



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**

**CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL**

**CURSO DE AGRONOMIA**

**IVAN RIBEIRO DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DE BIOPOROS EM DIFERENTES MANEJOS EM SOLO  
SUBTROPICAL**

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2021**

**IVAN RIBEIRO DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DE BIOPOROS EM DIFERENTES MANEJOS EM SOLO  
SUBTROPICAL**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção de  
grau de Bacharel em Agronomia da  
Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Fey

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2021**

**Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Oliveira, Ivan Ribeiro de  
AVALIAÇÃO DE BIOPOROS EM DIFERENTES MANEJOS EM SOLO  
SUBTROPICAL / Ivan Ribeiro de Oliveira. -- 2021.  
37 f.:il.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Fey

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Bacharelado em Agronomia, Laranjeiras do Sul, PR, 2021.

1. agricultura orgânica. 2. biologia do solo. 3.  
estrutura do solo. I. Fey, Rubens, orient. II.  
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Ivan Ribeiro de Oliveira

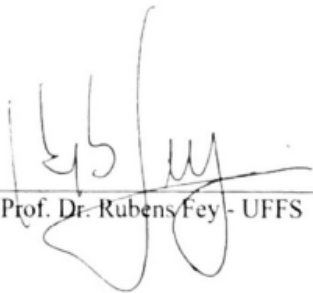
**AVALIAÇÃO DE BIOPOROS EM DIFERENTES MANEJOS EM SOLO  
SUBTROPICAL**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia linha de formação em Agroecologia pela Universidade Federal da Fronteira Sul- *Campus* Laranjeiras do Sul (PR)

Orientador: Prof. Dr. Rubens Fey

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 18/10/2021.

BANCA EXAMINADORA




---

Prof. Dr. Rubens Fey - UFFS



---

Prof. Dr. José Francisco Grillo - UFFS



---

Dr. Augusto Cesar Prado Pomari Fernandes – UFFS

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Geraldo e Anivalda que sempre me apoiaram e me ajudaram a concluir esta importante etapa da vida, sem eles nada disso seria possível.

Destaco alguém especial: minha namorada Christiani Balicki, que esteve sempre comigo, me apoiando em todos os momentos, ela me fez acreditar que era possível.

Agradeço ao meu professor e orientador Rubens Fey, que participou diretamente para a conclusão deste trabalho e por ter sido uma excelente pessoa durante toda a minha graduação. Obrigado pelos conselhos, incentivos e puxões de orelha.

Com menção honrosa aos meus amigos, Tiago Tatara que esteve presente na coleta de dados, ao Lucas Botega, Rafaela Cordeiro, Cassiane Uliana, Gabriel Lima, Lucas Prado, Edidouglas, e por último, mas não menos importante Leonardo que me ajudou na correção do trabalho, obrigado pela parceria, a amizade de vocês será lembrada para sempre;

**MUITO OBRIGADO!**

"Queremos ter certezas e não dúvidas, resultados e não experiências, mas nem mesmo percebemos que as certezas só podem surgir através das dúvidas e os resultados somente através das experiências."

*Carl Jung.*

## RESUMO

O seguinte trabalho teve como objetivo avaliar a metodologia de determinação de bioporos (Bs) em condições subtropicais em diferentes manejos e profundidades, assim como verificar atributos físicos e biológicos através deste método. O trabalho foi realizado na fazenda experimental da Unioeste localizada em Entre Rios do Oeste – PR e consistiu na avaliação dos Bs através do esquema fatorial 5x3 onde o fator A consistiu em diferentes cultivos (T1= soja orgânica, T2= milho orgânico, T3 soja convencional antecedida por centeio, T4= soja convencional antecedida por nabo-forrageiro + aveia-preta e T5= soja convencional antecedida por pousio) e, o fator B as diferentes profundidades avaliadas (P1= 10 cm, P2= 20 cm e P3= 40 cm), com 4 repetições, totalizando 15 tratamentos e 60 unidades experimentais. Foram abertas trincheiras de 0,25 m<sup>2</sup> e coletadas fotografias para posterior análise digital, reconhecimento e contagem dos Bs. Os sistemas de produção e a profundidade de avaliação influenciaram no número de bioporos do solo. O sistema de cultivo de milho orgânico apresentou menores valores de densidade de bioporos. A metodologia mostrou ser uma ferramenta eficiente para avaliar a densidade de bioporos, podendo complementar metodologias já existentes. Porém há a necessidade de mais estudos com intuito de adaptar equipamentos e softwares ao método proposto, alcançando uma maior eficácia na avaliação de imagens.

Palavras-chave: biologia do Solo. agricultura orgânica. indicadores do solo. estrutura do solo.

## **ABSTRACT**

This research objective was to evaluate the biopores determination methodology (Bs) in subtropical conditions in different managements and depths. Furthermore, qualitatively evaluate physical, chemical, and biological attributes by this method. The work was carried out in the experimental farm of Unioeste located in Entre Rios do Oeste - PR and consisted of evaluating the Bs through a 5x3 factorial scheme where the factor A consisted of different crops (T1= organic soy, T2= organic maize, T3 conventional soy preceded by rye, T4 = conventional soybean preceded by radish + black oat and T5 = conventional soybean preceded by fallow) and factor B the different depths evaluated (P1 = 10 cm, P2 = 20 cm and P3 = 40 cm ), with 4 repetitions, totaling 15 treatments and 60 experimental units. Trenches of 0.25 m<sup>2</sup> were opened and photographs were collected for further digital analysis, recognition and counting of Bs. The production systems and the depth of evaluation influenced the number of biopores in the soil. The organic corn cultivation system showed lower biopore density values. The methodology proved to be an efficient tool to assess the density of biopores, being able to complement existing methodologies. However, there is a need for more studies in order to adapt equipment and software to the proposed method, achieving greater efficiency in image evaluation.

Keywords: Soil biology. organic agriculture. soil indicators. soil structure.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01	Imagem do perfil do solo com presença de Bioporos .....	14
Figura 02	Larvas de larvas do besouro (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae).....	16
Figura 03	Gabarito metálico 0,25 m <sup>2</sup> utilizado para aferição do tamanho das trincheiras.....	20
Figura 04	Vista aérea da área experimental da Unioeste .....	21
Figura 05	Abertura das trincheiras.....	23
Figura 06	Aspiração do solo para observação dos poros.....	24
Figura 07	Processo de captura das fotografias dos bioporos, para posterior contagem. ....	25
Figura 08	Processo de identificação dos Bioporos no software Libreoffice-Draw.....	25
Figura 09	Exemplos de bioporos (flecha branca) com tamanho > 2 mm em solo aspirado de fundo de trincheira nivelada. ....	28
Figura 10	Sinais de compactação e selamento do tratamento de milho orgânico em 40 cm de profundidade.....	29
Figura 11	Galeria de coró com presença de bioporos em seu interior, sistema de pousio antecedido por centeio, na profundidade de 20 cm.....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Médias pluviométricas em Entre Rios do Oeste - PR.....	19
Tabela 02	Histórico de cultivo empregado nos últimos anos nas áreas em estudo.....	22
Tabela 03	Análise de variância (ANOVA) gerada pelos dados do experimento.....	27
Tabela 04	Quantidade de bioporos maiores que 2 mm em relação aos diferentes tipos de tratamentos avaliados.....	28
Tabela 05	Quantidade de bioporos (>2mm) em diferentes profundidades avaliadas.....	30

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1 OBJETIVO	12
<b>1.1.1 Geral</b>	<b>12</b>
<b>1.1.2 Específicos</b>	<b>13</b>
1.2 JUSTIFICATIVA	13
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>14</b>
2.1 INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO	14
<b>2.1.1 Bioporos</b>	<b>14</b>
<b>2.1.2 Fauna do solo</b>	<b>16</b>
2.1.2.1 Corós	17
2.1.2.2 Minhocas	18
2.2 USO DE PLANTAS DE COBERTURA PARA A PROMOÇÃO DA ATIVIDADE BIOLÓGICA	19
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>20</b>
3.2 DESCRIÇÃO DA ÁREA	22
3.3 ABERTURA DAS TRINCHEIRAS	23
3.4 FOTOGRAFIAS DO PERFIL DO SOLO	25
3.5 ANÁLISE DAS IMAGENS E ESTATÍSTICA	26
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>27</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>33</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura atual é majoritariamente caracterizada pelo modelo convencional de produção e apresenta alta dependência de insumos químicos externos da propriedade, constante movimentação do solo e prática de monocultivo (TORRES *et al.*, 2015). E assim, acelera o processo de destruição da estrutura física, química e biológica do solo, o que compromete a produtividade e viabilidade do sistema, além de ocasionar danos ambientais e sociais (BALSAN, 2006). Ainda, a agricultura convencional pode resultar na redução da biodiversidade, salinidade, desertificação, erosão e desestruturação dos solos com consequente contaminação dos recursos naturais (ROSSET *et al.*, 2014).

O solo é o habitat natural para uma vasta quantidade de organismos, essenciais para a produção agrícola. Os agroecossistemas precisam ser manejados de maneira a beneficiar a ação da biota, como os denominados engenheiros do ecossistema (CORREIA, 2000). Estes organismos são capazes de modificar a estrutura do solo ao se locomoverem e se alimentarem, disponibilizando compostos orgânicos, influenciando assim, nas propriedades físicas do solo em especial a porosidade, determinante para circulação e armazenamento de água no solo (LAVELLE, 1997). Como exemplo, temos os corós (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae) e às minhocas, que além de estruturar o solo com a formação de galeria também liberam diversos excrementos que servem como nutrientes para as plantas (TORRES *et al.*, 2015). Ao se locomover pelo solo os anelídeos formam espaços vazios, denominados bioporos (Bs) e liberam substâncias que auxiliam na estabilidade da parede desses orifícios fazendo com que permaneçam por mais tempo no sistema. As raízes também, após serem decompostas deixam espaços no solo que podem ser considerados Bs (KAUTZ *et al.*, 2014).

Esses orifícios são importantes no sistema ao auxiliarem na infiltração de água no solo, redução dos processos erosivos e auxílio na movimentação e deposição da matéria orgânica, além de favorecer a estruturação física do solo e facilitar a disponibilidade de macronutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio)

(HAN *et al.*, 2015). Para Kautz *et al.* (2014), a presença de bioporos é essencial para aumentar a aeração de camadas menos superficiais e auxiliar no crescimento de raízes no interior do solo e assim, propiciar a absorção de águas e nutrientes para as plantas.

Frente a isso, muito se fala sobre como os diferentes cultivos e manejos podem impactar os atributos de qualidade do solo, como a formação de Bs e a atividade dos engenheiros do solo (TORRES *et al.*, 2015), assim como o método adequado para avaliar tais ações.

Apesar do conhecimento de diversas metodologias para avaliar atributos físicos, químicos e biológicos do solo, como resistência à penetração, densidade do solo; análise química laboratorial (pH, CTC, V%, SB) (ALVARENGA; DAVIDE, 1999), respiração basal do solo (GIOVANETTI *et al.*, 2019) e caracterização da biota do solo (DIAS *et al.*, 2018), respectivamente, poucas são as metodologias que avaliam visualmente o solo e em conjunto, de maneira simples e com baixo custo, visto que a qualidade do solo é formada pela interação entre tais atributos (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Diante disso, este estudo buscou quantificar a densidade de bioporos do solo em diferentes tipos de manejo e distintas profundidades, através da avaliação por fotografias.

## 1.1 OBJETIVO

### 1.1.1 Geral

O objetivo do trabalho foi quantificar a densidade de bioporos do solo em diferentes tipos de manejo e profundidades na área experimental da Unioeste, localizada no município de Entre Rios do Oeste-PR.

### 1.1.2 Específicos

- Verificar a influência dos diferentes cultivos e manejos na quantidade de bioporos presentes no solo.

- Determinar a quantidade de bioporos em diferentes profundidades.
- Investigar possíveis relações da presença de bioporos com atributos físicos e biológicos do solo.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Com o constante desejo de elevar a produtividade das áreas, muitas vezes se faz o uso de práticas inadequadas no agroecossistema como o monocultivo, plantio em solo desnudo, uso excessivo de produtos químicos, fertilizantes solúveis e máquinas pesadas, o que pode afetar negativamente o sistema (SA; SANTOS, 2005). Tais práticas não levam em conta que há uma enorme diversidade de organismos no solo que desempenham diferentes papéis nos atributos do solo e conseqüentemente na qualidade e produtividade agrícola.

Nos dias atuais com a crescente necessidade da adoção de sistemas sustentáveis, muito se discute sobre como os diferentes tipos de manejo podem impactar nos atributos da qualidade do solo. Em relação a isso a adoção de sistemas orgânicos com conceitos agroecológicos de produção, que apresentam menor impacto ao meio ambiente, estão sendo cada vez mais empregados pelos agricultores (TORRES *et al.*, 2015) e se mostra importante entender como esse sistema afeta a atividade biológica do solo, como a densidade de bioporos (Bs) e a relação destes com outros atributos.

De maneira resumida a caracterização dos Bs do solo se faz necessária para avaliar as condições da estrutura do solo pelo fato dos poros estarem ligados a processos importantes, como sugerem Soracco *et al.* (2015), ao relatarem a importância desta determinação para a avaliação da compactação em solos agrícolas.

Este trabalho se justifica pelo fato de avaliar, assim como aferir não somente atributos físicos do solo, mas também atributos biológicos, de maneira fácil. Além de buscar entender a influência de diferentes cultivos, manejos e profundidades na densidade de bioporos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

#### 2.1.1 Bioporos

O solo apresenta espaços porosos oriundos de diversos processos que resultam em poros de diferentes tamanhos e formas. Os bioporos são pequenos orifícios presentes no solo, ou seja, espaços vazios entre as partículas ou agregados do solo. Estes, podem ser provenientes de raízes decompostas ou atividades de organismos, como por exemplo: corós e minhocas (KAUTZ *et al.*, 2014). Os bioporos apresentam formato cilíndrico de vários diâmetros, como pode ser visto na figura 01.

Figura 01- Imagem do perfil do solo com presença de Bioporos.



Fonte: ALMEIDA (2021), adaptado.

Os bioporos são extremamente importantes para a infiltração da água no solo, reduzindo a possibilidade de processos erosivos. A erosão ocorre normalmente em solos com baixa drenagem, ou seja, em solos compactados com menor presença de bioporos. Os orifícios presentes no solo, permitem maior

infiltração, reduzindo assim o acúmulo e escoamento da água sobre a superfície. O movimento inadequado da água no solo carrega consigo partículas de solo e matéria orgânica que são essenciais para manter a estrutura física e química do solo (HAN *et al.*, 2015).

Além disso, são essenciais para a aeração em camadas mais profundas, visto que quanto maior for a profundidade do solo, menor é a aeração presente no mesmo. Sendo assim, a presença de bioporos em camadas profundas, auxilia o desenvolvimento de raízes no interior do solo, facilitando a absorção de águas e nutrientes que se encontram nessas camadas (KAUTZ *et al.*, 2014). Estudos revelam que os macronutrientes (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) se concentram nos bioporos, facilitando assim, mais uma vez o desenvolvimento das raízes e sustentação das plantas (HAN *et al.*, 2015).

De acordo com a densidade de Bs do solo é plausível obter informações sobre a biologia do solo, visto que, grandes quantidades de bioporos são formados pela fauna que passa pelo local, deixando seus caminhos abertos para passagem de ar e oxigênio. Encontra-se também, maior quantidade de matéria orgânica nesses locais, devido a alimentação e eliminação de dejetos pela fauna do solo (KAUTZ; ATHAMANN; KOPKE, 2013).

### **2.1.2 Fauna do solo**

A fauna é composta pelos organismos vivos presentes no solo e é responsável pela incorporação de matéria orgânica no solo, ciclagem de nutrientes, controle de populações de organismos-pragas, estímulo do desenvolvimento de organismos benéficos, degradação de partículas grandes e aumento da área superficial para a decomposição, assim como a própria decomposição, entre outros benefícios (SANTOS; VELHO; FREITAS, 2020).

Podem ser classificados de acordo com o seu tamanho, em macro (>10 mm), meso (0,2-10 mm) e microfauna (<0,2 mm) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). No processo de estruturação do solo, a macrofauna é responsável pela mistura de partículas minerais e orgânicas, redistribuição de microrganismos e matéria orgânica e promoção da humidificação do solo pela produção de excrementos



(BARETTA *et al.*, 2006). São responsáveis pela ciclagem de nutrientes, o que estimula a atividade microbiana e a decomposição dos compostos orgânicos (AQUINO, 2006). Dentre esses organismos se destacam os corós e minhocas, conhecidos como engenheiros do ecossistema, principais organismos que formam os Bioporos.

#### 2.1.2.1 Corós

As larvas do besouro (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae) são popularmente chamados “corós” (Figura 02), este termo designa a fase larval do inseto adulto. Apresentam aparência esbranquiçada e no solo geralmente apresentam formato meio círculo, de 4-5 cm de comprimento e 1 cm de largura, cabeça arredondada e podem ou não possuírem pernas (3 pares) de acordo com a família. Apresentam hábitos alimentares de herbívora e predatismo, consumindo praticamente os mesmos alimentos, independente da fase de vida (EMBRAPA, 2007).

Figura 02 - Larvas de larvas do besouro (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae).



Fonte: ALMEIDA (2021), adaptado.

A duração da fase larval do besouro varia entre sete a oito meses e fica no solo para seu desenvolvimento a uma profundidade média de 10-20 centímetros no solo, se alimentando dos materiais presentes no solo como restos vegetais e madeira em decomposição. A fase de pupa geralmente começa a partir do mês de outubro e termina no mês de janeiro, passam por três instares de desenvolvimento e a partir de março eclodem e se tornam adultos (SALVADORI; PEREIRA, 2002).

A alimentação das larvas é essencial para a obtenção de qualidade do solo, afinal possuem uma alimentação em que incluem a ciclagem de nutrientes a partir da degradação de material orgânico (EMBRAPA, 2007). Os corós apresentam variadas funções ecológicas auxiliando na manutenção dos ecossistemas, estão atrelados a ciclagem de nutrientes, aeração do solo, podendo servir como um bioindicador de alterações ambientais, dentre outras funções (HALFFTER; FAVILA, 1993 *apud* LUÇARDO; BIANCHI 2012).

#### 2.1.2.2 Minhocas

Às minhocas são animais invertebrados pertencentes ao filo Annelida, possuem corpo alongado, cilíndrico e tamanhos diferenciados conforme a espécie, como por exemplo há minhocas de 5 milímetros e outras que chegam até 3 metros, coloração marrom com listras rosadas ou esbranquiçadas transversais, o sistema digestório das minhocas é completo, linear e não segmentado e compreende um tubo que passa em cada parte do corpo até a excreção (VENTURA, 2010).

A alimentação das minhocas geralmente se dá na ingestão de materiais orgânicos presentes no solo como restos alimentícios, vegetais em processo de decomposição entre outros e contribuem com a inclusão de movimentação das partículas do solo e ciclagem dos nutrientes (STEFFEN *et al.*, 2013). Além disso, sua movimentação no perfil do solo promove várias questões como a descompactação, aumento do número e diâmetro de poros, formação de galerias e reposição de nutrientes (KAUTZ, 2013).

## 2.2 USO DE PLANTAS DE COBERTURA PARA A PROMOÇÃO DA ATIVIDADE BIOLÓGICA

Uma prática muito importante para a manutenção da produtividade do solo é a adoção da rotação de culturas, com destaque ao cultivo de grandes culturas anuais de grãos, como soja e milho, que ocasiona elevada diminuição da produtividade pelo seu cultivo consecutivo na mesma área e necessitam de manejos que propiciem condições produtivas. Diante disso, o uso de plantas de cobertura (PC) durante a prática de rotação se mostra extremamente necessário na busca por sistemas de produção sustentáveis (CRUZ *et al.*, 2007).

As PC além de servirem de cobertura do solo também são produtoras de raízes (SALTON; TOMAZI, 2014) e atuam acima e abaixo do solo, melhorando a fertilidade, estruturação do solo, redução da compactação, aumento da matéria orgânica, quantidade de poros, entre outros (KAUTZ, *et al.*, 2014). Protegendo o solo e aumentando a ciclagem de nutrientes dentro do sistema (SALTON; TOMAZI, 2014) e podem influenciar na atividade biológica do solo (GIOVANETTI *et al.*; 2019), organismos estes que estão relacionados com a estruturação do solo e a formação de bioporos.

Às raízes apresentam formato cilíndrico e ao se desenvolverem, comprimem o solo ao seu entorno e liberam uma mucilagem que após a morte da planta e a consequente decomposição das suas raízes deixam uma rede de poros contínuos no solo, espaço esses, que são caminhos de alongamento preferenciais para raízes de plantas (KAUTZ *et al.*, 2014). Com as plantas forrageiras isso não é diferente, Salton & Tomasi (2014), trazem que após a dessecação das plantas forrageiras diversas galerias e canais foram deixadas no solo, formando um ecossistema bastante adequado para o crescimento das raízes. Os sistemas radiculares das plantas são capazes de proporcionar melhorias aos aspectos do solo ao liberar exsudados que são capazes de promover atividade da biota, acúmulo de matéria vegetal, além de agirem como agente cimentante das partículas do solo, auxiliando na formação dos agregados, etc. Reforçando a ideia Miriam (2013), relata que estes espaços vazios denominados de bioporos podem ser formados também pela atividade da

macrofauna do solo. Diante disso, entender a influência de PC e diferentes cultivos na formação de Bs em sistemas sustentáveis se mostra relevante.

### 3. METODOLOGIA

O experimento foi executado no ano safra 2020/21 na Fazenda experimental da UNIOESTE, que conta com uma área de 99 ha. Está localizada próxima a Entre Rios do Oeste-PR. A área apresenta uma altitude de 260 metros e coordenadas geográficas 24° 42' 24" Sul, 54° 14' 36" Oeste (MORATELLI, 2017). O solo foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico (LVdf) de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018) e apresenta textura argilosa. A região, de acordo com Nitsche *et al.*, (2019), apresenta uma temperatura média anual de 22,5°C e precipitação em torno de 1700 mm, como se observa na tabela 01, em levantamento realizado em 2019.

Tabela 01 - Médias pluviométricas em Entre Rios do Oeste - PR.

<b>Mês</b>	<b>Precipitação (mm)</b>
Janeiro	150
Fevereiro	150
Março	110
Abril	150
Maio	170
Junho	130
Julho	110
Agosto	90
Setembro	150
Outubro	190
Novembro	170
Dezembro	170

Fonte: Nitsche *et al.*, 2019, adaptado.

### 3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi em faixas (split-plot) em esquema fatorial 5x3. O fator A consistiu em diferentes cultivos (T1= soja orgânica, T2= milho orgânico, T3 soja convencional antecedida por centeio, T4= soja convencional antecedida por nabo-forrageiro + aveia-preta e T5= soja convencional antecedida por pousio) e, o fator B as diferentes profundidades avaliadas (P1= 10 cm, P2= 20 cm e P3= 40 cm), com 4 repetições, totalizando 15 tratamentos e 60 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída da imagem obtida na área de um gabarito de ferro de 0,25 m<sup>2</sup> (0,5 x 0,5 m) como demonstrado na Figura 03.

Figura 03 - Gabarito metálico com área de 0,25 m<sup>2</sup> utilizado para aferição do tamanho das trincheiras.



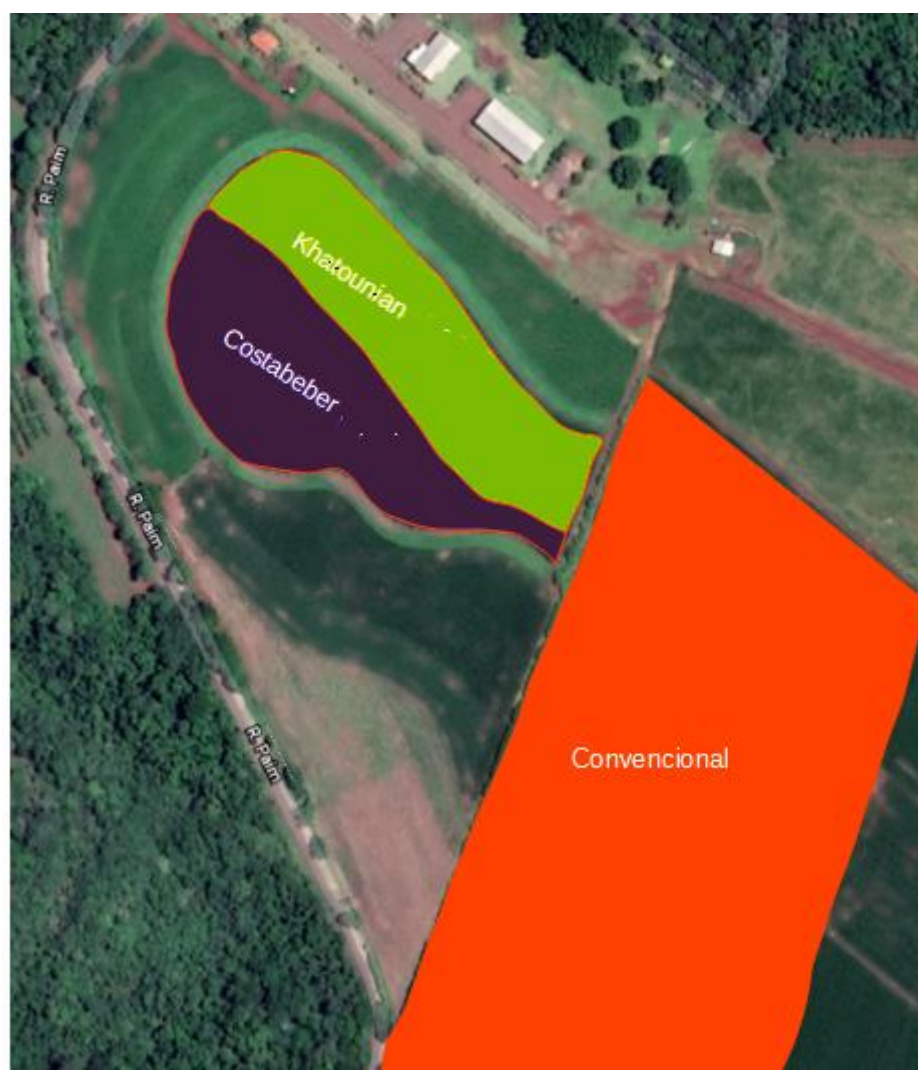
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

### 3.2 DESCRIÇÃO DA ÁREA

O cultivo de soja orgânica (T1) foi instalado no talhão Khatounian e o de milho orgânico (T2) na área Costabeber. Os demais tratamentos (T3 – T5) foram instalados na área de soja convencional como consta na figura 04.

No momento da coleta das fotografias todas culturas estavam implantadas nas suas respectivas áreas, a soja orgânica e a convencional se encontravam nos estádios fenológicos de R5,2 à R5,3 onde é característico o preenchimento inicial dos grãos, com aproximadamente de 11% a 50% da granação. O milho orgânico estava no estágio de R4 pois os grãos estavam consistentes ao pressioná-los. No sistema de pousio (T5), não era realizado nenhum controle das plantas espontâneas, havendo predominância de Picão-preto (*Bidens pilosa*).

Figura 04 - Vista aérea da área experimental da Unioeste.



Fonte: ALMEIDA, 2021.

Cada uma das áreas conta com um histórico diferente de rotação de culturas, como pode ser visto na tabela 02, que ilustra as culturas empregadas nos últimos 4 anos.

Tabela 02- Histórico de cultivo empregado nos últimos anos nas áreas em estudo.

<b>CULTIVOS</b>					
<b>Ano</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
<b>2018</b>	-Feijão -Milho	- Trigo - Soja	-	-	-
<b>2019</b>	- Lablab - Crotalária	-Guandu anão - Lablab	Pousio	Pousio	Pousio
<b>2020</b>	Aveia branca	- Milho	Centeio	Aveia preta + Nabo forrageiro (cobertura)	Pousio
<b>2021</b>	Soja orgânica	Milho orgânico	Soja	Soja	Soja

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

### 3.3 ABERTURA DAS TRINCHEIRAS

Em cada unidade experimental foram abertas trincheiras (figura 05), niveladas e a área superficial foi solta com auxílio de uma espátula nas diferentes profundidades, de acordo com cada tratamento

Figura 05. Abertura das trincheiras.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O solo foi aspirado, o que revelou os bioporos presentes no solo (figura 06).

Figura 06 - Aspiração do solo para observação dos poros.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).



### 3.4 FOTOGRAFIAS DO PERFIL DO SOLO

Após todo o solo solto ser succionado, foram realizadas fotografias (Figura 07) de alta definição das diferentes camadas, para posterior identificação e contagem dos bioporos. A análise das imagens consistiu na contabilização dos Bs, como descrito na metodologia utilizada por Han *et al.* (2016), os bioporos foram classificados de acordo com seu diâmetro em ( $< 2\text{mm}$ ) e em ( $> 2\text{mm}$ ). Os Bioporos com diâmetro superior a 2mm foram indicados por uma flecha branca como ilustrado na Figura 08. Para indicação das flechas contou-se com auxílio do software livre Libreoffice- draw 7.1.2 ®.

Figura 07. Processo de captura das fotografias dos bioporos, para posterior contagem.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

### 3.5 ANÁLISE DAS IMAGENS E ESTATÍSTICA

A análise das imagens consistiu na contabilização dos Bs, como descrito na metodologia utilizada por Han *et al.* (2016) anteriormente, estes bioporos foram indicados por uma flecha branca como ilustrado na Figura 08.

Figura 08: Processo de identificação dos Bioporos no software Libreoffice-Draw.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Contabilizado os bioporos foi realizada a estatística através da análise de variância (ANOVA) e quando observada significância ao nível de 5% no teste f, foi realizada a comparação das médias dos tratamentos através do teste de Student-Newman-Keuls (SNK) com o auxílio do software Sisvar 5.7 (FERREIRA, 2011).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de bioporos do solo (Bs) através de fotografias dos perfis do solo permitiu observar apenas bioporos com dimensão superior a 2 mm (Figura 09), visto que a resolução do equipamento utilizado (smartphone com câmera de 48 megapixels) limitou a identificação de orifícios menores no solo,

principalmente quando aplicado o zoom do software computacional, o que sugere a necessidade da utilização de equipamentos fotográficos profissionais para a realização de uma análise mais detalhada. Teixeira *et al.* (2017), ao apresentarem a avaliação de poros do solo por fotografias relatam a necessidade de câmeras profissionais com lupas acopladas, adequada iluminação e uso de programas específicos para o tratamento das imagens.

Figura 09 – Exemplos de bioporos (flecha branca) com tamanho > 2 mm em solo aspirado de fundo de trincheira nivelada.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para a variável número e bioporos, o resultado da Análise de Variância demonstrou que houve diferença significativa em função dos fatores testados (Tratamento e Profundidade), somente de forma isolada ( $p < 0,05$ ) (Tabela 03).

Tabela 03 - Análise de variância (ANOVA) gerada pelos dados do experimento.

<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>p</b>
Tratamento (T)	4	83.83	20.96	5.639	0.00
Profundidade (P)	2	38.80	19.40	5.2220	0.00
T x P	8	35.37	4.42	1.189	0.33
Erro	46	167.27	3.72		

GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de quadrados; QM: Quadrado médio; Fc: F calculado; p: valor P.

Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Os sistemas de produção podem interferir diretamente na atividade biológica do solo (GIOVANETTI *et al.*, 2019) e com isso, no número de bioporos presentes, como observamos na tabela 04. nos sistemas avaliados, o número de bioporos variaram entre 8-20 m<sup>-2</sup>. Tezolin *et al.* (2021), ao analisarem diferentes sistemas como integração lavoura-pecuária, cana-de-açúcar, pastagem (*Urochloa brizantha*), milho e aveia em sistema de plantio direto e mata-ciliar em distintas profundidades (0-10 e 10-20 cm), observaram interação significativa (p<0,05) para os fatores separados, em que a pastagem e o cultivo de cana-de-açúcar, ambas Poaceae, beneficiaram a porosidade do solo em ambas profundidades, com destaque aos microporos.

Tabela 04- Quantidade de bioporos maiores que 2 mm em relação aos diferentes tipos de tratamentos avaliados.

Tratamentos	Número de bioporos (m <sup>-2</sup> )
Soja orgânica	20 A
Milho orgânico	8B
Soja convencional antecedida por centeio	24 A
Soja convencional precedida por pousio	16 A
Soja convencional com cultivo anterior de AP + NF	16 A
CV (%)	45

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK (<0,05).

AP: aveia-preta. NF: nabo-forrageiro.

Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Neste experimento o tratamento de milho orgânico foi o que apresentou menor quantidade de bioporos (8 m<sup>-2</sup>), provavelmente pelo adensamento das plantas e o sistema radicular fasciculado da Poaceae que promove maior número de bioporos (<2 mm) (CHIEZA *et al.*, 2013; TEZOLIN *et al.*, 2021). Além disso, no momento da quantificação das densidades dos bioporos, a cultura do milho orgânico ainda estava implantada e suas raízes estavam presentes, o que atrapalhou no processo de contagem ao bloquearem os poros. Como é relatado por Gaiser *et al.* (2013), onde no processo de quantificação dos Bs às raízes ainda não estavam totalmente deterioradas e havia o bloqueio do acesso e identificação dos poros ocupadas pelas mesmas.

Outro fator constatado na amostragem das trincheiras do milho orgânico era que esse sistema apresentava sinais de compactação e selamento superficial (Figura 10) (dificuldade para abrir a trincheira). Em consulta com os responsáveis pela área, foi relatado histórico de intenso tráfego de máquinas agrícolas em anos anteriores. Isso pode colaborar com o menor número de Bs observado pelo experimento, visto que o tráfego de tratores interfere diretamente no número de poros do solo, principalmente ao diminuir a densidade de

macroporos e aumentar a densidade do solo (STRECK *et al.*, 2004). Maia (2016), relata que o selamento superficial do solo afeta a movimentação da água e alterações na estrutura do perfil do solo, conseqüentemente irá afetar a densidade de Bs.

Figura 10 - Sinais de compactação e selamento do tratamento de milho orgânico, em 40 cm de profundidade.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os outros tratamentos não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ), o que demonstra a importância de manejos que promovam a sustentabilidade do sistema, como a soja em cultivo orgânico e a soja convencional precedida por plantas de cobertura. Com relação à soja antecedida por centeio, o número quantitativo maior de bioporos ( $24 \text{ m}^{-2}$ ) apesar de não apresentar diferença significativa, pode estar relacionado ao sistema radicular do centeio ser mais profundo e agressivo do que às demais culturas de inverno, onde Baier, (1994), relata ser uma cultura muito desejável como uso de cobertura, utilizada para recuperar solos degradados, melhorando a sua estrutura, principalmente pela ação das raízes e conseqüentemente, a formação de bioporos.

Os resultados obtidos no estudo são semelhantes aos encontrados por Machado (2017), onde utilizando as diferentes plantas de cobertura não foi possível ver diferenças significativas nos atributos do solo, possivelmente pelo pouco uso destas em apenas um ciclo único, como relatado no histórico da área (tabela 02) anteriormente, hipoteticamente conduzindo às plantas de cobertura por períodos de tempos maiores, seria possível averiguar a ação dessas plantas de modo mais assertivo, com experimentos a longo prazo.

O efeito da profundidade no número de bioporos pode ser observado na tabela 05 e variou entre 12-20 bioporos  $m^{-2}$ . A profundidade de 40 cm apresentou menor número de Bs (12  $m^{-2}$ ), hipoteticamente pela menor atividade biológica do solo em camadas mais profundas, como observado por Araújo e Monteiro (2007), que encontraram maior atividade nos primeiros 30 cm de profundidade do solo, assim como a exploração dos sistemas radiculares dos cultivos aplicados no sistema, majoritariamente são cultivos anuais, se concentrarem principalmente nos primeiros 20 cm do solo (RAIJ, 2011).

Tabela 05 - Quantidade de bioporos (>2mm) em diferentes profundidades avaliadas.

<b>Profundidade (cm)</b>	<b>Número de bioporos <math>m^{-2}</math></b>
10	20 A
20	20 A
40	12 B
CV (%)	45

\*Média seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK (<0,05).

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

As camadas entre 10 e 20 cm não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ) (20 bioporos  $m^{-2}$ ), possivelmente pelos sistemas de rotação e cultivos empregados na área e consequente, formação de bioporos (TEZOLIN *et al.*, 2021). Nestas profundidades também se observou a ação da abertura de Bs por corós (Coleoptera, Melolonthidae), como observa-se na figura 11.

Figura 11 - Galeria de coró com presença de bioporos em seu interior, sistema de pousio antecedido por centeio, na profundidade de 20 cm.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Este método permitiu verificar condições da qualidade física e biológica do solo, com destaque para as galerias (Figura 11). Estes orifícios permitem maior aeração do solo, disponibilidade de nutrientes, liberação de exsudados radiculares (HAN et al., 2015) e resíduos orgânicos que podem atuar diretamente na biota do solo e, assim influenciar também a produtividade dos cultivos (PAULINO *et al.*, 2013).

De maneira geral, a metodologia testada possibilitou identificar variações no número de Bs advindos de diferentes cultivos e profundidade de avaliação. Apresenta bons indicativos sobre a realidade física e biológica do solo, e serve como avaliação complementar da qualidade do solo. Todavia adaptações ainda podem ser avaliadas, principalmente com o uso de equipamentos profissionais, assim como a correlação da análise qualitativa realizada com testes laboratoriais já conhecidos.



## **5. CONCLUSÃO**

A quantificação de bioporos do solo através de fotografias mostrou ser uma ferramenta eficiente para avaliar e comparar a qualidade do solo em diferentes manejos e cultivos, podendo complementar às metodologias já existentes, de maneira rápida, entretanto ainda é um processo em construção, necessitando de adaptações, principalmente em relação ao uso de equipamentos fotográficos e software computacionais profissionais para o tratamento adequado das figuras de modo a contabilizar também bioporos inferiores a 2 mm, sugerindo assim a necessidade de novos trabalhos.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, T. A. T. **Avaliação de bioporos do solo em condições subtropicais: características visuais do perfil do solo.** 2021. 51 p. Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, 2021.
- ALVARENGA, M.I.N.; DAVIDE, A.C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e a sustentabilidade de agrossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 933-942, 1999.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. **Indicadores biológicos de qualidade do solo.** Bioscience Journal., 23 (3) 2007. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6684>. Acesso em: 22 ago. 2021.
- AQUINO, A. M. **Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional do agroecossistema.** EMBRAPA - Miolo Biota. 2006. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/biotacap3ID-dr6kaaCh87.pdf>. Acesso em: 27 de ago. 2021.
- BAIER, A. C., Centeio. Passo Fundo: **EMBRAPA- CNPT**, 1994. 29p.
- BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. **Revista de geografia agrária**, v. 1, n. 2, p. 123-151, ago. 2006.
- BARETTA, D. *et al.* **Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo.** Pesq. Agropec. Bras., v. 41, p. 1675-1679, 2006.
- CHIEZA, E. D. *et al.* Propriedades físicas do solo em área sob milho em monocultivo ou consorciado com leguminosas de verão. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 37, p. 1393-1401, 2013.
- CORREIA, M.E.F.; OLIVEIRA, L.C.M. de. **Fauna de Solo: Aspectos Gerais e Metodológicos.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, fev. 2000. 46p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 112).
- CRUZ, J. C., *et al.*, **Milho orgânico.** Embrapa, 2007. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fz5e6zsp02wx5ok0cpoo6agwc2gy1.html#>. Acesso em: 20 de jul. de 2021.
- DIAS, L. B., *et al.*, Análise da macrofauna que caminha sobre o solo em sistema de integração lavoura pecuária na região centro sul do Paraná, . In: Seminário de Ensino Pesquisa e Extensão, 5, 2018. Laranjeiras do Sul, **Anais**, Chapecó: UFFS, 2018. 1 p.
- EMBRAPA. **Identificação dos coleópteros (Insecta: Coleoptera) das regiões de Palmas (município de Bagé) e Santa Barbinha (município de Caçapava do Sul), RS.** 1º ed. Rio Grande do Sul: Embrapa Pecuária Sul, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018. 355 p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A COMPUTER STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **Ciênc. agrotec.**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez., 2011.

GAISER, T. *et al.* **Modeling biopore effects on root growth and biomass production on soils with pronounced sub-soil clay accumulation**. *Ecological Modelling*, v. 256, p. 6-15, 2013.

GIOVANETTI, L. K. *et al.* **A influência de cultivos agrícolas em parâmetros de qualidade do solo**. In: SANTOS, C. C. (org.). *Agroecologia Debates Sobre a Sustentabilidade*. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. cap. 11. p. 99-107.

HAN, E. *et al.*, **Root growth dynamics inside and outside of soil biopores as affected by crop sequence determined with the profile wall method**. *Biology and Fertility of Soils*, 2015.

HAN, E. *et al.*, **Dynamics of plant nutrient uptake as affected by biopore-associated root growth in arable subsoil**. Institute of Organic Agriculture, University of Bonn, Katzenburgweg 3, 53115 Bonn, Germany 2016.

KAUTZ, T; ATHAMANN, M; KOPKE, U. **Growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) roots in biopores with differing carbon and nitrogen contents**. *Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference*, 2013.

KAUTZ, T., *et al.*, Modeling biopore effects on root growth and biomass production on soils with pronounced sub-soil clay accumulation. **Ecological Modelling**, 2013.

KAUTZ, T., *et al.*, Contribution of anecic earthworms to biopore formation during cultivation of perennial ley crops. **Pedobiology**, 2014.

LAVELLE, P., Faunal activities and soil process: adaptive strategies that determine ecosystem function. **Advances in ecological research** vol. 27. 1997.

LUÇARDO, M; BIANCHI, C. A C., **Scarabaeoidea (Insecta: coleoptera) no cerrado Brasileiro: Dez anos de estudo**. Brasília. jul. 2012.

MACHADO, A. L. S., **Efeitos de diferentes plantas de cobertura sobre atributos físicos de um latossolo sob preparo convencional e na produtividade da soja**. Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, RS, 2017.

MAIA, I. C., **Compactação do solo causada pelo tráfego de máquinas agrícolas**. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências. Fortaleza, 2016.

MIRIAM, A., *et al.*, Root growth in biopores: evaluation with in situ endoscopy. **Plant and soil**, 2013.

- MORATELLI, G. **Períodos de interferência das plantas daninhas em duas variedades de mandioca no sistema de plantio direto**. Dissertação mestrado - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Marechal Cândido Rondon. 2017.
- MOREIRA; F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.
- NITSCHKE, P. R. *et al.*, **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019.
- PAULINO, P. S. *et al.* **Atributos físicos como indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo no estado de Santa Catarina**. Cadernos de Agroecologia, v. 8, n. 2, p. 1-6, 2013.
- RAIJ, B. V. **Melhorando o ambiente radicular em superfície**. Informações agronômicas, n. 135, p. 8-18, 2011.
- ROSSET, J. S. *et al.*, Agricultura convencional *versus* sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas. **Scientia Agraria Paranaensis - SAP**. v.13, n.2, abr./jun., p.80-94, 2014
- SÁ, M. A. C. de.; SANTOS J. de D. G. dos. **Compactação do Solo: consequências para o crescimento vegetal**. Planatina-DF, Embrapa, 2005.
- SALTON, J.C.; TOMAZI, M., **Sistema radicular de plantas e qualidade do solo**. Comunicado técnico. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. 6 p.
- SALVADORI, J. R., PEREIRA, P. R. V. S., **Corós**. EMBRAPA. 2012.
- SANTOS, A. T.; VELHO, A. E.; FREITAS, T. S. **Qualidade biológica do solo - importância**. Ilsa Brasil. Portão-RS, 2020. Disponível em: <https://ilsabrasil.com.br/qualidade-biologica-do-solo-importancia/>. Acesso em: 13 de ago. 2021.
- SORACCO, C. G., *et al.*, Effects of compaction due to machinery traffic on soil pore configuration. **R. Bras. Ci. Solo**, 39:408-415, 2015.
- STEFFEN, Gersa Pauli Kist., *et al.*, Importância ecológica e ambiental das minhocas. **Scap**, 2013.
- STRECK, C. A. *et al.* Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 755-760, 2004.
- TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3 ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 40 p.
- TEZOLIN, T. A. *et al.* Atributos físicos do solo em diferentes sistemas de produção agropecuária. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. 1-15. 2021.

TORRES., J. L.M., *et al.*, **Engenheiros do solo em sistemas agroecológicos**. Epic, 2015. Disponível em:  
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1065991/1/2015George BEPICEngenheiros.pdf>. Acesso em: 19 de jun. 2021.

VENTURA, Carlos Renato Rezende., *et al.*, **Diversidade biológica dos protostomados**. 2<sup>o</sup> ed. Rio de Janeiro. Cecierj, 2010. Disponível em:  
<https://canal.cecierj.edu.br/012016/2d61515f42881fe44b41962290210178.pdf>. Acesso em: 15 de jun. 2021.

VEZZANI, F. M; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.743-755, 2009.