



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA**

ADRIANO COELHO DE ALMEIDA

**APLICAÇÃO DA CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER NO DIAGNÓSTICO DAS
CARACTERÍSTICAS DE USO DA TERRA**

Cruz das Almas – BA

2019

ADRIANO COELHO DE ALMEIDA

**APLICAÇÃO DA CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER NO DIAGNÓSTICO DAS
CARACTERÍSTICAS DE USO DA TERRA**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Colegiado de Graduação de Tecnologia em Agroecologia do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho

Cruz das Almas - BA

2019

Ficha Catalográfica: apresentada na metade inferior da página, usando fonte tamanho 10.

(Após a correção da monografia com as considerações da banca e lida pelo orientador, o discente deverá solicitar a ficha catalográfica no site abaixo: <http://www.ufrb.edu.br/biblioteca/solicitacao-de-ficha-catalografica>)

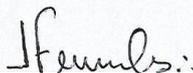
ADRIANO COELHO DE ALMEIDA

**APLICAÇÃO DA TÉCNICA DA CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER NO
DIAGNÓSTICO DAS CARACTERÍSTICAS DE USO DA TERRA**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Colegiado de Graduação de Tecnologia em Agroecologia do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Agroecologia.

Monografia defendida e aprovada pela banca examinadora

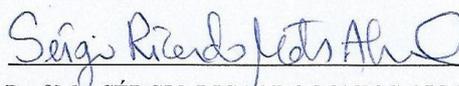
Aprovado em 23 / 02 / 2019



Prof Dr. JOSÉ FERNANDES DE MELO FILHO
(Orientador)
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



Profa Dr. TATIANA CRISTINA DA ROCHA
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



Prof M^e. SÉRGIO RICARDO MATOS ALMEIDA
Instituto Federal Baiano

Uma imagem vale mais que mil palavras.

(Confúcio)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo milagre da vida, família, amigas e amigos.

À minha família, pelo amor e incentivo.

À cidade de Cruz das Almas, comunidade da Tabela, em especial à Sra. Dona Antônia.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, que possibilitou minha formação acadêmica.

Aos docentes do curso de Agroecologia e servidores da instituição, em especial à Prof. Dra. Jamile Casa (*in memoriam*), pela luta constante em construir o curso de Agroecologia nesta instituição.

Meus agradecimentos, em particular, ao Prof. Dr. José Fernandes, por seu acompanhamento benevolente e sua confiança em meu trabalho, sua constante disposição para discutir e pelas críticas construtivas.

Ao professor e colaborador Me. Sérgio Ricardo, pelo apoio e contribuição à elaboração deste trabalho.

E a todos e todas que fizeram parte deste ciclo, da Bahia: Aquele abraço!

APLICAÇÃO DA TÉCNICA DA CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER NO DIAGNÓSTICO DAS CARACTERÍSTICAS DE USO DA TERRA

RESUMO

A degradação do solo, resultante do seu uso intensivo, alcançou proporções insustentáveis em vastas áreas do mundo, tal situação demanda a utilização de métodos de monitoramento que sejam capazes de detectar a dinâmica dos processos de degradação, possibilitando a tomada de decisões no sentido de minimizar ou controlar tais processos. Diversos métodos podem ser utilizados, dentre estes, técnicas não convencionais a exemplo da cromatografia de Pfeiffer. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi aplicar e avaliar a técnica no diagnóstico das características de solos sob diferentes sistemas de uso da terra. Deste modo, recorreu-se a pesquisa qualitativa no estudo e avaliação das quatro áreas abordadas, localizadas no município de Cruz das Almas – BA, sendo estas: 1 - Mata (Cazuzinha); 2 - Sistema de Plantio Direto; 3 - Sistema de Plantio Convencional; 4 - Pastagem. Em cada área foram coletadas três repetições de amostras deformadas do terço médio da profundidade de 0,0 - 0,20 m do solo, as quais possibilitaram a elaboração de doze análises, totalizando 12 cromatogramas. Os resultados revelaram que o protocolo de execução metodológica da técnica mostrou-se eficiente e viável economicamente, de fácil realização; que os cromatogramas gerados, apresentaram homogeneidade de repetição quanto à análise visual nas variações das cores, padrões formados, integridade harmônica entre os tratamentos simples e compostos, com grau de sensibilidade para discriminar as alterações determinadas pelo uso da terra nos parâmetros de estrutura e aeração do solo, atividade microbiana, diversidade enzimática, disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica entre os distintos tratamentos.

Palavras chaves: Agroecologia; Cromatografia de Pfeiffer; Degradação dos solos; Qualidade do Solo.

APPLICATION OF THE PFEIFFER CHROMATOGRAPHY TECHNIQUE IN THE DIAGNOSIS OF EARTH USE CHARACTERISTICS

ABSTRACT

Soil degradation, resulting from its intensive use, has reached unsustainable proportions in vast areas of the world. This situation requires the use of monitoring methods that are capable of detecting the dynamics of the degradation processes, making decisions possible in order to minimize or control such processes. Various methods can be used, among these, unconventional techniques such as Pfeiffer's chromatography. In this sense, the objective of this work was to apply and evaluate the technique in the diagnosis of soil characteristics under different land use systems. Thus, qualitative research was used in the study and evaluation of four areas, located in the city of Cruz das Almas - BA, being: 1 - Jungle (Cazuzinha); 2 - Direct Planting System; 3 - Conventional Planting System; 4 - Pasture. In each area three replicates of deformed samples were collected from the middle third of the soil depth of 0.0-0.20 m, which allowed the preparation of twelve analyzes, totaling 12 chromatograms. The results showed that the protocol of methodological execution of the technique was efficient and economically feasible, easy to perform; that the chromatograms generated showed a homogeneity of repetition in the visual analysis of color variations, formed patterns, harmonic integrity between simple and compound treatments, with a degree of sensitivity to discriminate the changes determined by land use in the parameters of structure and aeration of the soil, microbial activity, enzymatic diversity, availability of nutrients and organic matter between the different treatments.

Keywords: Agroecology; Pfeiffer's Chromatography; Soil degradation; Soil Quality

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Distinção das Zonas (a), Ramificações (b) e cores representativas (c)	18
Figura 2 - Representação de padrões formados na Zona Externa de um cromatograma	20
Figura 3 - Áreas estudadas onde se realizaram as coletas das amostras	23
Figura 4 - Limpeza da áreas (a), abertura da trincheira (b) e retirada de amostras (c)	25
Figura 5 - Secagem das amostras(a), pulverização do solo(b) e pesagem de subamostras(c)	26
Figura 6 - Preparação dos materiais (a), reagentes (b) e dissolução do solo (c)	26
Figura 7 - Preparo dos papéis filtro (a), impregnação com solução do solo (b) e secagem (c)	27
Figura 8 - Relações entre análises convencionais e cromatográficas	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Indicadores e métodos de análise da qualidade do solo mais utilizados	16
Quadro 2 - Escore atribuído as principais características segundo a cromatografia	28
Quadro 3 - Cromatografias e repetições obtidas das análises da Mata de Cazuzinha	30
Quadro 4 - Cromatografias e repetições, obtidas das análises da área de Plantio Direto	31
Quadro 5 - Cromatografias e repetições, obtidas das análises da área de Plantio Convencional	32
Quadro 6 - Cromatografias e repetições, obtidas das análises da área de Pastagem	33
Quadro 7 - Cromatografias representativas de cada área para descrição qualitativa	34
Quadro 8 - Descrição das áreas de acordo com as manifestações apresentadas e pontuação	36
Quadro 9 - Orçamento de mão de obra e materiais para elaboração das imagens	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 SITUAÇÃO DOS SOLOS E SISTEMAS DE PRODUÇÃO	14
3.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO	15
3.3 CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1. DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	23
4.2. COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
6 CONCLUSÃO	38
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1 INTRODUÇÃO

Por consequência das práticas da “revolução verde”, muitas teorias e metodologias para recuperação de agroecossistemas vêm sendo discutidas, testadas e propostas, quebrando-se velhos e construindo-se novos paradigmas, contrapondo a lógica destrutiva adotada pelo modelo de ocupação agrícola convencional (ALTIERI, 2012).

Sabe-se hoje que grande parte do processo de degradação e desertificação dos solos agrícolas é resultante do uso inapropriado de maquinário agrícola, devastação da mata nativa e o sobrepastoreio de animais (MANZATTO; FREITAS JUNIOR; PERES, 2002), preconizado pelos sistemas de produção convencionais. Apesar das consequências, há hoje diversos estudos abordando os impactos gerados, bem como o resgate de técnicas e a elaboração de novas estratégias com intuito de reverter os prejuízos ambientais, sociais e econômicos resultantes da ocupação fundiária pelo modelo agrícola hegemônico (ALTIERI, 2012).

Existem diversos métodos de análise dos indicadores físicos, químicos e biológicos do solo, os quais interferem na sua dinâmica e qualidade, porém sabe-se que o acesso a estes é um inconveniente econômico para a maioria dos produtores, implicando no surgimento e utilização de técnicas alternativas, apropriadas e acessíveis.

A cromatografia de Pfeiffer, apesar de pouco difundida no Brasil, é uma ferramenta que vem sendo cada vez mais usada no contexto rural da América Latina, sendo utilizado na investigação da qualidade dos solos, contribuindo na construção do conhecimento agroecológico e na orientação de produtores nas tomadas de decisão (RESTREPO RIVERA; PINHEIRO, 2011; PINHEIRO, 2011).

Objetivou-se, avaliar a técnica da cromatografia de Pfeiffer no diagnóstico das características de diferentes sistemas de uso da terra, evidenciando as características que cada sistema apresenta, traçando um paralelo entre a utilização da terra e suas características de qualidade perante a metodologia utilizada.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar a técnica da cromatografia de Pfeiffer no diagnóstico das características de solos sob diferentes sistemas de uso terra.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever qualitativamente as condições expressas nos cromatogramas.
- Utilizar metodologias de interpretação com vista a facilitar a apropriação da ferramenta.
- Traçar um paralelo entre a utilização da terra e sua qualidade.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 SITUAÇÃO DOS SOLOS E SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Os impactos negativos gerados pelo uso dos pacotes tecnológicos da “Revolução Verde”, base do modelo produtivista convencional foram bastante significativos, constatando-se rupturas no segmento social, ambiental, influenciando na concentração de terras, êxodo rural, degradação e contaminação de solos e ecossistemas (ALTIERI, 2012; ANDRADES; GANIMI, 2007).

Sabe-se que 33% dos solos cultiváveis do mundo encontram-se em estágio de degradação e na América Latina é superior a 50% das terras (FAO, 2015)

Sabe-se que grande parte do processo de degradação e desertificação dos solos agrícolas é resultante da ação antrópica pelo emprego inapropriado de maquinário agrícola, devastação da mata nativa e o sobrepastoreio de animais (MANZATTO; FREITAS JUNIOR; PERES, 2002). Ao deixar o solo exposto, provoca-se a compactação pelo impacto das gotas de chuva, diminuição da infiltração e expansão do sistema radicular das plantas, perda de fertilidade natural, perda da capacidade do solo em reter água e perdas acentuadas por erosão (WADT, 2003).

Apesar das inúmeras consequências sociais, ambientais e econômicas o modelo produtivista convencional que continua sendo o mais utilizado no contexto atual (ALTIERI, 2012), onde segundo dados do IBGE (2018) cerca de 45% das áreas de produção nacional (1.318.577 estabelecimentos) utilizam deste sistema de produção.

O preparo mecânico intensivo, preconizado pela agricultura convencional, é responsável pela redução do tamanho, número e estabilidade de agregados (RONQUIM, 2010; VEZZANI; MIELNICZUK, 2011), aceleração da decomposição, quebra de agregados e aumento da densidade do solo e aumento do escoamento superficial (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011), ocasionando dentre outras, o processo de erosão laminar, prejudicando as condições físicas, químicas e biológicas deste (WADT, 2003).

As alterações decorridas através do manejo aplicado influenciam diretamente na atmosfera microbiana do solo, afetando o meio aeróbico/anaeróbico, interferindo na decomposição e mineralização da matéria orgânica, podendo tornar este vetor de gases de efeito estufa (PINHEIRO, 2011).

Como consequência da reprodução deste modelo, constataram-se declínios na qualidade e produtividade dos agroecossistemas, fazendo-se necessário o resgate de técnicas

efetivas que garantam a qualidade dos alimentos e que assegurem a fixação do carbono atmosférico (ALTIERI, 2012). Desencadeado pela crescente preocupação com os impactos gerados e preconizando-se a utilização de técnicas conservacionistas condizentes com os aspectos locais, entre elas destacam-se o sistema de plantio direto, onde se utiliza do princípio de acúmulo de material orgânico na superfície do solo, plantas de cobertura, redução de operações com maquinário, com intuito de protegê-lo de interferências bióticas e abióticas, promovendo a ciclagem de nutrientes, reduzindo o revolvimento, garantindo sua melhor utilização ocasionando em menos impacto (ALVARENGA, 2001; RONQUIM, 2010).

Para o manejo e recuperação do solo de forma adequada e eficiente é necessário conhecer suas características e propriedades as quais são realizadas por meio de diferentes métodos de avaliação, estas devem ser bem selecionadas em critério do tipo do solo e manejo a ser implantado.

3.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO

Apesar da complexidade em conceituar a qualidade do solo, Parr *et al.* (1992), a explicam como a capacidade do solo em produzir culturas de forma segura, melhorando a saúde humana e animal, sem prejudicar a base de recursos naturais ou prejudicar o meio ambiente, anos após, Doran e Parkin (1994), complementam este conceito, descrevendo-o como a capacidade de funcionamento do solo dentro dos limites do ecossistema, sustentando e promovendo a produtividade biológica, mantendo a qualidade dos recursos naturais, além de promover a saúde de plantas e animais. Mais recentemente considerou-se a integração das propriedades biológicas, físicas e químicas, ao exercerem suas funções com eficiência (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Sendo o solo um ambiente complexo, aconselha-se o diagnóstico deste a partir de uma variedade de propriedades ou processos (indicadores), que monitorem suas funções, podendo-se assim avaliar os efeitos das práticas de produção e manejo sobre a qualidade natural de um solo (FRANZLUBBERS; HANEY, 2006; DORAN; PARKIN, 1994).

Enquanto, as análises de solo convencionais indicam teores de determinados minerais presentes, matéria orgânica e pH estático, estes, isolados de metodologias qualitativas não geram prognósticos eficientes quanto a condição do solo como um todo (PINHEIRO, 2011). Como descrito por Pfeiffer (1984), solos com os mesmos teores de nutrientes podem apresentar condições distintas quanto seus aspectos qualitativos.

Os indicadores de qualidade do solo são geralmente divididos em três classes

principais: propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, e podem ser avaliados por diferentes métodos, sendo apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Indicadores e métodos de análise da qualidade do solo mais utilizados.

INDICADORES	FUNÇÕES	MÉTODOS	REFERÊNCIA
FÍSICOS			
Textura	Capacidade de retenção de água e suscetibilidade à erosão	Hidrômetro; Manual	Arshad; Lowery; Grossman (1996)
Resistência à penetração	Relacionados à compactação	Penetrômetro	Arshad; Lowery; Grossman (1996)
Porosidade total	Armazenamento E Disponibilidade De Água	Volumétrico	Lowery; Hickey; Arshad (1996)
QUÍMICOS			
pH	Disponibilidade de nutrientes e processos microbianos	Medidor de pH	Smith; Doran (1996)
Condutividade Elétrica	Indica acumulação de sal solúvel, limita processos químicos e microbianos.	Medidor de condutividade	Smith; Doran (1996)
Carbono Orgânico	Indica a reserva nutricional e potencial ciclagem de nutrientes, controla processos físicos, químicos e microbianos.	Combustão úmida ou seca; cor; refletância.	Sikora; Stott (1996)
Capacidade de troca de cátions	Indica a oferta potencial de nutrientes catiônicos	Extração de acetato de amônio	Sumner; Miller (1996)
BIOLÓGICOS			
Biomassa Microbiana	População microbiana do solo; ciclagem de nutrientes e a transformação biológica na agregação do solo	Incubação de fumigação com clorofórmio	Rice; Moorman; Beare (1996)
População de Minhoca	Funcionamento de a teia alimentar do solo	Triagem manual; expulsão.	Blair; Bohlen; Freckman (1996)
Respiração do Solo	Atividade microbiana do solo	Incubação aeróbica por > 1 semana em laboratório	Parkin; Doran; Franco-Vizcaino (1996)
Atividade Enzimática (urease, amidase, desidrogenase)	Potencial atividade microbiana e reações de ciclagem de nutrientes	Incubação laboratorial com equipamentos especializados	Dick; Breakwell; Turco (1996)

Fonte: Adaptado de DORAN; PARKIN (1994) e FRANZLUBBERS; HANEY (2006).

O monitoramento da qualidade do solo é fundamental no entendimento da dinâmica e regeneração dos agroecossistemas, portanto, preconiza-se o estudo de grupos de indicadores

que permitam monitorar as mudanças nas características do solo, integrando propriedades de processos físicos, químicos e biológicos, devendo ser estes acessíveis ao grande público e aplicável em condições de campo, além de serem sensíveis a variações no manejo e clima, de forma eficiente e econômica (FRANZLUBBERS; HANEY, 2006; DORAN; PARKIN, 1994).

Apesar de historicamente esquecidos, os microrganismos, destacam-se como um dos indicadores mais eficientes uma vez que responde rapidamente a mudança nas condições do solo, alterando as interações metabólicas e enzimáticas com o meio, o que fornece dados precisos, ajudando a entender a dinâmica complexidade deste sistema (MENDES; REIS JUNIOR, 2004).

Contudo, recomendam-se métodos eficientes e de baixo custo, acessíveis ao grande público, que descreva os parâmetros avaliados, dentre estes, as tecnologias alternativas que dialogam e dão autonomia aos produtores em sua realidade e recursos disponíveis, a exemplo destas: a cromatografia de Pfeiffer.

3.3 CROMATOLOGRAFIA DE PFEIFFER

A técnica da cromatografia existe há quase meio século e se destaca como uma das principais no ramo da química analítica sendo bastante utilizada como ferramenta de estudo na identificação e separação de compostos e refração de seus componentes (PINHEIRO, 2011).

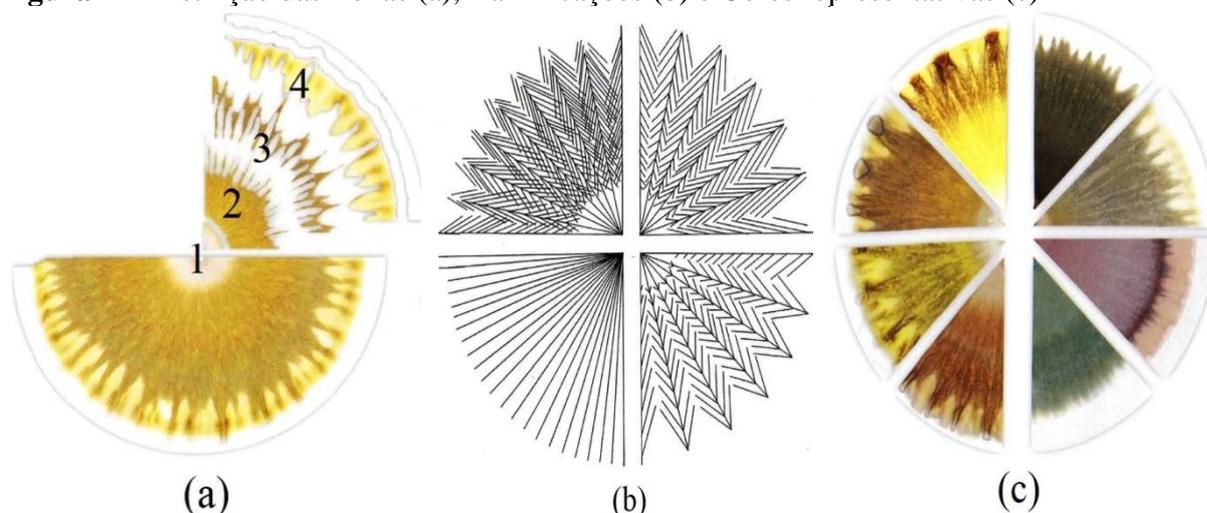
Dentre a vasta gama de aplicações desta técnica, destaca-se a desenvolvida pelo bioquímico alemão Ehrenfried Pfeiffer, que ao reagir uma amostra de solo de alta qualidade com hidróxido de sódio a 1%, possibilitou a solubilização das substâncias nitrogenadas do metabolismo microbiológico presentes na amostra, as quais a depender da quantidade de N/NH₃/NO₂/NO₃, reagem como nitrato de prata e se revelavam cores e padrões específicos, podendo variar conforme a presença de oxigênio (oxidante) ou enxofre (reductor) liberado pela microbiota predominante no momento da coleta, revelando de forma integral, aspectos da qualidade física, química e biológica do solo (PINHEIRO, 2011).

Na análise dos cromatogramas, primeiro, constata-se a presença ou ausências das distintas zonas na **Figura 1 (a)** e suas interações e cores, o que indica quando existentes, o grau de atividade microbiana, aeração do solo, estrutura, diversidade mineral e a biodisponibilidade de nutrientes às plantas, sendo elas: 1- Zona Central; 2- Zona Interna; 3- Zona Intermediária; 4 – Zona Externa (RESTREPO RIVERA; PINHEIRO, 2011; PINHEIRO, 2011). Na leitura e interpretação dos cromatogramas deve-se levar em

consideração o tamanho e as cores das diferentes zonas e suas interações regulares ou irregulares (PFEIFFER, 1984).

Restrepo Rivera e Pinheiro (2011) observaram os padrões ideais para o desenvolvimento da agricultura os de cores vívidas que podem variar de cores escuras ao amarelo ouro conforme **Figura 1 (c)**. Sendo estes muito ramificados e de cor vívida, indicam solos de alta atividade microbiana, presença de matéria orgânica e diversidade mineral, bem estruturado e integrado, proporcionando a ciclagem da matéria orgânica e biodisponibilidade de nutrientes.

Figura 1 – Distinção das Zonas (a), Ramificações (b) e Cores representativas (c)



Fonte: Adaptado de: Restrepo Rivera; Pinheiro (2011)

As tonalidades escuras revelam condições precárias de aeração, prevalecendo fermentação anaeróbica, podendo-se ainda surgir cores pontuais devido a condições naturais intrínsecas, ou devidas alterações antrópicas nos aspectos físicos, químicos e biológicos, observando-se também cores de tonalidade violeta, quando há presença de contaminante químico (RESTREPO RIVERA; PINHEIRO, 2001; PINHEIRO, 2011).

De acordo com Hassold Piezunka (2003) a intensidade da cor depende da quantidade e qualidade dos componentes orgânicos e minerais extraídos do solo reagidos com o hidróxido de sódio.

Outra observação é quanto a manifestação da formação radial **Figura 1 (b)**, que de acordo com Pinheiro (2011), surgem através das interações eletromagnéticas entre as frações minerais e orgânicas com o metabolismo microbiano existente no solo, podendo ser ausente ou formando desde simples setas (pouco ramificadas) até sua máxima complexificação em forma de “flechas” sobrepostas (muito ramificadas), o que indica a integração entre as zonas

de um respectivo cromatograma, sendo desejadas na agricultura a estrutura em forma de flechas sobrepostas (RESTREPO RIVERA; PINHEIRO, 2011).

No cromatograma cada zona representa características intrínsecas e detalhes a serem observadas, devendo-se distingui-las para melhores interpretações das condições químicas, físicas e biológicas, pois o fundamental é a observação da integração e harmonia existentes entre estas, o que representa de forma geral o desenvolvimento da qualidade de um solo. (PINHEIRO, 2011).

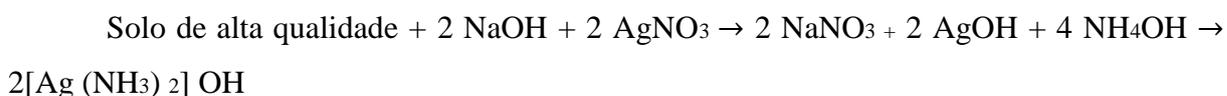
Para a leitura e interpretação da cromatografia é necessária a interpretação de cada zona, devendo-se distinguir e avalia-las separadamente, sendo elas:

Zona Central – Descreve a atividade fermentativa microbiana, podendo ser ausente (indicando condições precárias de ambiente totalmente anaeróbico), ou presente de tamanhos pequenos ou grandes. As cores podem variar do preto (mínimo de atividade aeróbica e máxima fermentação anaeróbica) à prata (metabolismo microbiano aeróbico predominante com presença de substâncias nitrogenadas de origem microbiana) (PINHEIRO, 2011; RESTREPO RIVERA; PINHEIRO, 2011).

Quando a dissolução do solo em NaOH 1%, é carregada via capilaridade, reagem com o AgNO_3 formando o AgOH , o qual é muito instável e precipita em Ag_2O . Havendo predominância de metabolismo anaeróbico no solo, acumulam-se na atmosfera deste, gases tóxicos como: metano, amoníaco, gás sulfídrico, não havendo oxidação de minerais tornando a coloração escura (PINHEIRO, 2011).



Quando há atividade metabólica aeróbica e presença de substâncias nitrogenadas decorrentes dos processos fermentativos microbianos, o precipitado escuro de Ag_2O , torna-se de cor branco-prateado, podendo variar, correspondendo em tamanho e intensidade proporcional a sua presença, formando então o complexo Amino Prata $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ (PINHEIRO, 2011).



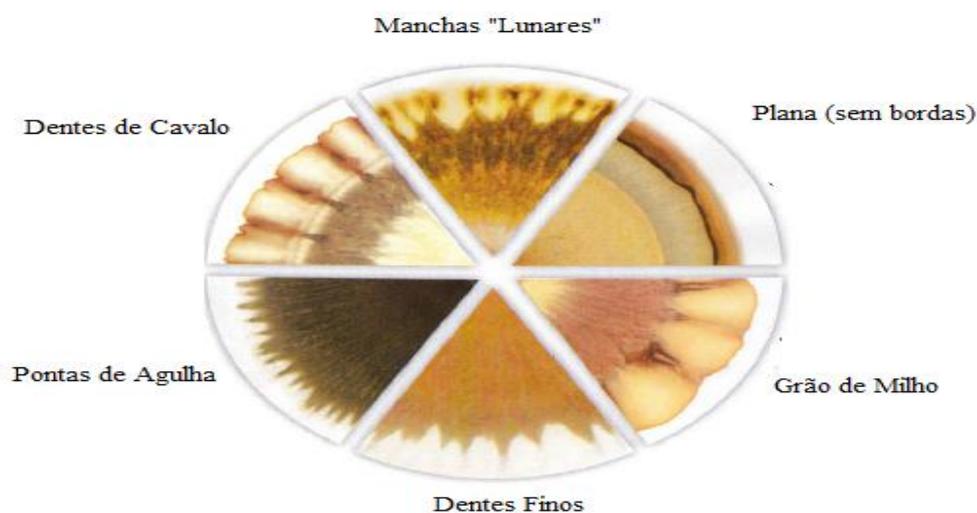
Zona Interna – Localiza-se após a zona central, compõe a representação da fração mineral e orgânica (respectivamente) dos solos. Como a solução de NaOH reage de forma

diferente entre os componentes presentes e os mineralizados por ação microbiana, estes manifestam-se no cromatograma de diferentes formas, onde dependendo da sua composição, diversidade, grau de oxirredução e mineralização, manifestam cores e padrões específicos, podendo indicar condições de integração ou não (PINHEIRO, 2011)

Zona Intermediária – Encontra-se entre a zona interna e externa, é tida como a zona da matéria orgânica, onde pode se apresentar de forma integrada com as outras zonas, demonstrando solos férteis e integrados e quando não, condições precárias de matéria orgânica mumificada ou indisponível a microbiota do solo (PINHEIRO, 2011).

Zona Externa – Também chamada de zona enzimática, conforme a fração nitrogenado-peptídico-proteicas de maior peso molecular transcorre o papel, formando padrões que manifestam a presença, ausência e grau de atividade de microrganismos ativos na matéria orgânica, apresentadas na **Figura 2**, pelas formações desta zona, sendo a formação de manchas “lunares” o padrão desejado desta zona (RESTREPO RIVERA; PINHEIRO, 2011).

Figura 2 – Representação de padrões formados na Zona Externa de um cromatograma.



Fonte: Adaptado de Restrepo Rivera; Pinheiro (2011)

Pesquisadores no Brasil têm feito esforços para realizar ações de avaliação, validação e divulgação da técnica da cromatografia de Pfeiffer no monitoramento qualitativo do solo, com intuito de explorar as vantagens e limitações desta frente sua utilização. Entre as pesquisas na temática, destacam-se as que trouxeram a metodologia para a realidade do campo, aprimorando o conhecimento a nível local e estimulando a adoção de sistemas de manejo agroecológicos em conjunto com comunidades rurais, dentre os quais, destacam-se Melo (2013); Siqueira (2016); Araújo (2016) e Bezerra (2018).

É uma técnica de fácil elaboração, capaz de orientar o produtor nas tomadas de decisão além de assegurar o consumidor da procedência da produção, sendo essa utilizada como forma de auto-certificação do produtor na comercialização de seus produtos em cidades dos EUA, Canadá, União Europeia e Japão (TENÓRIO, 2011).

Graciano (2018) empenhou-se na experimentação da cromatográfica em condições diversas de umidade, exposição à radiação solar, diferentes áreas de impregnação de nitrato de prata, amostragem composta, condições de campo e laboratório, buscando padronizar as condições ideais para elaboração dos cromatogramas, obtendo correlações positivas para valores de carbono orgânico total, carbono da biomassa microbiana e enzimas (fosfatase ácida e arilsulfatase) com as zonas internas, intermediária e externa, respectivamente. O mesmo evidencia o grau de repetição entre os cromatogramas de uma mesma área, salientando a possível utilização da técnica em análises compostas de uma área sob as mesmas condições de uso, comprovando sua sensibilidade e facilidade de reprodução da técnica em condições de campo sem alteração nos resultados, como descrito por Restrepo Rivera e Pinheiro (2011) e preconizado por Pfeiffer (1984).

Em países da América Latina, pesquisadores têm se debruçado na validação da metodologia por meio de análises estatísticas e correlação entre dados qualitativos e quantitativos. No Equador, Heredia Reyes (2012), obteve resultados positivos contrastando via análises estatísticas os dados obtidos das cromatografias comparando-os a diferentes resultados de análises convencionais como: umidade, pH, condutividade elétrica, matéria orgânica, nitrogênio total, fósforo, cálcio, sódio, cobre, ferro, magnésio, zinco e UFC de fungos, com níveis de confiabilidade adequadas, levando em consideração tratar-se de um método qualitativo e econômico.

Na Colômbia, Torres (2017), reiterou o uso da cromatografia como ferramenta de avaliação do estado do solo por parte dos produtores não excluindo os métodos convencionais, mas contribuindo para a percepção da importância destes e na utilização deste como instrumento na educação de jovens e crianças além de ser econômico e acessível ao grande público.

Em El Salvador, Muñoz Aguillón (2013), comparou análises cromatográficas em solos com diferentes níveis de fertilidade, observando aspectos representativos nos cromatogramas, os quais revelavam aspectos das condições físicas, químicas e biológicas conhecidas e para, além disso, utilizou a metodologia na formulação de recomendações técnicas aos produtores.

Na Europa, pesquisadores avaliaram a técnica em condições experimentais na

qualificação da qualidade do solo, analisando e correlacionando informações obtidas dos cromas como: áreas das zonas e entropia da textura mensurada por meio de *software open-source* “ImageJ”, obtendo correlação positiva entre os dados dos cromatogramas com os teores avaliados de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo assimilável (KOKORNACZYK *et al.*, 2017).

Na Índia, Perumal *et al.* (2017) empenharam-se na experimentação da técnica no desenvolvimento de *software* capaz de correlacionar informações de dados quantitativos aos qualitativos de imagens cromatográficas, a fim de um prognóstico mais eficiente. A técnica possibilitou também melhores tomadas de decisão por parte dos produtores no manejo da qualidade do solo, evitando a utilização de compostos em condições ruins ou adulterados, sem ter que esperar pelos resultados laboratoriais (os quais encontram-se sobrecarregados) em tempo reduzido, na propriedade, pelo próprio produtores.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho desenvolvido tem como base a pesquisa explicativo-qualitativa, buscando compreender as dinâmicas dos solos em atividade agrícola e em preservação, através de diversas abordagens na interpretação e avaliação das áreas estudadas através da cromatografia de Pfeiffer.

4.1 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Selecionaram-se quatro áreas localizadas município de Cruz das Almas - BA para estudo, sendo elas: Mata de Cazuzinha; Sistema de plantio direto; Sistema de plantio convencional; Pastagem; as três últimas situadas na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e no município, a uma altitude de 212 m, tendo solo característico desta área o Latossolo Amarelo Distrocoeso típico.

O clima é definido como tropical quente e úmido, com estação seca ocorrendo no período do verão, pluviosidade média anual de 1.131,2 mm, temperatura média anual de 23,9 °C e a umidade relativa média de 81% (EMBRAPA, 2016). Foram registradas durante o período de Julho a Agosto de 2018, pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET a temperatura mínima de 17 °C, média de 20 °C e máxima de 22 °C. A umidade relativa média registrada foi de 80% e precipitação média de 50 mm.

Figura 3 - Áreas estudadas onde se realizaram as coletas das amostras.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Área 01. Mata de Cazuzinha, Figura 3 (a).

Fragmento de Mata Atlântica, classificada como tropical, localizada ($12^{\circ}39'57.5''S$ $39^{\circ}06'31.2''W$), centro urbano da cidade de Cruz das Almas – Ba, **Figura 3 (a)**, tendo o solo classificado como Latossolo Amarelo Distrocoeso típico (CARVALHO; VILAS BOAS; FADIGAS, 2011), sendo estes considerados velhos e mineralizados, encontrando-se em baixo grau de conservação (GOMES; ARAÚJO FILHO; CURI, 2012). Ocupa área de 13,6808 ha, sendo a gestão de responsabilidade do próprio município, através da Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente - SEAMA e do estado da Bahia, por meio da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola - EBDA (NEVES, 2014). Estando esta situada em perímetro urbano, nota-se o alto nível de interferência antrópica associadas ao baixo nível de conservação e a presença de plantas exóticas (NEVES, 2014).

Área 02. Sistema Plantio Direto, Figura 3 (b).

Área experimental localizada na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, campus de Cruz das Almas ($12^{\circ}39'30.5''S$ $39^{\circ}04'53.5''W$), **Figura 3 (b)**, cinco anos antes de esta área ser utilizada em sistema de plantio direto, era ocupada por pastagem de *Brachiaria decumbens* em estado de degradação. É manejada há nove anos com o sistema de plantio direto, alternando, ciclos de culturas temporárias, na seguinte sequência de culturas: Crotalária/ Girassol/Crotalária; Milheto + Sorgo/Girassol; integração Girassol/Braquiária (BARROS, 2015).

Área 03. Sistema Plantio Convencional, Figura 3 (c).

Área experimental da UFRB cultivada em sistema convencional de preparo do solo e controle mecânico de plantas infestantes nos últimos seis anos, localizada ($12^{\circ}39'25.9''S$ $39^{\circ}04'52.3''W$) **Figura 3 (c)**. Neste sistema com aproximadamente seis anos de uso com plantio anual de mandioca (*Manihot esculenta Crantz.*) o preparo do solo é realizado com uma operação de aração na profundidade de 0,4 metros, com posterior gradeamento para nivelamento da área e posterior o plantio. Os tratos culturais são realizados e colheita são realizados de maneira manual, seguindo-se um novo ciclo de preparo, plantio, tratos culturais e colheita (BARROS, 2015).

Área 04. Pastagem, Figura 3 (d).

Localizada $12^{\circ}39'23.1''S$ $39^{\circ}04'57.4''W$, **Figura 3 (d)**, Fazenda Experimental do Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas (CCAAB). Encontra-se em pousio há um período de cinco anos, com vegetação predominante da espécie *Brachiaria decumbens* Stapf (FERNANDES, 2018), esta porém não contempla da ocupação animal, sendo portanto uma área de pastagem em desuso.

4.2. COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS

O sistema de amostragem e análise foi como sugerido por Restrepo Rivera e Pinheiro (2011), seguindo o procedimento padrão para este tipo de estudo. Ocorreram em transectos de cada área, com espaçamento de 5 m entre cada amostragem. Primeiramente, com auxílio de uma enxada, realizou-se a limpeza das áreas **Figura 4 (a)**. Na sequência, com um cavador articulado, abriu-se uma pequena trincheira, retirando-se a camada superficial correspondente a 0,05 m **Figura 4 (b)**, evitando a mistura de solos de diferentes perfis. Com uma trena marcou-se a profundidade de interesse, o terço médio da profundidade 0 – 0,2 m **Figura 4 (c)**.

Figura 4 - Limpeza das áreas (a), abertura da trincheira (b) e retirada de amostras (c)

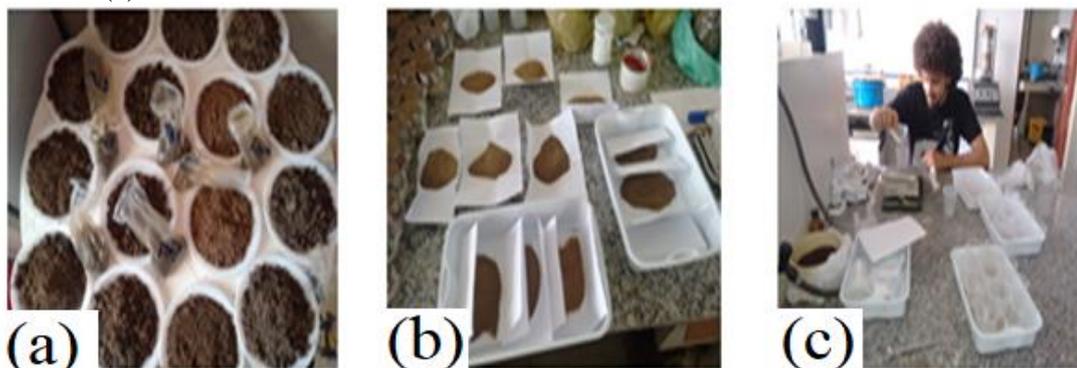


Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Para transporte, as amostras foram acondicionadas em sacolas plásticas, sendo identificadas com o nome de cada área e número da repetição.

Após coletadas, as amostras foram postas à sombra durante cinco dias, para secagem natural **Figura 5 (a)**. Desse material foram coletadas diversas subamostras de 250 g, as quais foram peneiradas em peneira de malha de 1 mm, descartando-se os materiais grosseiros. Após este processo, com auxílio de um almofariz de porcelana realizou-se a pulverização e homogeneização das mesmas, para nova peneiragem em tecido fino tipo “voal” **Figura 5 (b)**. Do material resultante deste procedimento, retiram-se 5 g de cada para solubilização em 50 ml de NaOH a 1 % **Figura 5 (c)**.

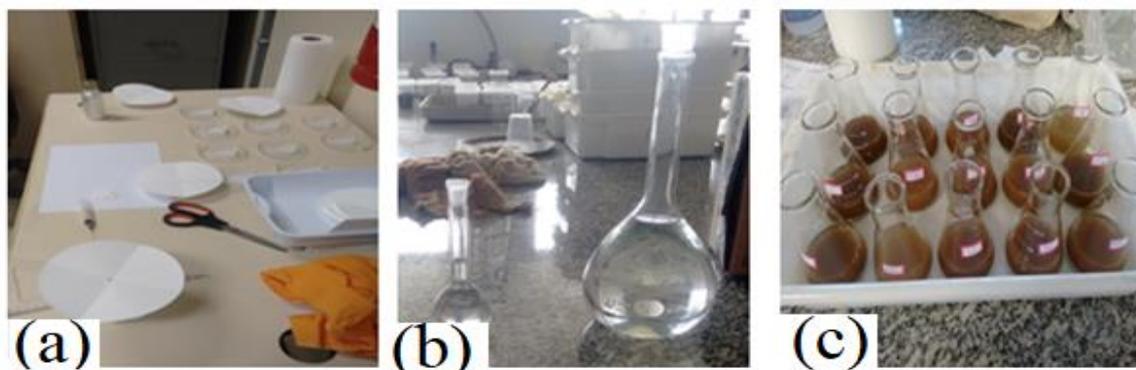
Figura 5 – Secagem das amostras (a), pulverização do solo (b) e pesagem de subamostras (c).



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Em um erlenmeyer de 125 ml **Figura 6 (c)**, dispersou-se a amostra de 5 g em 50 ml da solução de NaOH a 1%, agitando-a, alternadamente, sete vezes para a esquerda e para a direita, até completar 49 giros. Após a primeira seção, deixou-se a solução repousar por 15 minutos, repetindo-se a operação e repousando-a novamente por 1 hora. Após o repouso repetiu-se o procedimento de agitação, deixando-se, a partir daí em total repouso por 6 horas.

Figura 6 – Preparação dos materiais (a), reagentes (b) e dissolução do solo (c).



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

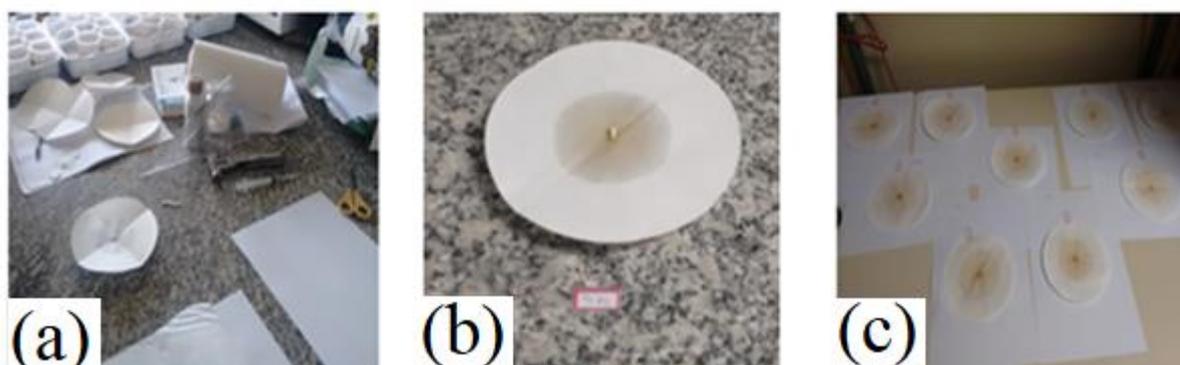
Perfurou-se o centro do papel-filtro qualitativo circular N° 4 de 150 mm, em superfície limpa com um perfurador de 2 mm, em seguida, marcou-se o papel, com auxílio de uma agulha, as distâncias de 4 cm e 6 cm do centro geométrico do papel de filtro, correspondente as áreas a serem sensibilizadas **Figura 6 (a)**, respectivamente, com solução de AgNO_3 a 0,5% e impregnada com a solução do solo previamente dispersa em NaOH 1% **Figura 6 (b)**. Ainda utilizando-se o papel-filtro qualitativo circular N° 4 de 150 mm, Whatman, foram feitos pavês capilares, cortando-o em pedaços de 2 cm x 2 cm, que posteriormente foram enrolados em formato de cilindro, para serem utilizados no processo de impregnação.

Na sensibilização dos papéis, foram utilizadas duas placas de Petri, uma como recipiente para solução e outra como suporte para o papel. O pavio capilar foi encaixado ao centro do papel-filtro, previamente perfurado e o mesmo foi sobreposto na placa ao centro, com 2 ml da solução de AgNO_3 a 0,5%, para sucção capilar até a sensibilização do espaço delimitado pela primeira marca (4 cm) perfurada no papel filtro com auxílio de uma agulha hipodérmica **Figura 7 (a)**.

Após a impregnação os pavios capilares foram retirados e os discos postos para secagem entre folhas de papel toalha, condição para facilitar o processo e evitar o surgimento de manchas. O conjunto de secagem foi então acondicionado em uma câmara escura por um período de 4 horas a secagem total.

Com auxílio de uma seringa hipodérmica com agulha, retirou-se 5 ml do sobrenadante da solução do solo e verteu-se na placa Petri. Após esta etapa, realizou-se a impregnação da solução das amostras de solo, encaixando-se um novo pavio capilar no papel-filtro N°4, previamente sensibilizado com AgNO_3 , o qual foi colocado sobre o suporte plástico, deixando-se a solução “correr” até a marca de 6 cm **Figura 7 (b)**. Na sequência retirou-se o pavio capilar e transferiram-se os discos impregnados para uma superfície plana, totalmente limpa e coberta com papel branco até a secagem final. Depois desta etapa e passados 3 dias de secagem os cromatogramas foram expostos, de forma indireta e gradual exposição à luz, até a estabilização da imagem, por um período de 10 dias, conforme Pfeiffer (1984) **Figura 7 (c)**.

Figura 7 - Preparo dos papéis filtro (a), impregnação com solução do solo (b) e secagem (c).



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Após a revelação das imagens utilizou-se as características observadas em cada área com as relações propostas por Muñoz Aguillón (2013), de análises convencionais (físicas, químicas e biológicas) e cromatográficas, onde se discorreu a interpretação dos dados correlacionando com as informações descritas na **Figura 8**, descrevendo assim as condições

apresentadas nos diferentes tratamentos.

Figura 8 - Relações entre análises convencionais e cromatográficas.

Cromatograma	Zona Nitrogenada				Zona Mineral					Zona Proteica					Zona Enzimática		
	NO	PD	ND	BD	Color		Interacción			Color		Interacción			Nula	PD	BD
					CD	CN	N	P	B	CD	CN	N	P	B			
Análisis Químico																	
Textura																	
No pesados		X	X	X	X			X	X	X			X	X		X	X
Pesados	X	X				X	X				X	X			X		
pH																	
APMC					X			X	X	X			X	X		X	X
NAPMC						X	X	X			X	X	X		X	X	
Contenido de Materia Orgánica																	
No Aceptable	X	X				X	X	X			X	X	X		X	X	
Aceptable			X	X	X			X	X	X			X	X		X	X
Fertilidad																	
Fuertes desbalances						X	X	X			X	X	X		X		
Pocos desbalances					X	X		X			X	X		X		X	
Normal o buena					X				X	X				X			X

NO: No desarrollada

PD: Poco desarrollada

ND: Normalmente desarrollada

BD: Bastante desarrollada

CD: Colores deseables

CN: Colores no deseables

N: Nula

P: Poca

B: Buena

APMC: Apto para el crecimiento de la mayoría de cultivos (el pH oscila entre moderadamente ácido y medianamente alcalino)

NAPMC: No apto para el crecimiento de la mayoría de cultivos (el pH oscila entre fuertemente ácido y extremadamente ácido).

Fonte: Muñoz Aguilón (2013).

Embora existam diversos métodos para a quantificação da qualidade do solo por meio da cromatografia, este trabalho teve-se como base o modelo preconizado por Pilon (2017) apud Pilon, Cardoso e Medeiros (2018) que pontua as características inerentes das cromatografias, atribuindo-lhe score mínimo para condições precárias e máximo para as condições desejáveis, como descrito no **Quadro 2**.

Quadro 2 – Escore atribuído as principais características segundo a cromatografia.

CARACTERÍSTICAS VISUAIS DE IMPORTÂNCIA				
INTEGRAÇÃO DAS ZONAS		FORMAÇÃO RADIAL		ESCORE
Anéis Concêntricos Marcados E Homogêneos (Ausência De Integração)		Ausência/Ramificações Simples		1
Alguns Anéis, Integração Abrupta		Linhas Radiais		2
Integração Clara De Padrões		Linhas Radiais e Ramificação Moderada		3
Integração Gradual		Linhas ou “Penas” Radiais Que Cobrem Todo o Cromatograma		5
Integração Difusa E Padrões Que Se Entrelaçam		Penas Radiais Proeminentes/Espessas		5
PICOS		COR		ESCORE
Ausência De Picos Ligados		Homogênea/ Escura/ Cores Turvas		1
Pontiagudos		Cinza E Marrom		2

Pontiagudo Com Derivações	Bege	3
Picos Que Se Abrem C/ Manchas	Claro/ Esbranquiçado	4
Picos Que Se Abrem Totalmente	Amarelo/ Creme; Intenso e Heterogêneo	5

Fonte: Adaptado de Pilon (2017) apud PILON; CARDOSO; MEDEIROS (2018).

Realizou-se em primeiro ato a inspeção geral das zonas, cores e integrações conforme Restrepo Rivera; Pinheiro (2011), descrevendo as características encontradas nas áreas avaliadas. Como sugerido por Muñoz (2011), foi realizada a correlação entre aspectos encontrados nos cromatogramas com características físicas, químicas e biológicas e após descrevê-las, atribuiu-se escores mediante metodologia sugerida por PILON (2017) apud PILON; CARDOSO; MEDEIROS (2018).

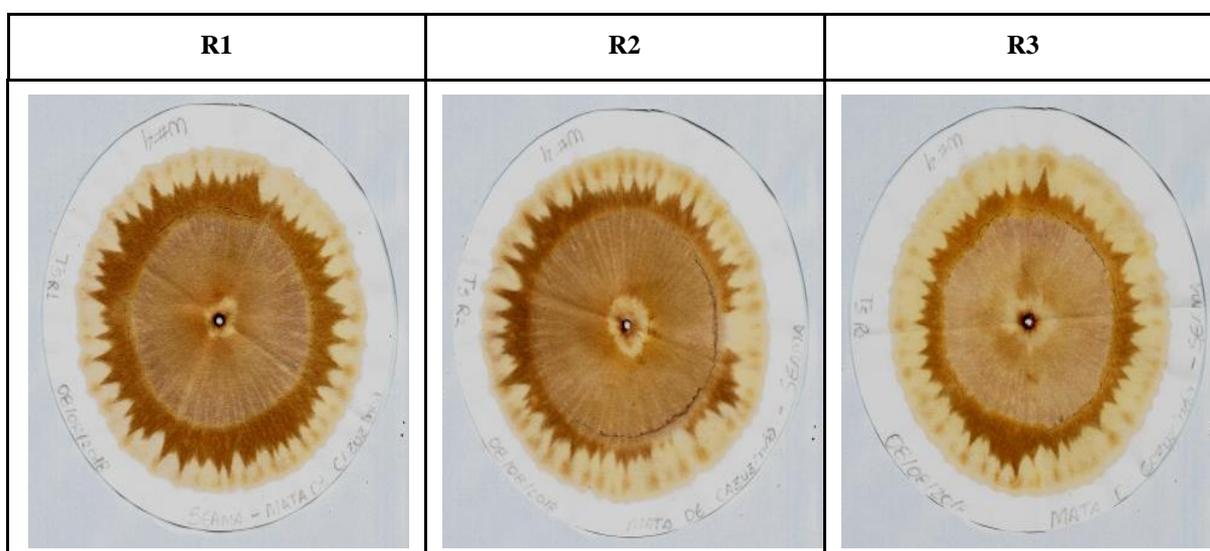
Teve-se como referência a área natural, que em teoria, apresentam seu maior potencial pedogenético, expressando seu clímax, e ao sofrer conversões para sistemas agrícolas, tem seus atributos modificados, alterando sua qualidade natural (MELO FILHO *et al.*, 2004; DORAN; PARKIN, 1994). Nesse sentido realizou-se o enquadramento dos padrões apresentados, descrevendo qualitativamente cada situação ocorrida, suas características, semelhanças e divergências entre as áreas estudadas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstraram diferenças e similitudes entre os diferentes sistemas de uso da terra, observando-se grau de repetibilidade entre as cromatografias geradas de uma mesma área, as quais demonstraram o mesmo comportamento e formação de padrão, como constatado por Graciano (2018), as imagens são apresentadas nos **Quadros 3, 4, 5 e 6**, contrastando-se também áreas distintas, podendo-se notar as diferenças e similaridades entre as áreas no **Quadro 7**.

As imagens da área da **Mata de Cazuzinha** são exibidas no (**Quadro 3**) para posterior análise e descrição.

.Quadro 3: Cromatografias e repetições obtidas das análises da Mata de Cazuzinha.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Apresentaram as características descritas na sequência:

Zona Central: apresentaram-se de tamanho desenvolvido, de coloração creme que se desvanece integrando-se à próxima zona, indicativo de solos bem arejados, estruturados e com presença de compostos nitrogenados de origem microbiana.

Zona Interna: apresentaram-se de coloração geral de tom azulado, que indica as condições de textura argilosa, pH ácido e grau elevado de mineralização (PFEIFFER, 1984; RESTREPO RIVERA; PINHEIRO, 2011), podendo resultar em desequilíbrios nutricionais, o que condiz com a literatura, tratando-se de Latossolos Amarelos Distrocócos típicos, sendo estes velhos e altamente intemperizados (GOMES; ARAÚJO FILHO; CURI, 2012). Porém ao fim desta zona e ao se aproximar da próxima (intermediária), apresentaram-se integradas com a próxima zona e com cores de tonalidade amarela, indicativo de solos com alta

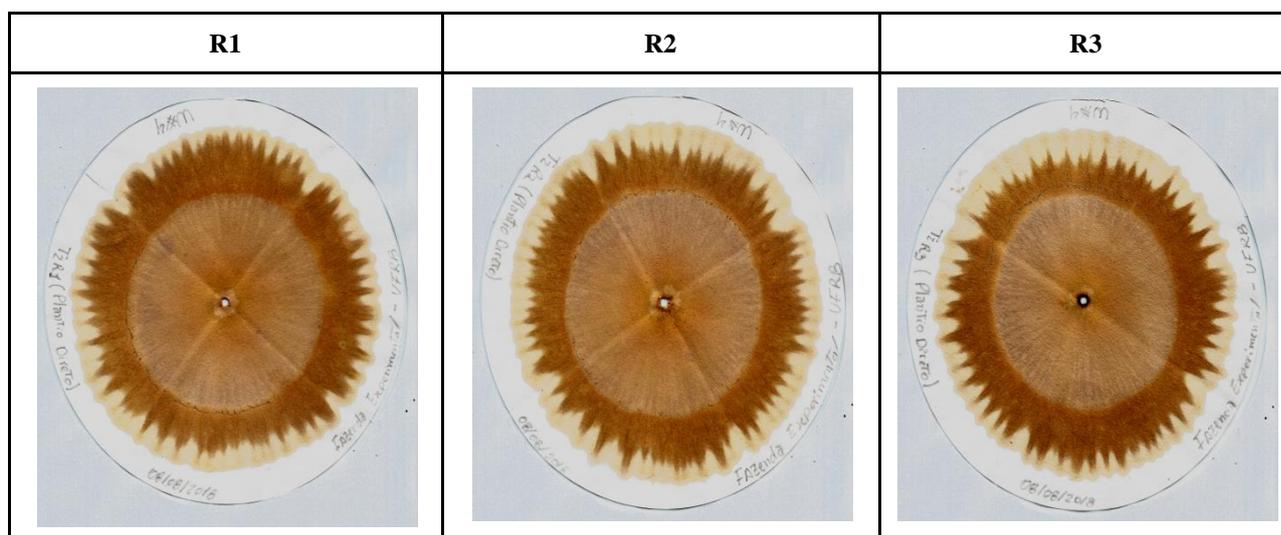
diversidade mineralógica integrada com a microbiota (RESTREPO RIVERA; PINHEIRO, 2011)

Zona Intermediária: apresentaram-se de coloração desejável (marrom claro), sugerindo solos de alta atividade microbiana, biodisponibilidade de nutrientes e conteúdo de matéria orgânica aceitável (MUÑOZ AGUILLÓN, 2013), que interage de forma harmônica com as zonas vizinhas, demonstrando alta integração entre as fases deste solo. Indicando sua complexa dinâmica neste ecossistema.

Zona Externa: Apresentaram-se de tamanho desejável com formação de manchas escuras, indicando a elevada taxa de mineralização da matéria orgânica e consequente biodisponibilidade de nutrientes, com formação de húmus coloidal (PFEIFFER, 1984). Devido a maior diversidade de espécies de plantas que exploram diferentes profundidades do solo, estimulando diferentes espécies da biota do solo, as quais interagem e transformam seu meio (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011), recompondo-o através dos resíduos orgânicos que são rapidamente mineralizados pela elevada atividade microbiológica, contribuindo na constante ciclagem de nutrientes, compondo a dinâmica complexa das interações deste ecossistema (MENDES; REIS JUNIOR, 2004).

As imagens obtidas das áreas de **Plantio Direto** são exibidas conforme **Quadro 4** para posterior análise e descrição.

Quadro 4: Cromatografias e repetições, obtidas das análises da área de Plantio Direto.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Apresentaram as características descritas na sequência:

Zona central: De boa coloração, porém muito delimitada, conectando-se de forma abrupta com a próxima zona, sendo este, indicativo de solos de textura argilosa e baixa

presença de substâncias nitrogenadas de origem microbiana (RESTREPO RIVERA; PINHEIRO, 2011).

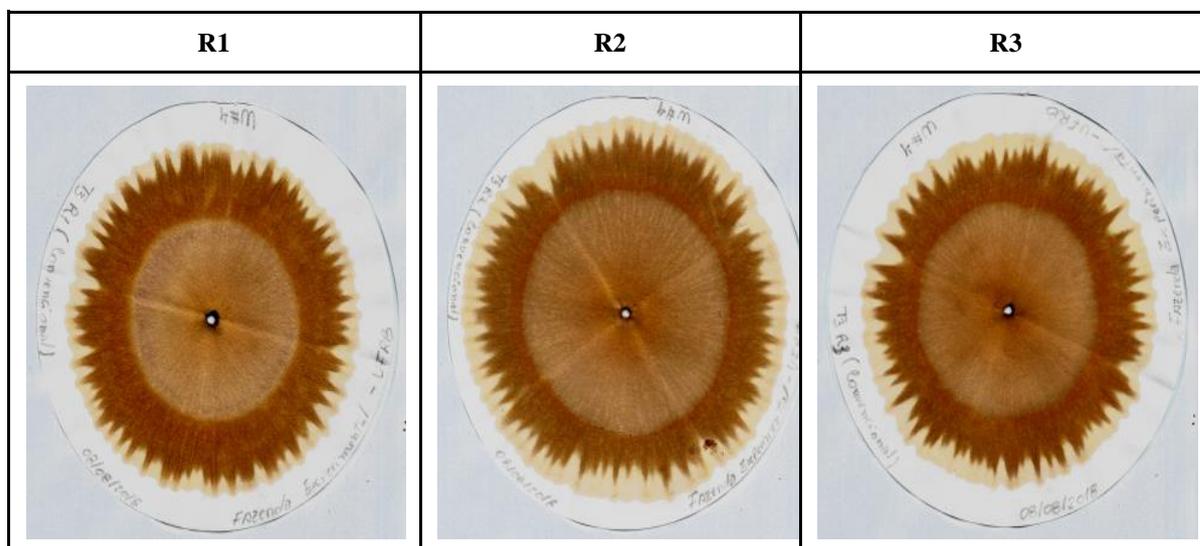
Zona Interna: De cor azulada que ao contatar a próxima zona, apresentaram-se de coloração marrom escuro, indicativo de solos argilosos, com pH ácido, baixo conteúdo de matéria orgânica e elevada mineralização (PFEIFFER, 1984), com desequilíbrios nutricionais ((MUÑOZ AGUILLÓN, 2013), sendo estes também limitados em sua diversidade.

Zona Intermediária: Apresentaram-se de coloração marrom escura (não desejada), indicativo de solos com textura argilosa, pH ácido (PFEIFFER, 1984), baixo conteúdo de matéria orgânica e desequilíbrios nutricionais, pouca integração com as zonas vizinhas, desfavorecendo fatores enzimáticos na mineralização da matéria orgânica, tendo como consequência a baixa biodisponibilidade de nutrientes (MUÑOZ AGUILLÓN, 2013).

Zona Externa: Pouco desenvolvida e com pouca formação de húmus, sendo de tonalidade escura, indicativo de baixo conteúdo orgânico mineralizado e biodisponibilizados, podendo haver desequilíbrios nutricionais (MUÑOZ AGUILLÓN, 2013).

As imagens cromatográficas geradas da área de **Plantio Convencional** são exibidas no **Quando 5** para posterior análise e descrição.

Quadro 5: Cromatografias e repetições, obtidas das análises da área de Plantio Convencional.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Apresentaram-se as características descritas na sequência:

Zona Central: De coloração escura, e muito delimitada, conectando-se de forma abrupta com a próxima zona, sendo este, indicativo de solos de textura argilosa e baixa presença de substâncias nitrogenadas de origem microbiana, sendo estes compactados em

decorrência do sistema de produção (RESTREPO RIVERA; PINHEIRO, 2011).

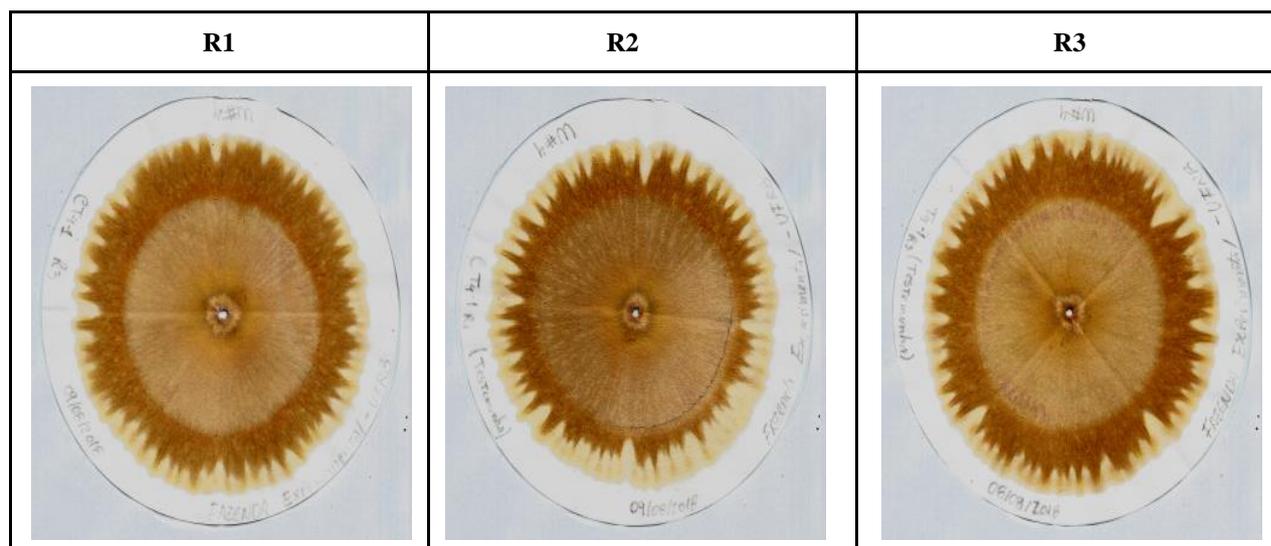
Zona Interna: com tonalidades azuis, indicativo de solos argilosos, com pH ácido, baixo conteúdo de matéria orgânica e elevado grau de mineralização (PFEIFFER, 1984), que ao contatar a próxima zona, apresentaram-se de coloração marrom escuro havendo pouca oxidação de minerais e conseqüentemente fortes desequilíbrios nutricionais, padrão de limitações na diversidade mineralógica (MUÑOZ AGUILLÓN, 2013).

Zona Intermediária: de coloração escura, representativa de solos compactados, de pH ácido, conteúdo de matéria orgânica limitado com desequilíbrios nutricional (MUÑOZ AGUILLÓN, 2013). Sendo estes padrões de solos que sofreram mecanização os quais a matéria orgânica encontra-se inativa mumificada (RESTREPO RIVERA; PINHEIRO, 2011). A formação anéis concêntricos, indicam limitações na integração da área mineral e orgânica (PINHEIRO, 2011).

Zona Externa: sendo esta a menor e mais escura entre os tratamentos, sugere menor diversidade enzimática, ausência de nutrientes (MUÑOZ AGUILLÓN, 2013), típico de solos de baixa qualidade, baixo valor biológico, o que se observa com frequência frente aos aspectos do manejo aplicado com o revolvimento e exposição do solo a fatores externos (RESTREPO RIVERA, 2011).

As imagens cromatográficas geradas da área de **Pastagem** são exibidas no **Quando 6** para posterior análise e descrição.

Quadro 6: Cromatografias e repetições, obtidas das análises da área de Pastagem.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Apresentaram as características descritas na sequência:

Zona Central: apresentaram-se de cor desejável, porém de tamanho e interação

limitada, o que se manifesta em condições de compactação, que interferindo diretamente na atividade microbiana aeróbica na mineralização e biodisponibilidade de nutrientes (MUÑOZ AGUILLÓN, 2013) refletindo também na pouca expressividade da zona externa.

Zona Interna: de coloração geral azul, indicativo de solos argilosos, com pH ácido, baixo conteúdo de matéria orgânica e elevado grau de mineralização (PFEIFFER, 1984) Mas bem integrada com as outras zonas, indicando interações entre as fases químicas e biológicas.

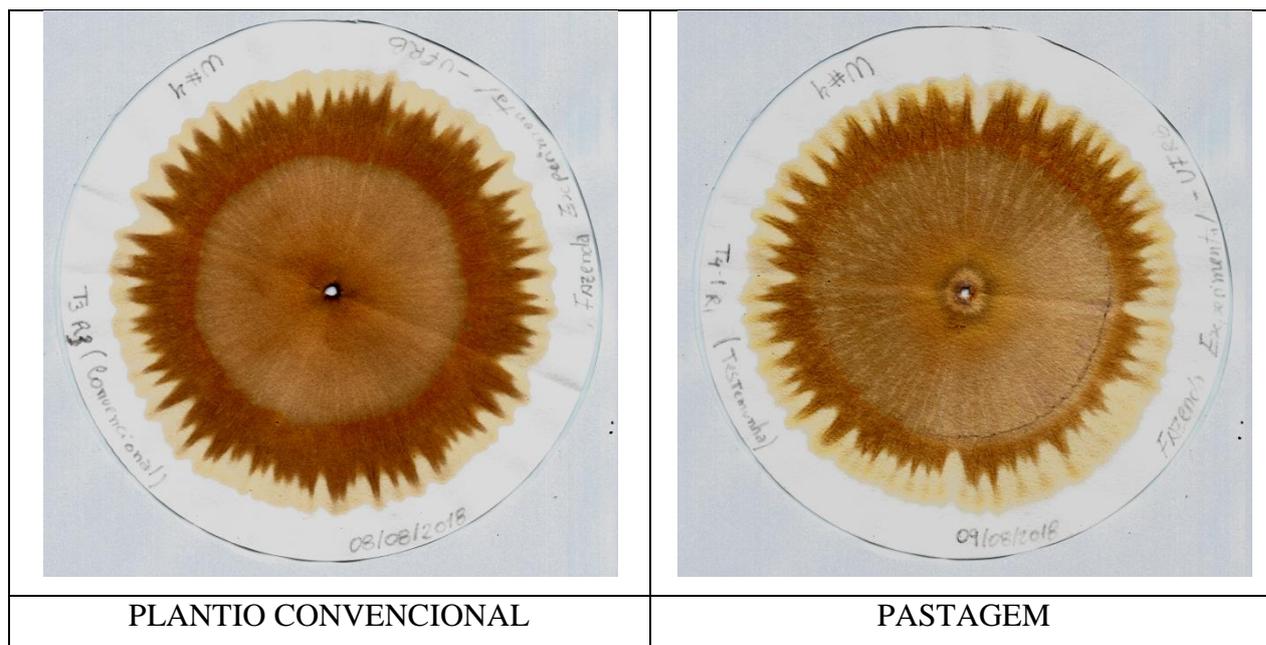
Zona Intermediária: de coloração desejável, sendo representativa de condições de conteúdo de matéria orgânica aceitável (RESTREPO RIVERA; PINHEIRO, 2011) com pouco ou nenhum desequilíbrio nutricional (MUÑOZ AGUILLÓN, 2013), encontrando-se integradas com as zonas vizinhas.

Zona Externa: Pouco desenvolvida, porém apresentando ao fim a abertura dos canais, indicativo de processos de humificação da matéria orgânica (PINHEIRO, 2011), representativa de condições de formação de húmus coloidal (PFEIFFER, 1984);

Após a descrição das áreas foram selecionadas cromatografias representativas de cada uma conforme o **Quadro 7**, comparando-as áreas entre si, afim de se constatar e descrever as particularidades e diferenças de cada sistema de ocupação da terra. Observaram-se mudanças bruscas frente o manejo aplicado, que de acordo com níveis de interferência nas características bióticas e abióticas, tem-se como resultado, manifestação de padrões condizentes e representados em cada imagem obtida

Quadro 7: Cromatografias representativas de cada área para descrição qualitativa.

	
MATA DE CAZUZINHA	PLANTIO DIRETO



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

As manifestações das zonas internas dos cromatogramas gerados apresentaram tonalidade azul, que de acordo com Torres (2017) indicam solos de textura argilosa ou franca arenosa onde é frequente sua ocorrência, não sendo esta uma característica desejável e de acordo com Pfeiffer (1984) solos ácidos e altamente intemperizados.

Hassold Piezunka (2003) observou a manifestação de tonalidades azuis na zona interna em experimentações com compostos orgânicos, onde em decorrência do alto aquecimento (via fermentativa) $>60^{\circ}\text{C}$, baixo pH e alta atividade microbiana revelaram-se estes padrão.

Kokornaczyk *et al.* (2017) relataram a formação de anéis concêntricos como sendo não desejáveis, representação de solos de má qualidade, que são manifestam padrões radiais de integração entre as zonas, características estas que revelavam mais nitidamente nos cromatogramas da área de plantio convencional, sendo portanto um indicativo de solos degradados, de má qualidade.

Resultados similares foram encontrados por Muñoz Aguillón (2013) em estudos de diversas áreas de produção, evidenciando aspectos revelados e propondo ações de manejo, aos quais delimita factíveis de resposta rápida a intervenção regenerativa, solos que mostram padrões associados a media e boa qualidade.

As imagens obtidas do tratamento da Mata de Cazuzinha, demonstraram as melhores condições representativas entre os cromatogramas analisados, corroborando com Melo Filho *et al.* (2004), sendo estas um bom referencial de qualidade, já que demonstram áreas em pleno

desenvolvimento pedogenético. Verificando-se nelas as características de padrões e formação radiais ideais, coloração clara e boa integração entre as zonas.

As imagens cromatográficas geradas das áreas de plantio direto e convencional apresentaram as condições mais precárias entre as áreas analisadas, exibindo as cores de tonalidade mais escuras, com formação de anéis concêntricos, sugerindo elevado grau fermentação anaeróbia metanogênica, podendo ser derivada do manejo utilizado ao longo dos anos, sendo esta informação revelada pela ausência da zona central na área convencional e o tamanho reduzido desta na área de plantio direto, refletindo na baixa oxigenação do solo, afetando diretamente a atividade microbiana aeróbica na mineralização da matéria orgânica e biodisponibilidade de nutrientes (RESTREPO RIVERA; PINHEIRO, 2011).

A área de Mata e Pastagem apresentaram as melhores condições estruturais e fermentativas quando comparadas ao plantio direto e ao plantio convencional. A área de Pastagem apresentou boa coloração geral, próxima ao desejável e boa integração entre as zonas, indicativo de solos com boa estrutura com interconexão de suas fases, sendo um fator limitante a pouca expressividade da zona central.

Portanto, para as condições precárias exibidas nas análises cromatográficas de plantio direto e convencional e pastagem, preconiza-se para a transição agroecológica a utilização de técnicas com intuito de recompor a estabilidade física, química e biológica destas, manejando o solo de forma: conservacionista, reduzindo operações com maquinários pesados, utilizando plantas de cobertura e cobertura morta do solo, adubação verde, farinha de rocha, adubos orgânicos e biofertilizantes além da mitigação do uso de insumos químicos, rotação de pasto, sistemas silvipastoris e rotação de culturas.

Utilizando-se das atribuições de valores aos tratamentos, segundo especificações propostas por Pilon (2017), obteve-se como resultado o descrito no **Quadro 8**, onde:

Quadro 8: Descrição das áreas de acordo com as manifestações apresentadas e pontuação.

Tratamento	Descrição das características	Escore
Mata de Cazuzinha	Linhas radiais e plumas estreitas (3) + com picos que se abrem no fim em manchas (Claras) (4)	7
Plantio Direto	Anéis concêntricos, linhas radiais simples (2) + integração abrupta com picos pontiagudos com derivações (3)	5
Plantio Convencional	Anéis concêntricos, linhas radiais simples (2) + integração abrupta e picos pontiagudos sem derivações (2)	4

Pastagem	Linhas radiais e plumas estreitas (3) + picos ponti agudos de coloração bege.	6
----------	---	---

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Destacam-se as maiores pontuações para as áreas de Mata e Pastagem, onde especulasse pela baixa intervenção antrópica os melhores resultados, podendo-se ressaltar dentre os efeitos negativos da interferência antrópica no solo a sua compactação por uso de maquinários (RONQUIM, 2010) utilizados nos sistemas de plantio direto e convencional, que afetam a dinâmica microbiana do solo, provocando a predominância fermentativa anaeróbica, acarretando prejuízos ambientais, sendo a emissão de gases de efeito estufa o principal efeito deste (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011).

O custo para realização das cromatografias são descritas no **Quadro 9**, onde para elaboração de cada imagem gerada foi de R\$ 16,39, que levando-se em consideração as informações levantadas por Heredia Reyes (2012) e Graciano (2018) de que se pode avaliar cerca de 17 variáveis com o uso desta técnica, podendo-se considerar o custo de R\$ 1,02 por variável. Preço muito abaixo de qualquer análise laboratorial nestas dimensões, o que a torna a cromatografia acessível à maioria dos produtores, como preconizado por Doran e Parkin (1994).

Quadro 9: Orçamento de mão de obra e materiais para elaboração das imagens.

Custos para elaboração de 12 amostras cromatográficas	
Recursos Utilizados	Preço (R\$)
Mão de obra Técnica / 11 horas de serviço	160,53
Água destilada 1 L	2,00
NaOH - 10 g	0,30
AgNO ₃ - 0,5 g	2,5
Papel Filtro (12 und)	26,4
Folha A4 (24 und)	2,00
Papel Toalha (24 und)	3,00
Total	196,73

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

6 CONCLUSÕES

- O protocolo de execução metodológica da técnica da cromatografia de Pfeiffer mostrou-se viável economicamente e de fácil realização.
- Os cromatogramas gerados apresentaram homogeneidade de repetição quanto às variações de cores, padrões formados e integridade harmônica gerada.
- A técnica mostrou elevado grau de sensibilidade para discriminar as alterações determinadas pelo uso da terra nos parâmetros Físicos de textura; Químico de integração, diversidade mineral e grau de mineralização; Biológicas na atividade microbiana, diversidade enzimática, disponibilidade de nutrientes e presença e estado da matéria orgânica.
- O estudo da condição natural evidenciou a dinâmica interativa e complexa deste ecossistema, sendo, portanto um indicativo ao manejo a ser aplicado neste tipo de solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Expressão Popular, 2012.
- ALVARENGA, R. C. *et al.* Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado**, 2001.
- ANDRADES, T. O.; GANIMI, R. N. Revolução verde e a apropriação capitalista. **Revista CES**, v. 21, 2007.
- ARAÚJO, M. E. **A trajetória de luta e as experiências agroecológicas do assentamento. 14 de agosto em Ariquemes-Rondônia**. 2016. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Territorial na América Latina e Caribe) – Instituto de Políticas Públicas e relações Internacionais, São Paulo, 2016.
- ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. **Methods for assessing soil quality**, n. methodsforasses, p. 123-141, 1996.
- BARROS, T. N. **Variabilidade espacial de atributos de qualidade do solo em sistemas de plantio direto e convencional no recôncavo da bahia**, 2015. (Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2015.
- BEZERRA, L. P. **Implantação de Sistemas Agroflorestais na Agricultura Familiar: um caminho para a transição agroecológica**. 2018. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, 2018.
- BLAIR, J. M.; BOHLEN, P. J.; FRECKMAN, D. W. Soil invertebrates as indicators of soil quality. **Methods for assessing soil quality**, n. methodsforasses, p. 273-291, 1996.
- CARVALHO, S. R. L.; VILAS BOAS, G. S.; FADIGAS, F. S. Análise da estrutura de dados e agrupamento de variáveis de solo relacionadas com a concentração de alguns metais pesados. **Cadernos de Geociências**, v. 8, n. 1, 2011.
- DICK, R. P.; BREAKWELL, D. P.; TURCO, R. F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. **Methods for assessing soil quality**, n. methodsforasses, p. 247-271, 1996.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. **Defining soil quality for a sustainable environment**, n. definingsoilqua, p. 1-21, 1994.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Boletim meteorológico da estação convencional de Cruz das Almas, BA: variabilidade e tendências climáticas**. Embrapa Mandioca e Fruticultura-Documents (INFOTECA-E), 2016.

FAO, ITPS. Status of the World's Soil Resources (SWSR)–Main Report. **Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy**, v. 650, 2015.

FERNANDES, I. O. **Efeito do preparo mecânico e da manipueira na vegetação espontânea e nos atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo Distrocoeso**. 2018. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2018.

FRANZLUBBERS, A. J.; HANEY, R. L. Assessing soil quality in organic agriculture. **USDA Agricultural Research Service**, 2006.

GOMES, J. B. V.; ARAÚJO FILHO, J. C.; CURI, N. Solos de tabuleiros costeiros sob florestas naturais e sob cultivo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 71, p. 233-246, 2012.

GRACIANO, I. **Avaliação da Saúde do Solo por meio da Cromatografia de Pfeiffer: Aspectos Metodológicos e Aplicações** 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Do Norte Do Paraná, Centro de Ciências Agrárias. Bandeirantes-PR, 2018.

HASSOLD-PIEZUNKA, N. **Eignung des Chroma-Boden-Tests zur Bestimmung von Kompostqualität und Rottegrad**. 2003. PhD Tese (PhD em Ciências)- Universität Oldenburg, 2003.

HEREDIA REYES, C. A. **Análisis de un sistema de cromatografía de campo para evaluación de calidad de suelos y compost en empresas asociadas a ECOFAS**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciencias Agropecuarias) - Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias, 2012.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

KOKORNACZYK, M. O. *et al.* Analysis of soils by means of Pfeiffer's circular chromatography test and comparison to chemical analysis results. **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 33, n. 3, p. 143-157, 2017.

LOWERY, B; HICKEY, W. J.; ARSHAD, M. A. L. R. Soil water parameters and soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. Methods for Assessing Soil Quality. **Soil Science Society of America Special Publication**, v. 49, p. 143-155, 1996.

MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002.

MELO FILHO, J. F. *et al.* Comportamento espectral de um LATOSSOLO AMARELO Coeso argissólico em função de seu uso e manejo. **Magistra**, v. 16, p. 105-112, 2004.

MELO, J. F. **Alternância como pedagogia na Escola Família Agrícola de Ladeirinhas-SE: possibilidades de construção de práticas sustentáveis**. 2013. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Sergipe, 2013.

MENDES, I. D. C.; REIS JUNIOR, F. B. (2004). **Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas.** *Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E).*

MUÑOZ AGUILLÓN, S. M. **Comparación del análisis químico convencional de suelos con la técnica de cromatografía para agricultura orgánica en transición.** 2013. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidad de El Salvador, 2013.

NEVES, A. J. **Mapeamento e Análise do Estágio de Conservação dos Remanescentes de Mata Atlântica no Município de Cruz das Almas, Bahia.** 2014. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas - BA, 2014.

PARKIN, T. B.; DORAN, J. W.; FRANCO-VIZCAINO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. **Methods for assessing soil quality**, 1996.

PARR, J. F. *et al.* Soil quality: attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 7, n. 1-2, p. 5-11, 1992.

PERUMAL, K. *et al.* Establishing a viable fertilizer quality detection system. **VFRC Report**, v. 4, p. 23, 2014.

PFEIFFER, E. **Chromatography applied to quality testing.** EUA: SteinerBooks, 1984.

PILON, L. C.; CARDOSO, J. H.; MEDEIROS, F. S. **Guia prático de cromatografia de Pfeiffer.** Embrapa Clima Temperado-Documentos (INFOTECA-E). Pelotas: Embrapa Clima Temperado: 2018.

PINHEIRO, S. **Cartilha da saúde do solo (Cromatografia de Pfeiffer).** Canoas: Salles Editora, 2011.

RESTREPO RIVERA, J.; PINHEIRO, S. **Cromatografía: imágenes de vida y destrucción del suelo.** Cali: Impresora Feriva: 2011.

RICE, C. W.; MOORMAN, T. B.; BEARE, M. Role of Microbial Biomass Carbon and Nitrogen in Soil Quality 1. **Methods for assessing soil quality**, n. methodsforasses, p. 203-215, 1996.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa: 2010.

SIKORA, L. J.; STOTT, D. E. Soil organic carbon and nitrogen. p. 157-167. *In:* DORAN, J. W.; JONES, A. J. **Methods for Assessing Soil Quality. Soil Science Society of America Special Publication**, v. 49, 1996.

SIQUEIRA, I. **Avaliação da fertilidade e vitalidade do solo pela cromatografia de Pfeiffer e seu potencial para motivar manejos agroecológicos.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, 2016.

SMITH, J. L.; DORAN, J. W. Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil

quality analysis. *In*: Methods for assessing soil quality. **Soil Science Society of America Madison**, v. 49, 1996.

SUMNER, M. E.; MILLER, W. P. Cation exchange capacity and exchange coefficients. **Methods of Soil Analysis**, Part 3, Chemical Methods, n. methodsofsoilan3, p. 1201-1229, 1996.

TENÓRIO, L. L. 11521-Curso de Cromatografia da Saúde do solo de Pfeiffer–a autocertificação camponesa. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, 2011.

TORRES, N. I. **Análisis del uso de la cromatografía como herramienta cualitativa de diagnóstico de la fertilidad del suelo en sistemas de producción agrícola**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Mosquera, 2017.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. **O solo como sistema**. Curitiba: edição dos autores, 2011.

WADT, P. G. S. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Embrapa Acre-Documentos (INFOTECA-E): 2003.