

# ANÁLISE MULTIFRACTAL E JOINT MULTIFRACTAL DA FAUNA INVERTEBRADA DO SOLO EM ÁREA DE CERRADO

Guilherme Domingues Ferreira<sup>1</sup>, Sthephane Pereira da Silva<sup>1</sup>, João Mateus Coutinho Leite Sousa<sup>1</sup>, Raimunda Alves Silva<sup>2</sup>, Glécio Machado Siqueira<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Maranhão, guilherme.domingues@discente.ufma.br; sthephane-silva@hotmail.com; joao.mcls@discente.ufma.br

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia, ray-234@hotmail.com, glecio.siqueira@ufma.br

**Palavras chave:** Invertebrados do solo, diversidade biológica, dimensão multifractal, dimensão joint multifractal

## Introdução

No Brasil as áreas de savanas se estendem por cerca de 22% do território nacional, abrangendo uma área de 2.036.448 km<sup>2</sup> [1], compreendendo diferentes ecótonos, incluindo formações florestais savânicas, formações savânicas típicas e campos de savanas [2]. A variabilidade de escala destes ambientes é pouco estudada, sobretudo envolvendo análise multifractal [3]. Desta maneira, é necessário entender como a fauna do solo é distribuída em diferentes escalas, e levando em consideração as grandezas matemáticas dos índices de diversidade, uma vez que estes envolvem um conjunto de operações matemáticas, que representam a diversidade de maneira global para uma área [4], sem considerar a variabilidade pontual [5]. As hipóteses deste trabalho são: (1) a diversidade de invertebrados do solo possui distribuição e associação em escala multifractal e joint multifractal; (2) a complexidade dos índices de diversidade da fauna edáfica, pode representar diferentes graus de multifractalidade.

## Materiais e métodos

A área de estudo está localizada no município de Chapadinha (Maranhão, Brasil) onde a vegetação natural da região é caracterizada como savana e o clima é tropical quente e úmido (Aw). O método de coleta foi de armadilha *pitfall*, em dois transectos (T1 e T2) com comprimento total de 381 m e espaço de 3 m entre pontos. Cada armadilha permaneceu em campo por sete dias. Os organismos foram identificados a nível de ordem, família e subfamília, e determinados os índices de diversidade biológica simples [indivíduos/armadilha/dia (Ind.trap<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup>) e Riqueza] e complexos [dominância de Simpson (*D*), diversidade total (TD), Shannon (*H'*) e Pielou (*J'*)]. Os dados foram analisados utilizando métodos de análise multifractal e joint multifractal, por meio do momento de análise conjunta das escalas de variabilidade para os pares de variáveis.

## Resultados e discussão

Foram coletados 3,456 e 1,629 indivíduos da fauna do solo, para T1 e T2 (savana densa - T1 e savana típica - T2). A ordem Hymenoptera foi a mais abundante em T1 (1,517 indivíduos), em T2 a família Formicidae foi a mais abundante (607 indivíduos). Houve a separação da família Formicidae da ordem Hymenoptera, em razão do comportamento agregado das formigas e seus nichos divergentes da ordem Hymenoptera, que em sua maioria é alada. A Riqueza em T1 e T2 apresentou o melhor ajuste para a função de partição com valor de  $R^2 = 0.999$ ; e o menor valor de ajuste foi descrito para  $\text{Ind. trap}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$  em T1 e T2 ( $R^2 = 0.980$ ,  $R^2 = 0.972$ , respectivamente). Os dados apresentaram tendência multifractal, cujos sistemas complexos obedecem a  $D_0 > D_1 > D_2$ . Os espectros de singularidade para os índices simples apresentaram maior amplitude na escala de  $D_{-10}$ - $D_{10}$ , havendo maior diferença para a Riqueza, que em T1 apresentou domínio de valores de medidas baixos, e em T2 apresentou domínio de valores de medidas elevadas.

Os valores de média para os índices simples ( $\text{Ind. trap}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$  e riqueza) em T1 foram de 3.85 e 5.99, e em T2 1.81 e 5.63 (Tabela 1). Gholami *et al.* [6] estudando a macrofauna do solo em floresta ripária, encontraram valores médios de abundância de 39.60 indivíduos/m<sup>2</sup> e riqueza média de 1.40, descrevendo que os organismos da fauna invertebrada são associados ao tipo de cobertura vegetal. Nossos resultados também descrevem que existe associação entre a abundância de indivíduos e a cobertura vegetal. De acordo com Marichal *et al.* [7] sistemas com maior cobertura vegetal, favorecem a formação de microclima e oferta de recursos alimentares para a fauna edáfica. Nesse sentido, a maior diversidade em T1 é reflexo do tipo de formação savânica neste tratamento com elevada cobertura do solo e altura do dossel, em relação à T2.

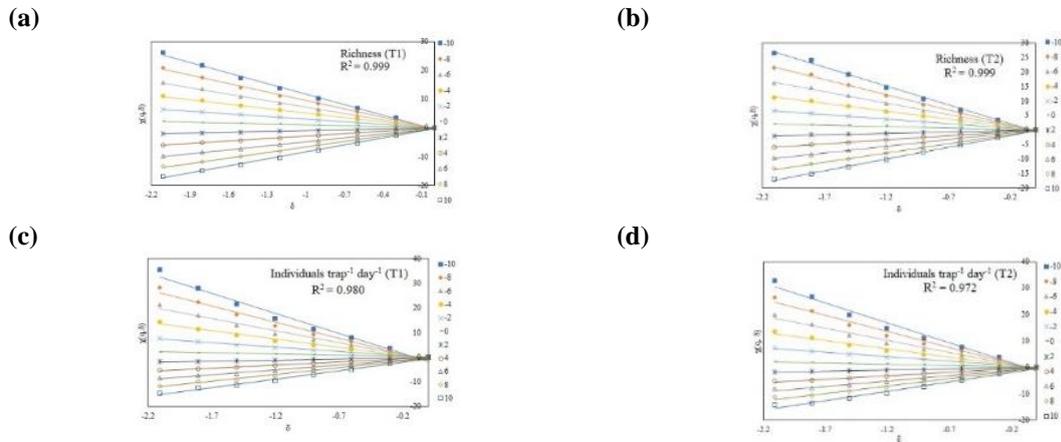
**Tabela 1.** Estatística descritiva dos índices de diversidade da fauna do solo em transectos no Bioma Cerrado

Parameters	Transect 1 – Cerrado denso					
	Ind. trap <sup>-1</sup> .day <sup>-1</sup>	Richness	D	TD	H'	J'
Mean	3.85	5.99	0.36	0.52	1.22	2.66
CV (%)	84.15	38.51	48.57	32.47	33.87	28.14
Skewness	1.43	0.71	0.30	-0.57	-0.30	-1.83
Kurtosis	2.084	1.49	2.41	3.49	2.65	3.79
D*	0.137n	0.202Ln	0.185n	0.366Ln	0.201Ln	0.193Ln
Parameters	Transect 2 – Cerrado típico					
	Ind. trap <sup>-1</sup> .day <sup>-1</sup>	Richness	D	TD	H'	J'
Mean	1.81	5.63	0.31	0.58	1.27	0.85
CV (%)	85.15	46.51	59.38	44.09	46.38	27.95
Skewness	1.61	0.11	1.03	-0.82	-0.66	-2.83
Kurtosis	3.36	0.50	3.66	0.65	0.34	7.53
D*	0.165Ln	0.167Ln	0.158Ln	0.259Ln	0.179Ln	0.276Ln

Ind. trap<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup>: Individuals trap<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, D: Simpson dominance, TD: Total diversity, H': Shannon, J': Pielou,

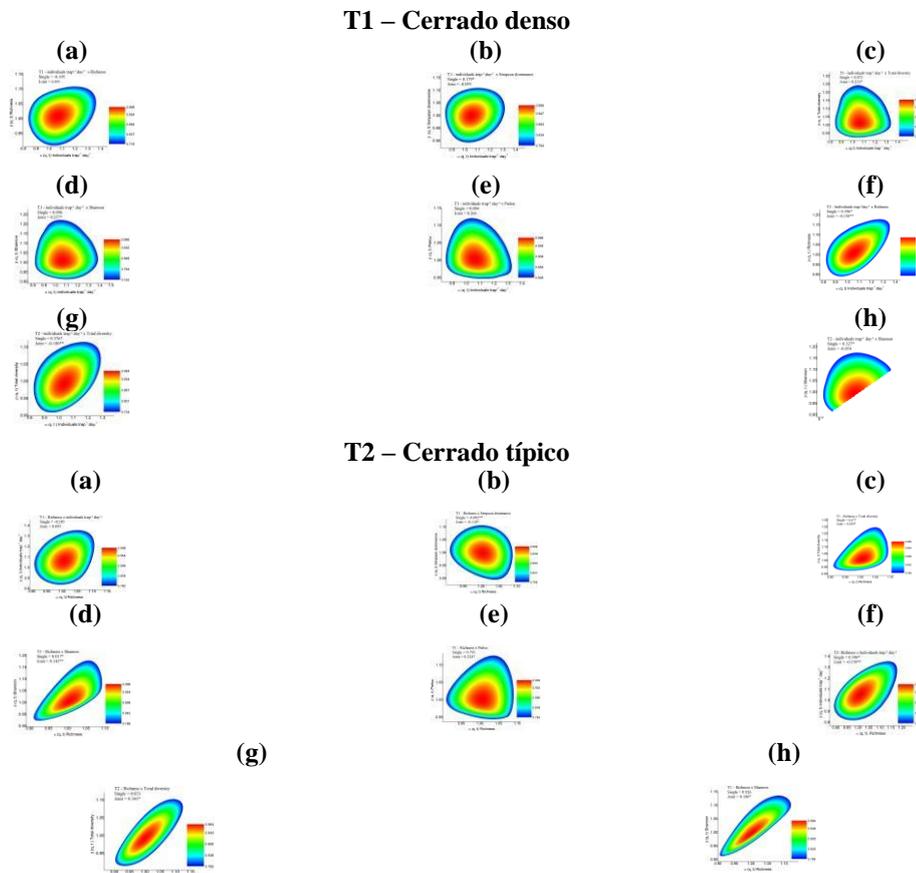
CV%: Coefficient of variation; Ln: Lognormal; D\*: Kolmogorov-Sminorv normality test - 0.01%.

Os resultados demonstram que os atributos em estudo possuem distribuição em escala múltipla, em maior ou menor grau de multifractalidade.



**Figura 1.** Função de partição para os índices da fauna do solo. (a) Richness em T1, (b) Richness em T2, (c) individuals trap<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> em T1 e (d) individuals trap<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> em T2).

Os resultados da análise joint multifractal (Figura 2) demonstram que os atributos em estudo apresentaram diferentes graus de associação entre os índices de escala  $\alpha(q, t)$  e  $\beta(q, t)$ , com exceção para D e J' em T2, que não apresentaram dimensão joint com Ind.trap<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup>, e tampouco com a riqueza, devido a monofractalidade destes índices, conforme descrito pelo espectro de singularidade.



**Figure 2.** Distribuição joint multifractal em T1 para Richness (eixo horizontal) versus índices de diversidade (eixo vertical): (a) individuals trap<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, (b) Simpson dominance, (c) Diversidade total, (d) Shannon, (e) Pielou e (f)

individuals trap<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, (g) diversidade total, (h) Shannon, com coeficiente de correlação de Pearson em escala joint de  $\alpha$  (q, t) e  $\beta$  (q, t) e escala simples. \* valor de significância  $P < 0.01$  e \*\* valor de significância  $P < 0.05$ .

### Conclusão

Os índices de diversidade biológica apresentaram diferentes graus de multifractalidade, havendo diferenciação relacionada ao tipo de formação vegetal de savana. A análise multifractal descreveu que a composição vegetal para a formação savânica típica (T2), possui menor heterogeneidade das medidas de escala que a savana densa (T1), apresentando, assim, espectros de singularidade com tendência monofractal para a Dominância de Simpson (D) e a equitabilidade de Pielou (J'). A análise joint multifractal evidenciou ser uma ferramenta importante para o entendimento da variabilidade da fauna invertebrada do solo.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPEMA - Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão, ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e a CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro.

### Referências

- [1] MMA- Ministério do Meio Ambiente, 2020. **Bioma Cerrado**. Acesso em 28/04/2020. <https://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>.
- [2] Ribeiro, J.F., Walter, B.M.T., 2008. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). Cerrado: ecologia e flora v. 2. Brasília: EMBRAPA-CERRADOS, 876 p.
- [3] Silva, R.A., Siqueira, G.M., 2020. **Multifractal analysis of soil fauna diversity indexes**. *Bragantia*. 70, 120-133. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20190179>.
- [4] Magurran, A.E., 2011. **Medindo a diversidade biológica**. Editora UFPR, Curitiba, 2011, 261p.
- [5] Siqueira, G.M., França e Silva, E.F., Moreira, M.M., Santos, G.A.A., Silva, R.A., 2016. **Diversity of soil macrofauna under sugarcane monoculture and two different natural vegetation types**. *Afr. J. Agric. Res.* 30, 2669-2677. <https://doi:10.5897/AJAR2016.11083>
- [6] Gholami, A., Sheikhmohamadi, B., Sayad, E., 2017. **Spatial relationship between soil macrofauna biodiversity and trees in Zagros forests, Iran**. *Catena*. 159, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.07.021>.
- [7] Marichal, R., Grimaldi, M., Feijoo, A.M., Oszwald, J., Praxades, C., Cobo, D.H.R., Hurtado, M.P., Desjardins, T., Silva Junior, M.L.S., Costa, L.G., Miranda, I.S., Oliveira, M. N.D., Brown, G.G., Tsélouiko, S., Martins, M.B., Decaëns, T., Velasquez, E., Lavelle, P., 2014. **Soil macroinvertebrate communities and ecosystem services in deforested landscapes of Amazonia**. *Appl. Soil Ecol.* 83, 177-185. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.05.006>