



## CONTRIBUIÇÕES DA CROMATOGRAFIA CIRCULAR DE PFEIFFER (CCP) PARA CARACTERIZAÇÃO DE SAÚDE DO SOLO EM DIFERENTES FORMAS DE USO E OCUPAÇÃO

Caio Vieira Lobo Marques<sup>1</sup> 

Erminio Fernandes<sup>2</sup> 

Fernando Silveira Franco<sup>3</sup> 

### Destaques:

- É factível a análise do solo, por meio da técnica da Cromatografia Circular de Pfeiffer;
- É primordial o trabalho de campo no escopo das discussões no âmbito das ciências ambientais;
- Os cromatogramas se diferenciam em cor, formato e integração entre as zonas;
- Há diferenciação no comportamento das amostras coletadas, considerando as variáveis do ambiente;
- Realça-se a viabilidade econômica e a acessibilidade dos materiais necessários para os diagnósticos.

**Resumo:** Para caracterizar e comparar o comportamento de diferentes substratos de solo, foi utilizada a técnica da Cromatografia Circular de Pfeiffer. Para tanto, foram demarcados e georreferenciados seis pontos distintos para coleta, respeitando os limites do campus de Sorocaba (SP) da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, a fim de obter resultados heterogêneos tendo em vista as diferentes formas de uso e ocupação e diferentes classificações do solo. Posteriormente ao trabalho de coleta, as amostras foram devidamente separadas conforme a classificação do solo, esta, variando de acordo com a dinâmica de escoamento e sobreposição ao longo da escarpa oeste do vale do Córrego do Ipaneminha, onde o campus se localiza. Na sequência, após o peneiramento dos substratos, foram gerados os cromatogramas, seguindo o proposto pela EMBRAPA. Verificou-se que estes cromatogramas se diferenciam em cor, formato dos picos, formato das plumas e integração entre as zonas ao longo do corrimento, o que denota as dessemelhanças na composição das amostras coletadas, considerando as variáveis do ambiente.

<sup>1</sup> Graduando em Geografia pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar - Campus Sorocaba). E-mail: caiovieiralobo@gmail.com.

<sup>2</sup> Doutor em Geografia (Geografia Física) pela Universidade de São Paulo (2007). Atualmente é professor associado e pesquisador do Departamento de Geografia, Turismo e Humanidades da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar - Campus Sorocaba). E-mail: erminio.fernandes@ufscar.br.

<sup>3</sup> Doutor em Ciência Florestal na Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professor Associado na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar - Campus Sorocaba), nos cursos de Engenharia Florestal, Biologia e Pós-Graduação em Agroecologia. E-mail: fernando.agrofloresta@gmail.com.

**Palavras-chave:** Pedologia; Trabalho de campo; Cromatografia; Atributos do solo; Uso e ocupação.

## CONTRIBUTIONS OF PFEIFFER'S CIRCULAR CHROMATOGRAPHY (CCP) FOR SOIL HEALTH CHARACTERIZATION IN DIFFERENT LAND USE AND OCCUPATION

**Abstract:** To characterize and compare the behavior of different soil substrates, Pfeiffer's Circular Chromatography technique (CPP) was employed. For this purpose, six different points were demarcated and georeferenced for sampling, respecting the limits of the Sorocaba campus (SP) of the Federal University of São Carlos - UFSCar, in order to obtain heterogeneous results in view of the different forms of use and occupation and different soil classifications. Following the sampling work, the samples were appropriately separated according to soil classification, which varies depending on the dynamics of flow and overlap along the western slope of the Córrego do Ipaneminha (Ipaneminha Stream) valley, where the campus is located. Subsequently, after sieving the substrates, chromatograms were generated, following the proposal by EMBRAPA. It was observed that these chromatograms differ in color, peak shape, plume shape, and integration between the zones along the flow, indicating differences in the composition of the collected samples, considering the environmental variables.

**Keywords:** Pedology; Fieldwork; Chromatography; Soil Attributes; Land Use and Occupation.

## APORTES DE LA CROMATOGRFÍA CIRCULAR (CCP) DE PFEIFFER A LA CARACTERIZACIÓN DE LA SALUD DEL SUELO EN DISTINTAS FORMAS DE USO Y OCUPACIÓN

**Resumen:** Para caracterizar y comparar el comportamiento de diferentes sustratos de suelo, se empleó la técnica de Cromatografía Circular de Pfeiffer (CCP). Para ello, se demarcaron y georreferenciaron seis puntos distintos para la recolección, respetando los límites del campus de Sorocaba (SP) de la Universidad Federal de São Carlos – UFSCar, con el fin de obtener resultados heterogéneos considerando las diferentes formas de uso y ocupación y diferentes clasificaciones de suelos. Después del trabajo de recolección, se separaron las muestras adecuadamente según la clasificación del suelo, la cual varía en función de la dinámica de flujo y superposición a lo largo del escarpe occidental del valle del Córrego do Ipaneminha (Arroyo del Ipaneminha), donde se encuentra el campus. A continuación, luego de tamizar los sustratos, se generaron cromatogramas, siguiendo la propuesta de EMBRAPA. Se observó que estos cromatogramas difieren en color, forma de los picos, forma de las plumas e integración entre las zonas a lo largo del flujo, lo que indica diferencias en la composición de las muestras recolectadas, considerando las variables del entorno.

**Palabras clave:** Pedología; Trabajo de Campo; Cromatografía; Atributos del Suelo; Uso y Ocupación.

## INTRODUÇÃO

Este estudo contemplou a análise detalhada das influências e transformações oriundas de diferentes processos e formas de uso e ocupação, com respectivo enfoque no estudo do solo, por meio da técnica da Cromatografia

Circular de Pfeiffer (CCP). Buscou-se compreender tanto a factibilidade da técnica para este tipo de estudo e os seus alcances no detalhamento descritivo e comparativo dos substratos pedológicos, quanto as possibilidades do uso desta técnica para caracterização da saúde do solo com base na deficiência, suficiência ou excelência harmônica observada ao longo da interpretação visual dos cromatogramas, com seu devido respaldo teórico-metodológico.

Sob a ótica de que a qualidade do solo não se limita a fertilidade química e produtividade agrícola, tem-se introduzido o termo “saúde do solo”, vindo a contemplar as interações com o meio ambiente e sua relação com o meio científico e animal (Pinheiro, 2011 *apud* Siqueira, 2016). Assim, esta é uma condição essencial tanto à integridade dos ecossistemas terrestres e às suas funções ecológicas, como de regulação das condições ambientais, inclusive as humanas.

De forma ampla e multidimensional, a interpretação dos resultados expressos no cromatograma exige um exercício de reflexão, que faz pensar sobre quais boas práticas dispor para que os solos abriguem e nutram a vida que nele habita e dele depende, com destaque para as sociedades humanas que, em última instância, dependem integralmente dessas mesmas terras (EMBRAPA, 2018).

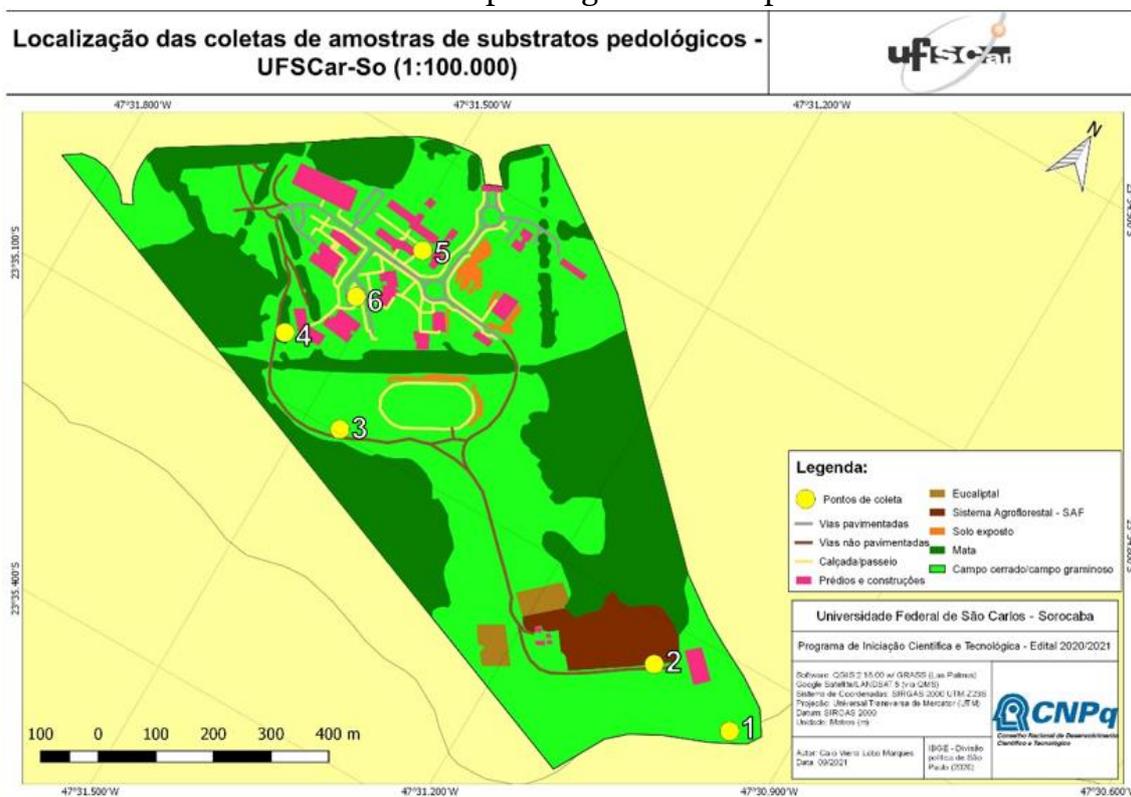
Esta pesquisa, portanto, contempla o uso da técnica da Cromatografia Circular de Pfeiffer para a caracterização da saúde do solo em seis pontos distintos de um determinado recorte espacial frente ao desenvolvimento das diferentes dinâmicas espaciais. O recorte selecionado corresponde ao campus da Universidade Federal de São Carlos, em sua partição localizada no extremo oeste do município de Sorocaba-SP. O local foi escolhido devido às diferentes formas de uso e ocupação presentes no campus, além da variedade da cobertura vegetal, de classificações do solo e do histórico de ocupação do local.

A área de estudo está contida nos limites do município de Sorocaba (SP). Este, por sua vez, está situado na borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná - precisamente no complexo da Depressão Periférica Paulista, na faixa de transição com a borda oeste do Planalto Atlântico (Ross; Moroz, 1997). O modelado de relevo da região, de acordo com Villela *et al.* (2015), é caracterizado por morrotes de encostas mais íngremes, em áreas cristalinas, para colinas de topografia mais suave, em áreas sedimentares. Assim, no geral, solos vermelhos e profundos

dispõem-se e desenvolvem-se em formato colinoso. Colinas, estas, resultantes da transição de uma área serrana embasada por rochas cristalinas, para uma depressão onde predominam as rochas sedimentares (Villela *et al.*, 2015).

O recorte estudado (Figura 1) insere-se na dinâmica da microbacia do córrego Ipaneminha, integrante da bacia hidrográfica do Rio Sorocaba e Médio Tietê (Pinheiro *et al.* 2011). O município de Sorocaba está localizado na porção sudeste do Estado de São Paulo e estabelece-se, aproximadamente, nas coordenadas geográficas 23°34'40,02”S e 47°31'17,80”W (Pinheiro *et al.*, 2011).

**Figura 1** - UFSCar - Sorocaba – Localização das coletas de amostras de substratos pedológicos no campus



Fonte: Os autores (2021).

No meio científico, inúmeros métodos possibilitam a análise das múltiplas dimensões e significados dos solos. Entretanto, esses métodos exigem uma gama de conhecimentos, técnicas, infraestrutura e equipamentos que, até o presente momento, não são de todos acessíveis para uma parcela significativa de quem se interessa a desenvolvê-los. Contudo, a Cromatografia Circular de Pfeiffer e o resgate dos conhecimentos de Ehrenfried Pfeiffer (1899-1961), precursor da técnica, se mostram como uma alternativa para a detecção e observação das

condições fisiográficas, químicas e energéticas de um determinado substrato pedológico, com base na interpretação das características reveladas por imagem como cor, forma e harmonia (Siqueira, 2016).

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os solos da área de estudo foram classificados, segundo Villela *et al.* (2015), como: Latossolo Vermelho (LV) nas amostras 5 e 6; Cambissolo evoluindo para organização de Horizonte B Latossólico (CX Bw) nas amostras 3 e 4 – entretanto, vale a ressalva de que o Horizonte B dos solos presentes nos pontos de furação não foi contemplado devido à profundidade da escavação. Desta maneira, das amostras 3 e 4 são consideradas somente o Horizonte A e os processos mais superficiais, bastando, para o desenvolvimento do mapa a seguir, classificá-los simplesmente como Cambissolo (CX); Neossolo Litólico (RL) nas amostras 1 e 2, sendo que estes dois últimos foram observados em campo e não tem como base a classificação do autor referido.

Ao longo do trabalho de coleta das amostras, identificou-se, por meio do software GPS Data, os dados de coordenada geográfica (LATLONG - latitude e longitude), altitude do ponto de coleta e margem de erro. Elaborou-se, então, a Tabela 1 a seguir, a fim de esclarecer o número da amostra, o local de coleta, a latitude, a longitude, a altitude e a margem de erro dos dados obtidos:

**Tabela 1** - UFSCar - Sorocaba: Características dos pontos de coleta retirados do software GPS Data

Amostra	Local	Latitude	Longitude	Altitude	Margem de erro
1	Fundo de vale	(-23° 35' 10,17" S)	(-47° 30' 58,68" W)	616 metros	6,9 metros
2	SAF	(-23° 35' 09,05" S)	(-47° 31' 05,00" W)	642 metros	3,9 metros
3	Próximo ao campo	(-23° 35' 05,49" S)	(-47° 31' 26,55" W)	664 metros	6,6 metros
4	Próximo ao FINEP	(-23° 35' 02,17" S)	(-47° 31' 33,23" W)	662 metros	5,2 metros
5	Entre os ATs	(-23° 34' 53,79" S)	(-47° 31' 28,59" W)	674 metros	3,9 metros
6	Atrás da biblioteca	(-23° 34' 58,12" S)	(-47° 31' 30,72" W)	671 metros	3,9 metros

Fonte: Os autores (2021).

Posteriormente, realizou-se o mapeamento (Figura 1) onde consta o uso e ocupação da área de estudo, bem como a localização das coletas de amostras dos substratos, tendo como referência as coordenadas apontadas na Tabela 1.

Foram realizadas coletas de 250 a 400 gramas de material em cada furação, conforme recomendado por Maradiaga (2016).

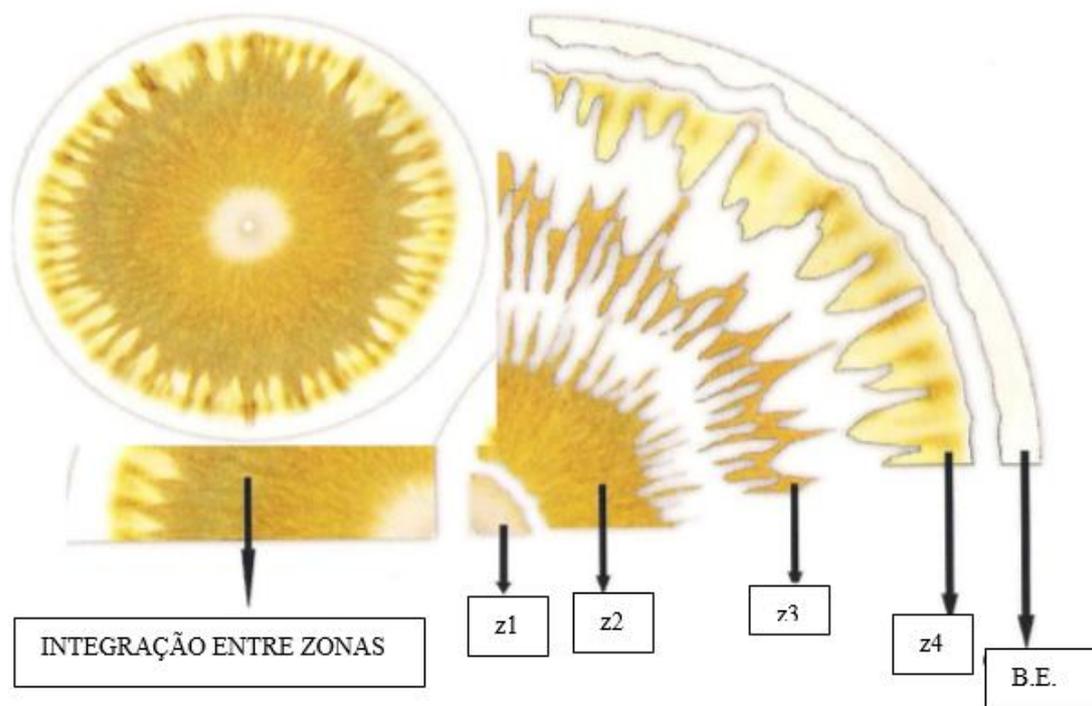
As dessemelhanças provocadas por diferentes formas de uso e ocupação do solo do campus sorocabano da UFSCar são explicitadas através da Cromatografia Circular de Pfeiffer, ou ainda, Cromatografia Circular Plana em Papel (Pfeiffer, 1984). Assim foi realizada a análise de cada um dos seis substratos, adotando, como já explicado, a abordagem da Pedologia descritiva. Miranda (2018) descreve que o princípio da análise cromatográfica

é qualitativo e em ordem separa as diferentes frações do extrato do solo pela capilaridade em papel-filtro apropriado. O papel-filtro é preparado com substância foto reativa ( $\text{AgNO}_3$ ) que reage com as substâncias extraídas do solo, formando uma figura. 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 utilizados na interpretação das substâncias contidas no extrato (Pfeiffer, 1984 *apud* Miranda, 2018, s/p).

Após a coleta, os substratos foram levados ao laboratório, sendo devidamente dispostos sobre a bancada para secagem, à sombra, em local fresco e arejado, com a intenção de facilitar a peneiração do solo (Rivera *apud* Pinheiro, 2011). Posteriormente foi realizada a peneiração do material, a impregnação dos filtros com Nitrato de Prata ( $\text{AgNO}_3$ ), o preparo da solução de solo com hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) e a impregnação da solução no papel filtro com respaldo do estabelecido pela EMBRAPA (2018). Faz-se, então, no escuro, com o auxílio de um canudo de papel e placas de Petri, a impregnação da solução no papel filtro previamente preparado com nitrato de prata. Por fim, o filtro deve permanecer em ambiente iluminado, sem luz solar direta, arejado, por um período de secagem que pode levar até 14 dias, a depender das condições do ambiente.

Conforme o apresentado a seguir na Figura 2, o cromatograma é dividido em zonas e a ligação entre elas podem ser “abruptas ou gradativas” (Rivera; Pinheiro, 2011 *apud* EMBRAPA, 2018):

**Figura 2** - Exemplo da divisão em zonas do cromatograma



Fonte: Adaptado de Rivera e Pinheiro (2011 *apud* EMBRAPA, 2018).

O significado de cada uma das zonas (representadas, do centro à extremidade, por z1, z2, z3, z4 e B.E.), de acordo com o autor pode ser explicado enquanto

Zona 1: zona da atividade mineral, processos de mineralização, oxigenação e sistema poroso do solo; Zona 2: zona da química do solo; Zona 3: zona da matéria orgânica do solo; Zona 4: Zona do alimento potencial do solo; Borda externa: zona de manipulação e identificação do cromatograma. (EMBRAPA, 2018, p.12-13)

No entanto, a caracterização dos padrões visuais do cromatograma, consentindo com o proposto por Pilon (2017 *apud* EMBRAPA, 2018), é corporificada conforme expresso na Tabela 2 a seguir. Neste modelo são estabelecidos escores ou “pontuações” de 1 a 5, onde valores próximos a 1 dizem respeito a padrões inferiores do solo e, conseqüentemente, valores próximos a 5 fazem jus a padrões superiores.

**Tabela 2** - UFSCar - Sorocaba – Características visuais de importância do cromatograma

<b>Integração</b>	<b>Escore</b>	<b>Plumas</b>	<b>Escore</b>
Anéis concêntricos marcados e homogêneos (ausência de integração)	<b>1</b>	Ausência ou pluma vestigial	<b>1</b>
Alguns anéis, integração abrupta	<b>2</b>	Apenas linhas radiais	<b>2</b>
Integração clara de padrões	<b>3</b>	Linhas radiais a plumas estreitas	<b>3</b>
Integração gradual	<b>5</b>	Linhas ou plumas radiais que cobrem todo cromograma	<b>5</b>
Integração difusa e padrões que se entrelaçam	<b>5</b>	Plumas radiais proeminentes/espessas	<b>5</b>
<b>Picos</b>	<b>Escore</b>	<b>Cor</b>	<b>Escore</b>
Ausência de picos ligados a plumas	<b>1</b>	Homogênea; escuro e preto; cores borradas; pouco intensas	<b>1</b>
Pontiagudos	<b>2</b>	Cinza a marrom	<b>2</b>
Pontiagudos com derivações	<b>3</b>	Bege	<b>3</b>
Alguns picos que se abrem no fim em manchas	<b>4</b>	Caro esbranquiçado	<b>4</b>
Picos que se abrem no fim total em manchas	<b>5</b>	Amarelo, creme; intenso e heterogêneo	<b>5</b>

Fonte: Adaptado de Pilon (2017 *apud* EMBRAPA, 2018).

Rivera e Pinheiro (2011) contribuem com a discussão da integração das Zonas, o que indicaria um solo também integrado, no qual suas características seriam interdependentes. Siqueira (2018) apresenta a Chave de Interpretação da Qualidade do Solo por meio da Cromatografia Circular de Pfeiffer, critério este que auxiliará na caracterização individual de cada uma das zonas dos cromatogramas.

Concorda-se com Follador (2015 *apud* EMBRAPA, 2018, p. 17) no quesito dos questionamentos que se faz quando se analisa, em primeiro momento, um cromatograma: “quantas zonas podemos distinguir? Há uma relação entre as zonas? A imagem representa movimento ou estagnação? A imagem tem um aspecto de solo saudável ou degradado?”.

## RESULTADOS

Observa-se, então, os seis cromatogramas gerados nos diferentes pontos do campus da UFSCar - Sorocaba. A análise revelou que há semelhanças entre as amostras avaliadas. Sendo assim, na sequência faz-se a discussão individualizada a respeito do que se manifesta em cada um dos cromas, vinculado

ao uso e cobertura do solo, bem como o histórico de ocupação de cada um dos pontos de onde foram extraídas as amostras. As características qualitativas são expressas visualmente, nos cromatogramas:

**Figura 3** - Cromatograma da Amostra 1



Fonte: Os autores (2021).

- **Zona 1 (central):** Coloração marrom clara / Forma circular com borda irregular / Integração em desvanecimento suave e reentrâncias na próxima Zona;
- **Zona 2 (interna):** Coloração acinzentada / Forma circular com borda lisa pouco definida / Integração com radiações lisas;
- **Zona 3 (intermediária):** Coloração marrom escura / Forma circular com borda externa pouco pontiagudas ou grossas ou pouco irregulares / Integração com presença de radiações lisas;
- **Zona 4 (externa):** Coloração marrom clara com manchas marrons não ou pouco definidas / Forma de “dentes” ou “gomos” regulares / Integração com ausência de bolhas.

Portanto, com base na Tabela 2, o Escore deste cromatograma se apresenta da seguinte maneira:

**Tabela 3** - UFSCar - Sorocaba – Escore da Amostra 1

Nº	Integração	Plumas	Picos	Cor	Total	Média
<b>Amostra 1</b>	2	5	4	4	15	3,75

Fonte: Os autores (2021).

**Figura 4** - Cromatograma da Amostra 2



Fonte: Os autores (2021).

- **Zona 1 (central):** Coloração branca / Forma circular com borda irregular / Transição de Zona marcada por linha;
- **Zona 2 (interna):** Coloração acinzentada / Forma circular com borda lisa pouco definida / Integração com radiações lisas;
- **Zona 3 (intermediária):** Coloração marrom muito escura / Forma circular com borda externa pontiaguda / Integração com presença de radiações em forma de penas;
- **Zona 4 (externa):** Coloração marrom clara com manchas marrons não ou pouco definidas / Forma de “dentes” ou “gomos” pouco regulares ou formas irregulares grandes / Integração sem a presença de bolhas.

Portanto, com base na Tabela 2, o Escore deste cromatograma se apresenta da seguinte maneira:

**Tabela 4** - Escore da Amostra 2

Nº	Integração	Plumas	Picos	Cor	Total	Média
<b>Amostra 2</b>	5	5	2	2	14	3,5

Fonte: Os autores (2021).

**Figura 5** – Cromatograma da Amostra 3



Fonte: Os autores (2021).

- **Zona 1 (central):** Coloração marrom clara / Forma circular com borda irregular / Integração em desvanecimento suave e reentrâncias na próxima Zona;
- **Zona 2 (interna):** Coloração acinzentada / Forma circular com borda lisa pouco definida / Integração com radiações lisas;
- **Zona 3 (intermediária):** Coloração marrom muito escura / Forma circular com borda externa pouco pontiagudas ou grossas ou pouco irregulares / Integração com presença de radiações lisas;
- **Zona 4 (externa):** Coloração marrom clara com manchas marrons não ou pouco definidas / Forma de “dentes” ou “gomos” pouco regulares ou formas irregulares grandes / Integração sem a presença de bolhas.

Contanto chega-se, assim, à seguinte tabela de escores:

**Tabela 5** - Escore da Amostra 3

Nº	Integração	Plumas	Picos	Cor	Total	Média
<b>Amostra 3</b>	2	5	3	2	12	3

Fonte: Os autores (2021).

**Figura 6** - Cromatograma da Amostra 4



Fonte: Os autores (2021).

- **Zona 1 (central):** Coloração marrom clara / Forma circular com borda irregular / Integração em desvanecimento suave e reentrâncias na próxima Zona;
- **Zona 2 (interna):** Coloração acinzentada / Forma circular com borda lisa pouco definida / Integração com radiações lisas;
- **Zona 3 (intermediária):** Coloração marrom muito escura / Forma circular com borda externa pouco pontiagudas ou grossas ou pouco irregulares / Integração com presença de radiações lisas;
- **Zona 4 (externa):** Coloração marrom clara com manchas marrons não ou pouco definidas / Forma de “dentes” ou “gomos” pouco regulares ou formas irregulares grandes / Integração sem a presença de bolhas.

Desta maneira, os escores da Amostra 4, com base nas quatro características visuais de importância explicitadas na Tabela 2, manifestam-se da seguinte forma:

**Tabela 6** - Escore da Amostra 4

Nº	Integração	Plumas	Picos	Cor	Total	Média
<b>Amostra 4</b>	3	3	3	2	11	2,75

Fonte: Os autores (2021).

**Figura 7** - Cromatograma da Amostra 5



Fonte: Os autores (2021).

- **Zona 1 (central):** Coloração marrom clara / Forma circular com borda irregular / Integração em desvanecimento suave para a próxima Zona;
- **Zona 2 (interna):** Coloração acinzentada / Forma circular com borda lisa pouco definida / Integração com radiações em forma de penas;
- **Zona 3 (intermediária):** Coloração marrom muito escura / Forma circular com borda externa pontiaguda ou grossas / Integração com presença de radiações em forma de penas;
- **Zona 4 (externa):** Coloração esbranquiçada / Forma de “dentes” ou “gomos” pouco regulares ou formas irregulares grandes / Integração sem a presença de bolhas.

**Tabela 7** - Escore da Amostra 5

Nº	Integração	Plumas	Picos	Cor	Total	Média
<b>Amostra 5</b>	1	3	2	2	8	2,00

Fonte: Os autores (2021).

**Figura 8** - Cromatograma da Amostra 6



Fonte: Os autores (2021).

- **Zona 1 (central):** Coloração creme / Forma circular com borda irregular / Integração em desvanecimento suave para a próxima Zona;
- **Zona 2 (interna):** Coloração marrom clara ou amarelada / Forma circular com borda irregular / Integração com radiações em forma de penas;
- **Zona 3 (intermediária):** Coloração marrom clara ou amarelada / Forma circular com borda externa de pontas irregulares e distância de pelo menos 1,5cm dos vales da borda / Integração com presença de radiações em forma de penas;
- **Zona 4 (externa):** Coloração marrom muito clara ou amarelada com manchas marrons claras bem definidas / Formas irregulares / Integração com a presença de muitas bolhas.

Assim, a partir da análise do referido cromatograma, obtém-se os seguintes escores:

**Tabela 8** - Escore da Amostra 6

Nº	Integração	Plumas	Picos	Cor	Total	Média
<b>Amostra 6</b>	5	5	5	5	20	5

Fonte: Os autores (2021).

A proposta de caracterização tem como base empírica o observado, coletado, analisado e descrito em trabalho de campo, as imagens de satélite, os dados obtidos em laboratório ao longo da pesquisa, bem como o referencial teórico de Villela *et al.* (2015) no que diz respeito à classificação dos solos do *campus* sorocabano da UFSCar.

## DISCUSSÃO

A Amostra 1 apresenta boa Zona Central, em coloração marrom clara. É um dos sistemas que melhor integra as Zonas Mineral e da Matéria Orgânica (Zonas interna e intermediária), com cores que não destoam muito, o que, de acordo com Siqueira (2018), indica que o processo de decomposição está acontecendo com “ótimo balanço entre quantidade de matéria orgânica e de minerais” (Siqueira, 2018, p.43). Este comportamento, ao observar o contexto do solo em questão, condiz com a hipótese do autor, uma vez que o substrato analisado foi retirado de área de mata preservada, onde a dinâmica se assemelha à ocorrência e disposição natural dos elementos nativos da Mata Atlântica local.

Observam-se plumas radiais proeminentes e espessas, bem definidas e facilmente identificáveis; A presença de alguns picos que, no fim, se abrem em manchas, indica que as terminações na Zona Húmica (Zona externa) não são o ideal, considerando a cobertura morta espessa. Apresenta cor esbranquiçada em algumas regiões, o que denota uma atividade microbiológica não tão intensa e baixa reserva de nutrientes (EMBRAPA, 2018).

No caso do cromatograma da Amostra 2, é apresentado Zona Central integrada irregular, porém com a coloração branca, o que denota deficiência na aeração do solo, revelando-se compactado. Em suma, esta condição se deve à cobertura vegetal não densa e ao constante trânsito de pessoas e ferramentas para o manejo do Sistema Agroflorestal - SAF.

A integração entre as Zonas Mineral e Orgânica é difusa, os padrões que se entrelaçam, o que indica que o solo está com estas condições integradas e

harmônicas; entretanto, segundo Siqueira (2016), a coloração escura observada neste cromatograma é resultado

[...] da formação de hidróxido de prata (AgOH), que ocorre assim que as substâncias minerais e orgânicas dissolvidas no hidróxido de sódio passam pelos poros do centro do cromatograma; o hidróxido de prata é instável e logo forma o óxido de prata (Ag<sub>2</sub>O), que precipita em uma cor escura, indicando uma condição anaeróbica que não permite a oxidação dos minerais. Conforme a qualidade desse solo aumenta e há um aumento de substâncias nitrogenadas, o precipitado de óxido de prata gradualmente se torna solúvel, apresentando cores mais claras (Siqueira, 2016, p.40).

A presença de plumas radiais proeminentes e espessas, além da presença de picos pontiagudos, não tendo, em nenhum caso, abertura em manchas. No geral, dispõe de cores pálidas, que variam de cinza a marrom.

Observa-se, na Amostra 3, a presença de alguns anéis, com integração abrupta na transição entre as zonas, o que, somado à ausência de zona central bem definida, pode indicar má estrutura e condição de aeração do solo. As plumas radiais cobrem todo o cromatograma. Nota-se a presença de picos pontiagudos com algumas derivações, levemente assimétricos. As cores variando entre cinza e marrom e com grande contraste entre as zonas (baixa integração), demonstra que o solo não é habitado por uma quantidade expressiva de formas de vida.

A partir do histórico da área, que apresenta recente atividade de construção civil, já se esperava que o solo analisado se encontrava instável, apesar da tendência à estabilidade quando se considera a cobertura vegetal sucessiva e em recuperação.

No cromatograma da Amostra 4 observa-se a integração evidente de padrões, com as zonas bem delimitadas. Este fator, somado à nitidez das linhas radiais e plumas estreitas, que, apesar de não cobrir o cromatograma em toda sua extensão, revela um solo bem estruturado e com boas condições de aeração (oxigenação) (EMBRAPA, 2018). É perceptível a presença de picos pontiagudos com algumas derivações. A coloração varia de cinza a marrom sem grandes contrastes entre zonas, o que demonstra que o solo “é habitado por uma quantidade expressiva de formas de vida que indicam sanidade e vitalidade” (EMBRAPA, 2018, p.17). Apesar disto, deve-se fazer a ressalva de que a coloração é pouco expressiva, indicando, ainda segundo o autor, baixa reserva de matéria

orgânica no solo. Sendo assim, conclui-se que há presença forte de atividade biológica, mas com pouca reserva de alimento.

Observam-se, no cromatograma da Amostra 5, anéis concêntricos marcados e homogêneos, sem uma definição notável de integração entre as zonas, o que revela tanto a falta de aeração no local, quanto a alta compactação presente. É uma região onde há o predomínio de gramíneas pouco exigentes em matéria orgânica e nutrientes. Além disso, é um importante ponto de encontro entre os estudantes, tendo, assim, grande fluxo de pessoas que acabam por colaborar na compactação. Nota-se a presença de linhas radiais e plumas estreitas. Os picos, neste caso, mostram-se pontiagudos e curtos, não chegando até o fim do corrimento do croma.

No mais, as características do solo e do croma demonstram, concordando com a EMBRAPA (2018), em linhas gerais, “que está em construção ou recuperação, de maneira lenta, [...] a própria imagem mostra um desenho que se desenvolve expandindo-se, uma imagem radial”. Dispõe de coloração pouco intensa, com cores que também variam do cinza ao marrom, o que demonstra que o solo é habitado por uma quantidade inexpressiva de formas de vida que indicam vitalidade e harmonia.

Por fim, no cromatograma 6, são notáveis a integração difusa e os padrões que se entrelaçam. Dispõe de plumas radiais proeminentes e espessas, que cobrem todo o croma. Picos bem definidos, de fácil observação, que se abrem no fim total em manchas. Apresenta cores próximas ao amarelo, creme, com saturação intensa e heterogênea.

Este croma representa uma área florestal de Mata Atlântica em recuperação, próxima aos fundos da biblioteca do *campus*. Observa-se, assim, maior estabilidade e conservação do solo. Faz-se valer a contribuição da EMBRAPA, no que diz respeito à ciclagem e aporte de matéria orgânica ativa no local onde a respectiva amostra foi retirada, ao passo em que estas condições são expressas nas cores

[...] amareladas que ocorrem em toda a imagem. A estabilidade do solo é observada também nas zonas com integração gradual forte e espessuras semelhantes. As imagens de solos florestais podem representar o máximo de qualidade que o solo do local pode atingir [...] (EMBRAPA, 2018, p.18).

O aporte de matéria orgânica ativa no local também se revela no forte odor de material em processo de decomposição, sendo o olfato, portanto, um importante instrumento de abstração sensorial da paisagem.

É evidente a interferência das formas de uso e ocupação na qualidade do solo. Formas, estas, que estão dispostas por meio da cobertura vegetal – onde há predomínio de Mata Estacional Semidecidual (especializada no mapa da Figura 1), por exemplo, o solo revela-se mais fértil, valendo-se de Horizonte O mais definido quando comparado às demais amostras.

Ao acarear o padrão de comportamento dos cromatogramas das áreas próximas aos edifícios da universidade, como é o caso da Amostra 5, com o padrão de comportamento dos destas citadas áreas de Mata Estacional Semidecidual, é nítida a discrepância entre ambos. Evidencia-se, portanto, a deficiência harmônica dos cromatogramas, que denota baixa qualidade do solo, nas áreas mais antropizadas, ou seja, onde a ação e a ocupação humana são mais perceptíveis e impactantes em relação às características originais da área.

Em contrapartida, é notável a excelência harmônica nas áreas de mata preservada, onde, apesar de secundárias, demonstram como podem se revelar os comportamentos pedológicos nos recortes espaciais pouco alterados diretamente pela ação antrópica, onde se mantém e se preserva consideravelmente a dinâmica ecossistêmica e o equilíbrio ambiental nos solos analisados.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A contar com a viabilidade da caracterização da qualidade do solo em diferentes formas de uso e ocupação a partir da interpretação dos cromatogramas, considera-se que, alicerçando-se na imprescindível importância da pesquisa de caráter investigativo na Geografia que precede a abordagem descritiva da Pedologia, é necessário o conhecimento prévio da área de estudo, bem como necessária a noção de que faz parte, ainda no escopo da Pedologia descritiva, a observação dos fenômenos e das condições do solo e o registro dos agentes responsáveis pela sua formação e transformação contínua. Neste contexto, tece-se algumas considerações finais:

Destarte, ressalta-se a suma relevância do trabalho de campo no escopo que tange as discussões no âmbito das ciências ambientais. Para o desenvolvimento da compreensão da complexidade das relações entre sociedade e natureza, bem como o olhar crítico e geossistêmico das formas e processos que ocupam o espaço, o trabalho de campo e a inserção do indivíduo – ou do coletivo – na área do objeto de estudo faz-se essencial para a experiência sensorial, para a abstração dos fenômenos e para a prática pedagógica que precede o pleno entendimento e apreensão daquilo que se observa.

Evidencia-se a factibilidade da Cromatografia Circular de Pfeiffer enquanto técnica reveladora e passível de análise da qualidade do solo, sendo, nos cromatogramas, notória a resposta do solo aos diferentes processos históricos e diferentes intencionalidades do uso e ocupação. Ressalta-se, ainda, a viabilidade econômica, a acessibilidade e o fácil manuseio dos materiais necessários para os diagnósticos, revelando-se, assim, enquanto alternativa eficaz para as mais diversas finalidades: instrumento auxiliador para manejo de solos de áreas ruralizadas, revelador de processos químicos e biológicos no solo em um curto recorte temporal, instrumento pedagógico colaborador à tradução do que é, do que existe e do que pode existir em determinada área ou região.

Por fim, fulgura-se a possibilidade da caracterização da saúde do solo em diferentes formas de uso e ocupação, com base nos escores de 1 a 5 no que faz jus à análise visual da harmonia das quatro características visuais de importância dos cromatogramas: Integração, Plumas, Picos e Cor. Esta harmonia, por sua vez, está representada nas Zonas que dizem respeito à vida, aos processos mineralógicos e à história singular de cada recorte espacial. E ainda, apesar deste estudo preliminar proporcionar importantes evidências da técnica para caracterização da saúde do solo, é imprescindível aprofundar as discussões a respeito das finitudes possíveis da Cromatografia Circular de Pfeiffer, enriquecendo a precisão dos resultados ao ampliar, a título de exemplo, a quantidade de amostras coletadas, desenvolvendo e aperfeiçoando a espacialização dos dados observados.

## REFERÊNCIAS

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, 2018.
- FOLLADOR, B. Portraying Soils and Compost: Color, Form, and Pattern. In **Context** 34, Nature Institute, 2015.
- MARADIAGA, R. **Cromatografia 1**. YouTube, 23 mai. 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=7ab4OYGjJOo&t=50s>. Acesso em 30/09/2021.
- 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.
- PFEIFFER, E. **Chromatography Applied to Quality Testing**. Milwaukee: Bio-Dynamic Farming & Gardening Association, 1984. 44 p.
- PILON, L. C. **Interações entre a cobertura vegetal e os atributos do solo em citros cultivado nos sistemas convencional, orgânico e agroflorestal**. 2017. 129 f. Tese (Doutorado em Ciência do solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- PILON, L.C.; CARDOSO, J.H.; MEDEIROS, F.S. **Guia Prático de Cromatografia de Pfeiffer**. Embrapa clima temperado, Pelotas, RS. 2018. 18p.
- PINHEIRO, R. C.; TONELLO, K. C.; VALENTE, R. O. A.; MINGOTI, R.; SANTOS, I. P. Ocupação e caracterização hidrológica da microbacia do córrego Ipaneminha, Sorocaba- SP. **Irriga**, v.16, p.234-245, 2011.
- PINHEIRO, S. **Cartilha da saúde do solo**. Porto Alegre: Juquira Candiru Satyagraha / Salles Editora, 2011, 120p.
- RIVERA, J. R.; PINHEIRO, S. **Cromatografía: Imágenes de vida y destrucción del suelo**. Cali: Feriva, 2011, 252p.
- ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 10, p. 41-58, 1996.
- SIQUEIRA, I. **Avaliação da fertilidade e vitalidade do solo pela Cromatografia de Pfeiffer e seu potencial para motivar manejos agroecológicos**. 2016, 37p. Artigo de especialização (Especialização em Agricultura Familiar Camponesa e Educação do Campo) – Curso de Especialização em Agricultura Familiar Camponesa e Educação do Campo II, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2016.

SIQUEIRA, J.B.; MARQUES, G.S.; FRANCO, F.S. **Construção de Conhecimento Agroecológico Através da Experimentação da Cromatografia de Pfeiffer, uma Análise Qualitativa dos Solos** In: AGROECOL, 2. 2016, Dourados. Artigos 2º Seminário de Agroecologia da América do Sul. Dourados: Agroecol, p. 1-7. 2016.

SIQUEIRA, J.B. **Uma metodologia de auxílio à interpretação da qualidade do solo por meio da Cromatografia de Pfeiffer**. Monografia (Bacharel em Engenharia Florestal) - Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba, p. 69. 2018.

VILLELA, F. N. J.; MANFREDINI, S.; CÔRREA, A. J. M.; CARMO, J. B. do. Morfopedologia e zoneamento voltado à ocupação. **Revista do Departamento de Geografia - USP**, v. 30, n. 1, p. 179–192, 2015.