

25. MACROFAUNA EDÁFICA EM SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS NO CERRADO DO DISTRITO FEDERAL

Cintia Carla Niva, Angela Pereira Bussinguer, Robélio Leandro Marchão, Samuel Wooster James, Karina Pulrolnik, Fabiana Piontekowski Ribeiro, Alcides Gatto

Resumo

O objetivo deste estudo foi comparar a macrofauna edáfica em diferentes sistemas agrossilvipastoris em um experimento de longa duração da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF e prospectar os grupos da fauna mais sensíveis. Foram estudadas áreas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF); Pastagem de *Urochloa brizantha* com três anos (Past3); Sistema silvipastoril com *Leucaena leucocephala* e *U. brizantha* (Leu); Plantio clonal de *Eucalyptus* sp. (Euc); Pastagem de *U. brizantha* com seis anos e vegetação nativa de Cerradão (Past6). A amostragem de monólitos de 25 x 25 x 20 cm foi realizada de acordo com o método TSBF. A macrofauna foi identificada ao nível de famílias na camada da liteira, de 0-10 cm e 10-20 cm de profundidade. O Cerradão e Past6 foram os sistemas que apresentaram os maiores valores de densidade média >5.000 indivíduos por metro quadrado (ind. m⁻²), enquanto a menor densidade (387 ind. m⁻²) foi encontrada em Euc. Foram identificadas 34 morfoespécies de 14 ordens, dentre as quais, Isoptera (cupins) representou 72% de todos os indivíduos coletados. As suas densidades médias mais altas foram observadas no Cerradão e pastagens (1622 – 4458 ind. m⁻²), e a menor na área de eucalipto (163 ind. m⁻²). As minhocas Acanthodrilidae foram abundantes em ILPF, Past3 e Past6 (381, 278, 134 ind. m⁻²) e ausentes em Euc e Cer, enquanto as minhocas Glossoscolecidae só foram observadas no Past6, Cer e Leu (144, 32, 3 ind. m⁻²). A riqueza média de famílias em cada sistema variou de 7, em Euc, a 13, no Cer, mas os números não diferiram estatisticamente. A análise da distribuição vertical da macrofauna demonstrou frequências maiores que 65% na camada de 0-10 cm da maioria das áreas, porém nas áreas de Leu e Euc, a camada de 10-20 cm foi a preferida (50-54%). A análise de componentes principais com os dados da macrofauna sugeriu correlações entre Crassiditellata, Coleoptera, Hemiptera com as pastagens e ILPF, de Diplopoda com eucalipto e leucena, e da maioria dos outros táxons com o Cerradão. De modo geral, os resultados sugerem que os sistemas com pastagem favoreceram a manutenção da macrofauna, com o aumento na densidade de alguns grupos em relação a área de referência de vegetação nativa Cer, mas houve também redução ou ausência de alguns grupos. Isoptera, Formicidae, Crassiditellata, Coleoptera, Diplopoda são grupos promissores para o uso como bioindicadores, pois apresentaram importante variação na abundância entre os sistemas sugerindo boa sensibilidade.

Abstract

The aim of this study was to compare the edaphic macrofauna in different agrosilvipastoral systems in a long term experiment at Embrapa Cerrados, Planaltina-DF and to prospect the most sensitive fauna groups. The study was conducted in areas of Integrated Crop-Livestock-Forest (ILPF); *Urochloa brizantha* pasture with three years old (Past3); Silvopastoral system with *Leucaena leucocephala* and *U. brizantha* (Leu); Clonal *Eucalyptus* sp. stand (Euc); *U. brizantha* pasture with six years old (Euc), and native vegetation of Cerradão (Cer). Sampling of monoliths of 25 x 25x 20 cm was performed according to the TSBF method. Macrofauna was counted and identified at family level at litter layer, 0-10 cm

layer and 10-20 cm layer. Cer and Past 6 presented the highest mean densities of >5.000 individuals per square meter (ind. m^{-2}), while the lower density (387 ind. m^{-2}) was found in Euc. Thirty four morphospecies (families) of 14 different Orders, among which, Isoptera (termites) represented 72% of all sampled individuals. Their highest mean densities were found in Cer and pastures ($1622 - 4458 \text{ ind. m}^{-2}$), and the lowest, in Euc (163 ind.sqm^{-2}). The Acanthodrilidae worms were abundant in ILPF, Past3 and Past6 ($381, 278$ and 134 ind.sqm^{-2}) and absent in Euc and Cer, while the Glossoscolecidae worms were found only in Past6, Cer and Leu ($144, 32$ and 3 ind.sqm^{-2}). The mean richness in each system varied from 7 families, in Euc, to 13 in Cer, but the numbers did not differ statistically (Kruskal Wallis; $\alpha=0,05$). The vertical distribution showed frequencies higher than 65% at 0-10 cm layer of the majority of the systems, however, in Leu and Euc, the 10-20 cm layer was the preferred one (50-54%). The principal components analysis suggested correlations between Crassiclitellata, Coleoptera, Hemiptera with pastures and ILPF, Diplopoda with Euc and Leu, while most of the other taxa correlated with Cer. Generally, the results suggest the systems with pastures favored fauna maintenance with an increased abundance of some groups compared to the reference area of natural vegetation Cer, but there was also cases of reduction or absence of groups. Isoptera, Formicidae, Crassiclitellata and Coleoptera are promising bioindicators, due to the important variation in abundance between the different systems suggesting good sensitivity.

Introdução

A modificação e a degradação dos solos de áreas agrícolas estão relacionadas a alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas, causadas pelo seu revolvimento, ausência de uma cobertura efetiva e diversificada do solo, uso excessivo de agrotóxicos, tráfego de máquinas e queimadas (Orgiazzi et al., 2016; Brown et al., 2015). A adoção de sistemas conservacionistas como o sistema de plantio direto (SPD) e os sistemas integrados são alternativas que podem reduzir perdas da biodiversidade, solo, água e nutrientes (Bartz et al., 2014; Bertossi et al., 2016).

A abundância e diversidade da macrofauna edáfica podem ser indicadores da resiliência do solo pois podem ser influenciados de maneira diferenciada pelo manejo utilizado e outras alterações no seu habitat (Brown et al., 2015; Velasquez e Lavelle, 2019). A macrofauna pode ser avaliada também de acordo com seu papel funcional no solo, seja como decompositores de matéria orgânica ou engenheiros do ecossistema, cujas atividades ajudam na formação do solo, ciclagem de nutrientes e regulação do clima contribuindo com serviços de provisão, suporte e regulação (Brown et al., 2015).

Apesar da diversidade dos organismos edáficos ser importante, principalmente pelas funções desempenhadas, são escassas as informações sobre a distribuição desses organismos e do impacto de restrições naturais ou antrópicas, especialmente sobre a fauna edáfica no bioma Cerrado (Portilho et al., 2011; Silveira et al., 2016). Peña-Peña e Irmiler (2016) relataram que a fauna do solo é responsável por 13-57% da decomposição da matéria orgânica no Cerrado e que a mudança de uso da terra e de manejo alteram a composição e atividade da fauna. O entendimento e conhecimento sobre a estrutura da comunidade de invertebrados num determinado local e como respondem a diferentes sistemas e manejos viabilizam o seu uso no monitoramento da qualidade biológica do solo e, conseqüentemente, na avaliação da sustentabilidade do sistema.

Este trabalho é um estudo de caso cujo objetivo é comparar a macrofauna edáfica em seis sistemas agrossilvipastoris em área de Cerrado, em Planaltina-DF, e prospectar os táxons mais sensíveis visando o uso como indicadores de sustentabilidade e de conservação/ perda de biodiversidade do solo.

Material e métodos

O estudo foi conduzido na área experimental da Embrapa Cerrados, em Planaltina, Distrito Federal (coordenadas -15.600, -47.700), em um experimento de longa duração de sistemas agrossilvipastoris (Figura 1). De acordo com o sistema de classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, com temperaturas médias mínima e máxima de 16,7 °C e 28,5 °C, respectivamente, e precipitação pluvial média anual de 1.500 mm, com pronunciada estação seca nos meses de maio a setembro e estação chuvosa nos meses de outubro a abril. A altitude média da região é de 1.100 m. O solo da área foi caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa.

As características gerais e histórico das áreas avaliadas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição e histórico dos sistemas de uso de solo (SUS) avaliados, que incluem vegetação natural de Cerradão (Cer), Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), plantio de *Eucalyptus* sp. (Euc), sistema silvipastoril de Leucena com *Urochloa brizantha* (Leu), pastagem de *U. brizantha* a pleno sol com três anos de idade (Past3) e pastagem de *U. brizantha* com seis anos (Past6)

SUS	Descrição
Cerradão	Vegetação nativa do bioma Cerrado, fitofisionomia Cerradão. Área de 19,4 hectares.
ILPF	Implantado em 2009 com espécie híbrida de <i>Eucalyptus urophylla</i> X <i>Eucalypturs grandis</i> (<i>E. urograndis</i> , clone GG100) em duas linhas de árvores distanciadas 2 m entre si, espaçamento entre renques de 22 m e pastagem de <i>Urochloa brizantha</i> cv. BRS Piatã. Após o plantio das mudas, foi plantado sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>), em março de 2009, e soja (<i>Glycine max</i>) em dezembro do mesmo ano, no sistema de plantio direto com adubação recomendada para a cultura. As linhas de plantio foram dessecadas com glifosato e realizado o controle de formigas na área e em áreas adjacentes. Na implantação, as mudas de eucalipto foram adubadas com 150 g de NPK (0-20-20) na cova. A pastagem está estabelecida desde 2012. Em 2007, a área recebeu doses de 2.000 e 800 kg ha ⁻¹ de calcário e gesso agrícola em cobertura, conforme recomendação obtida após análise química do solo. Anteriormente a área era ocupada com pastagens de <i>U. brizantha</i> cv. Marandu; <i>U. brizantha</i> consorciada com <i>Stylosanthes guianensis</i> cv. Mineirão; e <i>U. brizantha</i> consorciada com leucena. Área de 1,05 hectares.
Eucalipto	Implantado em 2012 com clones de <i>Eucalyptus</i> sp. e o híbrido <i>E. urograndis</i> , clone GG100, em duas linhas nas bordaduras, com espaçamento 3x2 m. Em novembro de 2012 foram aplicados 3000 kg ha ⁻¹ de calcário e 1.300 kg ha ⁻¹ de gesso agrícola e, em dezembro, foi realizada adubação a lanço de 500 kg de supersimples e 60 kg de FTE BR12 para o plantio das mudas. Em fevereiro de 2013 foram aplicados 100 g de NPK (6-30-16) + boro por planta. Em fevereiro de 2014 foram aplicados 150 g de NPK (10-10-10) + 10 g de bórax e 10 g de sulfato de zinco e após um ano a adubação foi realizada com 150 g de NPK (15-15-20) e 10 g de bórax

	por planta. Anteriormente a área era ocupada com pastagens de <i>U. brizantha</i> cv. Marandu; <i>U. brizantha</i> consorciada com <i>S. guianensis</i> cv. Mineirão; e <i>U. brizantha</i> consorciada com leucena. Área de 0,5 hectares.
Leucena	Implantado em 2005 com <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) Wit e estabelecimento de pastagem de <i>U. brizantha</i> cv. Marandu em 2009, a leucena recebe três podas anuais. Em 1998 a área recebeu dosagens de 3.500 kg ha ⁻¹ de calcário dolomítico incorporado por gradagem na época seca para implementação de um banco de proteína. Em dezembro do mesmo ano foi realizado plantio de <i>U. decumbes</i> consorciado com <i>S. guianensis</i> cv. Mineirão, com adubação a lanço de 270,8 kg ha ⁻¹ de NPK (4-30-16) + 0,3% de Zn. Em março de 1999 foi iniciado o pastejo por vacas com 4 UA ha ⁻¹ . Em dezembro de 2005 realizou-se o plantio da leucena inoculada com <i>Rhizobium</i> sp. e a adubação foi realizada com 80 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ , 60 kg ha ⁻¹ de K ₂ O e 30 kg ha ⁻¹ de FTE. A leucena foi semeada em fileiras duplas com adubação no sulco de plantio de 400 g de NPK (4-30-16) + 0,3% de Zn. Área de 1,6 hectares.
Past3	Implantada em 2012 com <i>U. brizantha</i> cv. BRS Piatã após cultivo de sorgo (2009) e soja (2009 – 2010) no sistema de plantio direto. Anteriormente a área era ocupada com pastagens de <i>U. brizantha</i> cv. Marandu; <i>U. brizantha</i> consorciada com <i>S. guianensis</i> cv. Mineirão; e <i>U. brizantha</i> consorciada com leucena. Área de 0,9 hectares. Não há registros de calagem ou fertilização.
Past6	Implantada com <i>U. brizantha</i> cv. BRS Piatã na safra 2005/2006 via Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e com aplicação de 100 kg ha ⁻¹ de uréia (45 kg ha ⁻¹ de N) em 2009. Desde então não recebe nenhum tipo de manejo, mas é pastejada de forma controlada com frequência. Mesmo após seis anos, a pastagem contém teores adequados de C e N no solo, disponibilidade de massa seca de forragem adequada, mas em decréscimo, e produtividade animal mediana. Área de 7,6 hectares distante das demais áreas, aproximadamente, 2 km

A coleta da macrofauna foi realizada no final da época chuvosa, na primeira quinzena de abril de 2015, de acordo com o método TSBF (*Tropical Soil Biology and Fertility*) proposto por Anderson & Ingram (1993). Foi amostrada a serrapilheira e o monólito de solo de 25 x 25 cm x 20 cm de profundidade, estratificado em duas camadas (0-10 cm e 10-20 cm). A amostragem foi realizada em cinco pontos equidistantes 10 m entre si, em um transecto dentro das áreas, totalizando 90 amostras para as seis áreas avaliadas, constituídas por 30 amostras de serrapilheira, 30 amostras de solo a uma profundidade de 0-10 cm e 30 amostras de solo a uma profundidade de 10-20 cm.

Após a coleta, a serrapilheira foi armazenada em sacos plásticos individualizados por ponto amostral e por área. O solo também foi acondicionado em sacos plásticos reforçados, identificados por ponto, por área e separados de acordo com a profundidade (0-10 cm ou 10-20 cm). O uso de sacos plásticos tem a finalidade, além de facilitar o transporte, de manter a umidade do material amostrado já que a sobrevivência da fauna é dependente desse fator. Posteriormente, as amostras individuais de serrapilheira ou de solo de cada camada foram dispostas em bandejas plásticas e os organismos da fauna edáfica maiores que 10 mm foram separados manualmente com auxílio de pinças e lupas de aumento. Os organismos encontrados foram então armazenados em frascos identificados por tipo (solo ou serrapilheira), estrato (0-10 cm ou 10-20 cm) e área de coleta, contendo solução de álcool 99% para minhocas e 70% para demais organismos.

Após a triagem da serrapilheira e do solo, os frascos contendo a macrofauna foram levados para o Laboratório de Ecologia do Solo localizado na Embrapa Cerrados para posterior contagem e identificação taxonômica até nível de ordem e de família. A identificação foi realizada com auxílio de microscópio estereoscópio, pinças e chaves de identificação (Rafael, 2012).

Os resultados da macrofauna foram expressos em densidade relativa (ind. m^{-2}) das famílias observadas. Foi calculada a distribuição vertical para cada área, a partir das médias das cinco repetições de cada sistema em cada camada (serrapilheira e solo a 0-10 m e 10-20 m de profundidade) e expressa em porcentagem. Para comparação das médias da densidade entre os sistemas para cada família e do total e dos índices de diversidade foi aplicada a análise não paramétrica Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) devido à ausência de normalidade dos dados com o software Statistica 7. Uma análise multivariada de componentes principais (ACP) com a finalidade de correlacionar os sistemas de uso do solo e os atributos biológicos foi realizada com o programa CANOCO, versão 4.5.



Figura 1. Foto aérea indicando os locais dos sistemas estudados. Foto aérea do Google Earth. Cer: Cerradão; Euc: monocultivo clonal de eucalipto; Leu: sistema silvipastoril com leucena; Past3: pasto de 3 anos proveniente de ILP; Past6: pasto de 6 anos de baixa produtividade; ILPF: integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto. Fonte: Google Earth.

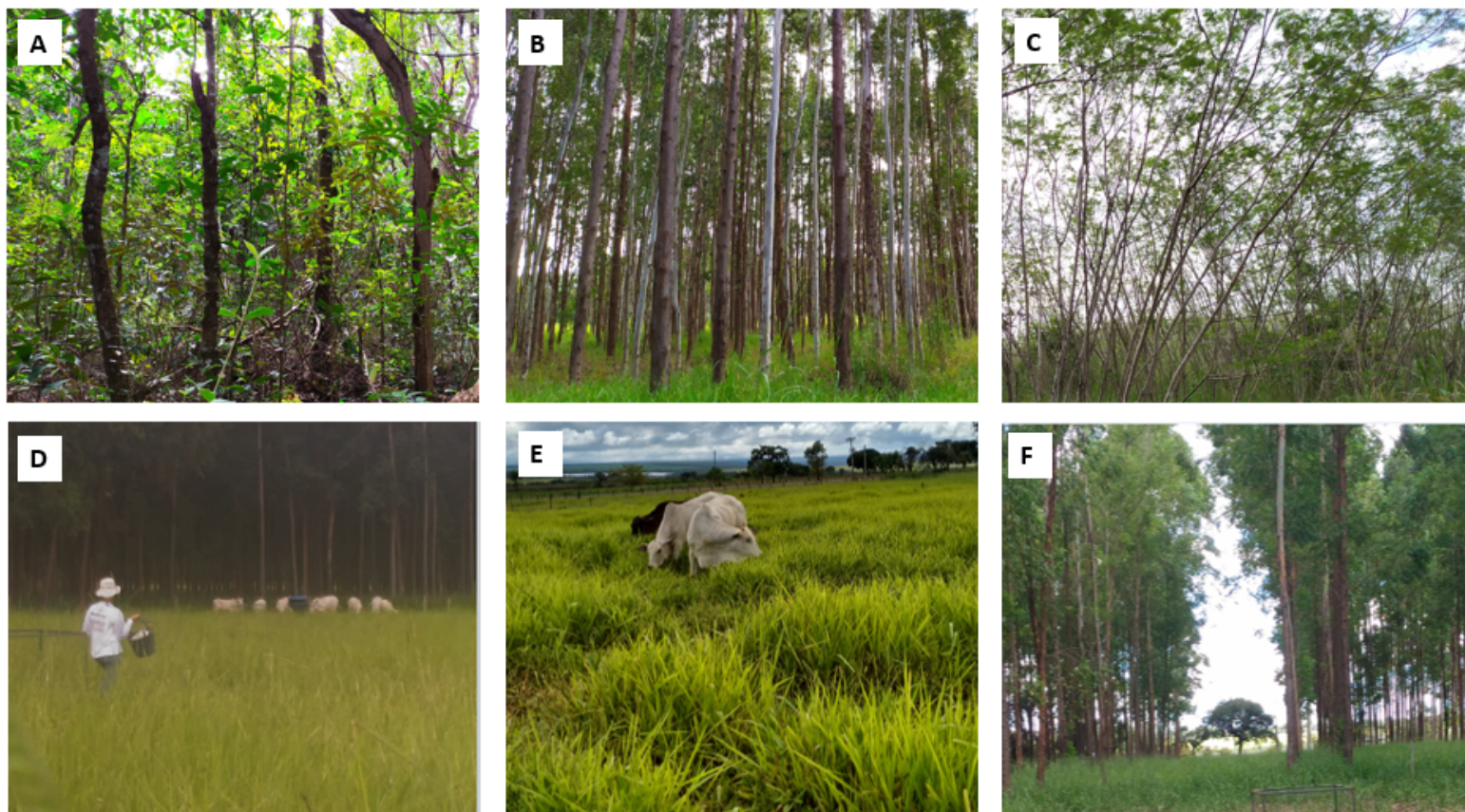


Figura 2. Fotos dos sistemas estudados: (A) cerradão; (B) monocultivo clonal de eucalipto; (C) sistema silvipastoril com leucena; (D) pasto de 3 anos proveniente de ILP; (E) pasto de 6 anos de baixa produtividade; (F) integração lavoura pecuária floresta com eucalipto. Fotos: Cintia Carla Niva.

Resultados e discussão

A soma das densidades da macrofauna edáfica quantificada nos seis sistemas de uso do solo foi de 16.978 ind. m⁻², distribuídos em 14 ordens e 34 morfoespécies (famílias, separando forma adulta e larval quando for o caso) (Tabela 2). O Cer apresentou a maior densidade de invertebrados (5.734 ind. m⁻²), seguido da Past6 (5.491 ind. m⁻²), Past3 (2.490 ind. m⁻²), Leu (1.446 ind. m⁻²), ILPF (1.430 ind. m⁻²) e Euc (387 ind. m⁻²).

A alta densidade da macrofauna em Past6 pode estar relacionada à cobertura contínua de gramínea de seis anos, sem intervenção antrópica intensiva no solo e com pastejo controlado. Benito et al. (2004) comparou uma pastagem de 9 anos a pastagens recém reformadas e relatou que a densidade da macrofauna em um fragmento de Cerrado foi a metade da observada na pastagem mais antiga, o que difere do observado no presente trabalho quando se compara a área natural com a Past6.

A densidade da macrofauna em área de cerrado nativo, em comparação a pastagens pode variar. Marchão et al. (2009), avaliando outra área na mesma região, observou densidade três vezes maior no Cerrado do que em área de

pastagem contínua de 13 anos, enquanto as áreas com rotação de culturas na fase de pastagem e área de plantio direto apresentaram abundâncias intermediárias. Silva et al. (2008) e Portilho et al. (2011) não observaram diferença entre um fragmento de floresta estacional semidecídua, pastagem contínua e ILP em Dourados-MS. Em trabalho pioneiro em uma reserva ecológica no Distrito Federal, Dias et al. (1997) verificou que a abundância da macrofauna no Cerradão é a metade daquela observada no Cerrado e quase quatro vezes maior do que em Campo Limpo. Diante do exposto, a abundância da macrofauna em áreas de referência de vegetação natural no bioma Cerrado, podem variar consideravelmente em relação a áreas cultivadas. Tanto a fitofisionomia utilizada para o estudo, como o seu estado de preservação, pode interferir na estrutura da comunidade de invertebrados.

De forma geral, as informações disponíveis até o momento sugerem que as pastagens contínuas e os sistemas com rotação de culturas e sem o revolvimento do solo ajudam a manter a macrofauna no local, da mesma forma que em estudos em outros biomas (Bartz et al., 2014; Souza et al., 2016). Nas savanas colombianas, o uso de pastagens em substituição à vegetação nativa manteve a diversidade nativa da macrofauna, segundo os autores, devido aos efeitos positivos do sistema radicular das gramíneas e manutenção do aporte de matéria orgânica vegetal e animal (fezes e urina dos bovinos) no solo (Decaëns et al., 2004).

Tabela 2. Densidade média (ind. m⁻²) e índices de diversidade de famílias da macrofauna edáfica na camada de 0-20 cm de profundidade incluindo a serrapilheira, em área natural de Cerradão (Cer), áreas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), pastagem de *Urochloa brizantha* a Pleno Sol com três anos (Past3), pastagem de *U. brizantha* com seis anos de idade (Past6), sistema silvipastoril de Leucena com *U. brizantha* (Leu) e plantio de *Eucalyptus* sp. (Euc).

Classe	Ordem	Família	Sistemas					
			Cer	ILPF	Past3	Past6	Leu	Euc
Arachnida	Araneae	Theridiidae	19a	3a	3a	3a	13a	16a
		Lycosoidea	0a	6a	0a	0a	0a	0a
Insecta	Coleoptera	Carabidae	32a	0b	0b	10a	6ab	0b
		Carabidae larva	0a	3a	6a	0a	0a	0a
		Scarabaeidae	6a	0a	0a	0a	3a	3a
		Staphylinidae	26a	0b	13ab	19ab	6b	3b
		Staphylinidae larva	42a	0b	45ab	51ab	16b	10b
		Melolonthidae	10a	0a	0a	3a	0a	3a
		Melolonthidae larva	32bc	83ac	336a	166ac	179ac	29bc
		Chrysomelidae	3a	0a	0a	3a	0a	3a
		Chrysomelidae larva	3a	13a	45a	51a	48a	6a
		Elateridae	157a	6bc	13abc	51a	6bc	3c
		Coccinellidae	0a	0a	0a	0a	3a	0a
	Hemiptera	Reduviidae	0a	3a	0a	0a	0a	0a
		Pentatomidae	0b	6ab	0b	12a	0b	0b

		Cydnidae	ob	ob	ob	262a	ob	ob
	Hymenoptera	Formicidae	509a	138b	19c	163b	19c	38c
	Blattodea	Blattaria	Blaberidae	6a	0a	0a	0a	0a
			Blattidae	3a	0a	0a	0a	0a
		Isoptera	Mastotermitidae	3a	3a	6a	10a	0a
			Serritermitidae	0a	3a	0a	19a	3a
			Nasutitermitidae	189a	ob	ob	ob	ob
	Orthoptera		Gryllidae	0a	10a	0a	0a	0a
	Dermaptera		Anisolabididae	3a	0a	3a	0a	0a
	Diptera		Muscidae	19a	16a	16a	22a	16a
			Asilidae	6a	3a	10a	0a	0a
Chilopoda	Scolopendromorpha		Scolopocryptopidae	19a	16ab	3bc	0c	22ab
Diplopoda	Polydesmida		Polydesmidae	ob	64a	10ab	10ab	45a
Oligochaeta	Crassiclitellata		Acanthodrilidae	od	381a	278ab	134bc	86c
			Glossoscolecidae	32a	0c	0c	144ab	3bc
Gastropoda	Pulmonata		Planorbidae	ob	13a	6ab	ob	ob
Malacostraca	Isopoda		Porcellionidae	29ab	35abc	38a	0c	3bc
			Densidade média	5734ad	1430bd	2490bd	5491ad	1446bd
			Riqueza	19a	21a	18a	19a	17a
			Shannon	0,9a	1,5a	1,2a	1,0a	1,4a
			Simpson	0,4a	0,7a	0,5a	0,4a	0,6a
			Evenness	0,2b	0,5bc	0,3bc	0,3bc	0,5bc

*Letras diferentes indicam diferença significativa entre médias na mesma linha pelo teste de Kruskal-Wallis (alpha= 0,05)

A macrofauna nos sistemas ILPF, Past3 e Leu foi mais abundante do que Euc, mas com valores que não ultrapassaram metade do encontrado em Cer e Past6 (Tab. 2). O sistema Euc também não diferiu significativamente de ILPF, Past3 e Leu, apesar da sua densidade na casa das centenas contrastar com os demais valores na casa dos milhares. Em outros biomas, Zagatto (2014) avaliou áreas com sistemas integrados em Ponta Grossa-PR e verificou que a abundância da macrofauna no campo nativo foi sete vezes maior que nos sistemas ILP e ILPF, porém com riquezas semelhantes. As áreas de plantio direto (lavoura de grãos) apresentaram abundância e riqueza menores, enquanto as áreas de eucalipto apresentaram valores intermediários, mas não diferiram dos sistemas integrados. Rosa et al. (2015), em Santa Catarina, observaram que áreas de floresta nativa ou com reflorestamento de eucalipto ou pastagens tem uma estabilidade maior em relação à macrofauna do que ILP e plantio direto. Souza et al. (2016), no mesmo estado, verificou que a pastagem permanente apresentou maior abundância e riqueza do que o ILP e maior abundância que a plantação de eucalipto apenas no verão. Mais estudos em sistemas integrados com o componente arbóreo ainda são necessários para determinar o seu efeito sobre a macrofauna, especialmente no Cerrado.

Os grupos mais abundantes no presente trabalho, foram Isoptera (74%), Coleoptera (9%, dos quais 8% são representados por indivíduos imaturos), Crassidellata (6%), Formicidae (5%), Hemiptera (1,7%), Diplopoda (1%), Diptera (0,7%), Isopoda (0,7%), Chilopoda (0,5%), Arachnida (0,4%), Gastropoda (0,1%), Orthoptera (0,06%), Blattaria (0,06%) e Dermaptera (0,04%). Dentre os índices de diversidade calculados no presente capítulo (Tab. 2), apenas o de uniformidade (evenness) apresentou diferença significativa entre os sistemas, onde o maior valor em Euc contrastou com o menor em Cer. Essa diferença se deve, provavelmente, às densidades geralmente menores ou ausência dos táxons em Euc comparado à Cer.

O índice de Shannon variou de 0,9 em Cer a 1,5 em ILPF, enquanto o índice de Simpson variou de 0,4 a 0,7 nos mesmos sistemas, demonstrando tendência a uma diversidade maior nesses dois sistemas sem diferirem estatisticamente. A riqueza de famílias também não apresentou diferença significativa entre os sistemas, mas os valores mais expressivos foram encontrados em Cer, seguido de ILPF e Past6 (Tabela 2).

A presença ou ausência de pastagem ou componente arbóreo no sistema pode influenciar a diversidade de invertebrados no solo. Os besouros (Melolonthidae, Crysomelidae e Elateridae), formigas (Formicidae), cupins (Isoptera) e moscas (Muscidae) ocorreram em todos os sistemas amostrados (Tab. 2). Por outro lado, aranhas (Lysocoea), percevejos (Reduviidae) e grilos (Gryllidae) ocorreram exclusivamente no ILPF, as baratas (Blattodea) ocorreram somente em Cer e Leu, Pentatomidae e Cydnidae, apenas no Past6. Lysocoea abrange as aranhas predadoras e Cydnidae, no presente estudo, são os percevejos castanhos, que se alimentam de raízes e, ocasionalmente, pragas de culturas diversas (Ávila et al., 2016). A abundância expressiva e ocorrência exclusiva de Cydnidae em Past6 pode ter sido influenciada pelo manejo (ou falta dele), mas a sua localização mais afastada dos demais sistemas também pode ser um fator a se considerar (Fig. 1).

Isoptera costuma despontar como o grupo mais abundante da macrofauna no bioma Cerrado (Dias et al., 1997; Pasini et al., 2003; Benito et al., 2004; Constantino, 2005; Marchão et al., 2009; Batista et al., 2014; Santos et al., 2008). Em estudos realizados em várias fitofisionomias, Dias et al. (1997) atestaram a importância dos Isoptera como os invertebrados mais abundantes da macrofauna nos solos do Cerrado. Resultados condizentes foram encontrados em estudos realizados em Uberlândia (MG), Planaltina (DF), Correntina (BA) e Formosa (GO), onde 29-91% de toda a fauna invertebrada edáfica encontrada em cada sistema avaliado era constituída de cupins (Ayarza et al., 1998; Pasini et al., 2003; Benito et al., 2004; Marchão et al., 2008; Vendrame et al., 2009; Marchão et al., 2009; Padoa et al., 2012). A densidade populacional de cupins é geralmente alta em áreas de vegetação nativa e responde negativamente ao cultivo convencional com revolvimento do solo e, positivamente, aos sistemas mais conservacionistas e pastagens mais antigas pouco manejadas, onde a disponibilidade de matéria orgânica é maior e/ou o grau de perturbação é menor. Entretanto, em outros estudos, os cupins foram menos expressivos em vegetação natural como campo cerrado (Silva et al., 2008) ou Cerrado e Floresta semidecídua (Portilho et al., 2011), em Dourados-MS.

Alguns tipos de cobertura vegetal cultivados podem influenciar negativamente a densidade de Isoptera, como foi o caso de mombaça, milheto e estilosantes, e positivamente, como a braquiária (Santos et al., 2008). A rotação lavoura-pasto também favorece o aumento de Isoptera em relação aos sistemas de plantio direto, pastagem e lavoura convencional (Marchão et al., 2009). Ayarza et al. (1998) e Benito et al. (2004) verificaram uma redução de cupins em áreas com estilosantes (leguminosa) consorciados com braquiária, de certa forma corroborando com o resultado de densidade

reduzida desses invertebrados sociais em área com leucena, outra leguminosa, no presente trabalho. Esse táxon foi o mais abundante em solos com baixa troca catiônica de Ca e Mg (Vendrame et al., 2009) e foi quase tão abundante no Cerrado natural como em pastagem mais antiga de baixa produtividade, situação semelhante ao Past6 (Tab. 2). A frequente alta densidade de cupins nos solos do Cerrado não deixam dúvida sobre sua relevância para o ecossistema natural ou não. São muitas vezes considerados praga (Silva et al., 2017), e seu relevante papel na prestação de serviços ecossistêmicos por meio da bioturbação, decomposição da celulose, reorganização de agregados e intemperização do solo melhorando a qualidade do solo, nem sempre são levados em consideração (Jouquet et al., 2016).

Coleoptera foi o segundo táxon com o maior número de indivíduos de todas as áreas avaliadas. Melolonthidae na forma larval foi expressiva em Past3, Leu e Past6, e Elateridae na forma adulta, em Cer (Tab. 2). A família Melolonthidae abrange espécies que podem causar danos à lavoura, como soja e milho, especialmente as convencionais (sem a proteína Bt) (Silveira & Rodrigues, 2020). Staphylinidae na forma larval apresentou densidades maiores em Past6, Past3 e Cer. Esta família inclui agentes de controle biológico de parasitas de fezes de bovinos nas pastagens (Koller et al., 2002). Os Coleoptera nem sempre ocorrem em maior densidade em vegetação natural do Cerrado e são influenciados pelos diferentes sistemas (Benito et al., 2004; Silva et al., 2006; Santos et al., 2008; Marchão et al., 2008; Marchão et al., 2009, Portilho et al., 2011, Santos et al., 2020). Aparentemente, as pastagens com ou sem rotação, e plantio direto, favorecem densidades maiores de Coleoptera do que o Cerrado nativo, especialmente na forma larval (Marchão et al., 2009). Dentre as plantas de cobertura, a cultura de sorgo, estilosantes, crotalária e braquiária apresentam maior abundância de Coleoptera do que o capim mombaça, milheto e guandu (Santos et al., 2008). Larvas de Coleoptera parecem preferir solos mais gibsíticos com mais matéria orgânica do que os solos caulíníticos (Vendrame et al., 2009).

As minhocas (Crassiclitellata), ora estão quase ausentes, mesmo em áreas de vegetação natural nativa do Cerrado (Dias et al., 1997; Benito et al., 2000; Benito et al., 2004), ora estão presentes entre os táxons mais abundantes da macrofauna (Ayarza et al., 1998; Pasini et al., 2003; Silva et al., 2006; Vendrame et al., 2009; Santos et al., 2008; Marchão et al., 2009). De modo geral, respondem positivamente a sistemas conservacionistas como plantio direto e sistemas integrados (Silva et al., 2006; Santos et al., 2008; Vendrame et al., 2009; Marchão et al., 2009), às vezes superando a densidade encontrada em área de vegetação natural (Pasini et al., 2000; Marchão et al., 2008; Ayarza et al., 1998; Portilho et al., 2011) como observado no presente trabalho (Tab. 2). Isso se deve, provavelmente, ao aporte de matéria orgânica proveniente dos resíduos culturais depositados sobre o solo criando um microclima favorável às minhocas, como maior umidade e menor incidência direta de raios solares (Bartz et al., 2014; Souza et al., 2016). Em algumas situações, as minhocas parecem ser antagônicas aos cupins (Ayarza et al., 1998; Santos et al., 2008; Marchão et al., 2008). Vendrame et al. (2009) verificou maior abundância de minhocas em solos com mais caulinita, e menor, em solos gibsíticos. Altos teores de C e N parecem correlacionar positivamente com as minhocas (Pádoa et al., 2012). De acordo com Rocha et al. (1990), as minhocas *Pontoscolex* sp (peregrina) e *Amyntas* sp (invasora asiática) são as mais comuns no Cerrado em áreas de pastagens ou de lavoura, mas em áreas de mata, minhocuçus de mais de 1m já foram encontrados, provavelmente *Glossoscolex* sp, mas em camadas bem profundas, provavelmente devido ao déficit hídrico mais extremo nas camadas mais superficiais do solo e umidade natural e temperaturas mais amenas nas camadas mais profundas. Assad (1997) relata a ocorrência de *Glossoscolex* sp de mais de 40 cm de comprimento em camadas abaixo de 50 cm do solo que saem para superfície à noite para coletar matéria orgânica e deixam os coprólitos perto das galerias. A estrutura e porosidade do

latossolo são transformadas pelos agregados formados pelas minhocas, consequentemente influenciando na infiltração da água no solo (Brossard et al., 2012). Estudos da diversidade de minhocas no Distrito Federal estão em andamento e devem auxiliar na avaliação da relevância das minhocas no Cerrado.

A família Acanthodrilidae (predominantemente *Dichogaster* spp) ocorreu apenas em ILPF, Past3, Past6 e Leu, enquanto Glossoscolecidae (*Pontoscolex corethrurus*) ocorreu em Cer, Leu e principalmente em Past6, sugerindo fortemente que diferenças no habitat inerentes a cada sistema influenciam a diversidade desses invertebrados de corpo mole. Glossoscolecidae parece estar associada a ambientes menos perturbados, enquanto Acanthodrilidae, a ambientes com manejo mais intensificado, como ILPF e Past3. Nenhuma minhoca foi observada em Euc, corroborando com o relato de ausência de minhocas em áreas de *Eucalyptus dunnii* de 20 anos no Paraná (Zagatto et al., 2014).

A abundância de Diplopoda, invertebrados decompositores, apresentou valores expressivos em Euc, Leu e ILPF, todos sistemas com árvores, mas não ocorreu em Cer. Chilopoda também foi mais abundante nos sistemas com árvores, inclusive no Cer. Outros estudos no bioma revelaram um aumento na abundância de Diplopoda em áreas de plantio direto e sistemas com rotação de culturas (Marchão et al., 2009) e em pastagem contínua de mais idade (Benito et al., 2004) quando comparados à área de vegetação nativa, sugerindo uma associação a áreas cultivadas com maior quantidade de resíduos orgânicos no solo. No caso de Chilopoda, de hábito predador, a presença de mais matéria orgânica e de árvores no sistema tem vantagens de efeito indireto, pois aumentam a chance de achar suas presas devido à fonte de alimento e locais de abrigo (Kamau et al., 2017).

Na avaliação da distribuição vertical da fauna edáfica observou-se maior ocorrência de invertebrados na camada de 0-10 cm de profundidade (Figura 3). Resultados semelhantes foram encontrados por Marchão et al. (2009) e Batista et al. (2014), ao realizarem avaliações em latossolos do Cerrado até a profundidade de 30 cm. Os sistemas Past6, Past3 e ILPF, que possuem as pastagens de braquiária, apresentaram uma estratificação da abundância da fauna, com frequências maiores na camada de 0-10 cm de profundidade. Já os sistemas Leu e Euc, compostos por árvores, apresentaram frequências maiores na camada 10-20 cm. Essa diferença pode estar relacionada aos sistemas radiculares e, também, à qualidade e quantidade do resíduo vegetal produzidos pelo sistema. O Cer apresentou as maiores frequências de indivíduos na camada de 0-10 cm de profundidade. Na serrapilheira, foi observada baixa ocorrência de organismos em todos os sistemas, variando de 0,47% do total de indivíduos em Past6 a apenas 19% do total de organismos nessa camada em Euc.

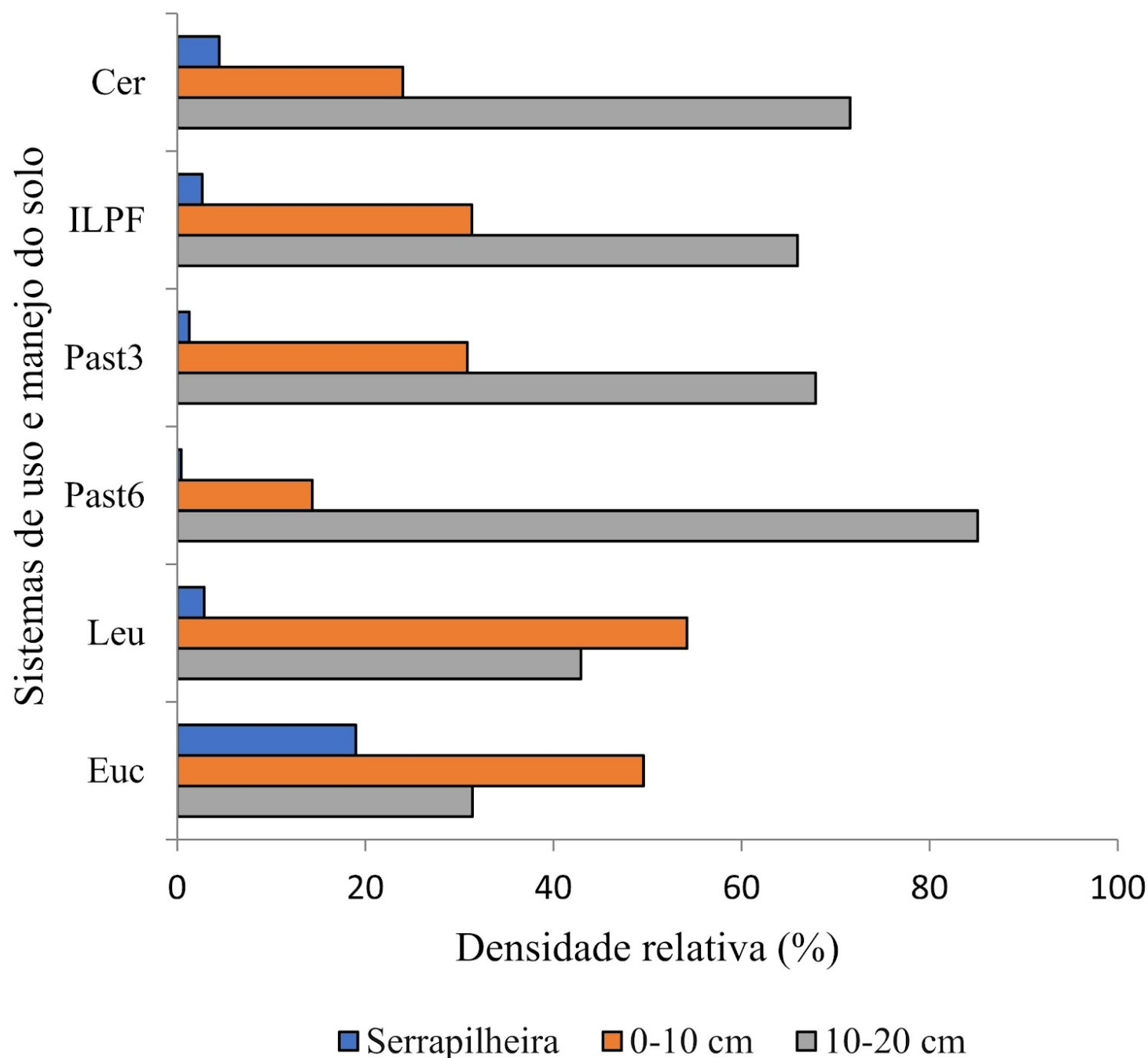


Figura 3. Densidade relativa da macrofauna edáfica em porcentagem em sua distribuição vertical em camadas de serrapilheira e solo a 0-10 cm e 10-20 cm, em vegetação natural de Cerradão (Cer), Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), pastagem de *Urochloa brizantha* a Pleno Sol com três anos (Past3), Pastagem de *U. brizantha* Piatã de 6 anos (Past6), sistema silvipastoril de leucena com *U. brizantha* (Leu) e plantio clonal de *Eucalyptus* sp (Euc).

Os grupos mais frequentes da serrapilheira foram Formicidae para as áreas de ILPF, Euc e Past6; Isoptera para as áreas de Past3 e Cerradão, e Coleoptera para Leu. Na camada de 0-10 cm do solo, Crassicitellata (ILPF), Isoptera (Past3, Leu, Cer e Past6) e Diplopoda (Euc) foram os mais frequentes.

A análise de componentes principais (ACP) separou os sistemas de uso do solo com base nos dados da abundância da macrofauna edáfica (Fig. 4). O primeiro eixo do componente principal (PC1) explica 20,7% da variabilidade dos dados, o segundo eixo da componente principal (PC2) é 15,8% que, juntos, explicam 36,5% da variabilidade total entre os sistemas de uso do solo avaliados (Fig. 3). Observa-se uma certa polarização do Cer com os demais sistemas, explicada

pela variabilidade dos dados de macrofauna. Infere-se uma diversidade maior de invertebrados associada ao Cerradão e aos sistemas que possuem pasto, como ILPF, Past3 e Past6. Observou-se uma associação pronunciada do Cer com Blattodea, Coleoptera adultos, Formicidae, Isoptera, Isopoda e Araneae, enquanto as áreas de eucalipto e leucena associaram-se a Diplopoda, e sistemas com pasto, a Coleoptera e Hemiptera. O sistema Leu, apesar de ter sido implantado com leucena e capim, apresentou baixa manutenção do capim ao longo do tempo, sugerindo que a influência maior no solo desse sistema se deve ao seu componente arbóreo. Silesh e Mafongoya (2006) obtiveram resultado condizente com o presente estudo no Zâmbia, demonstrando que o cultivo de leucena promoveu o aumento da macrofauna, em especial de Diplopoda, quando comparado ao monocultivo contínuo de milho.

A maioria dos invertebrados coletados pertencem ao grupo dos geófagos/bioturbadores (Isoptera, Formicidae, Crassiditellata) e dos detritívoros/decompositores (Coleoptera, Blattodea, Isopoda), segundo classificação de Brown et al. (2015). Na área de Cerradão, a ACP mostra uma associação maior com o grupo dos detritívoros e dos predadores/parasitas (Arachnida, Coleoptera, Dermaptera) e associação mais distante com o grupo de fitófago/praga (Hemiptera, Orthoptera, Diplopoda e Gastropoda), indicando um ecossistema mais equilibrado em suas funções em relação aos demais.

Como observado, o presente estudo sugere um efeito positivo da pastagem sobre a manutenção da macrofauna, ao passo que o componente arbóreo parece influenciar os grupos da fauna de forma diferente dependendo da espécie. Manejos que favorecem a cobertura do solo com aporte da pastagem, raízes e material resultante de podas das árvores podem criar um microclima favorável para a colonização da macrofauna conforme sugerido por Lima et al. (2010) em estudo com sistemas agroflorestais. A quantidade de palhada deixada sobre o solo também influencia a macrofauna (Menandro et al., 2019). O aporte de material orgânico, proveniente das fezes de animais em pastagens também pode ter um efeito importante sobre a macrofauna e sobre o ecossistema (Decaëns et al., 2004; Sitters et al., 2014). Laossi et al. (2008) em estudos na Amazônia, relataram que a macrofauna responde positivamente ao aumento de biomassa das plantas, mas não responde à diversidade vegetal em pastagens, apesar de verificarem um aumento de grupos específicos como minhocas e formigas em áreas com amendoim forrageiro. Por outro lado, Kamau et al. (2017) defendem a importância da presença do componente arbóreo nos sistemas para a conservação da macrofauna devido à formação de microclimas favoráveis a diferentes grupos da fauna. A importância do tempo maior de cultivo das espécies arbóreas e da qualidade do tecido vegetal da serrapilheira e raízes para a conservação da macrofauna, especialmente as minhocas, milipeias e cupins, também é defendida por esses autores.

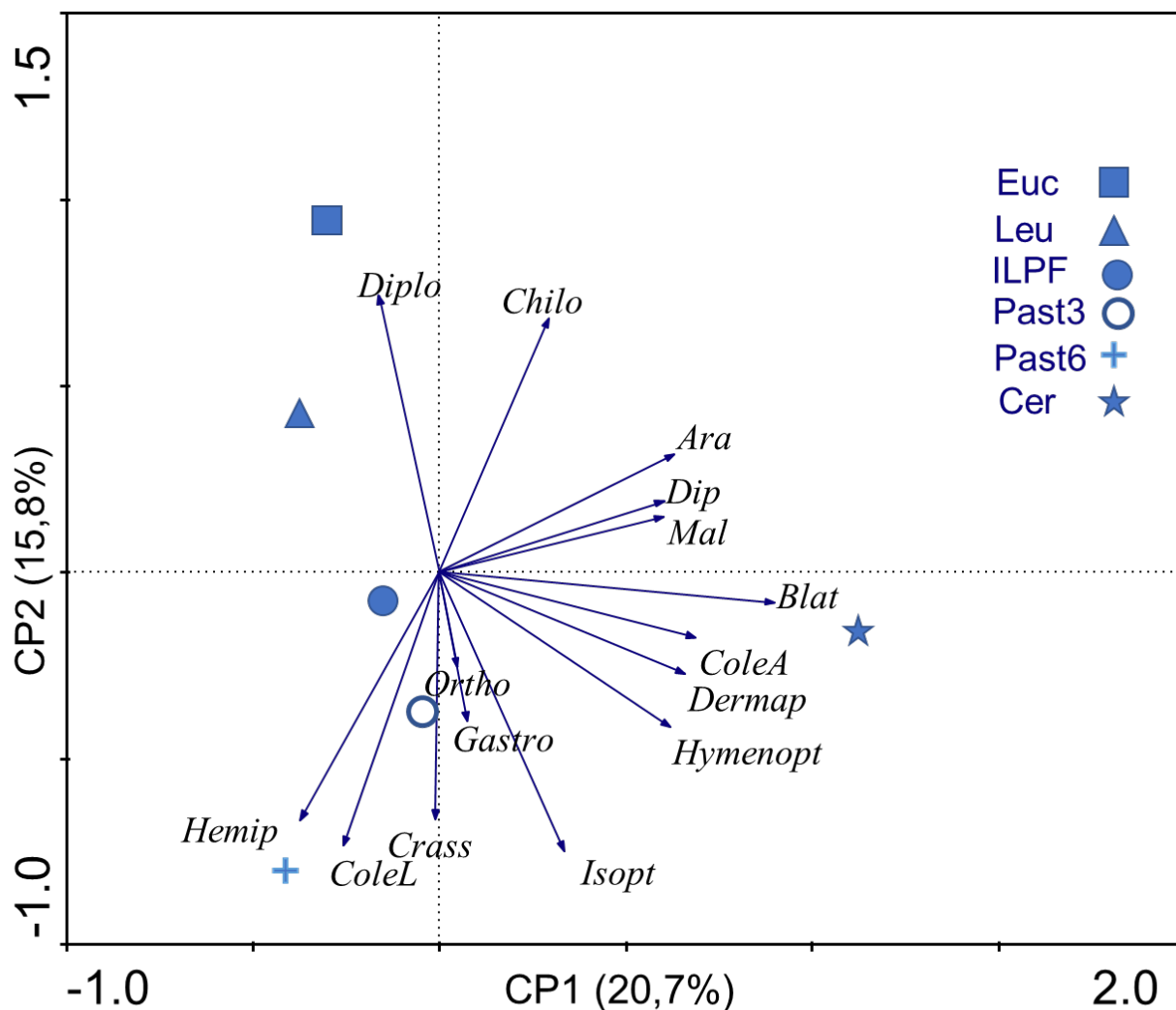


Figura 4. Análise de componentes principais (PCA) entre grupos da macrofauna edáfica e sistemas de uso do solo em vegetação natural de Cerradão (Cer), Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), pastagem de *U. brizantha* a Pleno Sol com três anos (Past3), Pastagem de *U. brizantha* de 6 anos (Past6), sistema silvipastoril de Leucena com *U. brizantha* (Leu) e plantio clonal de Eucalyptus sp. (Euc). Em itálico os grupos da macrofauna: Isoptera (Isopt); Blattodea (Blat); Formicidae (Form); Coleoptera larva (ColeoL); Coleoptera adulto (ColeoA); Araneae (Aran); Isopoda (Isopd); Dermaptera (Dermap); Gastropoda (Gastro); Chilopoda (Chilo); Diplopoda (Diplo); Orthoptera (Ortho); Crassiditellata (Crass); Diptera (Dip); Hemiptera (Hemip).

Conclusões

A densidade e composição da macrofauna são variáveis sensíveis aos sistemas agrossilvipastoris avaliados. No geral, os sistemas com pastagem e com menor grau de perturbação foram menos impactantes à macrofauna. A relação entre a macrofauna e os sistemas é complexa, pois depende da interação de cada espécie a vários fatores inerentes de cada sistema de produção. Isoptera, Formicidae, Crassiditellata, Coleoptera apresentaram densidades importantes que variaram entre os sistemas, portanto, promissores para o uso como indicadores de sustentabilidade em relação à

conservação e monitoramento da biodiversidade do solo. Entretanto, a relação desses organismos com outros atributos do solo e com outras combinações de espécies vegetais e com a pecuária ainda precisam ser mais estudadas, sobretudo no Cerrado, onde a atividade agropastoril tem se tornado cada vez mais relevante.

Referências

- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biological and fertility: a handbook of methods**. Wallingford: CAB International, 2ed., 221p., 1993.
- ASSAD, M. L. L. Fauna de solo. In: ASSAD, M. L.L.; VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. p. 361-443, 1997.
- ÁVILA, C.; XAVIER, L.M.S.; SANTOS, V. Fluctuation and vertical distribution of a population of brown root stink bug *Scaptocoris castanea* (Hemiptera: Cydnidae) in the soil profile in Mato Grosso do Sul State, Brazil. **Entomotropica**, v.31, n.5, p.40-47, 2016.
- AYARZA, M. A.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. D. O.; BALBINO, L. C.; BROSSARD, M.; PASINI, A. Intégration culture-élevage dans les Cerrados au Brésil: une solution pour des systèmes durables. **Agriculture et développement**, v. 18, p. 91-98, 1998.
- BARTZ, M.L.C.; BROWN, G.G.; ORSO, R.; MAFRA, A.L.; BARETTA, D. The influence of land use systems on soil and surface litter fauna in the western region of Santa Catarina. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.5, p.880-887, 2014.
- 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, p.797-809, 2014.
- BENITO N.P., BOBILLIER B., BROSSARD M., PASINI A. Impacto do desmatamento e da renovação de pastagem sobre a macrofauna edáfica do solo no Cerrado. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM 'SOIL FUNCTIONING UNDER PASTURES IN INTERTROPICAL AREAS', Brasília, 16–20, October, CD Rom Embrapa Cerrados/IRD, 2000.
- BENITO, N. P., BROSSARD, M., PASINI, A., GUIMARÃES, M. ;BOBILLIER, B. Transformations of soil macroinvertebrate populations after native vegetation conversion to pasture cultivation (Brazilian Cerrado). **European Journal of Soil Biology**, v.40, n.3, p. 147-154, 2004.
- BERTOSSI, A.P.A.; ROCHA JÚNIOR, P.R.; RIBEIRO, P.H.; MENEZES, J.P.C.; CECÍLIO, R.A.; ANDRADE, F. V. Soil cover and chemical and physical attributes in oxisol in the Atlantic Forest biome. **Revista Árvore**, v.40 n.2, p.219-228, 2016.
- BRITO, M.F.; TSUJIGUSHI, B.P.; OTSUBO, A.A.; SILVA, R.F.; MERCANTE, F.M. Diversity of edaphic and epigeic invertebrate fauna in cassava intercropped with green manures. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.3, p.253-260, 2016.
- BROSSARD, M.; DE FREITAS FREGONEZI, G. A.; GUIMARÃES, M. D. F.; DE CONTI MEDINA, C.; PASINI, A.; VILELA, L.; AYARZA, M. A. Analysis of an illustrative interaction between structural features and earthworm populations in Brazilian ferralsols. **Comptes Rendus Geoscience**, v. 344, n. 1, p. 41-49, 2012.
- BROWN, G.G.; NIVA, C.C.; ZAGATTO, M.R.G.; FERREIRA, S. de A.; NADOLNY, H.S.; CARDOSO, G.B.X.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G. de A.; PASINI, A.; BARTZ, M.L.C.; SAUTTER, K.D.; THOMAZINI, M.J.; BARETTA, D.; SILVA, E. da;

ANTONIOELLI, Z.I.; DECAËNS, T.; LAVELLE, P.M.; SOUSA, J.P.; CARVALHO, F. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B. de; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 121-154. Capítulo 10.

CONSTANTINO, R. Padrões de diversidade e endemismo de térmitas no bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M. (Org.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p.319-333.

DECAËNS, T., JIMÉNEZ, J. J., BARROS, E., CHAUVEL, A., BLANCHART, E., FRAGOSO, C., & LAVELLE, P. Soil macrofaunal communities in permanent pastures derived from tropical forest or savanna. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 103, n. 2, p. 301-312, 2004.

DIAS, V. S.; BROSSARD, M.; LOPES-ASSAD, M. L.; LEITE, L.; SAITO, C. Macrofauna edáfica invertebrada em áreas de vegetação nativa da região de Cerrados. **Contribuição ao Conhecimento Ecológico do Cerrado- Trabalhos Selecionados do 3 Congresso de Ecologia do Brasil (Brasília, 6-11/10/96)**. Brasília, Dept. Ecologia Universidade de Brasília, 1997.

JOUQUET, P.; BOTTINELLI, N.; SHANBHAG, R. R.; BOURGUIGNON, T.; TRAORÉ, S.; ABBASI, S. A. Termites: the neglected soil engineers of tropical soils. **Soil Science**, v. 181, n. 3/4, p. 157-165, 2016.

KAMAU, S.; BARRIOS, E.; KARANJA, N. K.; AYUKE, F. O.; LEHMANN, J. Soil macrofauna abundance under dominant tree species increases along a soil degradation gradient. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 112, p.35-46, 2017.

KOLLER, W. W.; GOMES, A.; RODRIGUES, S. R.; MENDES, J. Staphylinidae (Coleoptera) associated to cattle dung in Campo Grande, MS, Brazil. **Neotropical entomology**, v. 31, n. 4, p. 641-645, 2002.

LAOSSI, K. R.; BAROT, S.; CARVALHO, D.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P.; MARTINS, M., MITJA, D., RENDEIRO, A. C., ROUSSEAU, G., SARRAZIN, M., VELASQUEZ, E., GRIMALDIA M. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian pastures. **Pedobiologia**, v. 51, n. 5-6, p. 397-407, 2008.

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**, v.45, n.3, p.322-331, 2010.

MARCHÃO, R. L.; LAVELLE, P.; CELINI, L.; BALBINO, L. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 1011-1020, 2009.

MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; JOÃO DE DEUS, G.; DE SÁ, M. A. C.; BERGAMASCHI, L. C.; BORTONCELLO, L. R. **Impacto de sistemas agrícolas nos atributos físicos, químicos e macrofauna num latossolo do oeste baiano**. Embrapa Cerrados, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2008.

MENANDRO, L. M. S.; DE MORAES, L. O.; BORGES, C. D.; CHERUBIN, M. R.; CASTIONI, G. A.; CARVALHO, J. L. N. Soil Macrofauna Responses to Sugarcane Straw Removal for Bioenergy Production. **BioEnergy Research**, v. 12, n. 4, p. 944-957, 2019.

MIURA, J. **Pesquisadores identificam 20 novas espécies de microminhocas no Cerrado**. Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/55534196/pesquisadores-identificam-20-novas-especies-de-microminhocas-no-cerrado>. Acesso em: 09 set. 2020.

NIVA, C. C.; CEZAR, R. M.; FONSECA, P. M.; ZAGATTO, M. R. G.; OLIVEIRA, E. M.; BUSH, E. F.; CLASEN, L.A.; BROWN, G. G. Enchytraeid abundance in Araucaria Mixed Forest determined by cold and hot wet extraction. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4, p. 169-175, 2015

ORGIAZZI, A.; PANAGOS, P.; YIGINI, Y.; DUNBAR, M. B.; GARDI, C.; MONTANARELLA, L.; BALLABIO, C. A. knowledge-based approach to estimating the magnitude and spatial patterns of potential threats to soil biodiversity. **Science of the Total Environment**, v. 545, p. 11-20, 2016

PADOA, L.; EBERHARDT, D. N.; MARCHÃO, R. L.; CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; MURAOKA, T.; SOUZA FILHO, L.F.S.; BECQUER, T. Soil Macrofauna and its relationship with carbon and nitrogen contents under conservation agriculture systems in the Cerrado of Unaí, MG. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 14; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 12; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 9; SIMPÓSIO SOBRE SELÊNIO NO BRASIL, 1, 2012, Maceió. A RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DA PESQUISA AGRÍCOLA: **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012.

PASINI, A.; FONSECA, I. C.; BROSSARD, M.; GUIMARÃES, M. D. F. Macrofauna invertebrada do solo em pastagens no cerrado de Uberlândia, MC, Brasil. In: Workshop: O uso da macrofauna edáfica na agricultura do século XXI: a importância dos engenheiros do solo (Londrina, 8-12/09/2003). **Anais...** p. 160-166, 2003.

PEÑA-PEÑA, K.; IRMLER, U. Moisture seasonality, soil fauna, litter quality and land use as drivers of decomposition in Cerrado soils in SE-Mato Grosso, Brazil. **Applied soil ecology**, v. 107, p. 124-133, 2016.

PORTILHO, I.I.R.; CREPALDI, R.A.; BORGES, C.D.; SILVA, R.F.; SALTON, J.C.; MERCANTE, F.M. Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1310-1320, 2011.

RAFAEL, J.A. Chave para as ordens (adultos). In: RAFAEL, J.A.; MELO, G.A.R.; CARVALHO, J.B.; CASARI, S.A.; CONSTANTINO, R. (Eds.). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto: Halos, Editora, 2012. p. 191-196.

ROSA, M.G.; KLAUBERG FILHO, O.; BARTZ, M.L.C.; MAFRA, A.L.; SOUSA, J.P.F.A.; BARETTA, D. Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.1544-1553, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbcs20150033>. 30 nov. 2017

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. D.; MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 115-122, 2008.

SILESHI, G.; MAFONGOYA, P. L. Long-term effects of improved legume fallows on soil invertebrate macrofauna and maize yield in eastern Zambia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 115, n. 1-4, p. 69-78, 2006.

SILVA, A.P.T.; CUNHA, H.F.; RICARDO, J.A.D.; ABOT, A.R. Espécies de cupins (Isoptera) em cultura de eucalipto sob diferentes sistemas de manejo de irrigação, em região de transição Cerrado-Pantanal de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Árvore**, v.39, n.1, p.137-146, 2015.

SILVA, C.R.; SOUZA, K.B.; FURTADO, W.F. Avaliação do avanço da agricultura intensiva no Cerrado piauiense. **Engevista**, v.16, n.3, p. 432-439, 2014.

SILVA, R. F. D.; AQUINO, A. M. D.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. D. F. Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, supl., p. 725-731, 2008.

SILVEIRA, E.R.; PELISSARI, A.; MORAES, A.; JAMHOUR, J. Diversidade e papel funcional da macrofauna do solo na Integração Lavoura-Pecuária. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, n. 4, p.1-16, 2016.

DA SILVEIRA, F. M.; RODRIGUES, S. R. Larval density of Melolonthidae (Coleoptera) in succession cropping systems in Chapadão do Sul, MS, Brazil/Densidade larval de Melolonthidae (Coleoptera) em sistema de sucessão de culturas em Chapadão do Sul, MS, Brasil. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 2, p. 522-532, 2020.

SITTERS, J., MAECHLER, M. J., EDWARDS, P. J., SUTER, W., & OLDE VENTERINK, H. Interactions between C: N: P stoichiometry and soil macrofauna control dung decomposition of savanna herbivores. **Functional Ecology**, v.28, n. 3, p. 776-786, 2014.

SOUZA, S. T. D.; CASSOL, P. C.; BARETTA, D.; BARTZ, M. L. C.; KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, Á. L.; ROSA, M. G. D. Abundance and diversity of soil macrofauna in native forest, eucalyptus plantations, perennial pasture, integrated crop-livestock, and no-tillage cropping. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, 2016.

VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P. Soil macrofauna as an indicator for evaluating soil based ecosystem services in agricultural landscapes. **Acta Oecologica**, v. 100, 103446, 2019.

VENDRAME, P. R. S.; MARCHÃO, R. L., BRITO, O. R.; GUIMARÃES, M. D. F.; BECQUER, T. Relationship between macrofauna, mineralogy and exchangeable calcium and magnesium in Cerrado Oxisols under pasture. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 996-1001, 2009.

ZAGATTO, M. R. G. **Fauna edáfica em sistemas de uso do solo no município de Ponta Grossa-PR**. UFPR. 2014 (Tese)