

Bioindicadores da qualidade do solo em sistemas agroflorestais

Soil quality bioindicators in agroforestry systems

Cristiane Mariliz Stöcker¹, Alex Becker Monteiro², Adilson Luís Bamberg³, Joel Henrique Cardoso⁴, Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli⁵ e Ana Cláudia Rodrigues de Lima⁶

RESUMO

A avaliação de ácaros e colêmbolos edáficos tem ganhado atenção com vistas ao seu uso como indicadores biológicos da qualidade do solo devido as importantes funções desempenhadas por estes indivíduos no solo. As análises dos parâmetros ecológicos, destes indivíduos em solos sob sistemas agroflorestais, em comparação com áreas de vegetação nativa (mata nativa), podem indicar direcionamentos da qualidade do solo com relação ao manejo adotado. Com base nisso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a população de ácaros e colêmbolos em uma área cultivada com um sistema agroflorestal, comparando-as com uma área de mata nativa, na Estação Experimental Cascata-Embrapa Clima Temperado-Pelotas-RS. Para tal, amostras de solo foram coletadas com o auxílio de um cilindro metálico de volume conhecido, em três camadas (0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m). As amostras foram encaminhadas ao laboratório de biologia do solo da UFPEl para a extração de ácaros e colêmbolos, utilizando-se o método do funil de Tullgren. Após o recolhimento dos organismos, estes foram identificados e contados com o auxílio de uma lupa. Foram capturados 441, 227 e 420 organismos edáficos nas camadas de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, respectivamente. O solo sob área de mata nativa apresentou menor número de indivíduos e índice de dominância em comparação a área de solo sob sistema agroflorestal, mostrando que a diversidade de cobertura vegetal, bem como a sua incorporação, proporcionada pelo sistema agroflorestal, pode influenciar positivamente na população de ácaros e colêmbolos. O manejo da biomassa vegetal do sistema agroflorestal favorece a população de ácaros e colêmbolos.

¹ Doutoranda em agronomia - PPG em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas

² Doutorando em ciências - PPG em Manejo e Conservação do Solo e da Água

³ Pesquisador Embrapa Clima Temperado

⁴ Pesquisador em Sistemas Agroflorestais- Embrapa Clima Temperado

⁵ Professora Titular da Universidade Federal de Pelotas

⁶ Professora Associada da Universidade Federal de Pelotas

ABSTRACT

The evaluation of mites and springtail has gained attention with regard to their use as biological soil quality indicators due to the important functions performed by these soil individuals. Analyzes of the ecological parameters of these organisms in soils under agroforestry systems, compared to native vegetation areas (native forest), may indicate soil quality guidelines related to the adopted management. Based on this, the objective of this work was to evaluate the population of mites and springtail in an area under an agroforestry system and an area of native forest at the Estação Experimental Cascata-Embrapa Clima Temperado-Pelotas-RS. For this, soil samples were collected using a metal cylinder of known volume, from three layers (0.00-0.10 m, 0.10-0.20 m and 0.20-0.40 m). The samples were sent to the UFPel soil biology laboratory for the extraction of mites and springtail, using the Tullgren funnel method. The organisms were identified and counted using a magnifying glass. 441, 227 and 420 edaphic organisms were collected from the 0.00-0.10 m, 0.10-0.20 m and 0.20-0.40 m layers, respectively. The soil under native forest area had a lowest number of individuals and dominance index than the soil under agroforestry system, showing that the diversity of vegetation cover and its incorporation, provided by the agroforestry system, can positively influence the population of mites and springtail. The management of the plant biomass in the agroforestry system favors the population of mites and springtail.

Palavras-chave: Ácaros, colêmbolos, agrofloresta

Keywords: Mites, springtail, agroforest

INTRODUÇÃO

Práticas agrícolas adotadas pela agricultura convencional muitas vezes ocasionam a diminuição gradativa da qualidade do solo (QS), resultando em limitações da produtividade agrícola. Assim, verifica-se uma crescente busca por agroecossistemas capazes de conservar os recursos naturais, dentre estes, o solo (AGUIAR, 2008). Neste cenário, os sistemas agroflorestais (SAFs) mostram-se uma alternativa viável para mitigar os danos causados pela agricultura tradicional, recuperando e mantendo a qualidade ambiental (HAIRIAH et al., 2006; JIANBO, 2006; LU et al., 2015).

Os SAFs são sistemas amplamente utilizados no mundo, com o cultivo simultâneo de árvores, espécies agrícolas anuais e até mesmo animais,

promovendo interações ecológicas benéficas de acordo com um arranjo espacial e/ou temporal. Os SAFs produzem também grande quantidade de biomassa, favorecendo o acúmulo de carbono nas camadas superficiais do solo (ALTIERI, 2012).

De acordo com Barros et al. (2008), os SAFs são considerados como sistemas conservacionistas, pois em virtude da semelhança com sistemas naturais, representam a combinação ideal para a fauna do solo, pela oferta de abrigo e a alta disponibilidade de matéria orgânica, sem que haja grandes perturbações advindas de manejo intensivo (LUIZÃO & SCHUBART, 1987). Quando consolidados, podem até mesmo favorecer o restabelecimento da fauna do solo e dos diversos benefícios decorrentes da atividade desses organismos ao sistema.

Os organismos edáficos interagem entre si, influenciando e sendo influenciados pelas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (COIMBRA et al., 2007). Além disso, desempenham um papel fundamental na conservação da cadeia alimentar e do fluxo energético, atuando diretamente na decomposição dos resíduos orgânicos (WRIGHT & COLEMAN, 2000).

Os bioindicadores representam uma abordagem ampla para avaliar e interpretar o impacto das perturbações naturais ou antrópicas no ecossistema solo (HEGER et al., 2012). Pela forte interação de ácaros e colêmbolos com o solo, fazendo com que quaisquer alterações ocasionadas no ambiente alterem sua estrutura populacional, esses organismos vêm sendo utilizados como indicadores de qualidade do solo (CARVALHO, 2014).

Lima et al. (2010), por exemplo, realizaram um estudo em SAFs, onde concluíram que o manejo agroflorestal favoreceu a ocorrência de "engenheiros" do ecossistema. Além de proporcionarem aumentos na abundância e riqueza da macrofauna invertebrada do solo. Rieff (2014) realizou um estudo onde foi avaliada a dinâmica dos ácaros e colêmbolos edáficos e seu potencial como bioindicadores da QS em áreas sob diferentes sistemas de manejo, concluindo que estes organismos foram influenciados pelos sistemas de cultivo, onde foi possível observar relações entre a densidade dos grupos com as alterações no solo.

Para tanto, a avaliação de ácaros e colêmbolos tem recebido especial atenção quando se refere a indicadores biológicos do solo, pois atuam na regeneração do solo, trazendo benefícios para a vegetação, disponibilizando

nutrientes e mantendo o equilíbrio entre as populações dos organismos presentes.

A partir da análise do número, frequência e diversidade destes indivíduos em áreas de cultivo agrícola, quando comparados a áreas de vegetação nativa podem indicar alterações ocorridas no solo. Pois o aumento da diversidade vegetal promove a sustentabilidade agrícola, o que melhora a capacidade do solo em exercer suas funções no sistema produtivo (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009). Com base nisso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a população de ácaros e colêmbolos em uma área cultivada com um sistema agroflorestal, avaliando-se os manejos adotados nas linhas e entrelinhas de cultivo, comparando-os com uma área adjacente ocupada com mata nativa.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em uma área experimental da Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, Pelotas/RS cujas coordenadas geográficas são: 31°37'14,16" S e 52°31'41.49" W. Nessa área experimental é conduzida uma unidade de SAF em sistema agroecológico, cujas dimensões são 55 m X 45 m, totalizando aproximadamente 0,25 ha. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa (C: clima temperado quente, com temperatura média do mês mais frio entre 3 e 18° C; f: em nenhum mês a precipitação é inferior à 60 mm; a: temperatura do mês mais quente é superior à 22° C). Os dados climáticos durante a condução do estudo estão sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1 - Dias com chuva (DC), precipitação pluviométrica (PP), temperatura (T) durante os meses de condução do estudo.

Meses	DC	PP (mm)		T (°C)		
	Total	Total	Média	Mínima	Máxima	Média
Set	19	141,6	4,72	11,1	18,1	13,9
Out	19	141,6	4,57	11,1	18,1	13,9
Nov*	11	200,4	6,68	14,7	24,3	19,4
Dez	14	137,6	4,44	17,2	26,0	22,5

*Mês de coleta: Estação Meteorológica da Embrapa Clima Temperado-Pelotas-RS

O experimento foi instalado no segundo semestre de 2013, em uma área de relevo suave ondulado, sendo o solo da área classificado como um Argissolo. O sistema implantado possui 9 linhas equidistantes, com 5 m de espaçamento, sendo 5 linhas formadas com pecaneiras, espécies arbóreas produtoras de biomassa (*Trema micrantha* e *Enterolobium contortisiliquun*) e de interesse madeireiro (*Hovenia dulcis*; *Peltophorum dubium*; *Cedrella fissilis*; *Citharexylum montevidense*; *Hexachlamys edulis*) de forma que, no intervalo de 10 m entre as pecaneiras foram implantadas tangerineiras e caquizeiros, intercaladas a cada 5 m.

As outras 4 linhas foram intercaladas com as descritas acima, sendo formadas por laranjeiras na posição das pecaneiras, formando-se intervalos de 10 m. No intervalo entre as laranjeiras, foram plantados caquizeiros e tangerineiras alternadamente ao longo da linha.

No centro das entrelinhas foram implantadas duas espécies perenes (*Tithonia diversifolia* e *Penisetun purpureun*) com o propósito de produção de biomassa para restauração da fertilidade natural do solo. A área restante das entrelinhas tem sido cultivada com espécies de interesse econômico (milho, feijão, amendoim e abóboras), adubos verdes de verão e adubos verdes de inverno, de acordo com a estação. Nesses 3 anos, toda a biomassa tem sido movimentada para as linhas das plantas perenes, objetivando favorecer essas espécies para o seu rápido desenvolvimento.

O estudo da fauna edáfica do solo foi realizado nas linhas e entrelinhas de plantio do SAF, além de uma área adjacente sob vegetação natural (mata nativa),

com aproximadamente 20 anos de regeneração natural, considerada assim como uma área de referência.

As coletas de solo foram realizadas considerando a topossequência, onde a área foi dividida em três terços, sendo estes: terço superior, terço médio e terço inferior, e realizadas em três camadas (0,00 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20-0,40 m).

A mesofauna edáfica foi coletada, no mês de novembro, com o auxílio de um anel volumétrico de 424,65 cm³ e encaminhadas ao Laboratório de Biologia do Solo da Universidade Federal de Pelotas, onde se adotou metodologia do Funil de Tullgren proposto por Bachelier (1978). As amostras foram distribuídas nos funis em peneira com malha de 2 mm de diâmetro, ficando estas sob a ação de lâmpadas de 15 watts durante 48 horas. Os organismos edáficos foram coletados em frascos snap-cap com capacidade de 60 mL, contendo 25 mL de álcool 80% e 4 a 5 gotas de glicerina, para evitar a evaporação do mesmo. Após a captura dos organismos, estes foram colocados em placas de porcelana com seis divisões e, após, ácaros e colêmbolos foram identificados e contados com auxílio de uma lupa binocular. Foram calculados os parâmetros ecológicos: índice de Dominância, de Shannon-Weaner, de Simpson e de Equitabilidade. Para estes cálculos utilizou-se o programa estatístico PAST (HAMMER et al., 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram coletados 441 organismos edáficos na camada de 0,00-0,10 m, 227 na camada de 0,10-0,20 m e 420 na camada de 0,20-0,40 m, sendo estes divididos em ácaros e colêmbolos (Tabela 2). O maior número de indivíduos encontrados foi na camada superficial, destes 258 indivíduos foram encontrados na linha de cultivo do SAF, no entanto verifica-se um número muito inferior na mata nativa, apenas 27 indivíduos.

A maior abundância de organismos encontrados nos manejos do SAF em relação à mata nativa pode estar associada ao manejo realizado no SAF, pois de acordo com Kautz et al. (2006) a oferta e diversidade de alimentos para os ácaros e colêmbolos, através da produção e acúmulo de resíduos orgânicos, provenientes das espécies incluídas para as adubações orgânicas, os cortes e as deposições de

restos vegetais fornecem uma variada dieta alimentar a estes organismos em relação a mata nativa. O uso de diferentes coberturas vegetais pode influenciar na abundância da biota do solo, uma vez que esta depende de diversos fatores, como, a quantidade, o tipo e a permanência de resíduos orgânicos sobre a superfície do solo (CAMPOS et al., 2005). Desta forma, o SAF pode potencializar a biota do solo, principalmente na linha de cultivo, onde foram encontrados os maiores valores de abundância de organismos, devido à variedade de espécies vegetais e compostos orgânicos presentes na serrapilheira do SAF linha.

Tabela 2 - Abundância de organismos edáficos (ácaros e colêmbolos) avaliada em linhas e entrelinhas de cultivo de um sistema agroflorestal conduzido em sistema agroecológico, bem como numa mata nativa adjacente.

Tratamentos	Ácaros	Colêmbolos	Total
0,00-0,10 m			
Linhas	178	80	258
Entrelinhas	77	79	156
mata nativa	14	13	27
			441
0,10-0,20 m			
Linhas	108	31	139
Entrelinhas	63	15	78
mata nativa	4	6	10
			227
0,20-0,40 m			
Linhas	133	53	186
Entrelinhas	113	114	227
mata nativa	2	5	7
			420

Apesar destes organismos serem encontrados em maior abundância nas camadas superficiais do solo, neste estudo, foram encontrados valores próximos de abundância de organismos na camada de 0,20-0,40 m.

Na avaliação pelo índice de Dominância, a mata nativa, nas camadas até 0,20 m, apresentou o menor valor (Tabela 3). Este índice expressa o quão dominante é um grupo de indivíduos, desta forma, quanto menor o valor, menor será a dominância dentro da amostra. Desta forma, a mata nativa apresentou valores de dominância mais baixos em comparação as linhas de SAF, o que pode ser atribuído

ao baixo número de indivíduos coletados na mata, diminuindo assim o valor de dominância, pois a mata nativa pode estar num status de equilíbrio de adições de fonte de alimento a esses organismos, por isso, a população pode estar em equilíbrio e ajustada à oferta de alimento. No SAF, por outro lado, o aporte crescente de material orgânico em relação à mata nativa pode estar favorecendo a abundância, diversidade e atividade de organismos tendendo a ser maior que na mata nativa.

Tabela 3 - Índices de Dominância (D), Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade (J) de ácaros e colêmbolos sob sistemas agroflorestal (linhas e entrelinhas) e mata nativa em três camadas de solo.

Índice	linhas	Entrelinhas	mata nativa
0,00-0,10 m			
Dominância (D)	0,58	0,50	0,50
Shannon-Wiener (H')	0,62	0,70	0,69
Equitabilidade (J)	0,89	1,00	1,00
0,10-0,20 m			
Dominância (D)	0,65	0,69	0,52
Shannon-Wiener (H')	0,53	0,49	0,67
Equitabilidade (J)	0,76	0,71	0,97
0,20-0,40 m			
Dominância (D)	0,59	0,50	0,59
Shannon-Wiener (H')	0,60	0,70	0,60
Equitabilidade (J)	0,86	1,00	0,86

Os maiores valores do índice de Shannon-Wiener foram apresentados pelas entrelinhas do SAF na camada de 0,00-0,10 m, pela mata na camada de 0,10-0,20 m, enquanto que na camada de 0,20-0,40 m, as entrelinhas do SAF foram superiores, porém, equivalentes. O índice de Shannon-Wiener pode variar de 0 a 5 e a sua redução pode resultar da maior dominância de alguns grupos em detrimento a outros (BEGON et al., 1996; SOUTO et al., 2008). Os valores obtidos para o índice de Shannon-Wiener mostram que a maior diversidade da população de ácaros e colêmbolos esteve provavelmente associada à acumulação da palhada da entrelinha, removida para a linha na ocasião das atividades de poda, embora a variação dos valores tenha sido baixa para todos as áreas.

Para Souto et al. (2008), a diversidade das espécies está conectada a uma relação entre o número de espécies e a distribuição do número de indivíduos entre as espécies, ou seja, quanto maior o índice de Shannon-Wiener, menor a variação da riqueza de espécies. Da mesma forma, Moço et al. (2005) cita que a diversidade de espécies está associada a uma relação entre número de espécies (riqueza) e a distribuição do número de indivíduos entre as espécies (equitabilidade).

Os valores do índice de equitabilidade de Pielou variaram entre 0,89-1,00 na camada de 0,00-0,10 m, já na camada de 0,10-0,20 variou de 0,76-0,97 e na camada de 0,20-0,40 m variou de 0,86-1,00 (Tabela 3). O índice de equitabilidade pode variar entre 0 e 1, sendo os valores diretamente relacionados à dominância de grupos, ou seja, quanto maior o valor obtido, menor será a dominância. Isso pode ser evidenciado nas entrelinhas e na mata nativa na camada de 0,00-0,10 m em que o maior valor de Pielou decorreu da menor ocorrência de ácaros.

CONCLUSÕES

1. O solo sob área de mata nativa apresentou menor número de indivíduos e índice de dominância em comparação a área de solo sob sistema agroflorestal, mostrando que a diversidade de cobertura vegetal, bem como a sua incorporação, proporcionada pelo sistema agroflorestal, pode influenciar na população de ácaros e colêmbolos.
2. O manejo da biomassa vegetal da entrelinha para a linha do sistema agroflorestal favorece a população de ácaros e colêmbolos.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. I. de. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. Rio de Janeiro: Expressão Popular, 2012. 400 p.

BACHELIER, G. **La faune des sols, son écologie et son action**. Paris: Orstom, 1978. 391 p.

BARROS, E.; MAHIEU, J.; TAPIA-CORAL, S.; NASCIMENTO, A. R. L.; LAVELLE, P. Comunidade da macrofauna do solo na Amazônia brasileira. *In*: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, 2008. p.171-191.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecology: individuals, populations and communities**. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 1996. 1068 p.

CAMPOS, B. C. de; REINERT, D. J.; RUEDELL, J.; PRETERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo VermelhoEscuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 121- 126, 1995

CARVALHO, T. A. F. Mesofauna (Acari e Collembola) em Solo sob Cafeeiro e Leguminosas Árboreas. 2014 (Dissertação Mestrado) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 71p.

COIMBRA, J. L. M.; SANTOS, J. C. P.; ALVES, M. V.; BARZOTTO, I. Técnicas multivariadas aplicadas ao estudo da fauna do solo: contrastes multivariados e análise canônica discriminante. **Ceres**, v.54, p.270-276, 2007.

FERNANDES, M. M.; MAGALHÃES, L. M. S., PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; BRITO, R. J.; MOURA, M. R.de. RJ. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 1, p. 533-540, 2011.

HAIRIAH, K.; SULISTYANI, H.; SUPRAYOGO, D.; WIDIANTO; PURNOMOSIDHI, P.; WIDODO, R.H.; NOORDWIJK, M.V. Litter layer residence time in forest and coffee agroforestry systems in Sumberjaya, West Lampung. **Forest Ecology and Management**, v. 224, n. 1-2, p. 45-57, 2006.



HEGER, T. J.; IMFELD, G.; MITCHELL, E. A. D. Special issue on "Bioindication in soil ecosystems": Editorial note. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 49, p. 1–4, 2012.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, College Station, Texas, v. 4, n. 1, p. 9, 2001.

JIANBO, L. Energy balance and economic benefits of two agroforestry systems in northern and southern China. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 116, n. 3-4, 255-262, 2006.

KAUTZ, T.; LÓPEZ-FANDO, C.; ELLMER, F. Abundance and biodiversity of soil microarthropods as influenced by different types of organic manure in a longterm field experiment in Central Spain. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 33, n. 3, p. 278–285, 2006.

LIMA, S. S.; AQUINO, A. M.; LEITE, L. F.C.; VELÁSQUEZ, E.; LAVELLE, P.. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p.322-331, 2010.

LU, S.; WANG, F.; MENG, P.; ZHANG, J. Simultaneously protecting the environment and its residents: The need to incorporate agroforestry principles into the ecological projects of China. **Ecological Indicators**, [S. l.], v. 57, p.61-63, 2015.

LUIZÃO, F. J.; SCHUBART, H. O. R. Litter production and decomposition in a terra-firme forest of central Amazonia. **Experientia**, v.43, p.259-265, 1987.

MOÇO, M. K. da S.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4. p. 555-564, 2005.

RIEFF, G. G. **Dinâmica dos ácaros e colêmbolos edáficos e seu potencial como bioindicadores da qualidade do solo em áreas sob diferentes sistemas de manejo**. 2014. 137 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; PAES DE MIRANDA, J. R.; SANTOS, R. V. D.; ROCHA ALVES, A., Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semi-árido da paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 151 -160, 2008.



VEZZANI, F. M. E MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p: 743-755, 2009.

WRIGHT, C. J.; COLEMAN, D. C. Cross-site comparison of soil microbial biomass, soil nutrient status, and nematode trophic groups. **Pedobiologia**, n.44, p.2-23. 2000.