da S.; SOUZA, Z. M.; ASSIS, R. L.; LEMES, E. M. Soil physical attributes and organic matter accumulation under no-tillage systems in the Cerrado. **Soil Research**, Amsterdam, v. 57, p. 712-718. 2019.

TROIAN, D.; ROSSET, J. S.; MARTINS, L. F. B. N.; OZÓRIO, J. M.B.; CASTILHO, S. C. de P.; MARRA, L. M. Carbono orgânico e estoque de carbono do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 13, n. 4, p. 1447-1469, 2020.

VEIGA, M.; HORN, R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Soil compressibility and penetrability of an Oxisol from southern Brazil, as affected by long-term tillage systems. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 92, n. 1-2, p. 104-113, 2007.

ZHANG, R. Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 61, n. 4, p. 1024-1030, 1997.