

X Congresso Internacional de Agroecologia

LIVRO DE ACTAS

LIBRO DE ACTAS
BOOK OF PROCEEDINGS

2 – 6 setembro 2024
Viseu | Portugal

Agroecologias do Mundo:
Unidas para enfrentar
as crises globais



X Congresso
Internacional
de **Agroecologia**



Politécnico
de Viseu



CERNAS
Centro de Estudos
de Recursos Naturais,
Ambiente e Sociedade



Fundação
para a Ciência
e a Tecnologia

Website

<https://events.ipv.pt/xcia/>

setembro 2024

Copyright © 2024

Direitos reservados para // Derechos reservados para // Rights reserved to

Instituto Politécnico de Viseu & CERNAS-IPV • Unidade de Gestão do Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade

Título // Título // Title

X Congresso Internacional de Agroecologia - Livro de Atas

Autores // Autores // Authors

Sofia G. Florença, Raquel P. F. Guiné, Cristina A. Costa, Madalena Machado, Sérgio Santos, Inês Pereira

Editor

Instituto Politécnico de Viseu CERNAS-IPV • Unidade de Gestão do Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade

Coordenação editorial // Coordinación editorial // Editorial coordination

Sofia G. Florença

Conceção Gráfica // Diseño Gráfico // Graphic Design

Sofia G. Florença

Composição // Composición // Composition

Sofia G. Florença

ISBN:

Uso da cromatografia de Pfeiffer como ferramenta complementar para interpretação da saúde do solo

Pinheiro, Stevan M.¹; Krewer, Daiane A.²;
Cerqueira, Vanessa S.³; Schiedeck, Gustavo⁴

¹ Universidade Federal de Pelotas, stevan_mendes@hotmail.com;

² Universidade Federal de Pelotas, daiakrewer83@gmail.com;

³ Universidade Federal de Pelotas, vanescerqueira@yahoo.com.br;

⁴ Embrapa Clima Temperado, gustavo.schiedeck@embrapa.br

Resumo: A cromatografia circular de Pfeiffer (CCF) é um método que se propõe a interpretar a saúde do solo através de cores e padrões formados pelos parâmetros químicos, físicos e biológicos decorrentes do manejo adotado. O objetivo do trabalho foi avaliar a CCF como forma complementar de interpretação a saúde do solo. O trabalho foi realizado na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, RS, Brasil. Os cromatogramas foram obtidos de amostras de duas áreas com cultivo de mandioca e duas áreas de fragmentos florestais adjacentes. Foi realizada a análise química e de teor de argila das amostras de solo e calculados os índices de diversidade de a partir da coleta de invertebrados epiedáficos de cada área através de armadilhas de queda. Os fragmentos florestais tiveram cromatogramas com notas classificadas acima de bom enquanto nas áreas com cultivo de mandioca as notas ficaram próximas à regular e péssimo. A nota dos cromatogramas teve correlação significativa negativa com o teor de argila e positiva com a matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Não houve correlação entre os índices de diversidade e a nota dos cromatogramas. Os cromatogramas discriminaram as áreas melhor do que os índices de Simpson e de Shannon.

Abstract: Pfeiffer circular chromatography (PCC) is a method that aims to interpret soil health through colors and patterns formed by the chemical, physical, and biological parameters resulting from adopted management practices. The objective of this study was to evaluate PCC as a complementary method for interpreting soil health. The study was conducted at the Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, in Pelotas, RS, Brazil. Chromatograms were obtained from samples of two cassava cultivation areas and two adjacent forest fragments. Chemical analysis and clay content were performed on the soil samples, and diversity indices were calculated from the collection of epigeic invertebrates in each area using pitfall traps. Forest fragments had chromatograms with scores classified above good, while in cassava cultivation areas the ratings were close to regular and poor. The chromatogram score had a significant negative correlation with clay content and a positive correlation with organic matter, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium. There was no correlation between diversity indices and chromatogram score. The chromatograms discriminated the areas better than the Simpson and Shannon indices.

Palavras-chave: Agroecossistemas; Manejo do solo; Diversidade do solo; Cromatogramas;

Introdução

A saúde do solo pode ser definida como sua capacidade contínua de sustentar a produção agrícola, os ecossistemas e a sociedade (Lehmann et al., 2020). Muito trabalhos têm discutido as múltiplas dimensões e abordagens para avaliar a saúde do solo, identificando funções ecossistêmicas, atributos e indicadores de interesse (Rinot

et al., 2019; Vogel et al., 2019). A escolha de indicadores de avaliação, muitas vezes passa por considerações práticas, como a facilidade de amostragem e medição, a confiabilidade da medida e o custo do processo (Bünemann et al., 2018).

Em meados do século passado, Ehrenfried Pfeiffer desenvolveu o método de cromatografia circular em papel (CCP) como uma forma de compreender as relações entre a química, a fertilidade e a vitalidade dos solos (Restrepo-Rivera & Pinheiro, 2011). De acordo com Kokornaczyk et al. (2017), a CCP é um método analítico que não objetiva a separação dos compostos, mas que busca interpretar a qualidade de uma amostra do solo através de padrões e características formadas no processo cromatográfico. A CCP possui procedimentos metodológicos simples, de baixo custo e expressa seus resultados em um sistema de cores e formas que favorece a participação dos agricultores (Barros & Franco, 2022). Não obstante, a interpretação dos cromatogramas e validade do método ainda é discutida na comunidade científica (Ford et al., 2021).

O objetivo desse trabalho foi correlacionar a CCP com indicadores químicos e físicos do solo e com índices de diversidade de invertebrados epiedáficos em um cultivo de mandioca, utilizando áreas de fragmentos florestais adjacentes como base de comparação.

Metodologia

O trabalho foi desenvolvido entre outubro de 2020 e 14 de abril de 2021 na Estação Experimental Cascata (EEC, 31°37'15" S, 52°31'30" W, 180m altitude), Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil. Foram monitoradas duas áreas com cultivo de mandioca e duas áreas adjacentes de fragmento florestal. A temperatura média do ar a partir de 16 de março de 2021, época da amostragem das áreas, foi de 20°C e a precipitação pluviométrica foi de 131,1 mm, distribuídos em 12 dias. O solo da área de cultivo foi classificado como Argissolo vermelho-amarelo eutrófico (Santos et al., 2018). As características do solo das áreas avaliadas estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Características químicas e físicas do solo nas áreas de cultivo de mandioca e das áreas de fragmentos florestais adjacentes. Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS, Brasil. Março e abril de 2021.

Área	pH	MO	P-Mehlich	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Argila
	água (1:1)	(%)	(mg dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)			(%)
Cultivo de mandioca 1	4.85	2.68	10.20	140.00	4.20	1.48	29.50
Cultivo de mandioca 2	5.30	1.98	18.33	106.00	3.55	1.13	22.25
Fragmento florestal 1	5.48	4.95	27.65	210.00	5.95	2.28	15.00
Fragmento florestal 2	5.08	5.43	28.55	193.00	6.85	2.13	17.50

Legenda: MO., matéria orgânica. P, fósforo; K⁺, potássio; Ca²⁺, cálcio; Mg²⁺, magnésio.

As áreas com cultivo de mandioca são manejadas de forma agroecológica há cerca de 15 anos e haviam sido previamente cultivadas com aveia e ervilhaca, incorporadas ao solo uma semana antes da semeadura, por meio de aração e gradagem. O plantio ocorreu em outubro de 2020 e a adubação de plantio foi feita com 2 t ha⁻¹ de esterco de peru aplicados na cova. Foram realizadas três capinas manuais durante o ciclo de cultivo. O espaçamento adotado foi de 1 m entre linhas e 0,8 m entre plantas. Havia pouca cobertura de palhada sobre o solo cultivado.

Os fragmentos florestais adjacentes foram classificados como Floresta Estacional Semidecidual, com baixo grau de antropização. As bordas contavam com a presença de espécies invasoras. No interior predominavam espécies nativas, como *Ocotea pulchella*, *Myrcianthes gigantea*, *Ilex dumosa* e *Cedrela fissilis*. Visualmente o dossel no interior das áreas proporcionava cobertura de 80% e no solo havia uma camada de serrapilheira que permitia identificar a umidade na camada superficial.

Os invertebrados epiedáficos foram coletados por meio de armadilhas de queda tipo PROVID (Antoniolli et al., 2006), que ficaram instaladas durante 7 dias. Os grupos

taxonômicos foram identificados com auxílio de estereomicroscópio e apoio das chaves de Tilling (2014) e Rafael et al. (2012). Os índices de diversidade foram obtidos pelo software livre Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis – PAST, versão 4.13 (Hammer et al., 2001).

Os cromatogramas foram feitos conforme a metodologia descrita em Restrepo-Rivera & Pinheiro (2011). O solo das áreas foi coletado na profundidade de 0 cm a 10 cm, seco ao ar e peneirado em malha de 0,80 mm. Foi utilizado papel filtro Whatman nº1 com 15 cm de diâmetro e a impregnação feita com nitrato de prata (AgNO₃) a 0,5%. Amostras de 5 g de solo foram diluídas em 50 mL de hidróxido de sódio (NaOH) a 1% e deixadas em repouso por 6 horas. Após, 10 mL do sobrenadante foi adicionado à placa de Petri com o papel filtro impregnado com nitrato de prata. A interpretação dos cromatogramas foi feita com base no método proposto por Siqueira (2018) (Quadro 2).

Quadro 2 – Atributos para a escala de notas do cromatograma conforme Siqueira (2018). Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS, Brasil. Março e abril de 2021.

Zona	Cor	Forma	Integração	Nota
Central	Branca ou escura	Circular com borda lisa definida	Transição marcada por linha	1
	Marrom claro	Borda lisa e pouco definida	Desvanecimento suave para a próxima zona	2
	Creme	Borda irregular	Desvanecimento suave e entrelaçada para a próxima zona	3
Interna	Acinzentada, violeta ou azulada	Circular com borda lisa definida	Ausência de radiações e transição da zona com a zona anterior marcada por linha	1
	Marrom escuro um pouco acinzentado	Circular com borda lisa pouco definida	Presença de radiações lisas	2
	Marrom clara ou amarelada	Circular com borda irregular	Radiações em formato de penas	3
Inter-mediária	Acinzentada ou marrom muito escura	Circular com borda externa pontiaguda ou grossas	Ausência de radiações e transição da zona com a zona	1
	Marrom escura	Circular com borda externa pouco pontiagudas ou grossas ou pouco irregulares	Presença de radiações lisas	2
	Marrom, clara ou amarelada	Circular com borda externa de pontas irregulares	Presença de radiações em forma de penas	3
Externa	Esbranquiçada	Formato de dentes ou gomos regulares	Sem a formação de bolhas	1
	Marrom claro ou com manchas em marrom ou com manchas pouco definidas	Dentes e/ou gomos irregulares, formas irregulares	Presença de poucas bolhas	2
	Marrom claro ou amarelado com manchas marrons bem definidas	Formar irregulares	Grande quantidade de bolhas ao redor da zona externa	3

Cada cromatograma foi dividido em quatro zonas (central, interna, intermediária e externa) e cada qual classificado para os atributos cor, forma e integração, sendo nota 1 para cenário não ideal, 2 para cenário regular e 3 para cenário ideal. A soma da nota das quatro amostras de cada local formou a nota geral do cromatograma do local amostrado. A nota média de todos os cromatogramas foi usada para construção de uma escala ordinal de qualidade, onde $\bar{x} \leq 2\sigma$ foi considerado o solo em condição péssima, $\bar{x} - \sigma$ em condição regular, \bar{x} é a condição média, $\bar{x} + \sigma$ foi considerada boa e $\bar{x} \geq 2\sigma$ um solo em condição ótima (Siqueira, 2018). As notas individuais dos cromatogramas foram usadas para comparação com os índices de Shannon e Simpson.

Resultados e Discussão

Os solos dos dois fragmentos florestais apresentaram cromatogramas com valores entre regular e ótimo, enquanto um solo com cultivo de mandioca teve valor próximo ao limite do regular e o outro abaixo do limite considerado péssimo (Figura 1).

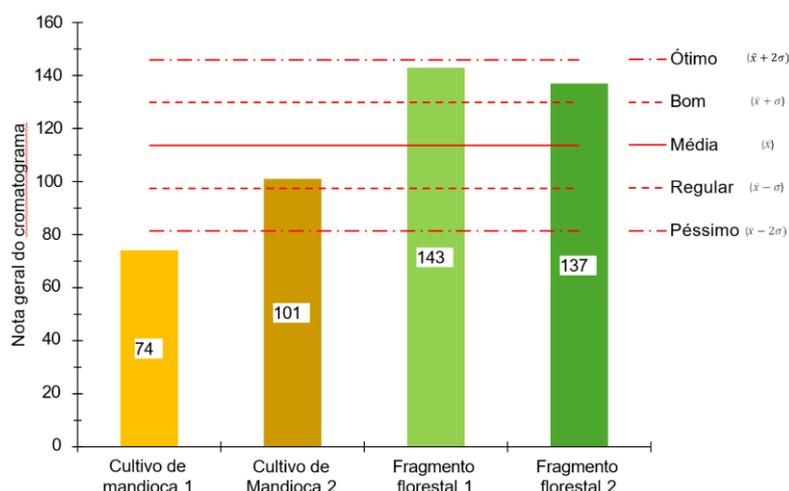


Figura 1 – Nota geral dos cromatogramas e escala ordinal de qualidade do solo para as áreas com cultivo de mandioca e dos fragmentos florestais adjacentes. Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS, Brasil. Março e abril de 2021.

Os solos nas áreas de fragmentos florestais tinham maior teor de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio do que o solo cultivado com mandioca e obtiveram as maiores notas nos cromatogramas. Esses dados são corroborados por Hernández-Rodríguez et al. (2021) que identificaram a mesma tendência ao analisarem amostras de solo de pomares com diferentes características químicas e físicas. Além disso, no início do ciclo da mandioca o solo apresentava baixo percentual de cobertura vegetal com cobertura morta. Os solos com pouca cobertura vegetal e expostos ao sol tendem a apresentar cromatogramas com baixa distinção entre as diferentes zonas e com colorações acinzentadas (Restrepo-Rivera & Pinheiro, 2011).

Houve correlação significativa entre as notas dos cromatogramas e as variáveis de solo analisadas, exceto para o pH (Quadro 3).

Quadro 3 – Correlação de Pearson (r) e p -valor (0.05) entre a nota geral dos cromatogramas e as variáveis químicas e físicas do solo. Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS, Brasil. Março e abril de 2021.

	pH	Matéria orgânica	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Argila
Nota geral do cromatograma (r)	0.44	0.76	0.80	0.60	0.52	0.57	-0.89
p -valor	9.18×10^{-2}	5.62×10^{-4}	2.06×10^{-4}	1.48×10^{-2}	3.87×10^{-2}	2.00×10^{-2}	3.19×10^{-6}

Mesmo utilizando outras metodologias de análise do cromatograma, diferentes estudos têm encontrado valores de correlação semelhantes aos desse trabalho para a matéria orgânica, o teor de fósforo e de potássio, apesar de não identificarem correlação com o teor de argila (Hernández-Rodríguez et al., 2021; Kokornaczyk et al., 2017). O teor argila presente nas áreas do cultivo de mandioca não é considerado alto (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016), mas o fato do solo ter pouca palhada pode ter influenciado o aumento da densidade na camada superficial e, conseqüentemente, determinado a elevada correlação negativa. Graciano et al. (2020) constataram que a região central do cromatograma apresenta correlação negativa com a resistência à penetração.

Não houve correlação entre a nota dos cromatogramas e os índices de diversidade dos invertebrados epiedáficos, tais como a riqueza ($r=-0,20$, $p=0,42$), a abundância ($r=0,02$, $p=0,93$), equidade de Simpson ($r=-0,09$, $p=0,73$) ou a diversidade de Shannon ($r=0,10$, $p=0,72$). A análise dos invertebrados epiedáficos através dos índices de diversidade de Shannon e Simpson também não permitiu discriminar claramente as áreas de cultivo de mandioca e os fragmentos florestais, ao contrário da nota individual dos cromatogramas

(Figura 2).

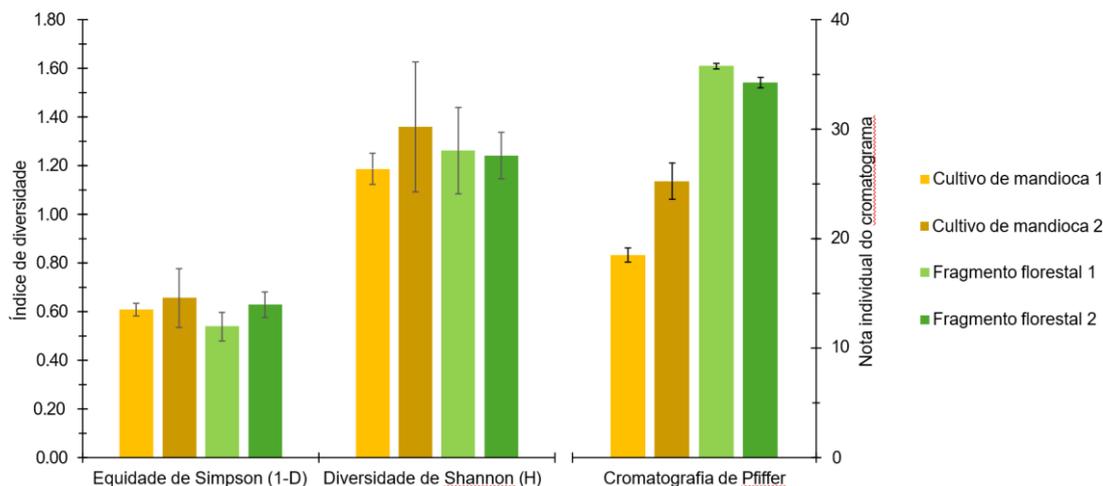


Figura 2 – Índice de equidade de Simpson, índice de diversidade de Shannon e notas individuais dos cromatogramas nas áreas de cultivo de mandioca e respectivas áreas de fragmentos florestais. Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS, Brasil. Março e abril de 2021. As barras sobre as colunas indicam o erro padrão da média.

Diversos autores afirmam que há uma grande relação entre a macro e meso fauna do solo, o teor de matéria orgânica e sua decomposição (Moreira & Siqueira, 2006; Peguero et al., 2019). Por sua vez, a zona central do cromatograma é associada com a matéria orgânica e condições físicas relacionadas à atividade da biota (Restrepo-Rivera & Pinheiro, 2011). Dessa forma, os cromatogramas permitiram inferir sobre a maior atividade biológica no solo dos fragmentos florestais, o que não foi possível com os índices tradicionais de diversidade.

Conclusões

A CCP apresentou correlação significativa com variáveis químicas e físicas do solo e permitiu discriminar as áreas melhor do que os índices de diversidade. Dessa forma, considera-se que a CCP pode ser utilizada como ferramenta auxiliar na avaliação da saúde do solo.

Referências Bibliográficas

- Antoniolli, Z. I., Conceição, P. C., Böck, V., Port, O., Silva, D. M., & Silva, R. F. (2006). Método alternativo para estudar a fauna do solo. *Ciência Florestal*, 16(4), 407. <https://doi.org/10.5902/198050981922>
- Barros, C. E., & Franco, F. S. (2022). Contribuições da cromatografia circular de Pfeiffer para análise da saúde do solo. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 31(2), 395–413. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v31n2.90067>
- Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., de Deyn, G., de Goede, R., Flesskens, L., Geissen, V., Kuyper, T. W., Mäder, P., Pulleman, M., Sukkel, W., van Groenigen, J. W., & Brussaard, L. (2018). Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105–125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>
- Ford, B. M., Stewart, B. A., Tunbridge, D. J., & Tilbrook, P. (2021). Paper chromatography: an inconsistent tool for assessing soil health. *Geoderma*, 383, 114783. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114783>
- Graciano, I., Matsumoto, L. S., Demétrio, G. B., & Peixoto, E. C. T. M. (2020). Evaluating Pfeiffer chromatography for its validation as an indicator of soil quality. *Journal of Agricultural Studies*, 8(3), 420. <https://doi.org/10.5296/jas.v8i3.16336>

- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1)(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2008.05.025>
- Hernández-Rodríguez, A., Ochoa-Rodríguez, B., Ojeda-Barrios, D., Jiménez-Castro, J., Sánchez-Rosales, R., Rodríguez-Roque, M. J., & Sánchez-Chávez, E. (2021). Patrones para estimar la fertilidad del suelo mediante la técnica de cromatografía de Pfeiffer. *Terra Latinoamericana*, 39, 1–12. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.844>
- Kokornaczyk, M. O., Primavera, F., Luneia, R., Baumgartner, S., & Betti, L. (2017). Analysis of soils by means of Pfeiffer's circular chromatography test and comparison to chemical analysis results. *Biological Agriculture and Horticulture*, 33(3), 143–157. <https://doi.org/10.1080/01448765.2016.1214889>
- Lehmann, J., Bossio, D. A., Kögel-Knabner, I., & Rillig, M. C. (2020). The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(10), 544–553. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8>
- Moreira, F. M. S., & Siqueira, J. O. (2006). *Microbiologia e Bioquímica do Solo* (2nd ed.). UFLA.
- Peguero, G., Sardans, J., Asensio, D., Fernández-Martínez, M., Gargallo-Garriga, A., Grau, O., Llusà, J., Margalef, O., Márquez, L., Ogaya, R., Urbina, I., Courtois, E. A., Stahl, C., Van Langenhove, L., Verryckt, L. T., Richter, A., Janssens, I. A., & Peñuelas, J. (2019). Nutrient scarcity strengthens soil fauna control over leaf litter decomposition in tropical rainforests. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 286(1910), 20191300. <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.1300>
- Rafael, J. A., Melo, G. A. R., Carvalho, C. J. B. de, Casari, S. A., & Constantino, R. (2012). *Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia*. Holos.
- Restrepo-Rivera, J., & Pinheiro, S. (2011). *Cromatografía imágenes de la vida y de la destrucción del suelo*. Impresora Fevriva.
- Rinot, O., Levy, G. J., Steinberger, Y., Svoray, T., & Eshel, G. (2019). Soil health assessment: a critical review of current methodologies and a proposed new approach. *Science of The Total Environment*, 648, 1484–1491. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.259>
- Santos, H. G. dos, Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C. dos, Oliveira, V. Á. de, Lumberras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A. de, Araújo Filho, J. C., Oliveira, J. B. de, & Cunha, T. J. F. (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos* (5th ed.). Embrapa.
- Siqueira, J. B. (2018). *Uma metodologia de auxílio à interpretação da qualidade do solo por meio da cromatografia de Pfeiffer*.
- Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. (2016). *Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina* (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Ed.; 11th ed.). Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC.
- Tilling, S. M. (2014). *A key to the major groups of British terrestrial invertebrates* (2nd ed.). FSC Publications.
- Vogel, H. -j, Eberhardt, E., Franko, U., Lang, B., Ließ, M., Weller, U., Wiesmeier, M., & Wollschläger, U. (2019). Quantitative evaluation of soil functions: potential and state. *Frontiers in Environmental Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00164>