



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL
CURSO DE AGRONOMIA**

TIAGO APARECIDO TATARA DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DE BIOPOROS DO SOLO EM CONDIÇÕES SUBTROPICAIS:
CARACTERÍSTICAS VISUAIS DO PERFIL DO SOLO**

LARANJEIRAS DO SUL

2021

TIAGO APARECIDO TATARA DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DE BIOPOROS DO SOLO EM CONDIÇÕES SUBTROPICAIS:
CARACTERÍSTICAS VISUAIS DO PERFIL DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito para obtenção de grau de Bacharel
em Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul.

Orientador: Dr. Rubens Fey

LARANJEIRAS DO SUL

2021

TIAGO APARECIDO TATARA DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DE BIOPOROS DO SOLO EM CONDIÇÕES SUBTROPICAIS:
CARACTERÍSTICAS VISUAIS DO PERFIL DO SOLO**

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: Dr. Rubens Fey

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em 24/06/2021.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Rubens Fey – UFFS
Orientador



Prof. Dr. José Francisco Grillo - UFFS



Dr. Augusto Cesar Prado Pomari Fernandes - UFFS

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Almeida, Tiago Aparecido Tatara de
AVALIAÇÃO DE BIOPOROS DO SOLO EM CONDIÇÕES
SUBTROPICAIS: CARACTERÍSTICAS
VISUAIS DO PERFIL DO SOLO / Tiago Aparecido Tatara de
Almeida. -- 2021.
50 f.

Orientador: 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. Análise qualitativa do solo. 2.
Indicadores físicos. 3. Indicadores biológicos. 4.
Indicadores químicos. 5. Raízes. I. Fey, Rubens,
orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul.
III. Título.

Agradeço aos meus pais pelo apoio incondicional em todos os momentos difíceis da minha trajetória acadêmica. Este trabalho é dedicado a eles.

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus e seus planos, pois acredito fielmente que o meu ingresso na universidade só foi possível graças a ele.

Agradeço aos meus pais Gilberto e Vera que não mediram esforços para que eu concluísse a minha graduação e me incentivaram em todos os momentos e não deixaram que o desânimo de maratonas de estudos fizesse que eu desistisse.

Agradeço aos meus avós e irmãos e toda a minha família que de alguma forma contribuiu para a minha formação, independente dos esforços medidos.

Aos amigos que fiz na UFFS Rafaela, Ivan, Lucas e Cassiane, que considero eles como uma família e dizer que sem o grupo de estudo que formamos as coisas seriam muito mais difíceis.

Em especial a Rafaela que não mediu esforços e esteve comigo em todas as horas. Não só na universidade, mas me apoiou nos momentos difíceis da vida e sem ela esse trabalho não existiria. Obrigado por tudo.

Ao Ivan que além de estar comigo em toda a graduação, esteve presente na elaboração deste trabalho, onde foi importantíssimo para a conclusão do mesmo. Obrigado.

Ao Leonardo que me ajudou e foi amigo em muitos momentos da universidade, e mesmo já não tendo mais vínculo com a UFFS, não mediu esforços para a elaboração deste trabalho, suas dicas foram indispensáveis. Obrigado.

Agradeço ao meu professor orientador Rubens, que abriu as portas da área da pesquisa dentro da universidade e participou diretamente para a conclusão deste trabalho. Além da contribuição para meu crescimento profissional e pessoal, se mostrou um ótimo profissional e ótima pessoa.

A todos os meus professores que contribuíram para meu aprendizado, desde os professores da educação básica até os professores do ensino superior. Agradeço também a todos os profissionais que atuam dentro das escolas e da universidade em que eu estive, pois cada um tem sua importância para que tudo esteja em equilíbrio.

Agradeço aos meus velhos amigos e amigos que fiz ao longo da universidade de que de alguma maneira mandaram energias positivas e torceram para o meu sucesso.

Obrigado a todos que desejaram que esta conquista fosse possível.

“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira, você chega lá. “ (SENNÁ, 1994).

Resumo: O Brasil se tornou um grande produtor de grãos no âmbito mundial e como consequência os impactos causados pelo sistema de produção em solos agrícolas são comuns. O solo tem a função de dar o suporte necessário para o crescimento das plantas, surgem análises que servem de indicativos de qualidade do solo e são quantificados de maneira química, física e biológica apresentando bons resultados, porém análises são normalmente quantitativas, e na maioria das vezes sem acessibilidade para os agricultores. O objetivo do trabalho foi avaliar a metodologia de bioporos do solo com abordagem qualitativa, com propósito de visualizar características físicas, químicas e biológicas em uma única análise. O trabalho foi realizado na fazenda experimental da Unioeste em Entre Rios do Oeste - PR e consistiu na avaliação de diferentes cultivos (soja, milho em área orgânica e soja antecedida por centeio, soja antecedida por nabo + aveia preta e soja antecedida por pousio em sistema convencional) em diferentes profundidades (10 cm, 20 cm e 40 cm). Foram abertas trincheiras de 0,5 x 0,5 m, e realizadas fotografias para posterior análise digital. Os resultados demonstram que a metodologia é capaz de tornar visível condições específicas como deficiência hídrica, presença de macrofauna e galerias deixadas por organismos da macrofauna e raízes de plantas. Com tais informações é possível fazer inferências sobre a qualidade do solo. Como resultados obtidos foi possível observar o crescimento de raízes dentro de bioporos do solo de forma preferencial e assim constatar preferência pelo local, já que as condições químicas e físicas apresentam melhores condições em relação ao restante do solo, também foi possível a verificação de galerias de organismos da macrofauna e novamente averiguar condições químicas, físicas e biológicas da área analisada a partir da presença dessas galerias. Desta forma esta análise se torna uma alternativa complementar de avaliação de impactos das produções agrícolas no solo, pois pode ser realizada com equipamentos simples (celular, pá, enxada e aspirador de pó) de maneira rápida em relação às outras análises e tem como função complementar a gama metodologias existentes. Porém necessita-se de mais estudos que correlacionam esta abordagem com análises quantitativas, sugerindo-se assim a realização de futuros trabalhos estudando tal correlação é necessária.

Palavras chave: Análise qualitativa do solo. Indicadores físicos. Indicadores biológicos. Indicadores químicos. Raízes

Abstract: Brazil has become a major grain producer worldwide and as a consequence the impacts caused by the production system on agricultural soils are common. The soil has the function of providing the necessary support for the growth of plants, analyzes appear that serve as indicators of soil quality and are quantified in a chemical, physical and biological manner, with good results, but analyzes are usually quantitative, and in most of the times without accessibility for farmers. The objective of this work was to evaluate the methodology of soil biopores with a qualitative approach, aiming to visualize physical, chemical and biological characteristics in a single analysis. The work was carried out at the Unioeste experimental farm in Entre Rios do Oeste - PR and consisted of the evaluation of different crops (soybean, corn in organic area and soybean preceded by rye, soybean preceded by turnip + black oat and soybean preceded by fallow in system conventional) at different depths (10 cm, 20 cm and 40 cm). Trenches measuring 0.5 x 0.5 m were opened, and photographs were taken for further digital analysis. The results demonstrate that the methodology is able to make visible specific conditions such as water deficit, presence of macrofauna and galleries left by macrofauna organisms and plant roots. With such information, it is possible to make inferences about the quality of the soil. As the results obtained, it was possible to observe the growth of roots inside the soil's biopores in a preferential way and thus verifying the preference for the location, since the chemical and physical conditions present better conditions in relation to the rest of the soil, it was also possible to verify the galleries of macrofauna organisms and again to verify the chemical, physical and biological conditions of the analyzed area based on the presence of these galleries. Thus, this analysis becomes a complementary alternative for evaluating the impacts of agricultural production on the soil, as it can be performed with simple equipment (cell phone, shovel, hoe and vacuum cleaner) quickly compared to other analyzes and has a complementary function to the range of existing methodologies. However, more studies are needed that correlate this approach with quantitative analyses, thus suggesting that future work studying this correlation is necessary.

Keywords: Qualitative soil analysis. Physical indicators. Biological indicators. Chemical indicators. Roots.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Croqui fazenda experimental Unioeste.....	26
Figura 02	Abertura da unidade experimental com auxílio de cavadeira de boca.....	27
Figura 03	Gabarito 0,5 x 0,5 m utilizado para aferição do tamanho da unidade experimental.....	28
Figura 04	Utilização de faca pontiaguda.....	29
Figura 05	Sucção do solo solto.....	29
Figura 06	Realização de fotografias para posterior análise em software.....	30
Figura 07	Selagem do solo durante o preparo das amostras para leitura dos bioporos do solo em profundidade de 40 cm.....	32
Figura 08	Figura 08 - Repetição em manejo de milho orgânico com indícios de compactação (A) em uma profundidade de 40 cm. E a presença de galerias (B).....	33
Figura 09	Presença de bioporos grandes e pequenos em soja manejado de maneira orgânica em profundidade de 40 cm.....	34
Figura 10	Presença de bioporos pequenos em uma profundidade de 40 cm.	35
Figura 11	Raiz que teve seu desenvolvimento facilitado devido a presença de bioporo, na camada de 10 cm de profundidade.....	36
Figura 12	Desenvolvimento de raiz dentro do bioporo a uma profundidade de 20 cm.....	36
Figura 13	Desenvolvimento de raiz em bioporo em uma profundidade de 40 cm.....	37
Figura 14	Desenvolvimento de raiz em condições benéficas apresentadas pela galeria do coró em uma profundidade de 40 cm.....	38
Figura 15	Presença de nódulos ativos de soja em galeria deixada por coró a 40 cm de profundidade.....	39
Figura 16	Presença de bioporos ocasionados por raízes, dentro de bioporos formados por corós.....	40
Figura 17	Presença de galerias de corós em soja com manejo convencional antecedido com centeio.....	41
Figura 18	Formiga rainha saúva.....	42
Figura 19	Formigas e seu fundo alimentar.....	43
Figura 20	Presença de rachaduras ocasionadas por período de seca.....	44
Figura 21	Crescimento preferencial das raízes em lacunas presentes no solo.....	45

TABELAS

Tabela 01	Principais indicadores físicos de qualidade do solo e seus métodos de avaliação	17
Tabela 02	Indicadores químicos e métodos sugeridos para avaliação	19
Tabela 03	Média de temperaturas máximas e mínimas e média pluviométricas da cidade de Entre Rios do Oeste - PR	24

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
2.	OBJETIVOS.....	14
2.1	OBJETIVO GERAL.....	14
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	15
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1	INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO.....	15
3.2	ANÁLISES DE SOLO.....	16
3.2.1	Indicadores físicos.....	17
3.2.2	Indicadores químicos.....	19
3.2.3	Indicadores biológicos.....	21
3.3	BIOPOROS DO SOLO.....	23
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1	LOCAL DO EXPERIMENTO.....	25
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	25
4.3	HISTÓRICO DA ÁREA.....	26
4.4	PREPARO DAS TRINCHEIRAS PARA ANÁLISE.....	28
4.4.1	Fotografia dos perfis e bioporos.....	29
4.4.2	Análise qualitativa da área.....	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
	REFERÊNCIAS.....	47

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Brasil se tornou uma potência mundial na produção de grãos, setor de grande importância para a economia do país (EMBRAPA, 2018). Com isso, exige-se redução de impactos causados pela agricultura no solo que podem ocasionar prejuízos à água, fauna e flora e danos ao solo de difícil recuperação que comprometem a produtividade do sistema (AMASIFUEN; SOUZA; OLIVEIRA, 2017).

O solo é fundamental para a composição do agroecossistema, visto que as plantas removem nutrientes, água e o suporte necessário para o seu crescimento e desenvolvimento. É de extrema importância que o solo esteja em condição ideal de qualidade para que a planta possua um ambiente favorável para o seu desenvolvimento, este deve suprir a necessidade nutricional para as plantas, manter adequada estrutura, receber e armazenar água, não sofrer erosões e assim permitir a produção de alimentos de maneira sustentável (NIERO *et al.*, 2010). É considerado um solo de qualidade aquele que cumpre essas funções (LARSON; PIERCE, 1994).

A qualidade do solo (Qs) está relacionada à capacidade de manter a função de receber, reciclar e armazenar nutrientes, água e energia e fornecer um ambiente propício para a atividade biológica e produtiva (CARTER, 2001). Vezzani e Mielniczuk (2009) apontam que a qualidade do solo é a interação entre os atributos físicos, químicos e biológicos que em equilíbrio permitem o bom funcionamento do solo para exercer suas funções. A avaliação destes atributos pode ser realizada através de indicadores que são conhecidos como indicadores da Qs (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007)

A qualidade química do solo é a habilidade do solo em disponibilizar nutrientes para as plantas e como consequência influenciar diretamente no crescimento das plantas e produtividade final. Existem atributos que normalmente indicam a qualidade química do solo, como a análise de macro e micronutrientes e outros atributos químicos do solo avaliados através da análise química laboratorial (N total e micronutrientes, conteúdo de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e P, pH, Al^{3+} , CTC, SB, V%, etc) (ALVARENGA; DAVIDE, 1999).

Já a qualidade física do solo é nomeada a partir do conhecimento de suas propriedades e procedimentos relativos à habilidade do solo em assegurar de modo efetivo os principais serviços ambientais e manter a resistência do ecossistema, é

mensurada através dos principais indicadores físicos de qualidade do solo (MEA, 2005), como a profundidade efetiva de enraizamento, distribuição e tamanho de poros, resistência a penetração de raízes, distribuição do tamanho de partículas, entre outros (STEFANOSKI *et al*, 2013).

E por fim, a qualidade biológica do solo compreende a atividade da biota do solo e pode ser avaliado pela fixação biológica de Nitrogênio (FBN), respiração do solo, atividade enzimática, biomassa microbiana, entre outros (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

A Qs é comumente quantificada de forma individual, realizada a campo e/ou laboratórios. Geralmente necessitam de equipamentos específicos e nem sempre estão disponíveis e com fácil acesso pelos agricultores. A busca por metodologias que sejam capazes de quantificar mais de um indicativo em uma única avaliação e que não demandem altos custos se torna relevante na atualidade (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Na tentativa de avaliar mais de um indicativo de qualidade, a Universidade de Bonn na Alemanha desenvolveu um método que tem como finalidade a determinação de bioporos do solo, que compreendem canais preferíveis para o desenvolvimento de raízes, infiltração de água, deposição de nutrientes, troca de gases, entre outros. Formados por organismos da macrofauna e oriundos da mineralização de raízes (HAN *et al.*, 2015a) e a partir desta análise é possível realizar avaliações qualitativas de mais de um indicativo da qualidade do solo, todavia esta metodologia ainda é pouco abordada em solos em condições subtropicais intemperizadas, como o Latossolo.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a metodologia de bioporos do solo em condições subtropicais e submetidos a diferentes cultivos, com intuito de verificar aspectos físicos, químicos e biológicos do solo a partir de uma abordagem qualitativa descritiva.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a metodologia de bioporos do solo em condições subtropicais e submetidos a diferentes cultivos, com intuito de

verificar aspectos físicos, químicos e biológicos do solo a partir de uma abordagem qualitativa descritiva

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar constatações sobre a compactação do solo através da análise de bioporos do solo;
- Constatar sobre a qualidade química do solo através da presença de bioporos do solo;
- Averiguar sobre a atividade biológica através da análise do bioporos do solo;
- Verificar a presença de bioporos do solo em condições subtropicais de cultivo em diferentes sistemas de cultivo e profundidades

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

A qualidade do solo pode ser mensurada por alguns atributos presentes no solo e esses indicativos de forma conjunta, podem apontar a realidade do solo (PAULINO, 2013). E assim podemos citar alguns indicadores de qualidade do solo já existentes como a porosidade, densidade do solo, resistência mecânica, distribuição e tamanho das partículas, profundidade das raízes, distribuição e tamanho dos poros, infiltração, capacidade armazenamento de água no solo, temperatura do solo, conteúdo de água no solo, teores de N mineral, P, K, C, pH, teores de N e C orgânico total, biomassa, respiração do solo (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Tais indicadores devem ser sensíveis a mudanças e disfunções causadas pelo manejo. Conforme a escolha dos indicadores, pode ser feito o acompanhamento com intuito classificar os impactos causados pelo manejo de médio a longo prazo (PAULINO, 2013).

Ao longo dos anos surgiram diversas maneiras de avaliar a qualidade do solo e normalmente são feitas de acordo com a área em que o pesquisador atua. No Brasil o ritmo não é diferente e os pesquisadores seguem em busca de indicativos que

adequem as condições dos solos do país e abordagens integrativas entre indicadores físicos, químicos e biológicos (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Assim, a determinação dos indicadores de qualidade pode ser feita com diversas análises que variam de acordo com o atributo avaliado, método indicado e ainda com a realidade aquisitiva do produtor (GOMES; FILIZONA, 2006).

3.2 ANÁLISES DE SOLO

As práticas adotadas no manejo do solo irão influenciar diretamente a qualidade do mesmo e conseqüentemente o valor econômico da atividade agrícola. Se faz necessário definir análises que indicam a qualidade do solo de acordo com a variação de manejo (NIERO *et al.*, 2010).

Esses fatores são modificados pelo uso intensivo do solo em que ocorre mudança nos atributos físicos, químicos e biológicos, variando de acordo com o manejo aplicado (COSTA *et al.*, 2003). Por exemplo, o tráfego de máquinas agrícolas e a movimentação do solo modificam a estrutura e como conseqüência alteram a capacidade de infiltração de água, volume de poros e também a resistência à penetração de raízes, entre outros fatores (BINGHAM *et al.*, 1985).

A estrutura do solo é importante e deve ser monitorada constantemente, já que está diretamente relacionada ao potencial de produção agrícola e influencia a troca de íons, infiltração e disponibilidade de água, aeração do solo e atividade biológica, fatores estes, determinantes no sucesso da produção agrícola (RALISCH *et al.*, 2017).

Sabendo que os atributos são afetados pela ação do homem, foram realizados diversos estudos para identificar qual manejo adotar com intuito de manter ou melhorar esses atributos do solo. Todavia, há uma dificuldade em compreender em que grau o manejo adotado irá afetar as propriedades do solo, devido cada região apresentar particularidade de clima, solo, cultura implantada, maquinários agrícolas utilizados, entre outros manejos (SILVA, 2013).

Desta maneira as análises físicas, químicas e biológicas, se tornam importantes ferramentas para o monitoramento com intuito de verificar a qualidade do solo e mantê-lo de forma ideal para o cultivo, evitando perdas de produtividade na área (CHERUBIM *et al.*, 2015).

Para identificação inicial e geral do solo se emprega os indicadores visuais, através da observação da propriedade como um todo, realçando as condições que apresentam cobertura/exposição e coloração do solo, resposta das plantas quanto ao crescimento e produtividade, presença de plantas espontâneas indicadoras e infiltração da água. Os indicadores visuais são os precedentes das condições físicas, químicas e biológicas (GOMES; FILIZOLA, 2016).

Para a realização do manejo racional para cada tipo de solo é importante realizar análises referentes a atributos físicos, químicos e biológicos. A correlação entre as mesmas permitirá o levantamento e quantificação da correção e adubação necessária para cada solo, levando em consideração as culturas a serem implantadas e assim almejar a produtividade potencial do sistema (DOBASHI, 2019).

3.2.1 Indicadores físicos

Os indicadores físicos estão relacionados com a porosidade, arranjo das partículas, densidade, compactação, textura, estabilidade, capacidade de armazenamento de água e condutividade hidráulica e indica a realidade em que se encontra o solo e em situações não ideais limita o crescimento da raiz, dificulta a emergência das plântulas, interfere na disponibilidade e infiltração da água e influencia diretamente a produtividade final da cultura (GOMES; FILIZOLA, 2016). Os principais indicadores físicos e como são avaliados estão listados na Tabela 01.

Tabela 01. Principais indicadores físicos de qualidade do solo e seus métodos de avaliação.

Indicador Físico	Método de Avaliação
Textura	Pipeta ou Hidrômetro
Estrutura	Agregados estáveis em água > 1mm e diâmetro geométrico médio
Resistência à Penetração	Penetrômetro
Profundidade de enraizamento	Torrões indeformados
Capacidade de reserva Hídrica	Capacidade de campo e ponto de murcha
Percolação de água	Condutividade hidráulica saturada em amostras não deformadas, taxa de infiltração (anéis).

Fonte: Adaptado de Gomes e Filizola (2006).

Nessa linha de verificação de qualidade podemos citar a determinação da densidade do solo, que está ligada a outros atributos. Pesquisas relatam que o aumento de densidade do solo acarreta a diminuição de porosidade total, macroporosidade, absorção iônica, condutividade hidráulica, aumento de microporosidade e da resistência mecânica à penetração das raízes. Segundo Oliveira *et al.* (2014) às práticas de uso intensivo do solo como aração e gradagem podem acarretar a compactação do solo e como consequência influenciar nos fatores citados anteriormente. Além disso, a densidade do solo intervém em diversas características que regulam o desenvolvimento e crescimento das plantas como a condutividade da água, disponibilidade de nutrientes, resistência a penetração do solo e aeração, que irão influenciar diretamente na produtividade final dos cultivos (PAULINO, 2013).

A densidade do solo é quantificada por diversos métodos, porém o mais utilizado é do anel volumétrico, onde se utiliza um anel com volume conhecido inserido no solo através de uma pressão exercida sobre ele e posteriormente seco em estufa e pesado, em seguida com a informação do solo seco e o volume conhecido do anel, obtém-se a densidade através da equação indicada (CAMARGO; ALLEONI, 2006)

O intenso uso do solo junto com a utilização de maquinários e implementos agrícolas de maneira incorreta, acarreta prejuízos ao solo como por exemplo o aumento de densidade do solo, denominado de compactação, podendo ser observado pela resistência à penetração (STEFANOSKI; *et al*, 2013). e diminuir a quantidade de

poros que segundo Tognon, (1991) a quantidade de poros está relacionada aeração, retenção de água e ramificação de raízes no perfil do solo.

A resistência à penetração traz junto a ela problemas de desenvolvimento de raízes e como consequência o mal desenvolvimento da cultura. Normalmente são utilizados penetrômetros para medir a resistência e penetração (SOUSA *et al.*, 2015).

Penetrômetros são equipamentos utilizados para medir a resistência a penetração do solo, essa medida está diretamente ligada a resistência a penetração das raízes no solo, sendo desta forma um bom método para quantificar a compactação da área e auxiliar se há necessidade ou não de subsolagem na área (VAZ, 2002). A análise de bioporos pode avaliar em um mesmo momento indicadores como a resistência à penetração e a densidade do solo, visto que a observação de bioporos pode indicar melhores condições de aeração do sistema (HAN *et al.*, 2015a).

3.2.2 Indicadores químicos

Os indicadores químicos apresentam valores que quantificam os elementos químicos e a concentração dos mesmos afeta a relação entre solo e planta. Efeito tampão, disponibilidade e mobilidade dos nutrientes, CTC, salinidade e pH são fatores são importantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas (GOMES; FILIZOLA, 2016).

Geralmente os indicadores químicos estão relacionados com a acidez no solo, proporção de nutrientes e elementos fitotóxicos, além de algumas relações como saturação de bases e CTC (ARAÚJO *et al.*, 2012). Os principais indicadores químicos e seus métodos utilizados estão presentes na Tabela 02.

Tabela 02. Indicadores químicos e métodos sugeridos para avaliação

Indicador Químico	Método de Avaliação
pH	Medidor de pH ou pHmetro em solução em CaCl ₂ , 0,01 M, água e em KCL 1N.
Carbono orgânico	Método de digestão úmida com dicromato de potássio e ácido sulfúrico.
CTC efetiva	CTC = SB + (H + Al)
Nitrogênio do solo	Kjeldahi N = MO x 0,05
Nutrientes disponíveis para as plantas	K e P, Mehlich 1
Condutividade elétrica e sais solúveis totais	Condutivismo CE em solução 1:1 ou 1:5

Fonte: Adaptado de Gomes e Filizola (2006).

Para a determinação de indicadores químicos do solo é necessário a retirada de amostras, visto que não é possível analisar o todo de uma área. No momento da retirada das amostras até a realização do procedimento da análise, existem diversos passos. Apesar dos indicadores de qualidade química existentes apresentarem precisão e exatidão, podem acontecer falhas quanto ao valor real final da amostra, devido às diversas etapas até o resultado e dificuldade de uma amostragem correta (FABRÍCIO *et al.*, 1998).

Para a realização de análises químicas se faz necessário um profissional capacitado e a precaução para amostragens representativas e minuciosas, pois o menor erro, influencia diretamente o resultado final. A demora entre a coleta da amostra e a obtenção de resultados é outro fator considerado uma desvantagem, visto que os resultados não são de maneira imediata e não são todas as cidades que apresentam laboratório qualificado (EMBRAPA, 1997).

Apesar de ser de extrema importância para o meio agrícola a amostragem de solo para posterior análise química, pode apresentar diversos erros que irão influenciar diretamente no valor final real. Os erros mais comuns são número de pontos insuficientes coletados juntamente com a distribuição incorreta de forma que a mesma não seja representativa e também a mistura não homogênea das subamostras

coletadas, ainda não se deve fazer a amostragem em locais com resíduos de fertilizantes, devido o mesmo camuflar a realidade do local e uso de equipamentos corretos e uma interpretação correta para não influenciar de maneira errônea o resultado (FABRÍCIO *et al.*, 1998).

3.2.3 Indicadores biológicos

Os indicadores biológicos estão relacionados a atividade biota do solo, estes indicadores correspondem a quantidade de matéria orgânica, massa e diversidade de fauna/microbiana, taxas de respiração no solo. Os organismos do solo são responsáveis pela formação de agregados e decomposição da matéria orgânica e eles são suscetíveis ao manejo realizado (PORTO *et al.*, 2009).

Os organismos da macrofauna como minhocas, corós, formigas e cupins podem ser indicativos da realidade química e física do local, os mesmos modificam a qualidade química de forma positiva, na construção de galerias e também no ato de se alimentar e defecar. Ao formar galerias, túneis, poros e ninhos, esses organismos alteram a estrutura do solo, processo esse chamado de bioturbação. Esse processo está ligado a alguns indicativos físicos do solo como a capacidade de retenção, infiltração e drenagem da água, aeração e estabilidade de agregados e também pode ser incumbida pelo processo de descompactação do solo e como consequência aumentar a disponibilidade de nutrientes e oxigênio para as plantas (SOUZA *et al.*, 2015) .

Para quantificar os indicadores biológicos existem algumas metodologias aplicadas atualmente, como a biomassa microbiana, respiração do solo, fixação biológica de N₂, atividade enzimática do solo, entre outros indicativos (ARAÚJO, MONTEIRO, 2007).

A biomassa microbiana do solo pode ser definida direta ou indiretamente. Quando feita de maneira direta através de microscopia de componentes celulares, é verificado a presença de fungos e bactérias. Já para a avaliação indireta, existe mais de uma opção, sendo elas: fumigação-extração, fumigação-incubação, respiração induzida pelo substrato e irradiação-extração. Apesar de serem métodos precisos, apresentam grande dificuldade de aplicação (DIONÍSIO; PIMENTEL; SIGNOR, 2016).

A quantificação de CO₂ se mostra um método eficiente para avaliar a respiração emitida pela atividade biológica do sistema e pode ser realizada pela determinação do fluxo de CO₂ através do uso de câmeras inseridas no solo ou a partir de amostras de solo em laboratório para medir a produção de CO₂ com o uso de reagentes específicos (GIOVANETTI *et al.*, 2019). Metodologias aplicadas para avaliar a respiração microbiana e assim auxiliar na avaliação do solo (ARAÚJO *et al.*, 2012).

Os métodos laboratoriais já existentes são precisos e exatos e exercem uma importante função no momento de avaliação dos solos. Porém, ainda apresentam algumas particularidades que podem ser consideradas desvantagens, devido na maioria das vezes serem feitas de forma individual, além de serem de alto custo e tempo para serem empregados (TEIXEIRA *et a.*, 2017).

Desta forma a rápida análise de solo se torna algo importante no meio agrícola, pois facilita na tomada de decisões, onde possibilita melhorar o meio de trabalho rural (TEIXEIRA *et al.*, 2017). A carência de uma análise visual e mais completa, faz com que a análise de densidade de bioporos, torne-se alternativa interessante para auxiliar os produtores na hora de aferir a qualidade do solo, podendo realizar correlações sobre a qualidade física, química e biológica do mesmo (HAN *et al.*, 2015a).

3.3 BIOPOROS DO SOLO

No solo existe a presença de bioporos, orifícios deixados por organismos da macrofauna e pelo processo de mineralização que as raízes sofrem. Nesses bioporos se encontram maior quantidade de nutrientes deixados pela decomposição das raízes e excreção de húmus de minhoca, além de constituir canal para melhor infiltração de água e desenvolvimento de raízes (HAN *et al.*, 2015b).

Podem variar de <30 µm a 5 mm de diâmetro, esses bioporos geralmente são oriundos de pelos radiculares ou de pequenas raízes e acima de 5 mm são resultantes dos canais deixados por minhocas e organismos da macrofauna. São canais contínuos no solo, de forma tubular (KAUTZ, 2014).

É aceitável dizer que as raízes têm prioridade em desenvolver-se em canais de bioporos, pelo fato de encontrar menor resistência mecânica. Além do mais, irá encontrar uma maior quantidade de nutrientes e oxigênio ao longo deste orifício (KAUTZ; ATHAMANN; KOPKE, 2013).

Os bioporos presentes no solo são usados preferencialmente para o desenvolvimento das raízes, além de facilitar a infiltração da água no mesmo. Além disso a presença de bioporos em camadas mais profundas do solo, promovem quantidade de oxigênio estável nessas camadas, onde comumente, têm uma menor presença de oxigênio. Contribuem no desenvolvimento de raízes e auxiliam na absorção de nutrientes do solo (HAN *et al.*, 2015b).

Os bioporos presentes no solo apresentam grande importância e desempenham papel considerável no desenvolvimento e crescimento das plantas. Desta forma são responsáveis pelo transporte de água, solutos e oxigênio, nas camadas superficiais para as camadas mais profundas e reduzem o processo erosivo do solo, devido a capacidade de infiltração ser maior em solos com alta densidade de bioporos. Conforme aumenta a profundidade do solo, ocorre a diminuição de oxigênio nessas camadas e a presença de bioporos facilitam a troca gasosa entre a superfície do solo e as camadas mais profundas, através da difusão gasosa (KAUTZ, 2014).

Em solos considerados pobres nas camadas superficiais ou em sistemas orgânicos, onde não é permitido a utilização de nutrientes altamente solúveis, a presença de bioporos se torna uma alternativa interessante para o alcance de nutrientes em camadas mais profundas do solo (KAUTZ; ATHAMANN; KOPKE, 2014).

A baixa quantidade de nutrientes solúveis para a safra atual é outro ponto a ser observado, a presença de bioporos auxilia no alcance de camadas mais profundas onde a planta consegue alcançar maiores quantidades de nutrientes, obtendo melhores resultados de produtividade. Desta forma, as raízes procuram bioporos para seu desenvolvimento para encontrar maior facilidade para o seu desenvolvimento, além de maiores quantidade de oxigênio e nutrientes (KAUTZ, 2014).

As culturas muitas vezes têm dificuldade de acessar água e nutrientes em camadas do subsolo. Neste caso os bioporos apresentam papel importante para o desenvolvimento das raízes até essas camadas desejáveis. Além disso, as raízes encontram maiores concentrações de nitrogênio, potássio e fósforo na parede dos bioporos o que facilita o desenvolvimento das plantas mais uma vez (KAUTZ; ATHAMANN; KOPKE, 2014).

Ao realizar análises de densidade de bioporos é possível obter considerações sobre a biologia do solo. Pois existem quantidades consideráveis de bioporos resultantes de caminhos deixados por minhocas e organismos da macrofauna

(KAUTZ, 2014). E uma quantidade maior de nutrientes nesses locais em relação ao restante do solo, devido a alimentação e dejetos (GASSEM, 2000).

As paredes dos bioporos apresentam maiores conteúdos de nutrientes, em relação ao solo livre, desta forma possibilita inferências sobre a qualidade química do solo local e assim é possível alcançar nutrientes em maiores profundidades, onde as raízes percorrem pelos bioporos (KAUTZ, ATHAMANN; KOPKE, 2013).

Os bioporos podem elucidar também indícios sobre a qualidade física do solo já que aumentam a capacidade de infiltração de água e diminuem a resistência à penetração das raízes (KAUTZ, 2014). Bioporos formados por corós podem chegar a 1m de profundidade, facilitando o transporte de solutos e troca gasosa em maiores profundidades (BROWN *et al.*, 2002)

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

Este estudo foi desenvolvido na fazenda experimental da UNIOESTE (Universidade Estadual do Oeste do Paraná) em Entre Rios do Oeste, PR. A mesma apresenta área agroecológica certificada e fica localizada a 6,1 km de distância do centro da cidade de Entre Rios do Oeste, com altitude de 260 m e coordenadas: 24°42'24 ' Sul e 54°14'36" Oeste (MORATELLI, 2017).

O solo predominante na área experimental é identificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico (LVdf) de textura argilosa (SANTOS *et al.*, 2006). As médias anuais de precipitação são de 1700 mm e temperatura de 22,5°C (IAPAR, 2019). As médias mínimas e máximas de temperatura e médias pluviométricas mensais segue na Tabela 03

Tabela 03 - Média de temperaturas máximas e mínimas e média pluviométricas da cidade de Entre Rios do Oeste - PR.

Mês	mínima (°C)	Máxima (°C)	precipitação (mm)
-----	-------------	-------------	-------------------

Janeiro	21,5	32,5	150
Fevereiro	21,5	32,5	150
Março	20,5	32,5	110
Abril	18,5	29,5	150
Maio	15,5	25,5	170
Junho	13,5	23,5	130
Julho	13,5	24,5	110
Agosto	14,5	26,5	90
Setembro	15,5	27,5	150
Outubro	18,5	30,5	190
Novembro	19,5	31,5	170
Dezembro	20,5	32,5	170

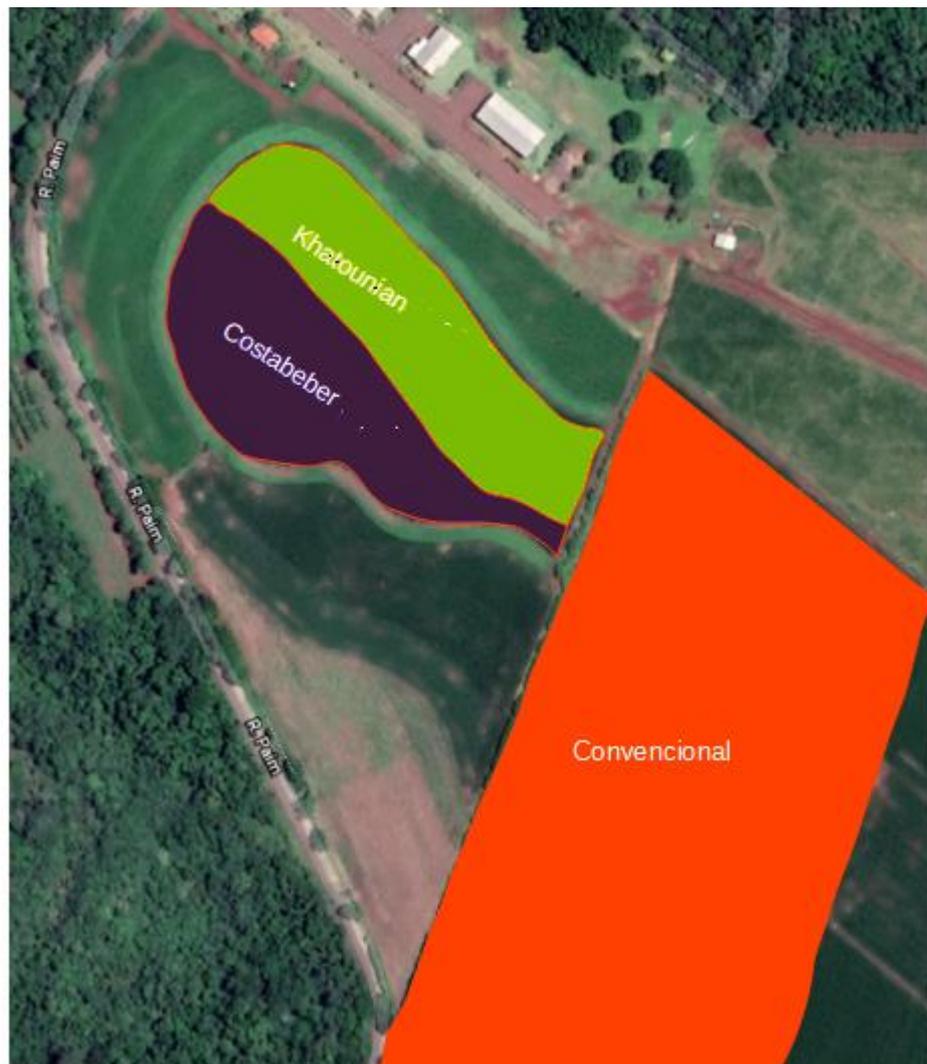
Fonte: Adaptado de Iapar (2019)

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi em faixas (split-plot) em esquema fatorial 5x3. O fator A consistiu em diferentes cultivos, sendo T1 = soja orgânico, T2= milho orgânico, T3 soja convencional antecedida por centeio, T4= soja convencional antecedida por nabo + aveia preta e T5= soja convencional antecedida por centeio e o fator B as diferentes profundidade, onde P1=10 cm, P2=20 cm e P3=40 cm, com 4 repetições (R1, R2, R3 e R4), 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 m² (0,5 x 0,5 m) em cada profundidade.

O cultivo de soja orgânica foi instalado no talhão Khatounian, milho orgânico na área Costabeber e os cultivos de soja antecedidas por centeio, nabo + aveia-preta e pousio na área de soja convencional, como consta na figura 01.

Figura 01. Croqui fazenda experimental Unioeste



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

4.3 HISTÓRICO DA ÁREA

No momento das avaliações (safra verão 2020/2021) o talhão Khatounian estava implantado com a cultura de soja com manejo orgânico que anteriormente estava com rotação de culturas, onde na safra verão 2019/2020 estava presente cultura de lab-lab e a safra de inverno 2020/2020 com aveia-branca.

Já para o talhão Costabeber estava implantado milho com manejo orgânico (safra verão 2020/2021), e nas safras de verão 2019/2020 e inverno 2020/2020 estavam presentes lab-lab e milho respectivamente.

Os cultivos presentes no talhão convencional, estavam com soja no momento das análises antecedidas por centeio, nabo + aveia-preta e pousio

4.4 PREPARO DAS TRINCHEIRAS PARA ANÁLISE

Em cada tratamento foram escavadas trincheiras com o auxílio de cavadeira de boca e cavadeira de corte de forma aleatória (Figura 02). Cada trincheira apresentava 0,5 x 0,5 m que foi aferido com a ajuda de um gabarito de ferro (figura 03)

Figura 02 - Abertura da unidade experimental com auxílio de cavadeira de boca



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 03 - Gabarito 0,5 x 0,5 m utilizado para aferição do tamanho da unidade experimental



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O solo foi escavado em diferentes profundidades (10, 20 e 40 cm) e nivelado com o auxílio de uma enxada e após o solo ser nivelado o mesmo apresenta um aspecto semelhante ao de um selamento do solo, isso se justifica pelo contato da enxada no momento do nivelamento da trincheira. Com isso há a necessidade de utilização de faca pontiaguda (Figura 04), com cuidado para “desselar o solo”. A sucção do solo foi realizada com o auxílio de Aspirador de pó (Figura 05) de maneira cuidadosa para que não ocorra o fechamento dos bioporo

Figura 04 – Utilização de faca pontiaguda



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 05 - Sucção do solo solto



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

4.4.1 Fotografia dos perfis e bioporos

Após o processo de aspiração os perfis com os bioporos do solo ficaram visíveis e com auxílio de um tripé fotográfico foram fotografados (Figura 06) para posterior análise, como sugere a metodologia adaptada de Hann *et al.* (2015a). Foram realizadas as escolhas das fotos com maior qualidade, desta forma separou uma foto para cada profundidade em cada repetição. Com o auxílio do programa Libreoffice the document foundation, versão 7.1.1.2 (x64)/livre office community e a função Draw livre do programa para assinalar com flechas os bioporos presentes em cada imagem e organizar imagens com aspectos visuais que contribuam para a metodologia.

Figura 06 - Realização de fotografias para posterior análise em software



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

4.4.2 Análise qualitativa da área

A observação de fatores qualitativos foi feita durante o preparo das unidades experimentais e fotografadas para uma melhor aferição posteriormente. Levou-se em consideração pontos que possibilitam uma análise qualitativa sobre os aspectos físicos, químicos e biológicos. A presença de bioporos em grandes quantidades visíveis, crescimento de raízes dentro de bioporos, existência de galerias da macrofauna e indícios visuais sensíveis ao manejo eram analisados instantaneamente

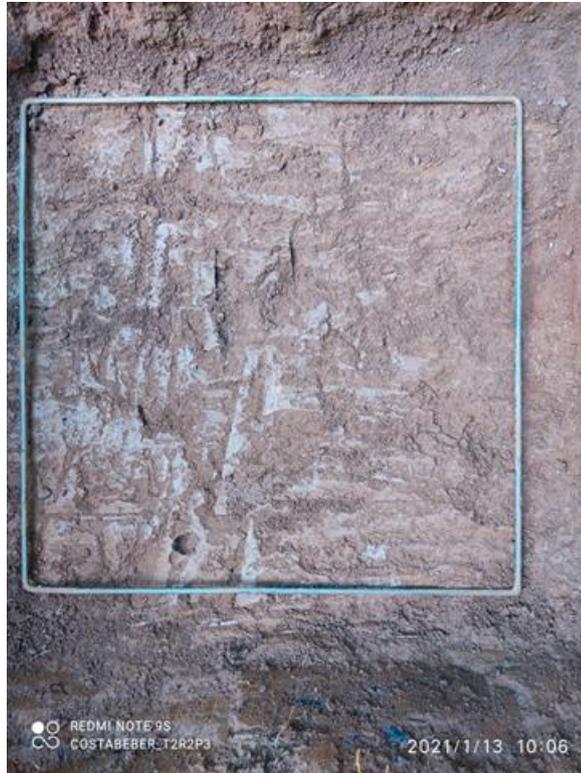
e fotografados para análise minuciosa. Este trabalho fez uso da abordagem qualitativa com fins descritivos (MINAYO, 2002).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da metodologia adotada foi possível verificar condições específicas da qualidade física, química e biológica do solo como a presença de galerias oriundas de besouros coró da família Melolonthidae, crescimento de raízes em bioporos que comprova a preferências das mesmas pelo local, devido às condições químicas e físicas do local e rachaduras no solo que outras análises do solo disponíveis não possibilitam esta visualização.

No momento do preparo das amostras, foi possível observar fatores que podem apontar indícios sobre o solo avaliado em questão, como a distribuição e profundidade das raízes, indícios de compactação e estrutura modificada. Ralisch *et al.*, (2017) afirma que solos com uma estrutura do solo degradada, influencia diretamente a alguns atributos do solo como infiltração e capacidade de armazenamento de água e aeração do solo e também na troca de íons. Essa situação encontrada na metodologia trabalhada, permite certificar-se de condições físicas e químicas do solo de forma visual. Ainda pode-se dizer que nestes casos, ainda mais, é importante o trabalho de “desselar” o solo (Figura 04) para que os bioporos possam ser visualizáveis (Figura 07)

Figura 07 - Selagem do solo durante o preparo das amostras para leitura dos bioporos do solo em uma profundidade de 40 cm.



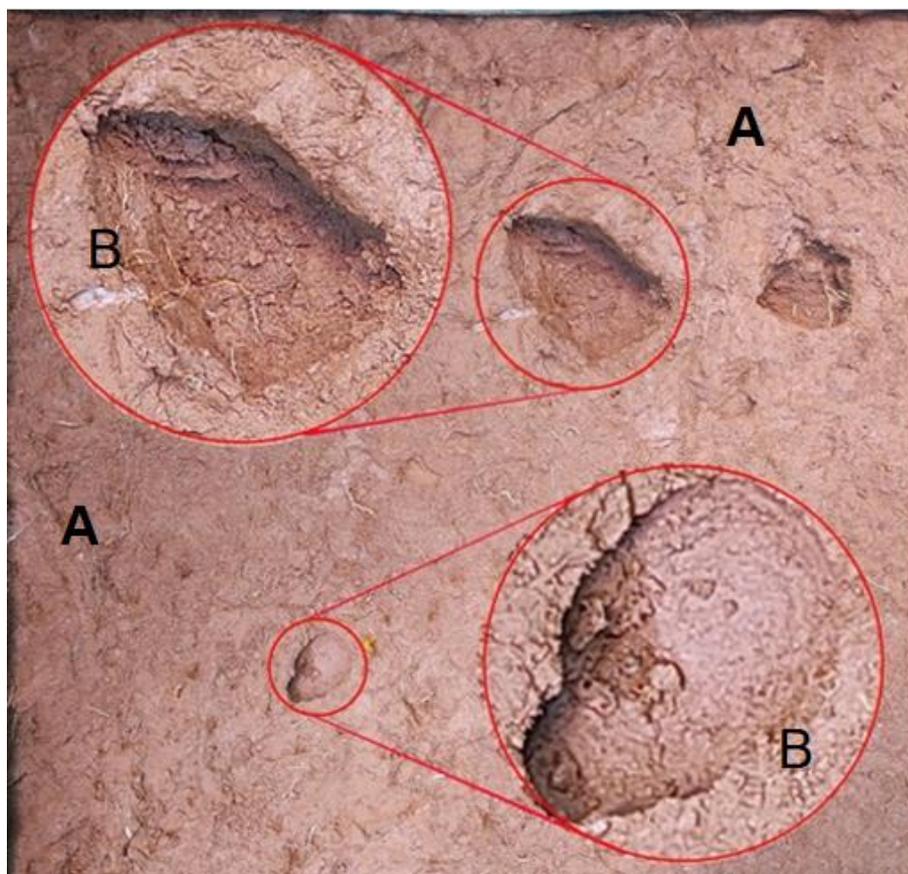
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Ao realizar as trincheiras no cultivo do milho orgânico, observou que uma das repetições diferia de forma negativa em relação ao restante, já que a mesma apresentava indícios de compactação e menos bioporos visíveis (figura 08). E ao verificar o histórico da área apurou que acontecia um intenso tráfego de máquinas, onde havia uma estrada anteriormente e assim confirmar que o tráfego de máquinas foi responsável por tais características negativas da área. Esta confirmação é possível já que Bingham, (1985) afirma que o tráfego de máquinas influencia negativamente na quantidade de poros do solo e o aumento de resistência à penetração de raízes.

Ainda na figura 08, apesar de indícios de compactação é possível observar a presença de galerias provenientes de corós ou ratos que se tornam ainda mais importantes nessas condições. Já que Kautz *et al*, (2013) diz que as raízes têm preferências por se desenvolver em orifícios deixados por organismos da macrofauna.

Além disso, Souza *et al.*, (2015) afirma que essas galerias/ninhos são responsáveis pela descompactação do solo e aumento de infiltração de água. A partir dessas informações é aceitável confirmar que a presença desses organismos influencia na qualidade física do solo.

Figura 08 - Repetição em manejo de milho orgânico com indícios de compactação (A) em uma profundidade de 40 cm. E a presença de galerias (B)



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A visualização de bioporos pequenos oriundos de raízes e bioporos grandes de organismos da macrofauna como corós presentes na figura 09, permite ao avaliador obter considerações sobre a física do solo, como um menor risco de erosão e maior capacidade de infiltração e armazenamento de água. Visto que Kautz, (2014) afirma que em solos com alta densidade de bioporos permite uma maior capacidade de infiltração de água e conseqüentemente um menor processo erosivo. E Han *et al.*, (2015a) faz correlações, afirmando que um solo com a presença de bioporos apresenta maior aeração e como conseqüência uma menor resistência à penetração

e melhor densidade do solo. Podendo afirmar que a presença de bioporos irá apresentar melhores condições para desenvolvimento e crescimento de plantas. Já que Paulino, (2013) diz que a densidade do solo e resistência à penetração de raízes, influencia na produtividade final da cultura.

Figura 09 - Presença de bioporos grandes e pequenos em soja manejado de maneira orgânica em profundidade de 40 cm.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Foi possível a observação em maiores profundidades do solo uma grande quantidade de bioporos pequenos (Figura 9 e 10), resultado da decomposição de raízes finas de cultivos anteriores. De acordo com Kautz; Athamann e Kopke (2014) a presença de bioporos em camadas mais profundas permite que as plantas consigam acessar água e nutrientes que em condições normais iria apresentar dificuldades para encontrar ou até mesmo não ter acesso. Ele ainda afirma que em solos com camadas superficiais considerados pobres, a presença dos bioporos se faz mais importante, pois permite a busca de nutrientes em camadas mais profundas e Tognon, (1991) melhora retenção de água e aeração nessas profundidades.

Figura 10 - Presença de bioporos pequenos em uma profundidade de 40 cm



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Ao verificar as diferentes profundidades (10, 20 e 40 cm), foi possível examinar o desenvolvimento de raízes dentro dos bioporos (Figuras 11,12 e 13) e constatar o crescimento de raízes nos bioporos, devido encontrar melhor condições químicas. como Kautz *et al*, (2013) cita que as paredes dos bioporos apresentam maiores quantidades de nutrientes em relação ao restante do solo. Kautz, (2014) diz que existem maiores quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio presentes nas paredes dos bioporos e os mesmos servem como canais para que as raízes busquem nutrientes em camadas do subsolo. As imagens analisadas confirma a afirmação de Tognon, (1991), que diz que os poros no solo são responsáveis por um maior número de ramificações de raízes ao longo do perfil, onde encontra-se menor resistência à penetração.

Ao encontrar esse desenvolvimento em bioporos, observado nesta avaliação, juntamente com a literatura é possível afirmar que esses locais apresentam melhores condições químicas e físicas para o desenvolvimento de uma planta.

Figura 11 - Raiz que teve seu desenvolvimento facilitado devido a presença de bioporo, na camada de 10 cm de profundidade



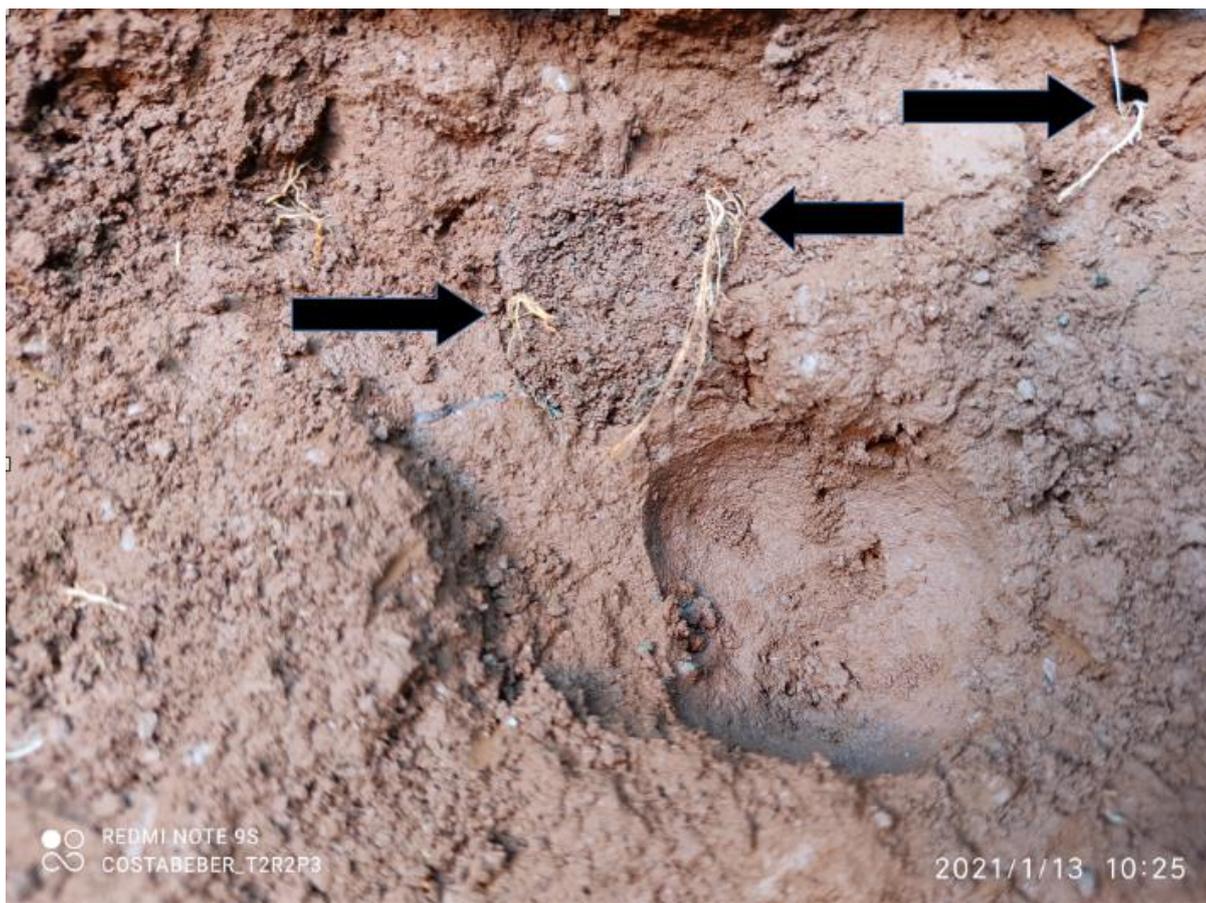
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 12 - Desenvolvimento de raiz dentro do bioporo a uma profundidade de 20 cm



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

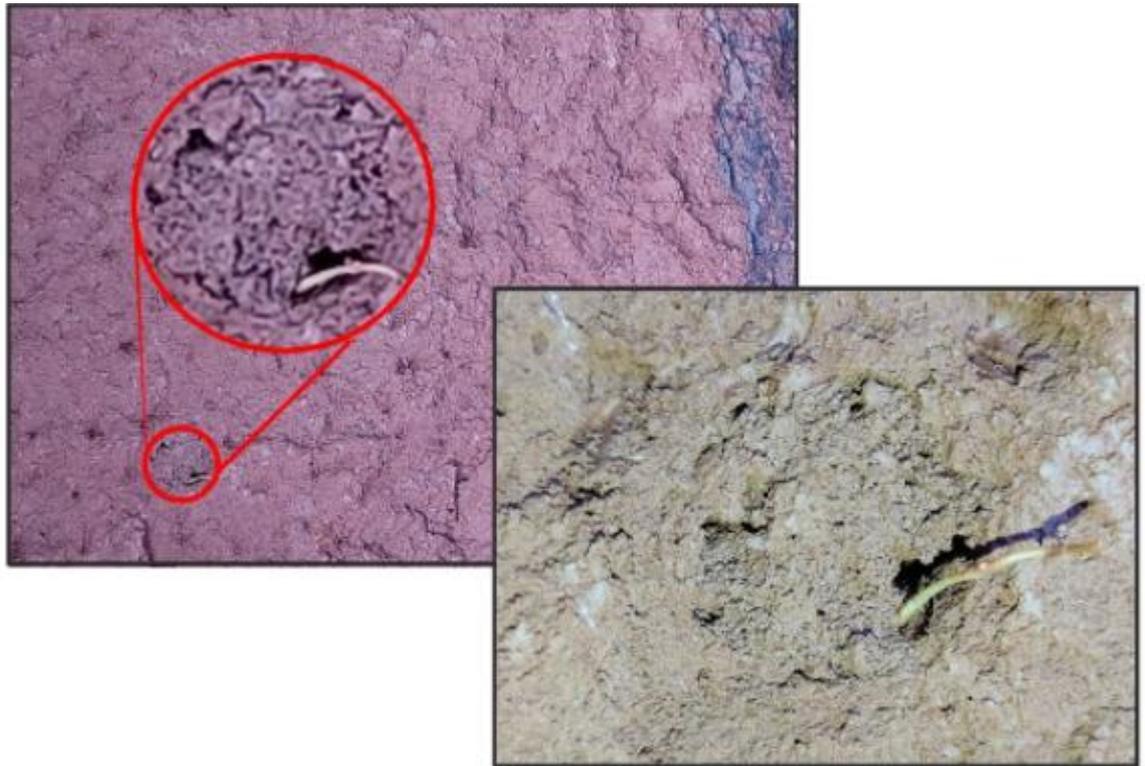
Figura 13 - Desenvolvimento de raiz em bioporo em uma profundidade de 40 cm



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Também foi possível verificar o crescimento preferencial das raízes através das galerias oriundas de corós e a diferença de coloração presente nesta galeria em relação ao restante do solo devido aos dejetos depositados no fim desta galeria em uma profundidade de 40 cm (Figura 14). Onde segundo Han, *et al* (2015b) em maiores profundidades do solo existem menores quantidades de oxigênio, porém com a presença de bioporos deixados por corós, é possível verificar uma maior quantidade de oxigênio em relação ao restante do solo presentes ao longo dessas galerias, além das mesmas serem responsáveis pela troca gasosa entre as camadas superficiais e mais profundas. Além disso Gassem, (2000) afirma que em galerias de corós há deposição de fezes e resíduos orgânicos que são importantes para o desenvolvimento de plantas, visto que estas galerias apresentam teores de nutrientes maiores que as camadas mais férteis do solo.

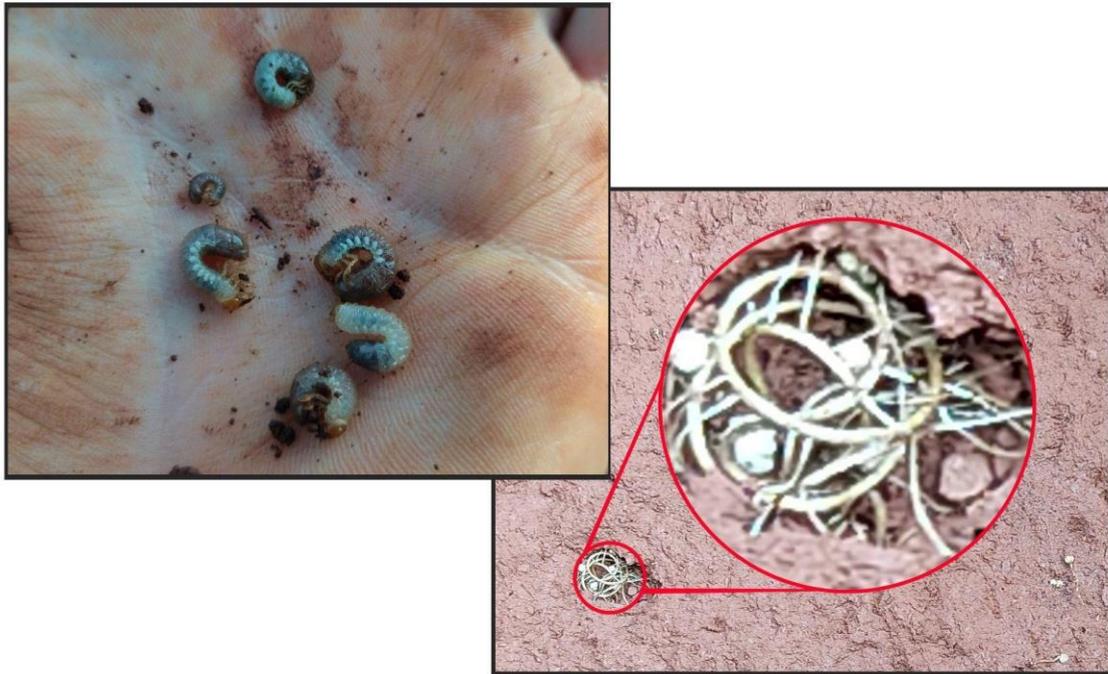
Figura 14 - Desenvolvimento de raiz em condições benéficas apresentadas pela galeria do coró em uma profundidade de 40 cm.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Em uma profundidade de 40 cm foi constatado o crescimento de uma raiz e este desenvolvimento foi facilitado por uma galeria oriunda de coró e a mesma obteve seu crescimento final dentro desta galeria. Segundo Kautz *et al*, (2013) ela encontrou condições favoráveis de nutrientes e oxigênio. Além do mais é possível examinar o crescimento da raiz até o final da galeria com a presença de nódulos de fixação de nitrogênio, onde conclui o seu crescimento devido encontrar alguma resistência à penetração e não conseguir alcançar a maiores profundidades (Figura 15).

Figura 15 – Presença de nódulos ativos de soja em galeria deixada por coró a 40 cm de profundidade.



Fonte: dos autores (2021).

A realização desta metodologia em condições subtropicais, foi capaz de observar bioporos ocasionados por raízes que sofreram o processo de decomposição e a formação dos mesmos dentro de um bioporo formado por corós (Figura 16). Situação ainda não vista na Europa, local que há maior número de estudos sobre os bioporos.

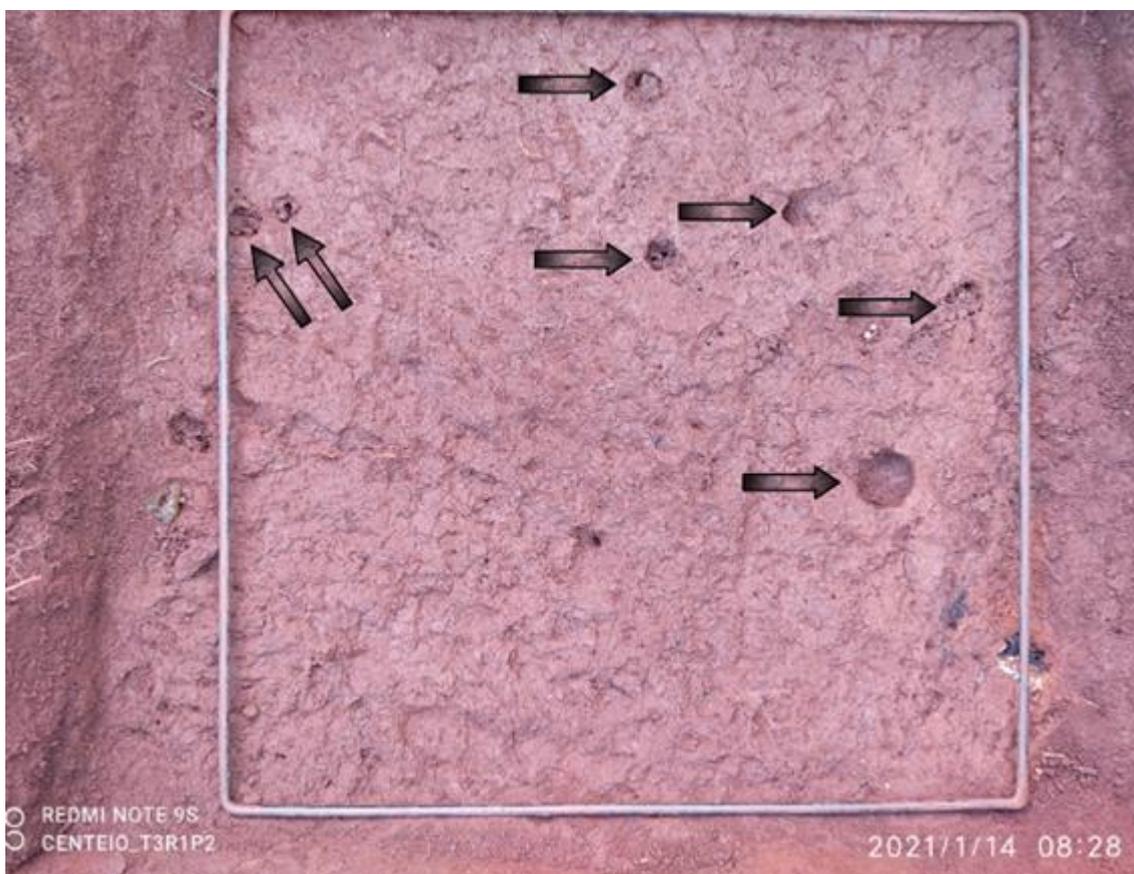
Figura 16 - Presença de bioporos ocasionados por raízes, dentro de bioporos formados por corós.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Foi possível observar que o tratamento avaliado para a soja convencional antecedida com centeio apresentou várias galerias de corós em uma profundidade de 20 cm (Figura 17), o que se pode deduzir que seja pela cultura antecessora do centeio, junto com o histórico de manejo realizado na área, sendo necessário análises posteriores que correlacione os fatos. Com a presença dessas galerias é possível fazer suposições sobre a qualidade biológica do solo, pois Kautz, (2014) diz que os esses bioporos são oriundos de organismos da macrofauna. Além de constatações biológicas, é possível verificar a qualidade física e química a partir de galerias formadas por esses organismos, isso se deve a afirmação feita por Brown *et al.*, (2002) que essas galerias são responsáveis por troca gasosa e transporte de solutos em até 1 m de profundidade e Souza *et al.*, (2015) maior capacidade de infiltração e armazenamento de água, além de maior aeração e estabilidade de agregados.

Figura 17 - Presença de galerias de corós em soja com manejo convencional antecedido com centeio.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

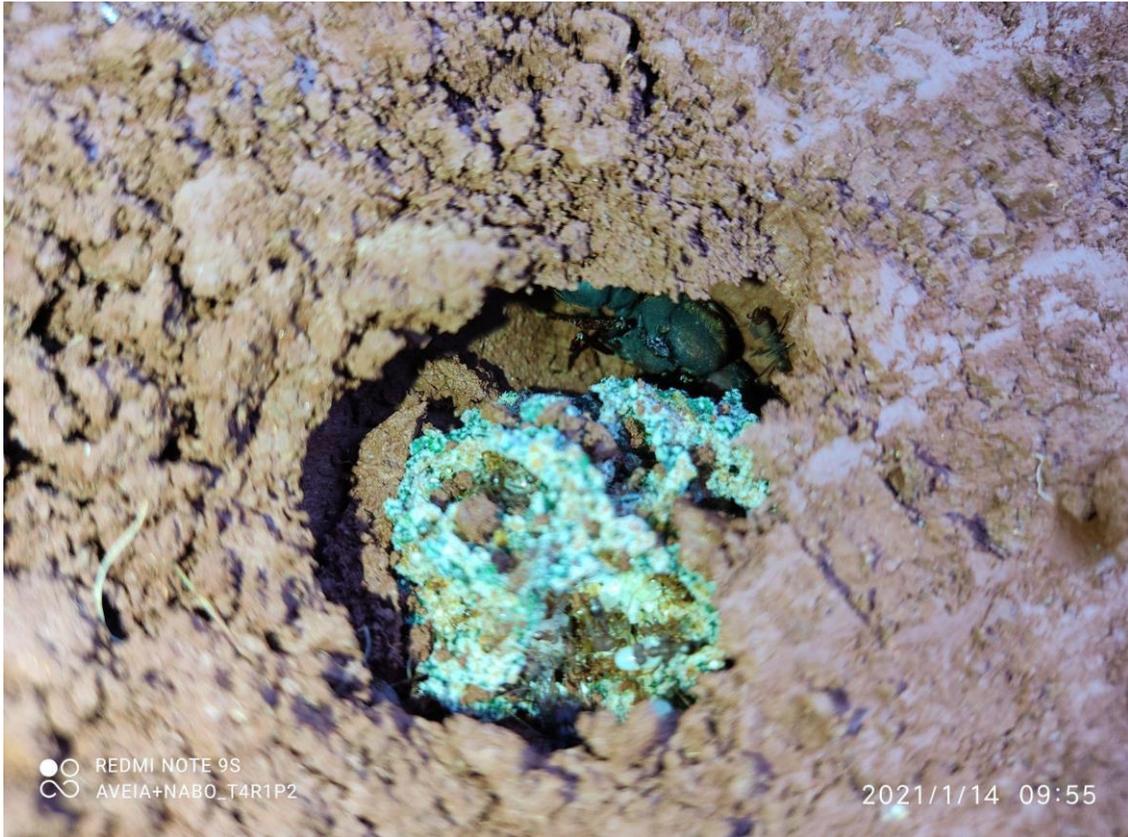
Ainda podemos citar particularidades observadas com a metodologia trabalhada já que dificilmente em outra análise existente para avaliação do solo é possível encontrar a galeria de formigas saúvas com a presença da rainha (Figura 18) e as formigas se alimentando do fungo (figura 19), presentes na avaliação em questão. E apesar de serem considerados organismos indesejáveis na área, podem servir de indicadores de solo em condições degradadas como cita Souza *et al.*, (2015), ele ainda diz que as mesmas participam diretamente na estruturação física e química do solo. Já que o conjunto de galerias e câmaras perfuradas por essas formigas, aumenta a drenagem e a porosidade do solo, além disso o solo modificado por esses organismos apresenta abundância em fósforo, potássio, nitrogênio e matéria orgânica.

Figura 18 - Formiga rainha saúva



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 19 - Formigas e seu fungo alimentar



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

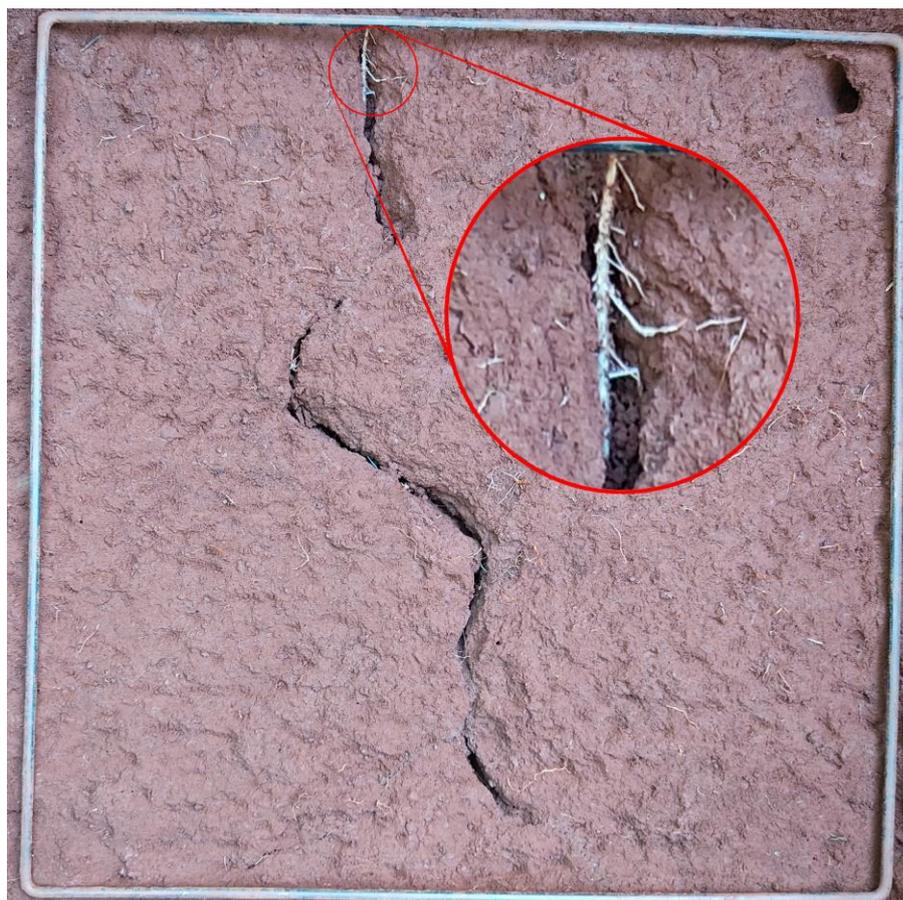
Também foi possível verificar com esta avaliação a presença de fendas no solo (Figura 20), ocasionadas por um período de seca na região, sendo prejudicial para as culturas implantadas naquele momento. Porém as fendas deixadas por esse período podem ter a mesma função apresentada pelos bioporos, já que as fendas têm maior capacidade de infiltração de água e também o crescimento preferencial de raízes (figura 21).

Figura 20 - Presença de fendilhamento ocasionadas por período de seca.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 21 - Crescimento preferencial das raízes em lacunas presentes no solo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Esta metodologia é comumente utilizada na Europa para observação de poros oriundos da decomposição de raízes e também por organismos da macrofauna e minhocas, a partir dessas informações são feitas apurações sobre a qualidade física, química e biológica conforme Kautz, (2014). Porém neste trabalho notou-se a ausência de minhocas, mesmo em condições agroecológicas, teoricamente consideradas boas para o desenvolvimento desses organismos. Desta forma, houve a verificação de raízes desenvolvendo dentro de bioporos originados por raízes e bioporos oriundos da macrofauna como corós, formigas e possivelmente ratos. Confirmando então condições biológicas com a presença destas galerias e condições químicas e físicas, ao encontrar o desenvolvimento preferencial das raízes no local, onde a mesma encontra condições benéficas.

A metodologia passa por um processo de adaptação em solo de clima tropical e subtropical. Porém com os ajustes necessários ela se torna uma técnica de avaliação de qualidade do solo complementar, que pode ser usada por técnicos e

pesquisadores para obter constatações sobre a qualidade física, química e biológica. Esta metodologia é utilizada com intuito de complementar as análises já existentes e apresenta vantagens, pois pode ser realizada com instrumentos que se encontram em uma propriedade rural, sem a necessidade de tecnologias utilizadas em outras análises existentes.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia de avaliação de bioporos do solo tem a função de complementar as análises já existentes e não substituí-las.

O método apresenta bons indicativos sobre componentes físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo, de maneira mais rápida em relação às metodologias já existentes e de baixo custo, porém necessita de estudos que correlacionem esta abordagem com análises quantitativas, assim sugere a realização de futuros trabalhos que considerem tanto a análise qualitativa aqui abordada e a análise quantitativa, buscando possíveis correlações.

REFERÊNCIAS

- 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
- AMASIFUEN, J. K. B.; SOUZA, P. B. L. C.; OLIVEIRA, E. M. Impactos ambientais gerados pela produção agrícola. **Revista NAWA**, ISSN 2527 - 1164, V1 N2, 2017.
- ARAÚJO, E. A. *et al.* **Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação.** Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia v.5, n.1 jan/abr. (2012) Print-ISSN 1983-6325 (On line) e-ISSN 1984-7548.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. **Indicadores biológicos de qualidade do solo.** Biosci. J., Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, July./Sept. 2007
- BINGHAM, F. T. *et al.* **Relationship between Soil Physical Properties and Crop Production.** Departamento of Soil and Environmental Sciences, University of California – Riverside, Califórnia, 95251, 1985.
- BROWN, G. G.; ALBERTON, O.; BRANDÃO Jr., O.; SARIDAKIS, G. P.; TORRES, E. **Scarab beetle-grub holes in various tillage and crop systems at Embrapa Soybean, Londrina, Brazil.** In: INTERNATIONAL TECHNICAL WORKSHOP ON BIOLOGICAL MANAGEMENT OF SOIL ECOSYSTEMS FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE, 2002, Londrina, PR. Program, abstracts and related documents. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 91. (Embrapa Soja. Documentos, 182).
- CAMARGO, O. A. de; ALLEONI, L. R. F. **Reconhecimento e medida da compactação do solo.** Infobibos, 2006.
- CARTER, M.R. **Organic matter and sustainability.** In: REES, B.C.; BALL, B.C.; CAMPBELL, C.D. & WATSON, C.A., eds. Sustainable management of soil organic. Wallingford, CAB International, 2001. p.9-22.
- COSTA, F. S. *et al.* Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** v.27 n.3 Viçosa maio/jun. 2003.
- CHERUBIM, M. R. *et al.* Qualidade física, química e biológica de um latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** vol.39 no.2 Viçosa Mar./Apr. 2015.
- DIONÍSIO, J. A.; PIMENTEL, I. C.; SIGNOR, D. **Biomassa microbiana.** Guia prático de biologia do solo. Curitiba: SBCS: NEPAR, 2016. cap. 13, p. 78-83.
- DOBASHI, A. F. **A importância do manejo e conservação dos solos.** News Campo Grande, 2019.
- EMBRAPA. Visão 2030: **Trajetória da agricultura brasileira.** – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo** / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997.

IAPAR. instituto agrônomo do Paraná - IAPAR. **ATLAS CLIMÁTICO do Estado do Paraná**- Londrina-PR, 2019.

FABRÍCIO, A. C.; *et al.* **Solos**. EMBRAPA Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. São Paulo, 1998.

GASSEN, D. N. **Os benefícios de corós em lavouras sob plantio direto**. EMBRAPA Trigo. Comunicado técnico online. ISSN 1517-4964. Embrapa, 2020.

GIOVANETTI, L. K. *et al.* **Agroecologia debates sobre a sustentabilidade**. Atena editora, Ponta Grossa, 2019.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola**. EMBRAPA-Jaguariúna-SP, 2006.

HAN, Eusun *et al.* **Quantification of soil biopore density after perennial fodder cropping**. *Plant and soil*, v. 394, n. 1-2, p. 73-85, 2015a.

HAN, Eusun, *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*, 2015b.

KAUTZ, Timo; *et al.* **Barley roots are not constrained to large-sized biopores in the subsoil of a deep Haplic Luvisol**. *Biol Fertil Soils* DOI 10.1007/s00374-013-0783-9. Received: 26 June 2012 /Revised: 8 February 2013 / Accepted: 14 February 2013.

KAUTZ, Timo; ATHAMANN, Mirian; KOPKE, Ulrich. **Growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) roots in biopores with differing carbon and nitrogen contents**. RAHMANN G & AKSOY U (Eds.) (2014) Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', at the Organic World Congress 2014, 13-15 Oct., Istanbul, Turkey (eprint ID 23806).

KAUTZ, Timo; ATHAMANN, Mirian; KOPKE, Ulrich. **Bioporen: Ihre Bedeutung für das Wachstum der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen**. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5. - 8. März 2013 Verlag Dr. Köster, Berlin.

KAUTZ, Timo. **Research on subsoil biopores and their functions in organically managed soils: A review**. *Renewable Agriculture and Food Systems*, v. 30, n. 4, p. 318-327, 2014.

LARSON, W.E. & PIERCE, F.J. **The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management**. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, SSSA, 1994. p.37-51. (Special, 35)

MINAYO, M. C. S. (org.). **Pesquisa Social: Teoria, método e criatividade**. 18 ed., Petrópolis: Vozes, 2001. 81 p.

MEA - **Millennium Ecosystem Assessment**. Ecosystem and human well-being: Synthesis. Washington: Island Press, 2005. 137p

MORATELLI, G. **Períodos de interferências das plantas daninhas em duas variedades de mandioca no sistema de plantio direto**. Dissertação (pós graduação em agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Paraná, 2017.

NIERO, L. A. C. *et al.* Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um latossolo vermelho distroférrico com usos e manejos distintos. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** vol.34 no.4 Viçosa July/Aug. 2010.

OLIVEIRA, A. P. P. de. *et al.* Sistemas de colheita da cana-de-açúcar: Conhecimento atual sobre modificações em atributos de solos de tabuleiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande PB.18(S9): 939–947, 2014.

PAULINO, P. da S. **Atributos físicos como indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo no estado de Santa Catarina**. UDESC, Lages-SC, 2013.

RALISCH, R. *et al.* **Diagnóstico rápido da estrutura do solo (DRES)**. Embrapa Solos-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E), 2017.

PORTO, M. L.; ALVES, J. C.; DINIZ, A. A.; SOUZA, A. P.; SANTOS, D. **Indicadores Biológicos de Qualidade em Diferentes Sistemas de Uso no Brejo Paraibano**. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 33, n. 4, p. 1011-1017, 2009.

SANTOS, H. G.; *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. EMBRAPA Solos, 2006.

SILVA, Franciani Rodrigues da. Trinta e um anos de sistemas de manejo em Latossolo Bruno: atributos físicos, químicos e rendimento de culturas. 2013. 128 f. Tese (Doutorado em Manejo do Solo) – **Universidade do Estado de Santa Catarina**. Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias, Lages, SC, 2013.

SOUSA, L. F. R. de A.; *et al.* **Avaliação de penetrômetros na medição da resistência do solo à penetração**. XXXV Congresso Brasileiro de ciência do solo, Natal-RN, 2015.

SOUZA, M. H.; *et al.* **Macrofauna do solo**. centro científico conhecer - Goiânia, v.11 n.22; p.115, 2015.

STEFANOSKI, D. C.; *et al.* Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. Manejo de Solo, Água e Planta. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** 17, 2013.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. Editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017.

TOGNON, A. A. **Propriedades físico-hídricas do Latossolo Roxo da região de Guairá-SP sob diferentes sistemas de cultivo**. 1991. 85 f. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1991.

VAZ, C. M. P. **Influência da umidade na resistência do solo medida com penetrômetro de impacto**. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, São Carlos-SP, 2002.

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