



Diversidade de invertebrados em diferentes usos do solo na floresta da Amazônia

Arnoldo Marçílio Gonçalves dos SANTOS¹, Alcides GATTO², Elisiana Pereira OLIVEIRA³,
Fabiana Piontekowski RIBEIRO^{2*}, Bárbara Elias Reis HODECKER²,
Angela Pereira BUSSINGUER², Natália Cássia de Faria FERREIRA²

¹Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR, Brasil.

²Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

³Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brasil.

E-mail: fbn2.ribeiro@gmail.com

ORCID: (0000-0002-2768-3679; 0000-0002-2663-9318; 0000-0001-8939-543X; 0000-0002-5375-6368;
0000-0003-2653-5583; 0000-0002-6375-0648; 0000-0002-8058-8486)

Submetido em 23/09/2021; Aceito em 22/07/2022; Publicado em 29/08/2022.

RESUMO: O objetivo foi avaliar os efeitos de diferentes sistemas do uso da terra na qualidade do solo. O estudo foi realizado no Campo Experimental Confiança - Embrapa - RR. Foram avaliados oito usos da terra em parcelas de 50 x 50 m; floresta, capoeira, capoeira manejada, agrofloresta sem insumos, agrofloresta com insumos, pastagem alterada, pastagem manejada e um sistema de produção de pupunha/palmito. Em cada uso do solo projetou-se sobre um transecto na diagonal do terreno, para obtenção de cinco pontos amostrais, onde foram realizadas coletas de solo/serapilheira. A mesofauna foi obtida utilizando funil de Berlese-Tullgren, as amostras foram coletadas com sonda de 5 x 5 cm, introduzida no solo a 5 cm de profundidade. As amostras foram triadas adotando-se a chave de especialistas do grupo. Foram avaliadas: caracterização biológica da mesofauna e frequência e diversidade do grupo Collembola. Os ambientes apresentaram elevada diversificação de ordens de mesofauna, com as maiores frequências em ambientes com maior cobertura do solo. Houve destaque no uso do solo pupunheira/palmito, com alta diversidade de ordem e indivíduos, equivalentes aos ambientes de maior cobertura do solo. A diversidade de invertebrados do solo pode ser mais bem estudada e apresenta-se como bom indicador de qualidade do solo.

Palavras-chave: ação antrópica; manejo do solo; biodiversidade.

Land use on the diversity of soil invertebrates in the forest region of the amazon

ABSTRACT: The objective was to evaluate the effects of different land use systems on soil quality. The study was carried out at the Confiança Experimental Field - Embrapa - RR. Eight land uses were evaluated in 50 x 50 m plots; forest, capoeira (a kind of secondary forest), managed capoeira, agroforestry without using inputs, agroforestry using inputs, altered pasture, managed pasture and a peach palm/heart palm production system. Mesofauna was obtained using a Berlese-Tullgren funnel, samples were collected with a 5 x 5 cm probe, introduced into the soil at a depth of 5 cm. The samples were sorted using the group experts key. The following were evaluated: biological characterization of the mesofauna and frequency and diversity of the Collembola group. The environments showed high diversification of mesofauna orders, with the highest frequencies in environments with greater ground cover. The use of peach palm/heart palm soil stood out, with high diversity of order and individuals, equivalent to environments with greater soil cover. Invertebrates soil diversity can be better studied and is a good indicator of soil quality.

Keywords: human action; soil management; diversity.

1. INTRODUÇÃO

A ampla diversidade da fauna mediante as funções realizadas no solo é refletida no funcionamento dos sistemas de produção. A mesofauna do solo é composta por organismos de 0,2 a 2 mm de comprimento, considerada como importante componente do ecossistema terrestre, por ativar processos de decomposição da matéria orgânica e a liberação de nutrientes ao solo e as plantas, com ênfase na atuação no compartimento serapilheira-solo (SILVA et al., 2013). Além disso, é caracterizada por elevada diversidade de espécies em ambientes preservados, no entanto, tais características são limitadas de acordo com a intensificação do uso do solo e o grau de antropização do local (OLIVEIRA, 2015).

As propriedades biológicas do solo estão ligadas às suas atividades, e o seu comportamento depende da diversidade que, é o maior indicador de qualidade do solo, pois garante que processos que ocorrem no solo sejam medidos por várias espécies. As distintas atividades quanto ao uso do solo são determinantes tanto na constituição, como na transformação e distribuição da mesofauna do solo (SILVA et al., 2021). Neste contexto, estudos têm discutido a validade de se medir as alterações na diversidade biológica, isto é, na variabilidade das espécies animais e vegetais dos ecossistemas, usando espécies bioindicadoras cujas funções vitais se correlacionam com fatores agronômicos e ambientais (NIELSEN et al., 2015; TURNBULL; LINDO, 2015).

Os invertebrados edáficos podem ser classificados de acordo com seu papel funcional, como por exemplo, decompositores de material orgânico, como besouros, e engenheiros do ecossistema, como minhocas, que contribuem com serviços ecossistêmicos de suporte, como criação de galerias, influenciando na porosidade do solo e contribuindo com a ciclagem de nutrientes e regulação do microclima (BROWN et al., 2015; LANG et al., 2017). Além disso, a fauna de invertebrados apresenta uma interação complexa com o solo, com diferentes mecanismos de ação e regulação de processos químicos, físicos e biológicos (CARDOSO et al., 2013; LIMA et al., 2020).

Além disso, a composição da comunidade da macro e mesofauna de invertebrados é variável conforme o tipo e a qualidade da cobertura vegetal existente, o que reflete em condições favoráveis, como a temperatura, umidade e oferta de alimentos (GÓES et al., 2021), pois o conteúdo de matéria orgânica na superfície do solo contribui com a maior diversidade e abundância de invertebrados do solo (PESSOTO et al., 2020).

Tanto o microclima criado, quanto o conteúdo de matéria orgânica existente são fatores determinantes à diversificação de tais organismos no solo (ZAGATTO et al., 2019). Contudo, apesar da grande relevância dos invertebrados na manutenção dos solos, ainda há lacunas sobre a dinâmica referente às distintas ocupações e métodos de manejo do solo (VASCONCELOS et al., 2020; GE et al., 2021).

A conversão de floresta nativa em outros sistemas de uso da terra no estado de Roraima, com a remoção da vegetação nativa para implantação de projetos agropecuários, acarreta em perdas de nutrientes e de matéria orgânica do solo, que sem a devida reposição, proporciona declínio da fertilidade natural dos solos e a inviabilidade da produção agrícola, assim como, age diretamente sobre esta comunidade edáfica, reduzindo a diversidade de espécies desta comunidade e até mesmo a eliminação de muitos grupos.

Assim, esse estudo baseia-se na hipótese que mudança de uso da terra resultam em modificações na qualidade biológica do solo. Para tal hipótese foram estabelecidos os seguintes objetivos: comparar a diversidade da mesofauna do solo sob diversos sistemas de uso da terra e a diversidade de Collembola sob diversos sistemas de uso da terra, tendo a floresta nativa como referência.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está situada no Campo Experimental Confiança da Embrapa RR (02°15'00" N e 60°39'54" W - Sede da Estação), localizado na Colônia Agrícola Confiança III, no município do Cantá, no centro leste do estado, na mesorregião Norte de Roraima, distante 90 km da capital, Boa Vista. O clima é do tipo Am, tropical úmido com estação seca acentuada, de acordo com o sistema de Köppen-Geiger representado por uma estação seca curta de três a quatro meses (Figura 1). A temperatura mínima situa-se na faixa de 20°C e a máxima, na faixa de 38°C. A precipitação média anual é de 1.700 a 2.500 mm ano⁻¹, e a umidade relativa está em torno de 70 % (ALVARES et al., 2014).

Foram avaliadas oito áreas sob diferentes sistemas de uso de terra, localizadas no Campo Experimental Confiança e em suas adjacências:

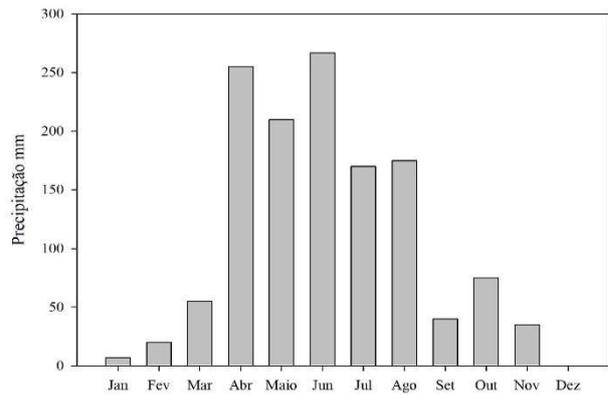


Figura 1. Dados meteorológico da região de estudo. Fonte: INMET, 2014.

Figure 1. Meteorological data of the study region. Source: INMET, 2014.

1) Floresta primária (FLO) - Floresta Tropical Densa em áreas submontanas com relevo ondulado, caracterizada por solo mais seco, com dossel de 50 m de altura. Representa uma associação de classe Fdae, com cobertura de árvores emergentes e Fdau com cobertura uniforme;

2) Capoeira (CAP) - As florestas secundárias, usualmente chamadas de capoeiras ou capoeirões, são caracterizadas por áreas com regeneração natural, com mais de quinze anos de pousio. Em 1995 e 1996, um incêndio espontâneo danificou a área;

3) Sistema florestal plantado com *Acacia mangium* (SFP) - Apresenta área de floresta secundária enriquecida fica a 1,5 km da Estação Experimental de Confiança. O espaçamento utilizado foi de 2 x 2 m em 2002 e as árvores apresentam desenvolvimento médio e DAP > 30 cm.

4) Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1) - O preparo do solo da área do sistema agroflorestal com “baixo insumo” foi realizado mediante a gradagem. As culturas anuais foram implantadas em sistemas de plantio direto, com fertilização localizada em cada cova, sendo a cultura do arroz implantada nos primeiros dois anos, recebendo aplicação de fertilização de 200 kg ha⁻¹ de NPK 2-28-20 e 100 kg ha⁻¹ de ureia no primeiro ano de plantio. No segundo ano, foram aplicados 2 g de NPK 10-26-26 e 1 g de ureia por cova, equivalente a 80 kg ha⁻¹ e 40 kg ha⁻¹, respectivamente.

5) Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2) - recebeu calagem, adubações regulares, podas e manejo fitossanitário, foi realizado a calagem (40 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e adubação com FTE (Fritted Trace Elements) BR 12 (Ca, 7,1%; S, 5,7%; B, 1,8%; Cu, 0,8%; Mn 2,0%; Mo 0,1%; Zn, 9,0%) (50 kg ha⁻¹). Ambos, os SAFs implementados pela Embrapa - RR em 1995. As culturas anuais foram implantadas em sistemas de plantio direto, com gradagem e adubação nitrogenada localizada em cada cova, tendo, no primeiro ano, a implantação da cultura do milho, adubado com 300 kg ha⁻¹ de NPK 4-28-20 e 200 kg ha⁻¹ de ureia. No segundo ano cultivou-se a soja, que recebeu a adubação de 3 g de NPK 10-26-26 por cova, correspondendo a 120 kg ha⁻¹.

6) Cultivo de pupunheira/palmito (PUP) - A área de cultivo de pupunheira e cobertura do solo com a leguminosa desmodium (*Desmodium* sp.). O plantio foi instalado em maio de 2006 para produção de palmito e recebeu adubação de cobertura com sulfato de amônia em 2006, 2007 e 2008. Em 2009, recebeu uma aplicação de calcário dolomítico em toda

área experimental (2 t ha⁻¹), além da adubação com NPK (4-28-20).

7) Pastagem manejada (PA1) - A área de pastagem manejada está localizada na Estação Embrapa-Confiança; ocupando área de cerca de um hectare que foi pastada por quatro animais de 1996 a 2008. Em 2010, a área recebeu descarte de resíduos e ramos de pupunheira de tordo de leguminosas (*Turdus rufiventris*).

8) Pastagem alterada (PA2) - A área de pastagem modificada está localizada a 200 metros da Estação Experimental de Confiança em uma área de produção. O capim-quicuiu (*Brachiaria humidicola* cv. Humidicola) foi cultivado durante mais de vinte anos, o pasto apresenta baixo potencial devido ao seu baixo manejo.

Em cada área considerada um tratamento, foi delimitada uma parcela de 50 x 50 m, e posteriormente foi definido um transecto em diagonal, onde foram distribuídos os pontos amostrais. Para manipular as análises, amostras de serapilheira foram coletadas: folhas, galhos e galhos até 2 cm de diâmetro e as partes reprodutivas das plantas (flores, frutos e sementes) e foram levadas para a área delimitada por uma moldura de madeira (25 x 25 cm) e cortada com uma faca. Toda a liteira delimitada pelo perímetro da armação foi coletada em sacos de papel com quatro repetições por tratamento.

As amostras da mesofauna foram coletados nos oito transectos em cinco pontos amostrais distantes 8 m um do outro. As coletas foram realizadas nos meses de janeiro e agosto de 2014, correspondendo às estações seca e chuvosa da região. Nos pontos amostrais (repetições) serapilheira e solo foram coletados com o auxílio de uma sonda metálica de 7 x 7 cm, introduzida no solo a 5 cm de profundidade. As amostras foram transferidas para recipientes cilíndricos de capacidade de 300 mg e transportadas para o laboratório de Invertebrados Terrestres da Coordenação de Dinâmica Ambiental do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - CDAM/INPA em Manaus-AM.

As amostras foram transferidas para extratores de Berlese-Tullgren, onde permaneceram por oito dias para permitir a completa separação da fauna dos demais materiais. A extração em funil de Berlese-Tullgren consiste na migração descendente da mesofauna em decorrência da elevação da temperatura, até cerca de 45°C, em decorrência do calor emanado por lâmpadas incandescentes de 25 W. Os indivíduos foram coletados em frascos de vidro com capacidade de 67 mL contendo solução de formol a 1% e, posteriormente, fixados em álcool comercial 96% + glicerina 1% (AQUINO et al., 2006). As espécies foram identificadas adotando-se as técnicas propostas por Aquino et al. (2006) e Oliveira (2015).

A diversidade dos indivíduos coletados da mesofauna foi estimada pelo índice de Shannon-Wiener (H'). Este índice, baseado na teoria da informação (SOUZA et al., 2011), fornece uma ideia quanto ao grau de incerteza em prever a qual espécie pertenceria um indivíduo retirado aleatoriamente da população. O aumento do número de espécies, ou o aumento da uniformidade das abundâncias, aumenta a diversidade. Este índice fornece maior peso para as espécies raras e é obtido pela equação 1:

$$H' = -\sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \quad (01)$$

em que: H' = Índice de Shannon-Weaver; n_i = Número de indivíduos amostrados da i ésima espécie; N = número total

de indivíduos amostrados; S = número total de espécies amostradas; \ln = logaritmo de base neperiana.

O valor de H' , representa a diversidade faunística da população em estudo. Este índice pode expressar riqueza e uniformidade. Para quantificar o componente de equitatividade (uniformidade) da diversidade foi utilizado o índice de Pielou. Este índice varia no intervalo [0,1], onde 1 representa a máxima diversidade, descrito por Margalef (1989); ou seja, todas as espécies são igualmente abundantes; e é calculado pela equação 2:

$$P_i = \frac{H'}{H_{max}} \quad (02)$$

em que: P_i = Equitatividade de Pielou; H' = índice de diversidade de Shannon-Weaver; H_{max} = número total de espécies amostradas.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com oito tratamentos (os sistemas de uso da terra) com quatro amostras simples. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, com o uso do programa estatístico ASSISTAT versão 7,7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2009).

Para as análises de mesofauna foram coletados cinco pontos amostrais em cada área. Para investigar a influência dos manejos nos diversos sistemas de uso da terra, os dados foram submetidos à análise de variância à 5% de probabilidade. Os dados coletados foram submetidos a teste de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variâncias mediante teste de Hartley, e foram transformados à raiz quadrada de $x + 0,5$.

3. RESULTADOS

3.1 Serapilheira e densidade do solo

O solo sob pastagem alterada apresentou maior densidade em quase todas as profundidades com maiores densidades na camada orgânica do solo (0-10 cm). Nesta camada, os solos sob capoeira, sistemas agroflorestais, cultivo de pupunheira/palmito apresentaram as menores densidade seguidos dos solos sob floresta e sob pastagem manejada, sendo o solo sob capoeira, o que apresentou a menor densidade, em todas as profundidades em estudo.

Nos resultados de estoque de serapilheira pode-se observar que as folhas representam o maior percentual de material orgânico depositado sobre o solo em todos os sistemas de uso da terra estudados, com exceção dos sistemas PA2 e PUP que o componente "outros" foi o mais representativo (Tabela 1). Nos sistemas PA1, FLO, SA2 e SA1 as folhas representaram 95,7%, 73,5%, 72,7% e 72,2%, respectivamente, do total da serapilheira. Dentre as fitofisionomias ou sistemas de uso da terra estudados, os sistemas PUP e PA2 apresentaram menor estoque de serapilheira, diferindo-se estatisticamente dos demais.

Nos sistemas agroflorestais, a serapilheira apresentou qualidade e quantidade semelhantes às dos sistemas naturais (Tabela 1). Nos sistemas SA1 e SA2 observou-se dominância de folhas de castanheira-do-Brasil e de cupuaçuzeiro, que são coriáceas e de mais lenta decomposição, influenciando na densidade de espécimes decompositores. Os dados referentes a densidade do solo nos diferentes sistemas de uso da terra e as profundidades de coleta estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 1. Serapilheira em mg ha⁻¹ nos diferentes sistemas de uso da terra na Estação Experimental Confiança, Cantá, RR.

Table 1. Litter in mg ha⁻¹ in the different land use systems at the Experimental Station Confiança, Cantá, RR.

Uso da terra	mg ha ⁻¹		
	Folhas	Outros	Total
Floresta nativa	3,23A ⁽¹⁾	3,23A ⁽¹⁾	3,23A ⁽¹⁾
Floresta secundária	2,05B	2,05B	2,05B
Floresta sec.enriquecida	4,08A	4,08A	4,08A
SAF 1	3,89A	3,89A	3,89A
SAF 2	3,69A	3,69A	3,69A
Cultivo de Pupunha	0,66B	0,66B	0,66B
Pastagem manejada	4,95A	4,95A	4,95A
Pastagem modificada	0,03B	0,03B	0,03B
CV% ²	42,98	42,98	42,98

3.2. Diversidade e densidade

As principais classes identificadas nos diferentes ambientes analisados foram Hexapoda, Insecta e Arachnida

em um total de 5.404 indivíduos distribuídos em 23 ordens nas estações seca e chuvosa, e no período de janeiro e agosto de 2014, respectivamente. Na estação seca (período de outubro a março) a diversidade e densidade, foi de um total de 2.557 indivíduos (Tabela 3) com 23 ordens com dominância de Acari representando 71% do total (Figura 2a). Observou-se elevada diversidade da mesofauna, de acordo com o índice de Shannon de 1,61 e 1,47, para as áreas de PUP e SFP respectivamente. Em solos sob sistema agroflorestal de alto insumo (SA2) e sistema de pastagem alterada (PA2) foram obtidos os menores índices de diversidade (Índice de Shannon de 0,43 e 0,87, respectivamente) (Tabela 3).

Na estação chuvosa (período de maio a julho) foram coletados 2.847 indivíduos (Tabela 3), distribuídos em 19 ordens. A distribuição de grupos dominantes ocorreu semelhante aos resultados obtidos na estação seca. Do total dos indivíduos, 83% pertencem aos grupos Acari, Collembola, Formicidae e Diptera. (Figura 2b).

Tabela 2. Densidade do solo em g cm⁻³, nos diversos sistemas de uso da terra e profundidades de coleta, no Campo Experimental Confiança, Cantá, RR.

Table 2. Density of soil in g cm⁻³, in the different land use systems and collection depths, in the Experimental Field Confiança, Cantá, RR.

Sistemas de uso da terra ¹	Profundidades de coleta (cm)					
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-60
FLO	1,26cC	1,30bC	1,40bB	1,63a	1,66aA	1,56Aa
CAP	1,06dD	1,22bC	1,30cB	1,44bA	1,43bA	1,36Bb
SFP	1,40bB	1,48aB	1,59aA	1,60aA	1,43bB	1,35bB
SA1	1,39bB	1,57aA	1,67aA	1,61aA	1,40bB	1,39Bb
SA2	1,44bA	1,55aA	1,56aA	1,59aA	1,51bA	1,46aA
PUP	1,41bB	1,56aA	1,63aA	1,62aA	1,47bB	1,44bB
PA1	1,24cC	1,36bB	1,49bA	1,59aA	1,40bB	1,39bB
PA2	1,66aA	1,63aA	1,66aA	1,64aA	1,47bB	1,47aB
CV1 (%) ³	6,66	CV2 (%)	5,22			

¹ Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema florestal plantado com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2). ² Os valores correspondem à média de quatro amostras de solo, em cada profundidade. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade. ³ CV1 = coeficiente de variação entre os tratamentos; CV2 = coeficiente de variação entre as profundidades.

¹ Primary forest (FLO); Capoeira (CAP); Forest system planted with *Acacia mangium* (SFP); Agroforestry system with low input (SA1); Agroforestry system with high input (SA2); Cultivation of peach palm/ heart palm (PUP); Managed pasture (PA1); Altered pasture (PA2). ² The values correspond to the average of four soil samples, at each depth. Means followed by the same uppercase letters in the row and lowercase letters in the column do not differ by the Scott-Knott test at the 5% probability level. ³ CV1 = coefficient of variation between treatments; CV2 = coefficient of variation between depths.

Tabela 3. Número de indivíduos da mesofauna em diferentes sistemas de uso da terra nas estações seca e chuvosa no Campo Experimental Confiança, Cantá, RR.

Table 3. Number of mesofauna individuals in different land use systems in the dry season at Campo Experimental Confiança, Cantá, RR.

Parâmetros	Sistemas de uso da terra ¹							
	FLO	CAP	SFP	SA1	SA2	PUP	PA1	PA2
	Estação seca							
Total de Indivíduos	326	354	364	274	346	362	336	195
Número de Grupos	14	14	15	13	11	15	13	12
H ²	1,31	1,12	1,47	1,14	0,43	1,61	1,12	0,87
Pi ³	0,49	0,42	0,54	0,44	0,18	0,59	0,43	0,35
Estação chuvosa								
Total de Indivíduos	209	175	509	244	250	403	437	652
Grupos	17	13	13	14	11	15	14	11
H ²	1,7	1,77	1,82	1,51	1,24	1,6	1,29	0,57
Pi ³	0,6	0,67	0,67	0,57	0,51	0,58	0,49	0,24

¹ Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema florestal plantado com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2). ² Índice de Shannon. ³ Índice de Pielou.

¹ Primary forest (FLO); Capoeira (CAP); Forest system planted with *Acacia mangium* (SFP); Agroforestry system with low input (SA1); Agroforestry system with high input (SA2); Cultivation of peach palm/ heart palm (PUP); Managed pasture (PA1); Altered pasture (PA2). ² Shannon index. ³ Pielou index.

O sistema SA1 apresentou índice de Shannon de 1,51; e no sistema SA2 o índice Shannon foi de 1,24. Este último sistema apresentou o segundo índice de Shannon mais baixo na estação chuvosa, e o menor índice na estação seca (Tabela 3). A mesofauna observada no solo do sistema SFP apresentou densidade aproximada à dos solos dos sistemas FLO e CAP nas estações seca e chuvosa, embora tenha apresentado a maior densidade Hymenoptera (Formicidae) nos sistemas avaliados (Figura 2).

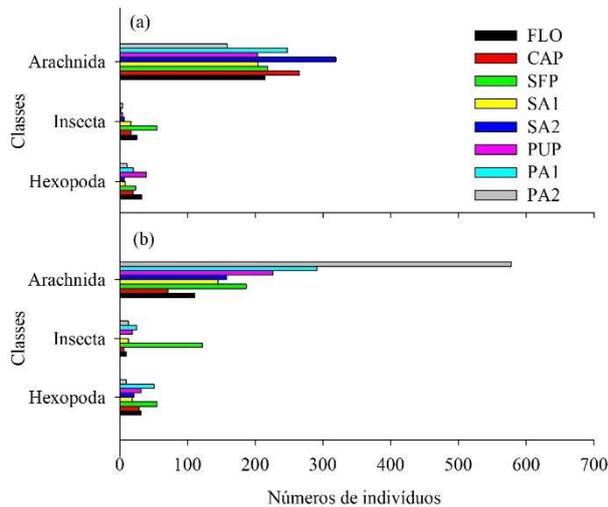


Figura 2. Classes da mesofauna com maior número de indivíduos identificadas nos diferentes sistemas de uso da terra nas estações seca (a) e chuvosa (b).

Figure 2. The highest individual values from mesofauna classes identified in different land use systems at the dry (a) and rainy (b) seasons.

O sistema PA1 recebeu menor carga animal em comparação ao sistema PA2; e apresentou total cobertura do solo, o que favoreceu a menor variação da umidade e temperatura do solo, levando ao equilíbrio da comunidade da mesofauna. Esta apresentou nível de densidade semelhante ao sistema CAP na estação seca com Índice Shannon de 1,12 e densidade superior ao sistema de floresta nativa (FLO), com destaque para as ordens Homoptera e Acari. A ordem Blattodea apresentou baixa e exclusiva ocorrência no sistema PA1 tanto na estação seca quanto na chuvosa.

3.3. Diversidade e densidade de Collembola

Quanto diversidade e densidade de Collembola foram identificados 406 indivíduos distribuídos em sete famílias, nove gêneros e 26 morfoespécies nas estações seca e chuvosa (Figura 1). Os indivíduos das subordens Poduromorpha e Symphypleona ainda não foram identificados em nível de morfoespécie para este trabalho. Isotomidae ocorreu com 187 indivíduos (46,05%), com maior frequência do gênero *Isotomiella*, com 86 indivíduos que representam 36,28% do gênero.

Foram identificados 157 indivíduos de 23 gêneros (Tabela 4), com dominância de Entomobryidae e Isotomidae. As espécies mais frequentes foram *Isotomiella* spp. (27 indivíduos), *Paronella* sp. 2 (26 indivíduos) e *Cyphoderus arlei* (19 indivíduos), que se apresentaram bem distribuídas nos solos sob os diferentes usos, representando 45,85% do total da fauna coletada. De 23 espécies estudadas, somando 157 indivíduos, o solo sob FLO foi o que apresentou maior

diversidade (15 espécies), seguido pelo solo sob PUP (12 espécies), enquanto os resultados inferiores quanto as espécies foi observada nos solos sob SA2 (cinco espécies), SA1 (seis espécies) e PA2 (seis espécies).

Os solos onde se observaram maiores diversidades em nível de espécies também possuíram maior riqueza, com 39 e 32 indivíduos sob FLO e PUP, respectivamente. O solo sob cultivo de pupunheira/palmito foi o que apresentou a maior densidade de Collembola, com destaque para a espécie *Lepidosira* sp. 2, que foi exclusiva desse sistema de uso da terra. Algumas espécies apresentam destaque, como: *Isotomiella* spp. (nove indivíduos) e *Cyphoderus arlei* (sete indivíduos). O solo sob FLO foi o que apresentou a maior diversidade de espécies, com destaque para as espécies *Lepidosira* spp. 1, *Paronella* spp. 3 e *Isotomurus pseudosenillatus*, que foram coletadas exclusivamente no solo deste tratamento.

Nos meses mais secos (dezembro, janeiro e fevereiro) constatou-se redução dos grupos faunísticos, provavelmente, por diminuição nas condições de sobrevivência, devido ao déficit hídrico (Figura 1), bem como, à temperatura do solo mais elevada, restando apenas os mais adaptados a essas condições, uma vez que esses organismos habitam as camadas internas do solo, estando de acordo com o comportamento observado por Batista *et al.* 2014.

Foram coletados 249 indivíduos pertencentes a nove famílias (Tabela 5). As famílias Entomobryidae e Isotomidae apresentaram as maiores diversidades de espécie, ambas com sete espécies. As maiores frequências foram as espécies *Isotomiella* spp. (59 indivíduos), *Proisotoma oliverae* (33 indivíduos) e *Paronella* sp. 2 (27 indivíduos) que, em conjunto, representaram 47,79 % do total da fauna de Collembola. Das 20 espécies identificadas, 15 ocorreram no solo sob FLO, seguido pelo SFP, com 12 espécies.

A aplicação do Índice Shannon revelou maior diversidade no sistema FLO (2,51 Índice de Shannon), embora a maior equitabilidade ou distribuição tenha sido observada no solo sob PUP (0,95 Índice de Pielou). Este solo sob PUP foi o que apresentou a maior frequência de indivíduos, com destaque para a espécie *Proisotoma oliverae*.

4. DISCUSSÃO

4.1. Densidade do solo e serapilheira

O estoque de serapilheira variou de 0,45 t ha⁻¹ do sistema PA2 a 6,43 t ha⁻¹ do SFP. Esses resultados expressam a extremidade dos sistemas de usos da terra em relação a cobertura vegetal e a adaptação da espécie *Acacia mangium* em formação de biomassa e no acúmulo de serapilheira sobre o solo, devido à menor atividade da biota decompositora que segue um gradiente latitudinal e altitudinal inverso ao da produção da mesma (NUNES *et al.*, 2012), conforme a disponibilização de fonte energética e microhabitats favoráveis a mesofauna (SILVA *et al.*, 2019).

4.2. Diversidade e densidade

A diversidade taxonômica da mesofauna está diretamente correlacionada com o método de emprego do uso do solo e alterações sazonais pois à medida em que ocorre maior intensificação agrícola, assim como observados nos sistemas de agroflorestal de alto insumo (SA2) e sistema de pastagem alterada (PA2), há redução da riqueza taxonômica, quando comparados a outros sistemas de produção, onde há maior

disponibilidade de serapilheira, criação de microclima e menor índice de distúrbios no solo (WU; WANG, 2019; SOFO; MININNI; RICCIUTI, 2020; NASCIMENTO et al., 2021).

Os sistemas agrícolas ou pastagens são representados por diversidade e densidade vegetal inferior aos sistemas naturais, necessitando de fauna especializada em decomposição do tecido vegetal ou resíduos culturais do sistema, que pode reduzir a diversidade da mesofauna nos sistemas de produção (CELENTANO et al., 2017). Ambos os sistemas agrícolas e pastagens apresentaram limitações quanto a diversidade de mesofauna, com exceção do sistema PUP, que, devido à cobertura, umidade e composição do tecido ou resíduo vegetal incorporado, possibilitou a rápida mineralização do estoque da serapilheira. O que provavelmente possa estar

associado ao microhabitat favorável a maior taxa de decomposição (LIU et al., 2021).

No período chuvoso, observou-se maior densidade Formicidae que, para alguns autores, é uma indicação de estado de degradação do ambiente, sendo a presença da família Formicidae frequentemente observada em áreas de pastagens mal manejadas, servindo de referência para estudos de impacto ambiental (NEMEC et al., 2014). Outro fator relevante, trata-se dos efeitos quanto aos métodos de manejo adotados, onde a alteração do microclima conforme a composição vegetal influi na diversidade e abundância da mesofauna existente, o que permite explicar a sensibilidade de determinadas espécies em relação a outras, sendo um relevante bioindicador em relação ao manejo do solo (YIN et al., 2019).

Tabela 4. Número de indivíduos de Collembola por família ou espécie de diferentes sistemas de uso da terra na estação seca no Campo Experimental Confiança, Cantá, RR.

Table 4. Number of Collembola individuals per family or species from different land use systems in the dry season at Campo Experimental Confiança, Cantá, RR.

Família/Espécie	Sistemas de uso da terra ¹								TOTAL
	FLO	CAP	SFP	SA1	SA2	PUP	PA1	PA2	
ENTOMOBRYIDAE									
<i>Entomobrya uambae</i>	0	1	1	0	2	1	0	0	5
<i>Entomobrya</i> sp. 1	1	1	0	0	1	1	0	1	5
<i>Entomobrya</i> sp. 2	0	0	1	2	0	0	0	0	3
<i>Lepidocyrtus</i> sp. 1	1	0	5	1	0	0	1	1	9
<i>Lepidocyrtus</i> sp. 2	3	2	0	0	0	5	0	0	10
<i>Mastigoceras camponoti</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	2
<i>Lepidosira</i> sp. 1	4	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Lepidosira</i> sp. 2	0	0	0	0	0	5	0	0	5
<i>Seira</i> sp.	0	1	0	0	0	1	0	0	2
PARONELLIDAE									
<i>Paronella</i> sp. 2	3	6	4	1	0	5	7	0	26
<i>Paronella</i> sp. 3	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Salina celebensis</i>	1	0	0	0	1	1	0	0	3
ISOTOMIDAE									
<i>Isotomiella</i> spp.	4	6	3	0	0	9	2	3	27
<i>Folsomina onychiurina</i>	4	0	0	0	0	1	2	3	10
<i>Folsomides americanus</i>	1	0	1	0	0	1	1	1	5
<i>Isotomurus pseudosensillatus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Proisotoma oliverae</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	2
CYPHODERIDAE									
<i>Cyphoderus arlei</i>	1	0	4	2	1	7	4	0	19
ONYCHIURIDAE									
<i>Mesaphorura amazonica</i>	0	0	2	1	1	0	0	0	4
PODUROMORPHA									
	4	0	1	0	0	0	1	0	6
SYMPHYPLEONA									
	1	0	0	1	0	1	0	0	3
DICYRTOMIDAE									
	0	1	0	0	0	1	1	1	4
NEELIDAE									
<i>Neelus</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Nº de indivíduos	32	19	23	8	6	39	20	10	157
Nº de espécies	15	8	10	6	5	13	9	6	-
H ²	2,01	1,73	1,22	1,73	1,56	2,18	1,90	1,41	-
Pi ³	0,74	0,83	0,96	0,96	0,96	0,85	0,86	0,79	-

1 Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema florestal plantado com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2). 2 Índice de Shannon. 3 Índice de Pielou.

1 Primary forest (FLO); Capoeira (CAP); Forest system planted with *Acacia mangium* (SFP); Agroforestry system with low input (SA1); Agroforestry system with high input (SA2); Cultivation of peach palm/ heart palm (PUP); Managed pasture (PA1); Altered pasture (PA2). 2 Shannon index. 3 Pielou index.

Tabela 5. Número de indivíduos de Collembola em diferentes sistemas de uso da terra na estação chuvosa no Campo Experimental Confiança, Cantá, RR.

Table 5. Number of Collembola individuals in different land use systems in the rainy season at Campo Experimental Confiança, Cantá, RR.

Família/Espécie	Sistemas de uso da terra ¹								TOTAL
	FLO	CAP	SFP	SA1	SA2	PUP	PA1	PA2	
ENTOMOBRYIDAE									
<i>Entomobrya uambae</i>	2	0	0	0	0	0	1	0	3
<i>Entomobrya</i> sp. 1	1	1	2	1	2	1	0	0	8
<i>Entomobrya</i> sp. 2	1	0	0	0	0	0	4	1	6
<i>Lepidocyrtus</i> sp. 1	1	0	0	1	0	1	0	2	5
<i>Lepidocyrtus</i> sp. 2	0	1	0	0	0	1	0	0	2
<i>Lepidocyrtus</i> sp. 3	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Lepidosira</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	1	1
PARONELLIDAE									
<i>Paronella</i> sp. 2	4	2	12	2	1	0	6	0	27
ISOTOMIDAE									
<i>Isotomiella</i> spp.	2	11	20	9	8	3	5	1	59
<i>Folsomina onychiurina</i>	5	0	6	0	2	0	2	0	15
<i>Folsomides americanos</i>	0	1	3	0	0	0	0	1	5
<i>Isotomurus pseudosensillatus</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	3
<i>Proisotoma oliverae</i>	2	1	0	0	1	20	5	4	33
<i>Isotomodes</i>	1	4	1	0	1	0	14	0	21
<i>Paracerura</i>	2	0	2	1	0	0	1	0	6
CYPHODERIDAE									
<i>Cyphoderus arlei</i>	1	3	1	2	4	1	9	0	21
ONYCHIURIDAE									
<i>Mesaphorura amazonica</i>	0	0	3	1	0	2	0	0	7
PODUROMORPHA	3	3	1	2	0	0	0	0	9
SYMPHYPLEONA	5	1	0	0	1	3	3	0	13
DICYRTOMIDAE	1	0	0	0	0	0	0	0	1
NEELIDAE									
<i>Neelus</i> sp.	1	0	1	0	1	0	0	0	3
Nº de indivíduos	32	29	55	19	21	32	51	10	249
Nº de espécies	15	11	12	8	9	8	11	6	20
H ²	2,51	1,99	1,95	1,68	1,26	1,34	2,09	1,60	-
Pi ³	0,92	0,77	0,78	0,81	0,57	0,64	0,95	1,00	-

1 Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema florestal plantado com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2). 2 Índice de Shannon. 3 Índice de Pielou.

1 Primary forest (FLO); Capoeira (CAP); Forest system planted with *Acacia mangium* (SFP); Agroforestry system with low input (SA1); Agroforestry system with high input (SA2); Cultivation of peach palm/ heart palm (PUP); Managed pasture (PA1); Altered pasture (PA2). 2 Shannon index. 3 Pielou index.

O processo de mineralização da biomassa é confirmado pelo menor volume de serapilheira e maior densidade de indivíduos de grupos funcionais ligados à decomposição da biomassa, como Collembola, que apresenta elevada densidade nesses sistemas. Os resultados aqui obtidos registraram maior densidade de Collembola na estação chuvosa e distribuição mais homogênea entre os sistemas, com exceção dos sistemas PA2, que apresentam menor densidade de Collembola nas duas estações climáticas. Esses resultados podem estar associados à ausência de cobertura verde, matéria orgânica em decomposição, e sistema radicular, que influenciaram na densidade de Collembola nas pastagens alteradas, e favoreceram nos demais sistemas. A atividade dos Collembola ajuda na reabilitação da superfície do solo, e são importantes como bioindicadores do solo, devido à sua sensibilidade ao estresse ambiental, principalmente acidez do solo e composição química (OLIVEIRA, 2013; ACIOLI; OLIVEIRA, 2015).

As pastagens são os sistemas de uso da terra mais frequentes em Roraima após a retirada da floresta nativa, e são caracterizadas, na sua maioria, por alterações na qualidade física do solo. O solo sob pastagens foi o que apresentou

maior alteração nas variáveis densidade e porosidade com reflexo na degradação das propriedades físicas desses (Tabela 1). Essas alterações têm estreita relação com o desenvolvimento da comunidade da mesofauna, pois a pressão exercida pelo pisoteio animal provoca maior agregação do solo, embora a compactação do solo também possa ser atribuída à cobertura do solo das espécies de gramíneas não adaptadas às situações edafoclimáticas da região, que são afetadas com a maior ocorrência de ciclos, umedecimento e secagem, ocasionando maior exposição aos raios solares (CRUZ et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2015).

O sistema PA2 apresentou elevada densidade em relação aos demais tratamentos; mas com baixa riqueza, apenas 11 grupos, Índice Shannon de 0,57. Acari tem 88% dos indivíduos coletados no sistema de pastagem degradada (PA2), correspondendo a três vezes a densidade da estação seca. A maior abundância deste grupo registrada nesse sistema provavelmente deve-se à capacidade de algumas espécies adaptarem-se facilmente em ambientes alterados. Assim como verificado por Lupardus et al. (2021), onde afirmam que, mesmo sob ambientes alterados, algumas espécies da ordem Acari são capazes de se desenvolver.

Relatos de ocorrência elevada de Acari em áreas com condições adversas foram encontrados por Acioli e Oliveira (2015). As ordens Acari e Homoptera são registrados com maiores densidades no período chuvoso no sistema PA2 que, para alguns ecólogos, não podem ser definidos quanto à função ecológica, podendo atuar como decompositores, praga ou predadores (BROWN et al., 2015).

Os detritívoros (Diplopoda, Symphyla e Pauropoda) ocorreram com elevada densidade no solo sob cultivo de pupunha. Observa-se, nesta área, rápida decomposição dos resíduos orgânicos depositados sobre o solo, embora ocorra, também, pequena produção primária. Acari Oribatida e Collembola são detritívoros, e por serem numericamente dominantes no solo da floresta e das capoeiras, é de se esperar que ambos prestem relevante serviço ambiental (WISSUWA et al., 2013).

A organização dos níveis tróficos da mesofauna de acordo com os processos de melhoria de atributos físicos, como agregação, porosidade e infiltração de água; e no funcionamento biológico do solo, classificam-se em quatro grandes grupos funcionais: predadores/parasitas, detritívoros/decompositores, geófagos/bioturbadores e fitófagos/pragas (BROWN et al., 2015), além da relevante correlação com as práticas de manejo do solo desempenhadas, assim como visto nas ordens comumente abundantes, como Acari e Collembola (MENTA et al., 2020).

4.3. Diversidade e densidade de Collembola

A segunda família mais frequente foi Entomobryidae, espécies não conhecidas taxonomicamente receberam número sequencial para cada gênero para facilitar a citação no texto. A riqueza de espécies registrada neste estudo é considerada baixa segundo Oliveira (2013), em área de floresta nativa na Amazônia Central. Entretanto, como se trata do primeiro trabalho de levantamento de diversidade de Collembola na região, vários fatores podem ter influenciado esses resultados.

A maioria dos solos brasileiros apresentam alto grau de intemperismo, deste modo, as atividades com maior potencial exploratório de uso do solo expõem a mesofauna a condições adversas, como compactação, baixa disponibilidade de matéria orgânica e microclima desfavorável a manutenção da diversidade e densidade da fauna edáfica (GEDOZ et al., 2021). Vale considerar que, diversas espécies apresentam elevado potencial de adaptação sob condições adversas, porém, ainda existe certa dependência em relação a presença da cobertura vegetal no solo, fator fundamental ao seu desenvolvimento (OLIVEIRA; BIANCHI; ESPÍNDOLA, 2021).

O solo sob PUP apresentou elevada diversidade de espécies quando comparado aos demais, já em relação ao solo sob FLO, utilizado como referência, apresentou maior riqueza de espécies. A razão para essa diversidade pode ser a grande variedade de recursos e microhabitats, que está ligada à heterogeneidade do ambiente e à riqueza de espécies, sugerida por Oliveira (2015), associada ao maior fornecimento de alimentos à mesofauna, o que induz a maior amplitude quanto ao estabelecimento de diversos grupos taxonômicos (KITAMURA et al., 2019). Há, aproximadamente 8.000 espécies de Collembola descritas, distribuídas em 34 famílias (BELLINGER et al., 2015).

No estudo da diversidade de Collembola, constatou-se uma variedade no número de famílias entre os sistemas de uso da terra. Este dado, embora preliminar, sugere que a

floresta nativa e a capoeira retêm maior riqueza de espécies que os demais sistemas; e isso se deve à maior diversidade da vegetação. O que denota a importância desempenhada pelo processo de diversificação da mesofauna e estabilidade do ecossistema quanto as funções ecológicas do solo (SERRA et al., 2021).

Estudos destacam sobre a existência de desafios ligados à riqueza de Collembola na região Amazônica com registro predominante de morfoespécies em estudo de riqueza (OLIVEIRA, 2013). Nesse contexto, a comparação entre os morfotipos, coletados em estudos anteriores, torna-se necessária para se conhecer a real diversidade taxonômica da região. Outra questão está relacionada à identificação de alguns gêneros, como *Trogolaphysa* e *Setogaster* que possivelmente, são equivalentes a *Paronella* e *Lepidocyrtus*, respectivamente. Os gêneros *Trogolaphysa* e *Setogaster* foram frequentemente registrados em estudos anteriores; mas, neste estudo, foram tratados como *Paronella* e *Lepidocyrtus*, respectivamente.

5. CONCLUSÕES

A sazonalidade apresentou efeito sobre densidade, distribuição espacial e riqueza média da fauna, não alterando a diversidade total nos diferentes sistemas. A comunidade da mesofauna mostrou-se sensível ao manejo da vegetação, com aumento progressivo da densidade de alguns grupos em relação aos estádios sucessionais, desta forma, a mesofauna do solo pode ser qualificada para representar o equilíbrio ecológico dos sistemas naturais. A diversidade de Collembola foi elevada em sistemas considerados naturais, porém reduzida em sistemas manejados.

6. REFERÊNCIAS

- ACIOLI, A. N. S.; OLIVEIRA, E. P. Efeito de diferentes tipos de cobertura vegetal sobre a mesofauna do solo na Amazônia Central, Brasil. In: GUIMARÃES, M. A.; NAKAETH, A. C. S.; ACIOLI, A. N. S. (org.). **Ciência, Natureza e Cultura na Região Amazônica**. Manaus: Edua, 2015, p. 186-195.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. DOI: <http://10.1127/0941-2948/2013/0507>
- AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F.; BADEJO, M. A. **Amostragem da mesofauna edáfica utilizando funis de Berlese-Tüllgren modificado**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia (Circular técnica, 17), 2006.
- BATISTA, I.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; BIELUCZYK, W.; SCHIAVO, J. A.; ROUWS, J. R. C. Frações oxidáveis do carbono orgânico total e macrofauna edáfica em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 797-809, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000300011>
- BELLINGER, P. F.; CHRISTIANSEN, K. A.; JANSSENS, F. **Checklist of the Collembola of the world**. 2015. Disponível em: <<http://www.collembola.org>>. Acesso em: 25 maio de 2015.
- BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S. D. A.; NADOLNY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; CARVALHO, F. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In:

- PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 122-154.
- CARDOSO, E. J. B. N.; VASCONCELLOS, R. L. F.; BINI, D.; MIYAUCHI, M. Y. H.; SANTOS, C. A. D.; ALVES, P. R. L.; NOGUEIRA, M. A. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? **Scientia Agricola**, v. 70, n. 4, p. 274-289, 2013.
- CELENTANO, D.; ROUSSEAU, G. X.; ENGEL, V. L.; ZELARAYÁN, M.; OLIVEIRA, E. C.; ARAUJO, A. C. M.; MOURA, E. G. Degradation of riparian forest affects soil properties and ecosystem services provision in Eastern Amazon of Brazil. **Land Degradation & Development**, v. 28, n. 2, p. 482-493, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.2547>
- CREPALDI, R. A.; PORTILHO, I. I. R.; SILVESTRE, R.; MERCANTE, F. M. Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 781-787, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000500004>
- CRUZ, D. L. D. S.; VALE JÚNIOR, J. F. D.; CRUZ, P. L. D. S.; CRUZ, A. B. D. S.; NASCIMENTO, P. P. R. R. Atributos físico-hídricos de um Argissolo amarelo sob floresta e savana naturais convertidas para pastagem em Roraima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 1, p. 307-314, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000100031>
- GE, B.; ZHOU, J.; YANG, R.; JIANG, S.; YANG, L.; TANG, B. Lower land use intensity promoted soil macrofaunal biodiversity on a reclaimed coast after land use conversion. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 306, n. 1, p. 1-10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107208>
- GEDOZ, M.; FREITAS, E. M.; SILVA, V. L. D.; JOHANN, L. Edaphic invertebrates as indicators of soil integrity quality. **Floresta e Ambiente**, v. 28, n. 2, p. 1-10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087-FLORAM-2020-0069>
- GÓES, Q. R. D.; FREITAS, L. D. R.; LORENTZ, L. H.; VIEIRA, F. C. B.; WEBER, M. A. Análise da fauna edáfica em diferentes usos do solo no Bioma Pampa. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 123-144, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509832130>
- INMET_Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil. **Dados meteorológicos**. Brasília - DF, 2014. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/sim/abre_graficos.php. Acesso em: 15 jun. 2020.
- KITAMURA, A. E.; TAVARES, R. L. M.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. D.; SIQUEIRA, D. S. Soil macrofauna as bioindicator of the recovery of degraded Cerrado soil. **Ciência Rural**, v. 50, n. 8, p. 1-8, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190606>
- LIMA, C. S.; DALZUCHIO, M. S.; SILVA, E. F.; PÉRICO, E. Composição funcional e sazonalidade da macrofauna edáfica em diferentes usos do solo, Bioma Cerrado, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 6, p. 33-48, DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.006.0004>
- LIU, Q.; YIN, R.; TAN, B.; YOU, C.; ZHANG, L.; ZHANG, J.; SCHEU, S. Nitrogen addition and plant functional type independently modify soil mesofauna effects on litter decomposition. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 146, n. 1, p. 1-12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108340>
- LUPARDUS, R. C.; BATTIGELLI, J. P.; JANZ, A.; LUMLEY, L. M. Can soil invertebrates indicate soil biological quality on well pads reclaimed back to cultivated lands? **Soil and Tillage Research**, Netherlands, v. 213, n. 1, p. 1-10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105082>
- MARGALEF, R. **Ecologia**. Barcelona: Autumn, 1989. 951p.
- MENTA, C.; CONTI, F. D.; LOZANO FONDÓN, C.; STAFFILANI, F.; REMELLI, S. Soil arthropod responses in agroecosystem: Implications of different management and cropping systems. **Agronomy**, v. 10, n. 7, p. 1-19, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10070982>
- MORAIS, J. W. D.; OLIVEIRA, F. G. D. L.; BRAGA, R. F.; KORASAKI, V. Mesofauna. Ecosistema solo: componentes, relações ecológicas e efeito na produção vegetal. In: MOREIRA, F. D. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. **O Ecosistema Solo - Componentes, Relações Ecológicas e Efeitos na Produção Vegetal**. Lavras: Ed. UFLA, 2013. p.1-13.
- NASCIMENTO, M. S.; GARCIA, P. A. B. B.; MONROE, P. H. M.; SCORIZA, R. N.; SOUZA GOMES, V. Interaction between edaphic mesofauna and organic carbon within water-stable aggregates in forestry systems: A case study in northeastern Brazil. **Catena**, v. 202, n. 1, p. 1-15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105269>
- NEMEC, K. T.; ALLEN, C. R.; DANIELSON, S. D. Responses of predatory invertebrates to seeding density and plant species richness in experimental tallgrass prairie restorations. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 183, p. 11-20, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.024>
- NIELSEN, N.; WALL, D. H.; SIX, J. Soil Biodiversity and the Environment. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 40, n. 1, p. 63-90, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102014-021257>
- NUNES, E. N.; ANSELMO, M. D. G. V.; ALVES, F. A. L.; HOLANDA, A. E.; ROSA, J. H.; ALVES, C. A. B.; SOUTO, J. S. Análise da taxa de decomposição da serrapilheira na Reserva Ecológica Mata do Pau - Ferro. **Gaia Scientia**, v. 6, n. 1, p. 1-6, 2012.
- OLIVEIRA, E. P. Efeito de diferentes tipos de cobertura vegetal sobre a mesofauna do solo na Amazônia Central, Brasil. In: GUIMARÃES, M. A.; NAKAUTH, A. C. S. S.; ACIOLI, A. N. S. **Ciência, Natureza e Cultura na Região Amazônica**. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2015. p. 186-195.
- OLIVEIRA, I. A. D.; CAMPOS, M. C. C.; FREITAS, L. D.; SOARES, M. D. R. Caracterização de solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 1, p. 1-12, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201400555>
- OLIVEIRA, T. K. Sistemas Integrados na Amazônia Brasileira: Experiências Demonstrativas e Resultados de Pesquisa. In: **Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável: 10 anos de Pesquisa**. Campo Grande: Embrapa, 2013. 29p.
- PESSOTTO, M. D. F.; SANTANA, N. A.; JACQUES, R. J. S.; FREIBERG, J. A.; NASCIMENTO MACHADO, D.;

- PIAZZA, E. M.; ANTONIOLLI, Z. I. Relação do uso do solo com a diversidade e a atividade da fauna edáfica. **Nativa**, v. 8, n. 3, p. 397-402, 2020. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i3.9769>
- SERRA, R. T.; SANTOS, C. D.; ROUSSEAU, G. X.; TRIANA, S. P.; MUÑOZ GUTIÉRREZ, J. A.; BURGOS GUERRERO, J. E. Fast recovery of soil macrofauna in regenerating forests of the Amazon. **Journal of Animal Ecology**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13506>
- SILVA, A. B.; LIRA JUNIOR, M. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; FIGUEIREDO, M. D. V. B.; VICENTIN, R. P. Estoque de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 2, p. 502-511, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000200021>
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software assistat-statistical attendance. In: World Congress on Computers in Agriculture, 7, Reno. **Proceedings...** St. Joseph: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=29066>. Acesso em: 15 nov. 2014.
- SILVA, R. A.; AGUIAR, A. D. C. F.; REBÊLO, J.; MACÁRIO, M.; FRANÇA E SILVA, É. F. D.; SILVA, G. F. D.; SIQUEIRA, G. Diversity of edaphic fauna in different soil occupation systems. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 3, p. 647-657, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n309rc>
- SILVA, M. O.; SANTOS, M. P.; PAZ SOUSA, A. C.; SILVA, R. L. V.; MOURA, I. A. A.; SILVA, R. S.; SILVA COSTA, K. D. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 6853-6875, 2021. DOI: <https://10.0.133.69/bjdv7n1-463>
- SOFO, A.; MININNI, A. N.; RICCIUTI, P. Soil macrofauna: A key factor for increasing soil fertility and promoting sustainable soil use in fruit orchard agrosystems. **Agronomy**, v. 10, n. 4, p. 1-19, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10040456>
- SOUZA, T.; ALVES, M.; DURIGAN, M.; MARCHINI, D.; BONINI, C. Índices de Shannon e Pielou na caracterização de macrorganismos de um latossolo em recuperação há 17 anos. São Paulo: UNESP, 2011. 56p.
- TURNBULL, M. S.; LINDO, Z. Combined effects of abiotic factors on Collembola communities reveal precipitation may act as a disturbance. **Soil Biology and Biochemistry**, 82, n. 1, p. 36-43, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.12.007>
- VASCONCELOS, W. L. F. D.; RODRIGUES, D. D. M.; SILVA, R. O. C.; ALFAIA, S. S. Diversity and abundance of soil macrofauna in three land use systems in eastern Amazonia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, n. 2, p. 1-16, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36783/18069657rbc20190136>
- WISSUWA J.; SALAMON J.; FRANK T. Oribatida (Acari) in grassy arable fallows are more affected by soil properties than habitat age and plant species. **European Journal of Soil Biology**, v. 59, n. 1, p. 8-14, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2013.08.002>
- WU, P.; WANG, C. Differences in spatiotemporal dynamics between soil macrofauna and mesofauna communities in forest ecosystems: the significance for soil fauna diversity monitoring. **Geoderma**, v. 337, n. 1, p. 266-272, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.09.031>
- YIN, R.; EISENHAEUER, N.; SCHMIDT, A.; GRUSS, I.; PURAHONG, W.; SIEBERT, J.; SCHÄDLER, M. Climate change does not alter land-use effects on soil fauna communities. **Applied Soil Ecology**, v. 140, n. 1, p. 1-10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.03.026>
- ZAGATTO, M. R. G.; ZANÃO, L. A.; PEREIRA, A. P. D. A.; ESTRADA-BONILLA, G.; CARDOSO, E. J. B. N. Soil mesofauna in consolidated land use systems: how management affects soil and litter invertebrates. **Scientia Agricola**, v. 76, n. 2, p. 165-171, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2017-0139>