

**QUALIDADE DO SOLO ESTIMADA POR TÉCNICA DE BAIXO CUSTO:  
CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO AGRÍCOLA  
E AMBIENTAL DE SOLOS NA AGRICULTURA FAMILIAR**

**CALIDAD DEL SUELO ESTIMADA MEDIANTE TECNICA DE BAJO COSTO: LA  
CROMATOGRFÍA PFEIFFER COMO HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN  
AGRÍCOLA Y AMBIENTAL DE SUELOS EN LA AGRICULTURA FAMILIAR**

**SOIL QUALITY ESTIMATED BY LOW COST TECHNIQUE: PFEIFFER  
CHROMATOGRAPHY AS A TOOL FOR AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL  
ASSESSMENT OF SOILS IN FAMILY FARMING**

**Samuel Nunes da Cruz\***  
samuelnunesdacruz1997@gmail.com

**Zenilda Neris Ferreira\***  
nilda.neres2013@gmail.com

**Carlos Daniel Teixeira Silva\***  
carlosdani16if@gmail.com

**Jaisson Branco dos Santos\***  
jaissonbranco20@gmail.com

**Marcos Vieira de Oliveira\***  
oliveiramarcosvieira398@gmail.com

**Witória de Oliveira Araújo\*\***  
witoriaoli1234@gmail.com

**Maria Eduarda Severo dos Santos\***  
maduh.ifro@gmail.com

**Lucas Vieira Vilela\***  
lucasvieiravilela@gmail.com

**Rafaela Rigotti\***  
rafaela\_rigotti@hotmail.com

**Ana Emely da Silva Alvares\***  
alvaresana129@gmail.com

**Heber Fabris Emerick\***  
heber.f.emerick@gmail.com

**Ivanildo Amorim de Oliveira\***  
ivanildo.oliveira@ifro.edu.br

**Valeria Polese\***  
Valeria.polese@ifro.edu.br

**Ludmila de Freitas\***  
ludmila.freitas@ifro.edu.br

**Mirela Auxiliadora de Oliveira Felix\***  
miirelafelixxx@gmail.com

\*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Ariquemes/RO, Brasil

\*\*Universidade Federal da Paraíba, Areia/PB, Brasil

A Cromatografia de Pfeiffer é um indicador qualitativo do solo, de baixo custo, acessível e tem mostrado grande potencial nos estudos quando é comparado com métodos quantitativos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do solo pela metodologia da Cromatografia de Pfeiffer realizando um estudo comparativo com a metodologia convencional de avaliação dos atributos físicos e químicos em diferentes sistemas de uso do solo. Foram realizadas coletas de amostras de solos em áreas de café, cacau, horta e mata nativa para realização de análises químicas e físicas dos solos e de cromatografia de Pfeiffer no Assentamento Madre Cristina, no município de Ariquemes, Rondônia. A área de horta apresentou melhores condições químicas em razão dos elevados teores de nutrientes, porém, apresentou maior densidade do solo. A análise dos cromatogramas dos diferentes usos avaliados apresentou melhor qualidade para a área de mata nativa. A cromatografia de Pfeiffer é uma técnica eficiente que pode ser utilizada para avaliação qualitativa do solo sendo, portanto, uma alternativa à avaliação e monitoramento analítico de solos por pequenos agricultores.

**PALAVRAS CHAVE:** Sustentabilidade. Saúde do solo. Agroecologia.

### Resumen

La cromatografía de Pfeiffer es un indicador cualitativo del suelo accesible y de bajo costo que ha mostrado un gran potencial en los estudios en comparación con los métodos cuantitativos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad del suelo mediante la metodología de la Cromatografía de Pfeiffer, realizando un estudio comparativo con la metodología convencional para la evaluación de atributos físicos y químicos en diferentes sistemas de uso del suelo. Se recolectaron muestras de suelo en áreas de café, cacao, huertas y bosque nativo para realizar análisis químicos y físicos de suelo y cromatografía Pfeiffer en el Asentamiento Madre Cristina, en el municipio de Ariquemes, Rondônia. El área de la huerta presentó mejores condiciones químicas debido a los altos niveles de nutrientes, sin embargo, presentó mayor densidad de suelo. El análisis de los cromatogramas de los diferentes usos evaluados mostró mejor calidad para el área de bosque nativo. La cromatografía de Pfeiffer es una técnica eficiente que se puede utilizar para la evaluación cualitativa del suelo y, por lo tanto, es una alternativa al monitoreo y evaluación analíticos del suelo por parte de los pequeños agricultores.

**PALABRAS CLAVE:** Sustentabilidad. Salud del suelo. Agroecología.

### Abstract

Pfeiffer Chromatography is a low-cost, accessible qualitative soil indicator that has shown great potential in studies when compared with quantitative methods. The objective of this work was to evaluate soil quality using Pfeiffer's Chromatography methodology, carrying out a comparative study with the conventional methodology for evaluating physical and chemical attributes in different land use systems. Soil samples were collected in areas of coffee, cocoa, vegetable gardens and native forest to carry out chemical and physical analyzes of the soil and Pfeiffer chromatography in the Madre Cristina Settlement, in the municipality of Ariquemes, Rondônia. The garden area presented better chemical conditions due to the high levels of nutrients, however, it presented higher soil density. The analysis of the chromatograms of the different evaluated uses showed better quality for the native forest area. Pfeiffer's chromatography is an efficient technique that can be used for qualitative soil evaluation and is therefore an alternative to soil analytical monitoring and evaluation by small farmers.

**KEYWORDS:** Sustainability. Soil health. Agroecology.

## 1. Introdução

A introdução de práticas agrícolas em solos antes ocupados por vegetação nativa pode causar alterações nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Nesse contexto, a avaliação da qualidade do solo é uma ferramenta importante para monitorar a sua degradação bem como planejar a implantação de práticas sustentáveis de manejo. O conceito qualidade do solo (QS) é relativamente recente e tem sido utilizado para avaliar a sustentabilidade de diferentes práticas de manejo no solo.

As práticas de manejo do solo e das culturas provocam alterações nos atributos do solo, que podem significar perda de qualidade, afetando a sustentabilidade ambiental e econômica da atividade agrícola. A compreensão e a quantificação do impacto do uso e manejo do solo na sua qualidade são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis (DEXTER, 1992).

Segundo Donagema et al. (2011) no meio científico há um vasto número de métodos (quantitativos e qualitativos) que possibilitam analisar múltiplas dimensões dos solos e suas respectivas interferências sobre os componentes do agroecossistema. Esses métodos exigem conhecimentos, habilidades, infraestrutura e equipamentos que demandam das instituições um grande esforço. Nesse contexto, a rápida avaliação da QS é importante estratégia no planejamento agrícola, possibilitando a identificação e o aprimoramento de sistemas de manejo com características de alta produtividade e de preservação ambiental (AMADO et al., 2007; BALOTA, 2018). Nesse sentido, o estudo e a utilização de métodos mais acessíveis inerentes a análise da qualidade do solo é essencial, pois, se trata de um importante indicador do manejo de terras agrícolas e, conseqüentemente, da sustentabilidade dos agroecossistemas (CARDOSO; FÁVERO, 2018).

Dentro dessa perspectiva, a Cromatografia de Pfeiffer (CP) pode ser utilizada no monitoramento de agroecossistemas como indicadora de qualidade dos solos. A avaliação da qualidade de solos através da CP tem demonstrado ser uma interessante ferramenta de análise, por ser uma ferramenta de baixo custo, o que facilita o acesso direto dos agricultores e por apresentar, a princípio, formas simples de análise, o que também contribui para a autonomia do agricultor no processo de identificação da qualidade dos seus solos, conforme ressaltado por Melo et al. (2019a). A CP é uma técnica que pode ser utilizada na avaliação qualitativa do solo tanto de ecossistemas e agroecossistemas. É possível avaliar os componentes minerais, orgânicos e proteicos presentes no sistema, possibilitando quando necessário, ajustes de manejo (GRACIANO, 2018). No entanto, segundo o mesmo autor, a CP, é uma ferramenta pouco conhecida por agricultores e técnicos e não difundida na academia, pois ainda carece de estudos para sua padronização e validação científica

Assim, objetivou-se avaliar a qualidade do solo pela metodologia da Cromatografia de Pfeiffer realizando um estudo comparativo com a metodologia convencional de avaliação dos atributos físicos e químicos em diferentes sistemas de uso do solo no Assentamento Madre Cristina, no município de Ariquemes, RO.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Caracterização das áreas de estudo

A área do estudo está localizada no Assentamento Madre Cristina, no município de Ariquemes, estado de Rondônia, região do Vale do Jamari, a 200 km da capital do estado, Porto Velho, com as respectivas coordenadas geográficas 09° 54' 48" S e 63° 02' 27" W, com altitude média de 142 m (Figura 1). As classes de solos que predominam no local são Latossolos, Argissolos e em algumas regiões Gleissolos (SANTOS, et al, 2018), sendo o clima segundo classificação de Köppen, pertencente ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso), e tipo climático Awi, transição entre os tipos Af e Aw, quente e úmido, com temperatura média de 25°C, precipitação pluviométrica média anual de 2.290 mm, e a umidade relativa do ar apresenta uma média de 81,02% (CARVALHO et al., 2016) e cobertura vegetal predominante é a Floresta Tropical Densa e Aberta (BRASIL, 1978).

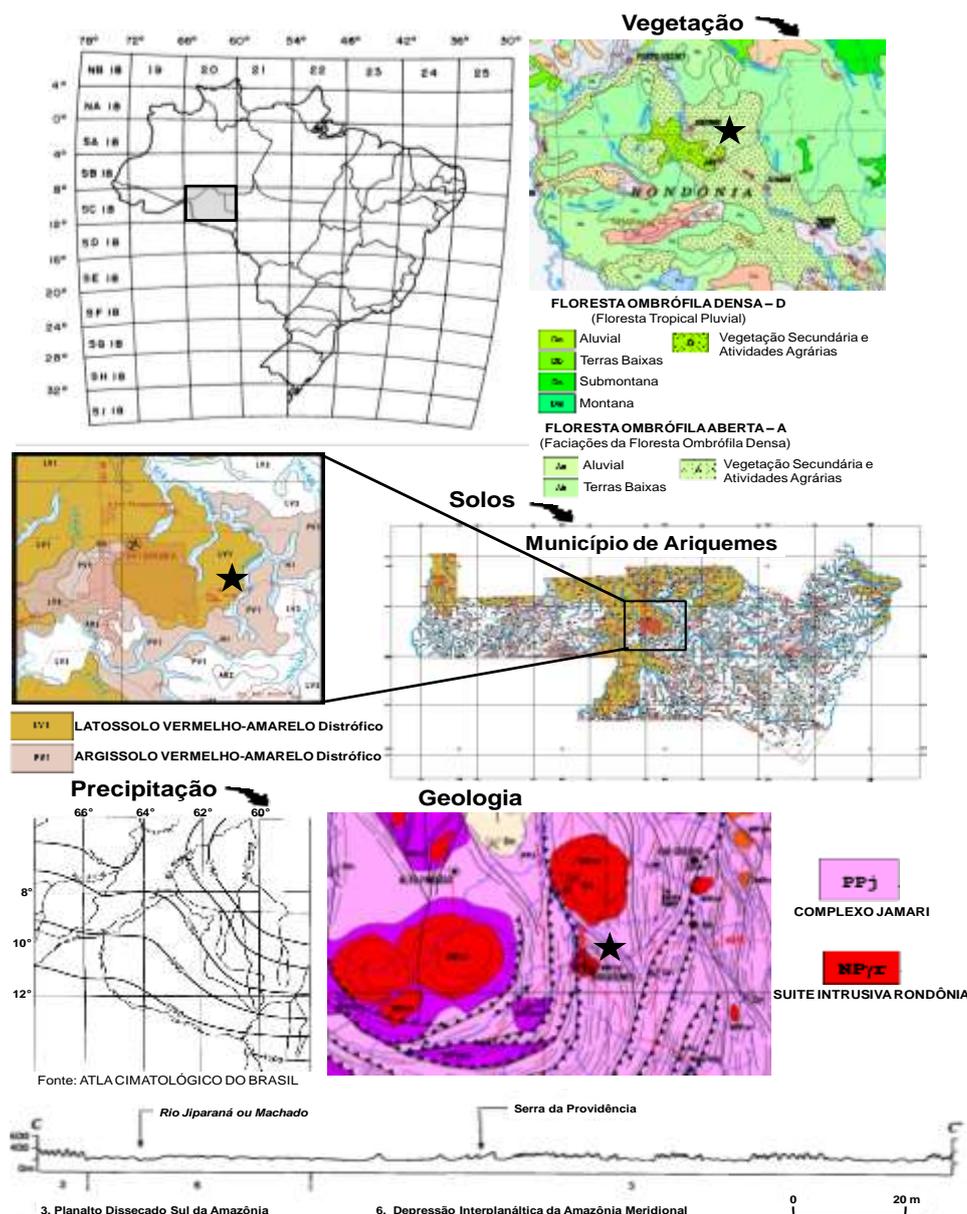


Figura 1. Mapa de localização e perfil esquemático mostrando a vegetação, relevo e as classes de solos na região do Vale do Jamari, Rondônia, = Localização aproximada do assentamento Madre Cristina. Fonte: Adaptado de BRASIL (1978) e CARVALHO et al. (2016).

## 2.2. Metodologia de campo

As coletas de solo foram realizadas em áreas de cacau, café, horta e mata nativa. Foram coletadas aleatoriamente em campo, com auxílio de enxadão, quatro amostras compostas deformadas e quatro amostras compostas indeformadas na camada de 0,0-0,20 m de profundidade, conforme indicada em estudo de Kondo e Dias Júnior (1999). Para culturas perenes (cacau e café) a coleta também ocorreu na camada de 0,20-0,40 m de profundidade (Figura 2).



Figura 2. Coleta de amostras de solo nas áreas com cultivo no Assentamento Madre Cristina, Ariquemes-RO. A) Abertura de trincheira para coleta de amostras indeformadas de solo; B) Coleta de anel para a determinação da densidade do solo, macro e microporosidade do solo; C) Resistência a penetração do solo; D) Coleta de amostra indeformada de solo para a realização dos agregados do solo. Fonte: Equipe do projeto (2021).

Após a coleta as amostras de solo foram secas à sombra (TFSA). De acordo com os métodos propostos por Teixeira et al. (2017) foram avaliados os atributos químicos do solo: pH (água), matéria orgânica do solo (MOS),  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , disponibilidade de P, a acidez potencial (H+Al),  $Al^{3+}$  e calculados a soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por alumínio (m%) e saturação por bases (V%).

Nas análises físicas foram determinados densidade do solo, microporosidade, macroporosidade, porosidade total e granulometria conforme proposto por Teixeira et al. (2017). A determinação da estabilidade de agregados do solo foi realizada de acordo com Kemper e Chepil (1965) e a Resistência do Solo a Penetração (RP) foi realizada em campo utilizando um penetrômetro de impacto graduado modelo Stolf (STOLF et al., 2012).

### 2.3. Análise por meio da cromatografia de Pfeiffer

Os procedimentos para a CP foram realizados nos Laboratórios de Química do IFRO *Campus* Ariquemes. As amostras de solos foram peneiradas, maceradas, pesadas 5 gramas e solubilizadas no extrator de hidróxido de sódio (NaOH) a 1%, repousando posteriormente, por seis horas. Ressalta-se que o NaOH atua como dispersante e extrator das substâncias ativas presentes no solo para a solução líquida (PILON; CARDOSO; MEDEIROS, 2018). Para obtenção dos hologramas, foi utilizado o papel-filtro circular Jprolab® 41 faixa preta de 15 cm, onde foi realizada uma impregnação com substância foto-reativa de nitrato de prata ( $AgNO_3$ ) a 0,5% (solução preparada) e colocadas para secar no escuro, conforme Figura 3. Optou-se por realizar essa etapa no dia anterior devido à alta umidade local a fim de evitar erros na impregnação pelo nitrato de prata no papel-filtro (PILON; CARDOSO; MEDEIROS, 2018).



Figura 3. Preparação das amostras de solo para a realização das análises por meio da Cromatografia de Pfeiffer. A) Papel filtro com a solução de  $\text{AgNO}_3$ ; B) Papel-filtro colocado para secar no escuro. C) Amostra em repouso após 6 horas. D) Amostras preparadas com o sobrenadante. E) Sobrenadante em contato com o papel-filtro; F) Componentes do solo se separando por capilaridade. Fonte: Equipe do projeto (2021).

No dia seguinte, com as amostras pesadas, 5 gramas de solo no recipiente de vidro, adicionou-se  $50 \text{ mL}^{-1}$  de solução de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) a 1%. Em seguida foram realizadas seis séries com seis giros para a esquerda e seis giros para a direita de forma a homogeneizar a mistura da amostra. A solução homogeneizada ficou em descanso por quinze minutos e após, repetiu-se o mesmo procedimento na amostra. Novamente a solução descansou por uma hora e após, repetiu-se a mistura. Por fim, a mistura descansou por seis horas. Após as 6 horas com as amostras em repouso foi coletado o sobrenadante (5 ml) de cada amostra e colocadas em contato com o papel-filtro impregnado, sendo separadas por capilaridade as frações do extrato do solo (Figura 3) (PILON; CARDOSO; MEDEIROS, 2018).

Os componentes do solo serão separados por capilaridade, formando a figura cromatográfica (PINHEIRO, 2015) conforme apresentado na Figura 4.

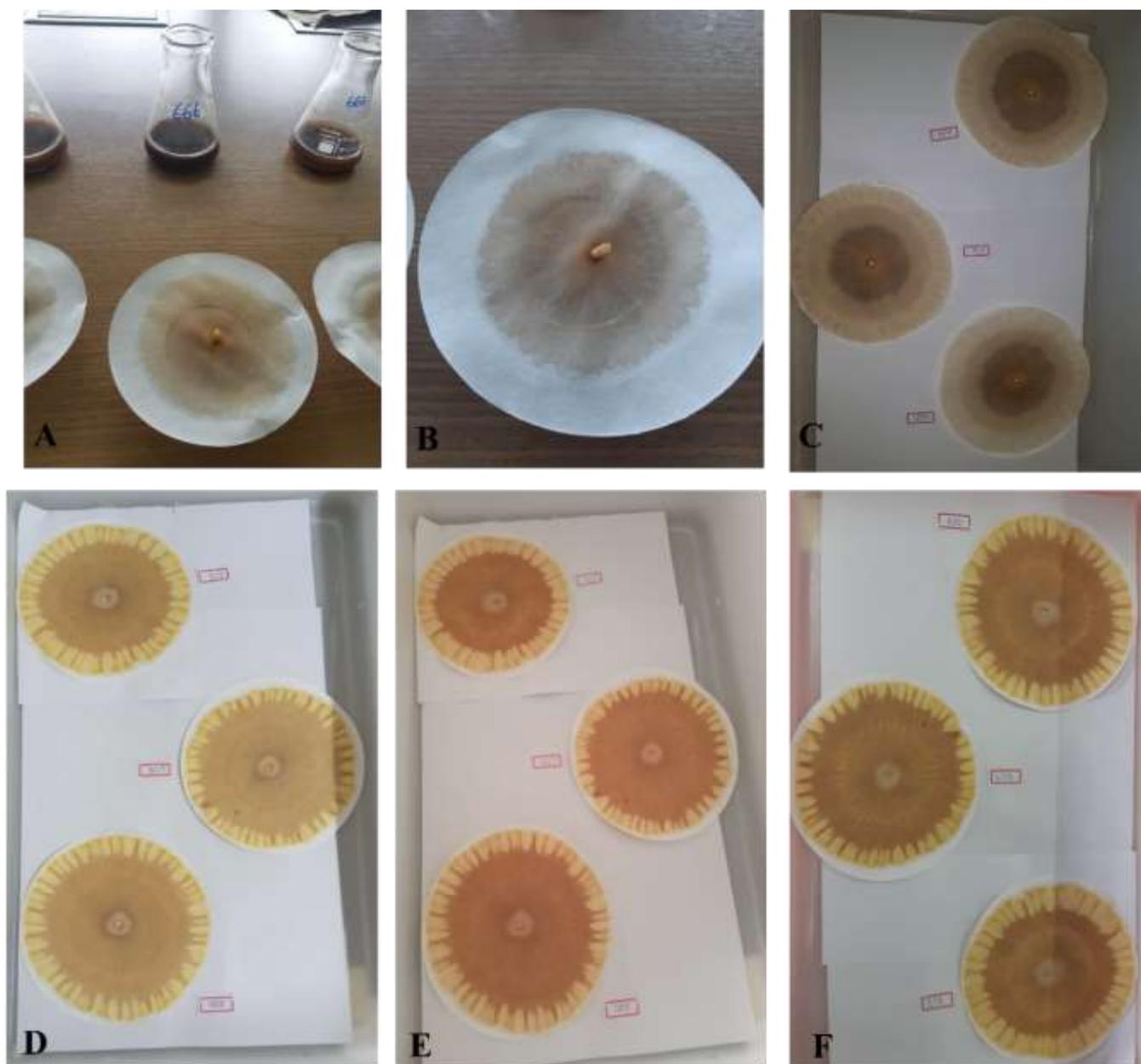


Figura 4. Preparação das amostras de solo para a realização das análises por meio da Cromatografia de Pfeiffer. A) e B) Formação da figura cromatográfica; C) Cromatogramas após a impregnação; D) Cromatogramas após 1 dia da impregnação; E) Cromatogramas após 2 dias da impregnação; F) Cromatogramas após 3 dias da impregnação formando a figura cromatográfica. Fonte: Equipe do projeto (2021).

Como forma de análise dos resultados, as figuras geradas foram divididas em zonas (do centro à extremidade) e a ligação entre zonas (abrupta ou gradativa), como exemplificado na Figura 5. A precipitação desta reação ocorre a várias distâncias do ponto de aplicação. A distância, o padrão, a cor e a forma de reação na área são significativamente que se usou na interpretação das substâncias contidas no extrato (PILON; CARDOSO; MEDEIROS, 2018).

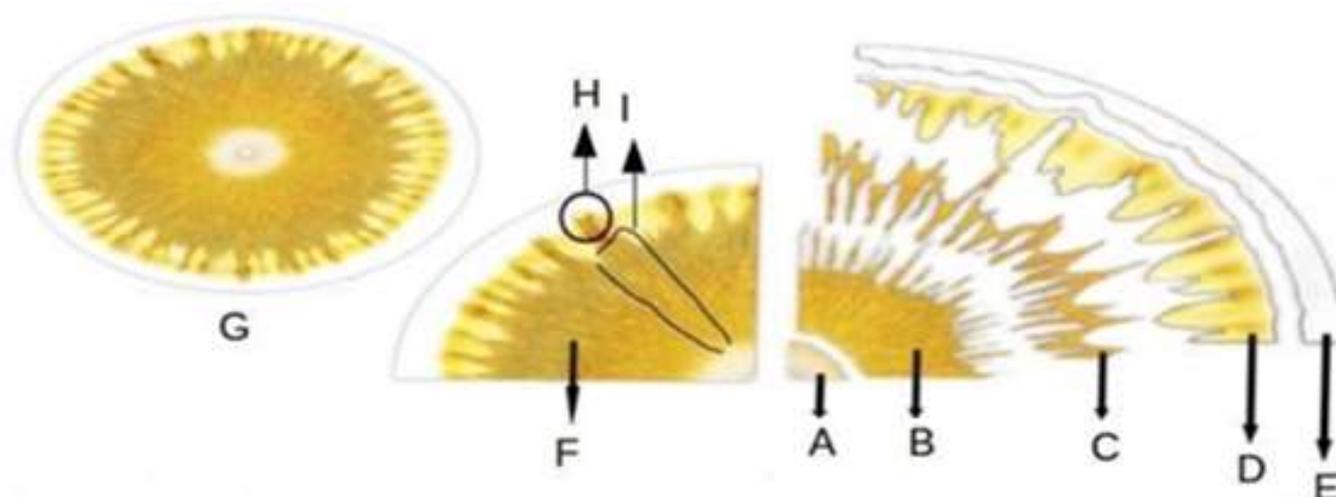


Figura 5. Exemplo de divisão em zonas no cromatograma: A: Zona Central (ZC); B: Zona Interna (ZI); C: Zona Intermédia (ZI); D: Zona Externa (ZE); E: Zona Periférica (ZP), para anotações; F: indica a ligação entre zonas; G: figura de um cromatograma de um solo saudável; H: explosão em nuvem, indica disponibilidade de nutrientes; I: são os radiais, ligados a diversidade e complexidade enzimática e frações húmicas. Fonte: Rivera e Pinheiro (2011).

Por meio de uma escala cromatográfica foi levado em consideração cinco aspectos para determinar a fertilidade e a saúde do solo: cor geral do cromatograma; forma e cor da zona central, forma e complexidade das formações radiais; interação entre as principais zonas formadas no cromatograma, forma e características relacionadas a zona externa e suas terminações, conforme Rivera e Pinheiro (2011). Todos os padrões gerados pela CP, obtidos na presente atividade foram avaliados em três zonas em forma de anel localizadas em torno da perfuração central: (i) a zona central (ZC), caracterizada pelo seu tamanho e pela cor clara a claro cremoso, apontando questões inerentes a estrutura do solo; (ii) a zona interna (ZI), zona mineral e da matéria orgânica, definida com ou sem integração com as zonas anterior e posterior, e, na periferia do padrão; a zona externa (ZE): zona da atividade e diversidade microbiana e atividade húmica, presença de dentes diversificados e/ou, em muitos casos, apenas deficientemente visível, conforme Melo et al. (2019 a) .

Para facilitar a interpretação dos cromas foi utilizada uma escala cromatográfica, conforme Melo et al. (2019b). Nesta escala, consideraram-se as zonas do cromatograma e sua harmonia entre elas, utilizando um sistema de cores para estabelecer as categorias que traduzem, de forma pictórica, a interpretação dos cromatogramas: as categorias 1 e 2 correspondem ao vermelho (deficiente), 3 ao amarelo (suficiente), 4 ao verde (bom) e 5 ao azul (excelente). Para à análise da interpretação dos cromatogramas foram considerados os critérios usados por Rivera e Pinheiro (2011) e Pinheiro (2015).

## 2.4. Análise Estatística

Todas as variáveis foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) e de homogeneidade de Bartlett (BARTLETT, 1937) por meio da análise dos resíduos. Posteriormente fez-se a análise de variância para verificação de diferenças entre os ambientes estudados (floresta e uso agrícola) e, quando significativos as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Para as análises foi utilizado o pacote computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

## 3. Resultados e Discussões

### 3.1. Dados analíticos

Analisando a Tabela 1, é possível observar que os valores de alguns atributos químicos dos solos variaram significativamente entre os diferentes usos do solo.

Tabela 1. Valores médios dos atributos químicos do solo nas diferentes áreas estudadas.

Nutrientes	Unidade	ÁREAS					
		0,0 – 0,20 m			0,20 – 0,40 m		
		Café	Cacau	Mata	Horta	Café	Cacau
pH	H <sub>2</sub> O	5,49 A	5,63 A	5,49 A	5,75 A	5,00 A	5,04 A
P	mg kg <sup>-1</sup>	1,60 B	2,31 B	2,38 B	45,25 A	0,9 A	1,06 A
Ca <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	2,54 B	2,99 B	3,21 B	6,85 A	0,91 A	0,52 A
Mg <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,55 BC	0,94 B	1,47 AB	1,93 A	0,25 A	0,29 A
K <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,03 B	0,02 B	0,02 B	0,34 A	0,01 A	0,01 A
Na <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,01 A	0,005 A	0,01 A	n.e	n.e	n.e
Al <sup>3+</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,18 A	0,15 A	0,19 A	n.d	0,23 A	0,34 A
H+Al	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	4,62 B	4,73 B	6,66 A	4,09 B	3,25 A	3,65 A
SB	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	3,13 B	3,96 B	4,71 B	9,12 A	1,16 A	0,82 A
T	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	7,74 BC	8,69 BC	11,37 AB	13,21 A	4,41 A	4,47 A
V	%	40,37 B	44,65 B	40,88 B	68,26 A	26,15 A	18,22 A
m	%	6,16 A	4,17 A	4,75 A	n.d	18,51 A	32,07 A
MOS	g kg <sup>-1</sup>	117,63 A	116,99 A	126,69 A	35,34 B	83,21 A	87,97 A
COT	g kg <sup>-1</sup>	68,23 A	67,86 A	73,49 A	20,50 B	48,27 A	51,03 A

Legenda: MOS = matéria orgânica do solo; K<sup>+</sup> potássio; Ca<sup>2+</sup> = cálcio; Mg<sup>2+</sup> = magnésio; P = fósforo disponível; H+Al = acidez potencial; Al<sup>3+</sup> = alumínio trocável; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca de cátions; m% = saturação por alumínio; V% = saturação por bases. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %. n.e = não estimado; n.d = não detectado.

Para valores de pH não foram verificadas diferenças estatísticas significativas entre os sistemas de cultivo. Os valores de pH variaram de 5,00 a 5,49 estes estão próximos da faixa considerada ideal para a maioria das culturas (5,5 a 6,5), conforme destacado e recomendado por Ribeiro, Guimarães e Alvarez V. (1999).

Os teores de Ca<sup>2+</sup> não diferiram entre as áreas. Enquanto os teores de P, K<sup>+</sup> e Mg<sup>2+</sup> diferiu entre os diferentes usos do solo, sendo a horta o tipo de uso do solo com maior teor de K<sup>+</sup> e P, e a horta e a mata os usos com maiores teores de Mg<sup>2+</sup>, considerando a profundidade de 0,0-0,20 m. Possivelmente, os valores elevados desses nutrientes na horta seja devido às aplicações de calcário na calagem e às contínuas aplicações de adubos orgânicos realizadas pelos agricultores. Quanto ao Na<sup>+</sup> não houve diferença estatística entre as áreas nas duas profundidades e usos avaliados.

Os teores de Al<sup>3+</sup> não diferiram entre os usos do solo avaliados. Para a acidez potencial (H+Al) houve variação entre os usos, com os maiores valores observados na mata (profundidade de 0,0-0,20 cm), indicando que a diferença na acidez potencial nesse ambiente deve-se ao maior valor de H<sup>+</sup>. Isso se explica pelo maior teor de matéria orgânica quantificado na mata (Tabela 1) não diferir estatisticamente entre os tipos de uso, pois a matéria orgânica do solo tem vários grupos funcionais, especialmente os grupos carboxílicos e fenólicos, que podem liberar o H<sup>+</sup> que irá compor os íons envolvidos na capacidade de troca de cátions do solo (CTC) (SOUZA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007). Por outro lado, segundo Cardozo (2008), os elevados teores de H+Al decorrem dos altos teores de carbono orgânico verificado nas áreas. Para Tibau (1984) a matéria orgânica é uma fonte de prótons H<sup>+</sup> que tendem a acidificar os solos. Já a saturação por alumínio (m%) não diferiu entre as áreas, tendo valores baixos em todos as áreas.

Os valores de SB, T e V% seguem a tendência dos valores descritos para K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, os quais possuem maiores valores para a horta, uma vez que esses nutrientes são preditores para os cálculos dessas variáveis (SB, T e V%). À medida que se reduziu a saturação por bases nos demais estudos, o pH também diminuiu o que caracteriza acidez elevada. A V% e CTC mais elevada na horta estão relacionadas às atividades de calagem e adubação realizadas nestes ambientes.

As mudanças nos sistemas estudados influenciaram a concentração de matéria orgânica no solo (Tabela 1). De modo geral, os valores de MO foram maiores nas camadas superficiais, à exceção da horta, e se diferenciando das camadas subsuperficiais. Resultados semelhantes já haviam sido observados por Araújo et al. (2004) e Silva, Silva Júnior e Melo (2006). Os valores de MOS foram estatisticamente maiores na mata, cacau e café nas duas profundidades avaliadas. Esse resultado indica uso intensivo com culturas olerícolas na área de horta. O uso intensivo dos solos pode ocasionar a diminuição nos teores de MOS, pois segundo Costa et al. (2013) e Khorramdel et al. (2013), nos sistemas agrícolas o manejo adotado tem grande influência nos estoques de MOS, podendo diminuir, manter ou aumentar esses estoques em relação à vegetação nativa.

Os teores de carbono orgânico total no solo (COT) nos diferentes sistemas estudados apresentaram padrão de variação semelhante àquele dos valores de MOS (Tabela 1). Os maiores teores de carbono no solo, para a camada de 0,0-0,20 m foram encontrados para a mata nativa, cacau e café em relação à área cultivada com horta. Este fato, segundo Barros et al. (2013), justifica-se pelo maior aporte de material orgânico na superfície do solo, proveniente da queda de folhas, galhos e da casca de árvores, somando-se aos resíduos das colheitas nas áreas cultivadas, formando a manta orgânica e a maior densidade de raízes finas.

Quanto aos atributos físicos, nota-se que a textura do solo não variou entre os usos, apresentando textura média em todos os ambientes, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios dos atributos físicos do solo nas diferentes áreas estudadas.

Nutrientes	Unidade	ÁREAS						
		Café	Cacau	Mata	Horta	Café	Cacau	Mata
		-----Profundidade 0,00 – 0,20 m-----			--Profundidade 0,20 – 0,40 m --			
Areia	g kg <sup>-1</sup>	169,38 B	414,25 A	389,00 A	424,25 A	130,88 B	289,88 A	230,88 A
Silte	g kg <sup>-1</sup>	498,12 A	363,25 B	271,00 BC	270,75 C	401,63 A	420,13 A	216,63 B
Argila	g kg <sup>-1</sup>	332,50 A	222,50 A	340,00 A	305, A	467,50 A	290,00 B	552,50 A
Ds	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	1,32 B	1,41 AB	1,31 B	1,61 A	1,33 A	1,49 A	1,31 A
Macro	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	9,49 A	7,31 A	9,79 A	7,41 A	6,43 A	6,37 A	9,35 A
Micro	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	38,73 A	39,61 A	42,28 A	37,98 A	44,37 A	41,82 A	44,45 A
PT	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	48,22 A	46,92 A	52,07 A	45,39 A	50,80 AB	48,19 B	53,80 A
DMG	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	1,82 A	3,12 A	3,36 A	4,27 A	1,87A	2,95 A	3,57 A
DMP	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	3,25 A	4,24 A	4,39 A	5,32 A	3,06A	4,05 A	4,59 A
> 2,00 mm	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	50,9 B	69,98 AB	76,05 AB	89,84 A	47,54A	67,15 A	76,80 A
2,00-1,00 mm	%	12,84 A	9,45 AB	6,41 AB	0,72 B	11,31A	8,74 A	9,02 A
<1,00 mm	%	36,26 A	20,57 AB	17,54 AB	9,44 B	41,15A	24,12 A	14,17 A

Letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %. Legenda: Ds: densidade do solo; Macro: macroporosidade; Micro: microporosidade; PT: Porosidade total; DMG: diâmetro médio geométrico; DMP: Diâmetro médio ponderado; > 2,00 mm: diâmetro do agregado > 2,00 mm; 2,00-1,00 mm: diâmetro do agregado entre 2,00-1,00 mm; <1,00 mm: diâmetro do agregado > 1,00 mm

Os valores de porosidade do solo, macro, micro e porosidade total do solo não se diferenciaram estatisticamente entre as áreas de solo avaliados em relação à área da mata, na profundidade de 0,0-0,20 cm. Isso evidencia que as práticas de uso do solo não alteraram estes atributos nas áreas cultivadas. No entanto, a PT diferiu entre as áreas na camada 0,20-0,40 m de profundidade, sendo maior na área de mata. Assim, neste ambiente sem uso agrícola ocorre menor compactação, menor adensamento das partículas primárias e, conseqüentemente, maior porosidade total no solo, enquanto estes atributos, tentem a apresentar valores limitantes, à medida que se aumenta a intensidade de cultivo, conforme encontrado por Wendling et al. (2012) e Silva et al. (2015).

Já quanto à Ds verificou-se na horta os maiores valores, diferenciando-se estatisticamente das demais áreas. Segundo Steinbeiss et al. (2009), a menor densidade do solo nas áreas com mata nativa deve-se aos elevados teores de carbono orgânico e de intensa atividade biológica (fauna e raízes), que constrói canais, cavidades e galerias. O aumento da densidade do solo na área cultivada também pode ser explicado pelo tempo de cultivo na área em estudo.

Quanto aos teores de DMG e DMP, não houve diferença estatística entre as áreas avaliadas. Já para a porcentagem de agregados, constatou-se diferença significativa para a classe > 2,00 mm para a área de horta, evidenciando que o uso intensivo do solo além de alterar a Ds (por compactação) proporcionou maior adensamento das partículas do solo e maior resistência à desagregação, devido à maior Ds e ao menor teor de MO, atributos estes relacionados à agregação das partículas do solo. Isso fica mais evidente, quando se observa menores valores de porcentagem de agregados na classe <1,00 mm para a área de horta, o que sugere que as partículas dos solos, uma vez adensadas, possuem maior resistência à desagregação e ficam mais retidas nas classes superiores de agregados.

Conforme observa-se na Tabela 3, não houve diferença significativa entre as áreas nas profundidades avaliadas para a RP. Porém, os valores são considerados elevados para os cultivos, mesmo na área de mata, exceto na área de mata na camada de 0,0-0,10 m, o que pode ser explicado em razão da ausência de atividades que proporcionam o adensamento do solo, e conseqüentemente, menores valores de RP nesta profundidade. A RP aumentou em profundidade, conforme também verificado por Oliveira et al. (2014) em avaliação da RP em épocas chuvosa e seca em áreas sob cultivo de cana-de-açúcar na região amazônica. Assim, os elevados valores de RP nas camadas mais profundas, até mesmo na mata, pode ser devido à acomodação de partículas ao longo dos anos, a grande adição de resíduos e a ausência de revolvimento podem se refletir em maior coesão entre as partículas e agregados do solo (SOANE, 1990), contribuindo para obtenção de médias elevadas desse atributo físico do solo. Em seu trabalho, Dexter (1987) afirma que a compactação do solo é mais prejudicial em solo seco e em condições de maior umidade no solo pode haver crescimento radicular mesmo em valores de RP superiores a 4,0 MPa. Já Hamza e Anderson (2005) citam que valores de RP entre 2 MPa e 3 MPa são considerados limitantes ao desenvolvimento radicular de várias culturas.

Tabela 3. Resistência do solo a penetração para as áreas estudadas.

Profundidade m	ÁREAS			
	Café	Cacau	Mata	Horta
	MPa			
0,0-0,10	2,21 A	2,25 A	1,88 A	2,13 A
0,10-0,20	3,84 A	3,59 A	3,41 A	2,82 A
0,20-0,40	3,58 A	3,80 A	3,58 A	3,02 A

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

### 3.2. Cromatografia de Pfeiffer

A análise da qualidade do solo indicou boas características das diferentes zonas, da coloração e integração dos cromatogramas, demonstrando que os solos do assentamento estão com boas condições de qualidade e sustentabilidade (Figura 6).

A CP, segundo Pinheiro (2015) é um holograma do solo em que permite visualizar a dinâmica da biologia edáfica e sua interação entre a física (estrutura) e a química do solo (minerais e matéria orgânica). Antes de interpretar a CP, faz-se necessário assumir os princípios de que a zona e sua forma, possuem cores que variam do castanho-escuro a prata. Pode-se analisar o cromatograma através de reações químicas, físicas e biológicas, pois o fundamental na interpretação é a harmonia entre as diferentes zonas para a leitura completa do metabolismo e desenvolvimento da vida, conforme Miranda, Salla e Araújo (2018).

A zona central (ZC), indica a aeração, estrutura e densidade do solo. Na área de café a aeração, estrutura e densidade estão adequadas, contudo pode ser melhorada, com melhores práticas de manejo. Nas áreas de cacau e horta foram obtidas cores avermelhadas, o que indica deficiência. Por outro lado, na área de mata foi verificada coloração esverdeada, o que representa boa qualidade (pode ser observado pelo maior tamanho da zona central). Esse fato indica resultado positivo para a estrutura do solo, boa aeração e, conseqüentemente melhor troca de oxigênio e gás carbônico do solo com a atmosfera (PINHEIRO, 2015). Essas condições são constatadas pelo tamanho, pela coloração da ZC e por sua harmonia com a ZI (Figura 6). Ainda é importante ressaltar que todas as áreas avaliadas são manejadas somente com ferramentas manuais, sendo que os resíduos das culturas são depositados nos solos para servirem de cobertura morta, o que influencia diretamente a aeração e a estrutura do solo. Essas condicionantes da CP são ótimos indicadores do uso e da qualidade do solo devido à sua sensibilidade às práticas de uso e manejo adotadas no assentamento.

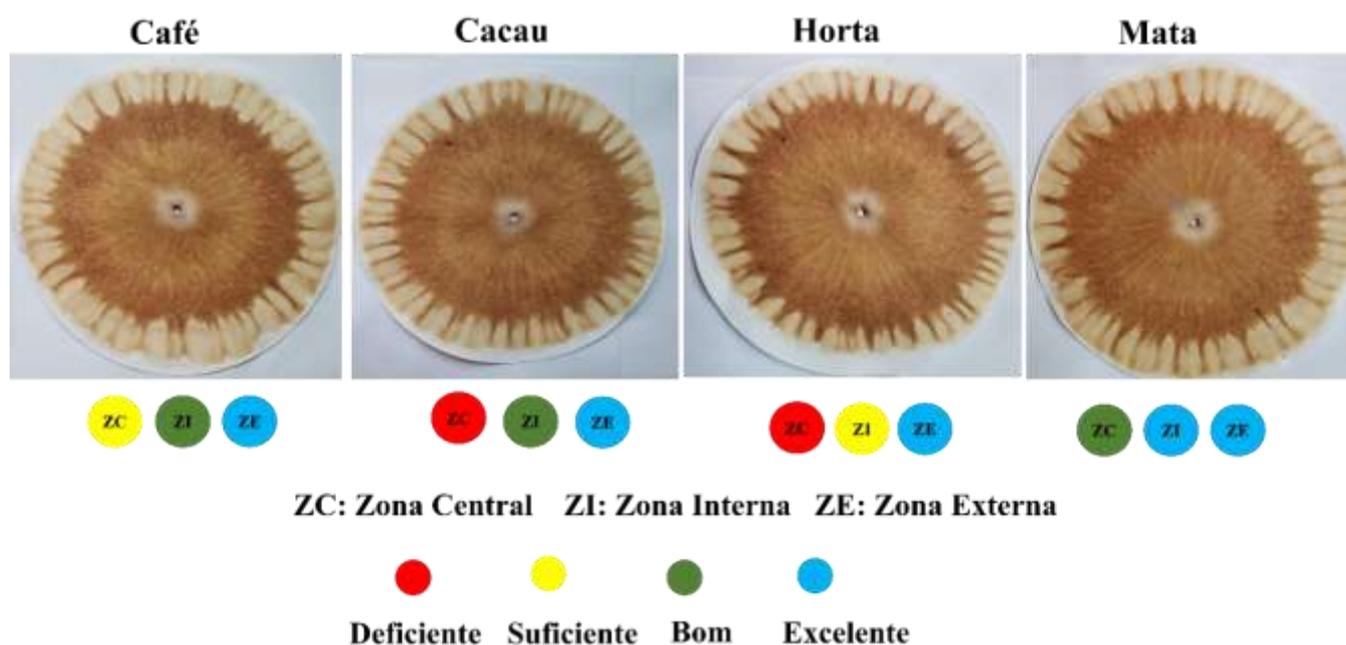


Figura 6. Cromatogramas das áreas com cultivo de café, cacau, horta e da mata nativa. Fonte: Equipe do projeto e adaptado de Melo et al. (2019a).

Para a avaliação da zona interna (ZI), que indica atividade dos minerais e matéria orgânica, observa-se que a mata está em condição excelente (azul), e conseqüentemente há maior integração entre as ZC e ZE. Isso aponta a favorável condição de desenvolvimento e disponibilidade mineral e o maior teor de matéria orgânica estabilizada, conforme destaca Melo et al. (2019b). Nas áreas com cultivo de cacau e café obteve-se o parâmetro bom com a cor verde, o que representa boa qualidade. Já na horta a condição foi aceitável, possuindo moderada integração com as demais zonas e favorecendo, minimamente, a disponibilidade de minerais e a presença da matéria orgânica. Esses resultados, podem ser verificados nas análises laboratoriais, a qual demonstra que há menor disponibilidade de MO na horta (Tabela 1).

Em relação à Zona externa (ZE) que se refere aos parâmetros proteicos e enzimáticos do solo, em todas as áreas obteve-se a coloração azul considerado parâmetro excelente. Este resultado aponta para boa formação dos dentes, indicando boa atividade proteica de enzimas. A maioria das transformações metabólicas no solo é catalisada pelas enzimas, sendo componentes da microbiota do solo e estando presente ao complexo mineral, possuem funções específicas e são produzidas pelos microrganismos, conforme ressaltado por BALOTA (2018).

Além das áreas de mata, cacau, café e horta, nas quais foram feitos os cromatogramas e as análises laboratoriais, fez-se mais 3 cromatogramas das seguintes áreas: uma área com horta que está sendo implantada uma estufa (horta estufa), uma área com produção de abóbora e outra com cará, conforme Figura 7.

É possível observar que nas três áreas ficou evidente a divisão das zonas não havendo interação entre as mesmas. Na ZC, as áreas obtiveram cor verde indicando boa estrutura e aeração do solo. Porém, na ZI, foi possível observar a não integração entre as ZC e ZE, apontando que condição de desenvolvimento e disponibilidade mineral, no qual o teor de matéria orgânica é suficiente, embora deva ser melhorada. Já na ZE, todas as áreas obtiveram a coloração azul, considerado parâmetro excelente, apontando boa formação dos dentes e indicando boa atividade proteica de enzimas (Figura 7).

De forma geral, os cromatogramas tiveram as aparências harmônicas desejáveis com ótima integração entre todas as zonas. Além disso, as cores dos cromatogramas também podem ser associadas para a qualidade biológica dos solos, desde um marrom escuro opaco para uma cor mais viva (RIVIERA, MONTEIRO, 2011) De acordo com Miranda et al. (2017), quanto maior a interação entre as zonas no cromatograma, e quanto menos possamos distingui-las nitidamente, melhor é a qualidade do solo e sua harmonia funcional.

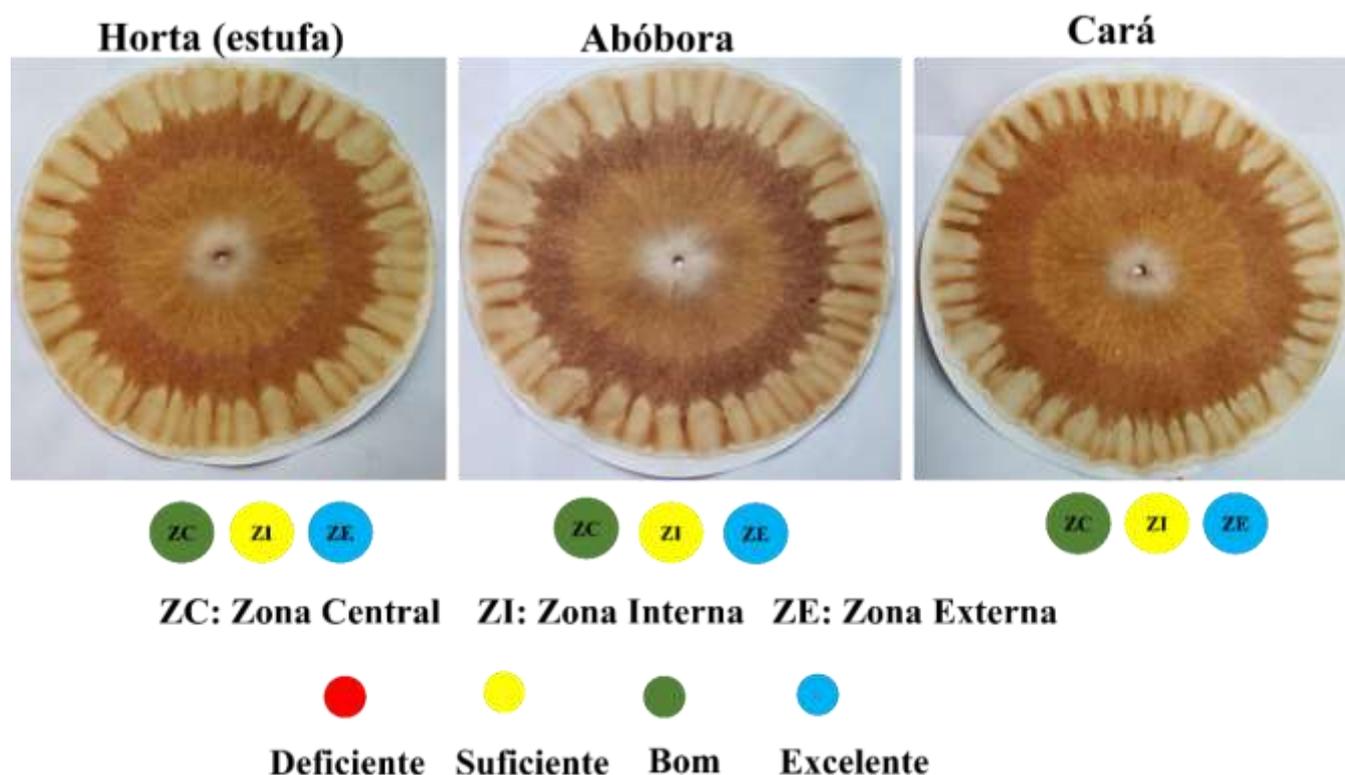


Figura 7. Amostras coletadas apenas para análise de cromatogramas de áreas de produção. Fonte: Equipe do projeto e adaptado de Melo et al. (2019a).

A cromatografia se mostrou não somente um método complementar à análise convencional, comumente realizada para avaliar a fertilidade dos solos, mas como uma ferramenta com outra perspectiva de enfoque à dinâmica edáfica, sendo essa diretamente ligada à saúde de um agroecossistema produtivo e dinamicamente sustentável do ponto de vista ambiental, conforme também observado por Miranda et al. (2018).

## 4. Conclusão

Com base nos resultados analíticos e a Cromatografia de Pfeiffer, os solos, de forma geral, apresentam boa qualidade, com atributos físicos e químicos próximos ao exigidos pelas culturas, demonstrando que estes sistemas de manejos apresentam importante condição para o fortalecimento dos sistemas produtivos, para o aumento da segurança alimentar e nutricional e avanço na transição agroecológica, a qual os envolvidos almejam.

A Cromatografia de Pfeiffer (CP) enquanto instrumento metodológico avaliador da qualidade do solo, se demonstra eficiente, aplicável e benéfica para a realização da avaliação da qualidade sistêmica do solo devido à sua sensibilidade na avaliação dos atributos físicos, químicos e biológicos inerentes à saúde e vida do solo. Dessa forma, a CP demonstrou correlação positiva com a avaliação dos atributos solos por métodos analíticos, apresentando resultados semelhantes, quanto a avaliação da qualidade do solo.

Destaca-se que a Cromatografia de Pfeiffer (CP) é um método de monitoramento e avaliação, que necessita ser constada e inserida à rotina dos agricultores preocupados com a saúde do solo. A CP permite corroborar que a mata nativa é área com melhor classificação em relação a qualidade do solo, avaliado pelo cromatograma e maior teor de matéria orgânica do solo, conforme encontrado nas análises de laboratório. Além disso, a sequência de qualidade do solo em áreas cultivadas é café > cacau > horta.

A realização da extensão em comunidades rurais tem como objetivo condicionar essas pessoas ao conhecimento que vem de fora e a resolver problemas que também são externos às famílias agricultoras. Nesse contexto, as instituições de ensino têm papel muito significativo nessa construção e por isso a importância da pesquisa e extensão comprometida com a transformação da realidade. Sugere-se para trabalhos futuros que seja realizada uma oficina com a técnica de Cromatografia de Pfeiffer juntamente com os agricultores.

## Agradecimentos

Ao DEPEX, Departamento de Extensão do Instituto Federal de Rondônia- *Campus* Ariquemes pelo financiamento de bolsa para aluno e projeto.

## Referências

AMADO, T.J.C.; CONCEIÇÃO, P.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F. Qualidade do solo avaliada pelo Soil quality kit teste em dois experimentos de longa duração no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 109-121, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n1/12.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

ARAÚJO, E. A. LANI, J.L.; AMARAL, E.F.; GUERRA, A. A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo amarelo distrófico na Amazônia ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 307-315, 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/CrHRstxpxXwwnb4bWmRpxwt/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 01 set. 2022.

BALOTA, E. L. **Manejo e qualidade biológica do solo**. 1. ed. Londrina: Mecenias, 2017.

BARROS, J. D.; CHAVES, L.H.G.; CHAVES, I de B.; FARIAS, C.H de A. PEREIRA, W.E. Estoque de carbono e nitrogênio em sistemas de manejo do solo, nos tabuleiros costeiros paraibanos. **Revista Caatinga**, v. 26, p. 35-42, 2013. Disponível em: <[https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2632/pdf\\_36](https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2632/pdf_36)>. Acesso em: 30 ago. 2022.

- BARTLETT, M.S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London**, London, v.160, p. 268-282, 1937. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rspa.1937.0109>. Acesso em: 16 ago. 2022.
- BRASIL. **Ministério das Minas e Energia**. Projeto RADAMBRASIL, folha SC. 20, Porto Velho. Rio de Janeiro, 1978.
- CARDOSO, I. M.; FÁVERO, C. **Solos e agroecologia**. (Coleção transição agroecológica). v. 4. Brasília, DF: Embrapa, 373 p. 2018.
- CARDOZO, S. V.; PEREIRA, M.G.; RAVELLI, A.; LOSS, A. Caracterização de propriedades edáficas em áreas sob manejo orgânico e natural na região serrana do Estado do Rio de Janeiro. **Semina**, Londrina, v. 29, n.3, p. 517-530, 2008. Disponível em: <<http://www.ia.ufrj.br/lgcs/producao/gevasio/2008/7.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2022.
- CARVALHO, R. L. S.; NASCIMENTO, B.I do.; QUERINO, C.A.S.; SILVA, M.J.G da; DELGADO, A.R.S. Comportamento das séries temporais de temperatura do ar, umidade e precipitação pluviométrica no município de Ariquemes (Rondonia-Brasil). **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v.18, p.123-142, 2016. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/43228/28715>>. Acesso em: 09 set. 2022.
- COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiania, v. 9, p. 1842-1860, 2013. Disponível em: <<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/materia%20organica.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2022.
- DEXTER, A.R.; YOUNGS, I.M. Soil physics toward 2000. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 24, p. 101-106, 1992.
- DEXTER, AR. Mechanics of root growth. **Plant and Soil**, Dordrecht, v, 98, n. 3, p. 303-312, 1987.
- DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D.V.B.de.; CALDERANO, S.C.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. (Embrapa Solos. Documentos, 132).
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p. 1039-1042, nov./dez, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh/?lang=en>. Acesso em: 10 mar.2023.
- GRACIANO, I. **Avaliação da saúde do solo por meio da Cromatografia de Pfeiffer: aspectos metodológicos e aplicações**. 2018. Mestrado (Dissertação em Agronomia). Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2018. Disponível em: <<https://uenp.edu.br/dissertacao-agronomia/11531-igor-graciano/file>> Acesso em: 04 mar. 2023.
- HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 82, p. 121-145, 2005.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. *In*: BLACK, C.A.; EVANS, D. D., WHITE, J. L.; ENSMINGER, L. E.; CLARCK, F. E. eds. **Methods of soil analysis**. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science of America, 1965. Part I. p.499-510.

KHORRAMDEL, S. KOOCHKEKI, A.; NASSIRI-MAHALLATI M. KHORASSANI, R. Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 133, p. 25-31, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198713000962>>. Acesso em: 02 fev. 2022.

KONDO, M. K.; DIAS JÚNIOR, M. S. Compressibilidade de três latossolos em função da umidade e uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 211- 218, 1999.

MELO, D. M. A.; SILVA, W.A.O. de; REIS, E.F. dos; RODRIGUES, G.T.; SILVA, J. da; ARAÚJO, A.E. Qualidade do solo através da Cromatografia de Pfeiffer de um agroecossistema em transição agroecológica no Brejo paraibano. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 9, p. 7052. 2019a. Disponível em:<<https://gvaa.com.br/revista/index.php/CVADS/article/view/7052/7046>>. Acesso em: 29 ago. 2022.

MELO, D. M. A.; REIS, E.F.; COARACY, E.F.; SILVA, W.A.O.; ARAÚJO, A.E. Cromatografia de Pfeiffer como indicadora agroecológica da qualidade do solo em agroecossistemas. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, Rio Largo, v. 4, n. 1, 2019b. Disponível em: <<https://www.seer.ufal.br/index.php/era/article/view/7653#:~:text=Resumo,de%20agroecossistemas%20e%20da%20Mata>>. Acesso em: 30 ago. 2022.

MIRANDA, A. A. C.; SALLA, L. M. X.; ARAUJO, A. E. de. Uso da Cromatografia de Pfeiffer como indicador de qualidade do solo: monitoramento do manejo agroecológico da UR-MECA/UFPB. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 22 ago. 2018. Disponível em: <<http://cadernos.abaagroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/1321>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

MIRANDA, A.A.C; SALLA, L.M.X; BARBOSA, A.S. Cromatografia de Pfeiffer para monitorar a qualidade dos solos em diferentes formas uso no município de bananeiras-PB. *In*: Encontro de extensão, pesquisa e inovação em Agroecologia,3., 2017. **Anais...** Picuí, 2017.

OLIVEIRA, I.A.; CAMPOS, M.C.C.; AQUINO, R.E. de; MARQUES JÚNIOR, J.; FREITAS, L.; SOUZA, Z.M. de.Semivariograma escalonado no planejamento amostral da resistência à penetração e umidade de solo com cana-de-açúcar. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 57, p. 287-296, jul./set. 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/1421/506>>. Acesso em: 02 set. 2022.

PILON, L.C; CARDOSO, J.H; MEDEIROS, F.S. **Guia Prático de Cromatografia de Pfeiffer**. Embrapa Clima Temperado. Documentos 455. Pelotas. 2018.

PINHEIRO, S. **Saúde do Solo**: Biopoder camponês versus agronegócio. Rio Grande do Sul: Salles Editora, 224 p. 2015.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG: Viçosa. 1999.

RIVERA, J. R.; PINHEIRO, S. **Cromatografia: imágenes de vida y destrucción del suelo**. Cali: Feriva, 2011.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T. ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V.Á.; LUMBRERAS, J.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book: il. color. E-book, no formato ePub. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>>. Acesso em: 11 mar. 2023.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v.52, p. 591-611, 1965. Disponível em: <<http://www.bios.unc.edu/~mhudgens/bios/662/2008fall/Backup/wilkshapiro1965.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2022.

SILVA, G. R.; SILVA JUNIOR, M. L.; MELO, V. S. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um Latossolo amarelo do Estado do Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, p. 151-158, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aa/a/3zJX8JgqR457WTBbQMh5gCC/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 04 set. 2022.

SILVA, P. C.; ARAÚJO, H. L.; ALMEIDA, T. M.; VICENTIN, T. A.; GOMES JUNIOR, D. G.; LANA, R. M. Q. Propriedades físicas do solo submetido a diferentes culturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 35., 2015, Natal; **Anais...** Natal. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2015. p.1-4. Disponível em: <<https://www.eventosolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/1676.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2022.

SOANE, B.D. The role of organic matter in soil compactability: a review of some practical aspects. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.16, p.179-201, 1990.

SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F. *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa, 2007. p. 205-274.

STEINBEISS, S.; GLEIXNER, G.; ANTONIETTI, M. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, n. 6, p. 1301-1310, 2009.

STOLF, R. MURAKAMI, J. H.; MANIERO, M. A.; SOARES, M. R.; SILVA, L. C. F. Incorporação de régua para medida de profundidade no projeto do penetrômetro de impacto Stolf. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, n.5, p. 1476–1482, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/zcJVqSznXp7SRtYhJ87dQqM/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 02 mar.2022.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. revista e atualizada. Brasília: EMBRAPA. 2017.

TIBAU, A. O. **Matéria orgânica do solo: matéria orgânica e fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1984.

WENDLING, B.; FREITAS, I. C. V.; OLIVEIRA, R. C.; BABATA, M. M.; BORGES, E. N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus,

pastagem e plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n.1, p.256:265, 2012. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13277/8371>>. Acesso em: 10. Mar.2023.

Recebido em: 15/09/2022

Aceito em: 10/02/2023

Endereço para correspondência:

Nome: Ludmila de Freitas

E-mail: ludmila.freitas@ifro.edu.br



Esta obra está licenciada sob uma [Licença Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)