

## Macrofauna edáfica e sua relação com sazonalidade em sistema de uso do solo, bioma cerrado

A macrofauna edáfica pode ser encontrada em ambientes naturais e antrópicos, tornando-se um indicador da biodiversidade do solo e da intensidade das atividades biológicas. Objetivou-se identificar os principais grupos taxonômicos da macrofauna edáfica e sua relação com a sazonalidade, em ambientes sistema de uso do solo do bioma Cerrado. A pesquisa foi realizada nos ambientes: Cerradão (CER), Mata dos Cocais (MDC), Corte e Queima (CEQ), Eucalipto (EUC) e Pastagem (PAS) em Chapadinha, Brasil. Os invertebrados foram coletados no período chuvoso (PC) e no período seco (PS), e identificados a nível de ordem e/ou família. Encontrou-se 1129 indivíduos no período chuvoso, distribuídos em 14 grupos taxonômicos; e no período seco, 1020 indivíduos em 11 grupos taxonômicos. Formicidae foi o que apresentou maior número de indivíduos nos dois períodos. No período chuvoso ocorreu maior número de grupos taxonômicos e de indivíduos. A riqueza de organismos não variou significativamente entre os ambientes e entre os períodos de amostragem, e a abundância demonstrou diferenças entre o CER e EUC, tanto no período chuvoso quanto no seco. Observou-se que o número de táxons identificados nos cinco ambientes foi maior na MDC e EUC (período chuvoso), EUC e CEQ (período seco). Com relação a composição da macrofauna edáfica, a PERMANOVA indicou significância para os fatores, ambiente e sazonalidade, bem como a interação entre ambos, evidenciando variações temporais diferenciadas nos pontos amostrados. O escalonamento multidimensional não-métrico dos ambientes nos períodos sazonais para 'CEQ-Seco' e 'MDC-Seco', demonstrou diferenças em relação aos demais ambientes. Conclui-se que nos ambientes naturais (CER e MDC) e antropizados (CEQ, EUC e PAS) do bioma Cerrado, a macrofauna edáfica sofre alteração na distribuição de táxons influenciada pelo efeito de sazonalidade que contribui para a cobertura vegetal do solo, aumentando a serapilheira e criando novos habitats para os organismos edáficos. O grupo Formicidae foi o mais expressivo nos dois períodos sazonais, e sua distribuição foi mais representativa no período seco, por ser mais tolerante as elevadas temperaturas.

**Palavras-chave:** Fitofisionomias; Habitat; Invertebrados; Paisagem.

## Soil macrofauna and its relation with seasonality in soil use system, cerrado biome

The soil macrofauna can be found in natural and anthropic environments, becoming one indicator of soil biodiversity and the intensity of biological activities. The objective of this study was to identify the main taxonomic groups of the soil macrofauna and its relation with seasonality in Cerrado soil use system environments. The research was carried out in the environments: Cerradão (CER), Mata dos Cocais (MDC), Cut and Burn (CAB), Eucalyptus (EUC) and Pasture (PAS) in Chapadinha, Brazil. Invertebrates were collected in the rainy season (RS) and in the dry season (DS), and identified the level order and/or family. Was found 1129 individuals in the rainy season, distributed in 14 taxonomic groups; and in the dry season, 1020 individuals in 11 taxonomic groups. Formicidae presented the largest number of individuals in two seasons. In the rainy season, there was a greater number of taxonomic groups and individuals. The richness of organism did not vary significantly between environments and between sampling periods, and abundance showed differences between CER and EUC in both rainy and dry season. The number of taxon identified in the five environments was higher in MDC and EUC (rainy season), EUC and CAB (dry season). In relation to the composition of the soil macrofauna, PERMANOVA indicated significance for the factors, environment and seasonality, as well as the interaction between both, showing different temporal variations in the sampled points. The non-metric multidimensional scaling of the environments in the seasonal periods for 'CAB-Dry' and 'MDC-Dry' showed differences in relation to the other environments. It is concluded that in the natural (CER and MDC) and anthropized (CAB, EUC and PAS) environments of the Cerrado biome, the soil macrofauna suffers alterations in the distribution of taxon influenced by the seasonality effect that contributes to the vegetation cover of the soil, increasing litter fall and creating new habitats for soil organisms. The Formicidae group was the most expressive in two seasonal periods, and its distribution was more representative in the dry season, because of being more tolerant to high temperatures.

**Keywords:** Phytophysionomies; Habitat; Invertebrates; Landscape.

Topic: Ciências do Solo

Received: 04/02/2020

Approved: 09/03/2020

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Charlyan de Sousa Lima**   
Universidade do Vale do Taquari, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1033417364789024>  
<http://orcid.org/0000-0002-6100-0325>  
[charlyansl@yahoo.com.br](mailto:charlyansl@yahoo.com.br)

**Marina Schmidt Dalzochio**   
Universidade do Vale do Taquari, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8400882066099257>  
<http://orcid.org/0000-0001-9241-921X>  
[mahsdalzochio@gmail.com](mailto:mahsdalzochio@gmail.com)

**Edison Fernandes da Silva**   
Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3962858158135882>  
<http://orcid.org/0000-0002-2195-0051>  
[edibocaiuva@yahoo.com.br](mailto:edibocaiuva@yahoo.com.br)

**Eduardo Périco**   
Universidade do Vale do Taquari, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4494244221645524>  
<http://orcid.org/0000-0002-2926-6246>  
[perico@univates.br](mailto:perico@univates.br)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0001

### Referencing this:

LIMA, C. S.; DALZOCHIO, M. S.; SILVA, E. F.; PÉRICO, E.. Macrofauna edáfica e sua relação com sazonalidade em sistema de uso do solo, bioma cerrado. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n.2, p.1-13, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0001>

## INTRODUÇÃO

A macrofauna edáfica é um dos indicadores da biodiversidade que desempenham diversas atividades biológicas e possuem elevada sensibilidade as condições do meio, participando ativamente dos processos físicos e químicos no solo. Entre os grupos taxonômicos que mais se evidenciam estão: Oligochaeta, Coleoptera, Isoptera, Hymenoptera, Diplopoda, Chilopoda, Arachnida, entre outros. Alguns representantes destes grupos contribuem na alteração da estrutura do solo, enquanto outros, são responsáveis pela predação de alguns invertebrados (AQUINO et al., 2008)

A diversidade, densidade, comportamento e funções, dos invertebrados que compõem a macrofauna edáfica, permite sua utilização como indicadores biológicos, e agentes que participam da restauração de ambientes degradados (UEHARA-PRADO et al., 2009). Devido a suas características a macrofauna edáfica participa de diversos serviços ambientais relacionados a processos do solo, como: mineralização (do carbono e nitrogênio), entrada de ar e circulação de água, desnitrificação e fixação de nitrogênio e humificação da matéria orgânica, modificando as populações e as atividades de microrganismos, além de influenciar na disponibilidade de nutrientes que são assimiláveis pelas plantas.

Embora, o Cerrado tenha grande importância biológica, cobrindo cerca de 1,8 milhões de km<sup>2</sup>, sendo o segundo maior bioma Neotropical e reconhecido como um importante hotspot (MYERS et al., 2000), é considerado o bioma que apresenta a menor porcentagem de áreas protegidas, com somente 8,21% legalmente protegida por unidades de conservação, sendo que desse total, 2,85% compreende as unidades de conservação de proteção integral, e 5,36% corresponde as unidades de conservação com finalidade sustentável (BRASIL, 2019).

Presume-se que no Cerrado, 20% das espécies nativas e endêmicas não são mais encontradas nas áreas protegidas, e que cerca de 137 espécies de animais estão ameaçadas de extinção (BRASIL, 2019). Isso ocorre devido as atividades antrópicas de exploração dos recursos naturais do Cerrado, que ocasionam sérios desequilíbrios ambientais, resultando no declínio da fertilidade natural dos solos e na alteração da abundância e da diversidade de comunidade faunística (MELO et al., 2009).

A escassez de conhecimento sobre a diversidade da macrofauna edáfica em formação florestal do Cerrado, sugere a necessidade de pesquisas sobre as principais espécies em condição natural e em áreas de cultivo, ou ainda a partir de diferentes sistemas de manejo, por compreender e estimar as possibilidades de recuperação da diversidade biológica, considerando as condições pedoambientais antes, durante e depois de um determinado impacto.

Dessa forma, a identificação e a análise da macrofauna edáfica em diferentes usos de solo, podem gerar mais conhecimentos sobre a biodiversidade e os processos biológicos envolvidos no bioma Cerrado, contribuindo significativamente como uma ferramenta de cunho científico-tecnológico para conservação de espécies. Este trabalho tem como objetivo identificar os principais grupos taxonômicos da macrofauna edáfica e sua relação com a sazonalidade, em sistema de uso do solo do bioma Cerrado.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As áreas de trabalho são no município de Chapadinha (3°44'31" S e 43°21'36" W), Estado do Maranhão, Brasil. A extensão territorial do município é 3 247,159 km<sup>2</sup> e sua população abrange 78 348 habitantes. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical quente e úmido (Aw), com temperatura média anual superior a 27 °C e precipitação pluvial média anual de 1.835 mm, com períodos de chuva entre os meses de janeiro e junho, e de seca de julho a dezembro; a umidade relativa do ar anual fica entre 73 e 79 % (IBGE, 2016). Foram selecionadas áreas que apresentam características naturais: Cerradão (formação vegetacional florestada) e Mata dos Cocais (ecótono), e formações florestais (tipo Cerradão), que sofreram perturbações antrópicas: Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem (Tabela 1).

**Tabela 1:** Características dos ambientes de coleta da macrofauna edáfica no município de Chapadinha, estado do Maranhão, Brasil.

AMBIENTE	LOCALIZAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Cerradão	Povoado Poço Escuro (03S 42'12,9" e 43N 20'12,9")	Formação vegetal florestada, tipo Cerradão, com árvores de pequeno e médio porte que podem atingir de 10 a 15 m de altura. Sua característica estrutural é arbórea, xeromórfica, espécies com grandes folhas coriáceas e perenes, casca corticosa e sem estrato arbustivo nítido.
Mata dos cocais	Povoado Bacaba (03S 43' 08,7" S e 43N 23' 06,9")	Vegetação constituída principalmente por palmeira babaçu <i>Attalea speciosa</i> Mart. ex Spreng (1826).
Corte e queima	Povoado Chapadão (03S 42' 22,4" e 43N 22' 41,0")	Área de agricultura tradicional de subsistência (milho, feijão e mandioca), sem adubação e sem calagem, com capinas manuais periódicos.
Eucalipto	Povoado São Cantinho (03S 44'02,2" S e 43N 17'23,4")	Representado por área plantada com a cultura do eucalipto ( <i>Eucalyptus sp.</i> ).
Pastagem	Povoado São José (03S 51'06,5" e 43N 19'06,3")	Área dominada por vegetação herbácea espécie <i>Andropogon gayanus</i> Kunth (1833) usada para pecuária semi intensiva.

Em todos os ambientes, foram realizadas as coletas da macrofauna edáfica no período chuvoso (mês de abril) e no período seco (mês de outubro). Em cada um dos ambientes foi selecionado uma área com dimensão 240 x 160 m, e posicionados três transectos de 80 m, equidistantes a 80 m. Em cada transecto foram colocadas cinco armadilhas pitfall com distância de 20 entre si, totalizando 15 armadilhas em cada área de estudo.

As armadilhas do tipo *pitfall* (*pitfall trap*) se destina à captura de indivíduos para verificação da presença da macrofauna edáfica de invertebrados ativos na superfície do solo e serapilheira. Cada armadilha consiste em um recipiente plástico cilíndrico, com 9 cm de diâmetro e 10 cm de altura, onde a borda ficou ao nível do solo, com 200 mL de formol a 4% como solução conservante.

As armadilhas permaneceram no campo por um período de sete dias. No período chuvoso foi utilizada uma cobertura de prato descartável elevada a cerca de 10 cm da armadilha, com o objetivo de evitar que a precipitação pluviométrica provoque o transbordamento do seu conteúdo. Após sete dias procedeu-se a retirada dos invertebrados pertencentes a macrofauna edáfica, que foram armazenados em recipientes com álcool a 70%, conduzidos ao laboratório para posterior triagem e identificação dos grupos taxonômicos a nível de subclasse, ordem e/ou família, dependendo do grupo e de acordo com Rafael (2012).

Para avaliar se há diferenças estatísticas na riqueza e abundância de grupos taxonômicos entre as

áreas e os períodos sazonais avaliados, utilizou-se uma Análise de Variância de dois fatores (ANOVA two-way). Testes de Tukey foram aplicados a posteriori para avaliar as diferenças individuais. Foi realizado a Análise de Variância Multivariada Permutacional – PERMANOVA para testar as diferenças na composição da macrofauna edáfica, considerando a sazonalidade e os cinco ambientes de coleta. Para visualizar os resultados da PERMANOVA foi utilizado como método de ordenação o escalonamento multidimensional não métrico (NMDS). As análises estatísticas foram realizadas no software PAST 3.20.

## RESULTADOS

Foram encontrados no período chuvoso, 1129 invertebrados edáficos distribuídos em 14 grupos taxonômicos; e no período seco, 1020 indivíduos em 11 grupos taxonômicos (Tabela 2). O grupo taxonômico Formicidae foi o mais elevado em número de indivíduos nos dois períodos (chuvoso: 475 e seco: 781) de amostragem (Tabela 2).

**Tabela 2:** Macrofauna edáfica nos períodos chuvoso e seco nos ambientes: cerrado (CER), mata dos cocais (MDC), corte e queima (CEQ), eucalipto (EUC) e pastagem (PAS).

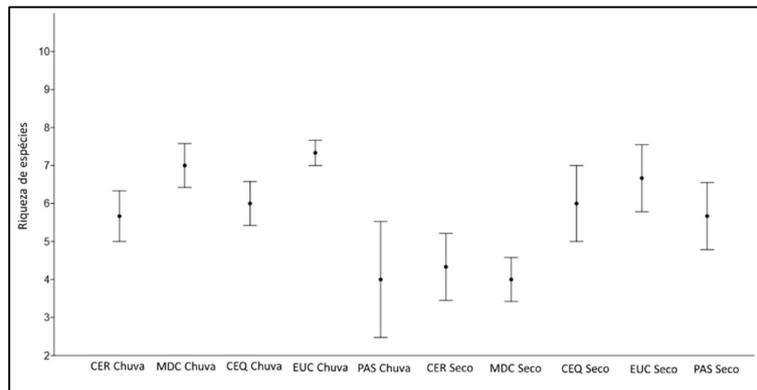
Grupo Taxonômico	CER		MDC		CEQ		EUC		PAS		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<b>PERÍODO CHUVOSO</b>												
Araneae	2	1,9	18	17,5	49	47,6	29	28,2	5	4,9	103	9,1
Blattidae	2	50,0	-	-	-	-	-	-	2	50,0	4	0,4
Coleoptera	10	7,2	17	12,2	7	5,0	61	43,9	44	31,7	139	12,3
Dermaptera	2	50,0	-	-	-	-	2	50,0	-	-	4	0,4
Diptera	1	50,0	-	-	-	-	1	50,0	-	-	2	0,2
Haplotaxida	-	-	-	-	1	100,0	-	-	-	-	1	0,1
Hemíptera	3	1,9	91	56,5	1	0,6	65	40,4	1	0,6	161	14,3
Vespidae	13	18,8	9	13,0	23	33,3	16	23,2	8	11,6	69	6,1
Formicidae	97	20,4	73	15,4	125	26,3	96	20,2	84	17,7	475	42,1
Isoptera	-	-	32	25,4	1	0,8	86	68,3	7	5,6	126	11,2
Julida	1	33,3	1	33,3	1	33,3	-	-	-	-	3	0,3
Mentodea	-	-	1	100,0	-	-	-	-	-	-	1	0,1
Orthoptera	7	18,4	8	21,1	11	28,9	7	18,4	5	13,2	38	3,4
Polydesmida	-	-	1	33,3	2	66,7	-	-	-	-	3	0,3
<b>Total</b>											<b>1129</b>	<b>100</b>
<b>PERÍODO SECO</b>												
Araneae	14	30,4	4	8,7	8	17,4	16	34,8	4	8,7	46	4,5
Coleoptera	1	3,2	-	-	11	35,5	17	54,8	2	6,5	31	3,0
Diptera	-	-	-	-	1	50,0	1	50,0	-	-	2	0,2
Scolopendrida	-	-	-	-	-	-	2	100,0	-	-	2	0,2
Scorpiones	3	37,5	2	25	1	12,5	2	25	-	-	8	0,8
Hemíptera	1	4,8	2	9,5	4	19,0	4	19,0	10	47,6	21	2,1
Vespidae	10	12,7	3	3,8	5	6,3	14	17,7	47	59,5	79	7,7
Formicidae	122	15,6	139	17,8	55	7,0	310	39,7	155	19,8	781	76,6
Isoptera	-	-	-	-	-	-	1	2,9	33	97,1	34	3,3
Mentodea	-	-	-	-	1	33,3	1	33,3	1	33,3	3	0,3
Orthoptera	1	7,7	5	38,5	4	30,8	3	23,1	-	-	13	1,3
<b>Total</b>											<b>1020</b>	<b>100</b>

n: número; %: frequência.

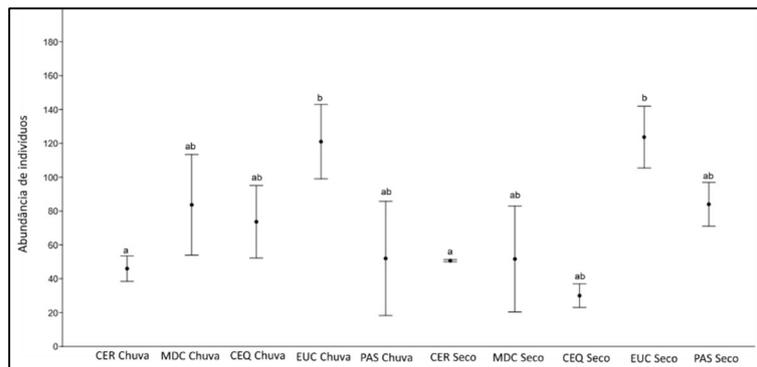
A macrofauna edáfica no período chuvoso foi a mais expressiva em número de grupos taxonômicos e de indivíduos. Os grupos taxonômicos exclusivos desse período foram: Blattidae, no Cerrado e Pastagem; Haplotaxida no Corte e Queima; Julida no Cerrado, Mata dos Cocais, e Corte e Queima; e Polydesmida na Mata dos Cocais, e Corte e Queima (Tabela 2). Enquanto que no período seco os grupos exclusivos foram:

Scolopendrida no Eucalipto, e Scorpiones em todos os ambientes, exceto em Pastagem (Tabela 2).

A riqueza de organismos edáficos não variou entre os ambientes ( $F=1,519$ ;  $gl=4,29$ ;  $p=0,23$ ) e entre os períodos de amostragem ( $F=0,3722$ ;  $gl=1,29$ ;  $0,54$ ). Embora não significativo, é possível observar um número maior de táxons na Mata dos Cocais e Eucalipto (período chuvoso), Eucalipto, e Corte e Queima (período seco) (Figura 1). A abundância de organismos edáficos variou entre os ambientes ( $F=3,887$ ;  $gl=4,29$ ;  $p=0,01$ ), entretanto não variou entre os períodos de amostragem ( $F=0,299$ ;  $gl=1,29$ ;  $0,59$ ). A interação não foi significativa ( $F=1,023$ ;  $gl=4,29$ ;  $0,41$ ). O teste de Tukey demonstrou diferenças entre o CER e EUC, tanto no período chuvoso quanto no seco (Figura 2).



**Figura 1:** Riqueza de táxons da macrofauna edáfica nos ambientes: Cerrado, Mata dos Cocais, Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem, no período chuvoso e seco.



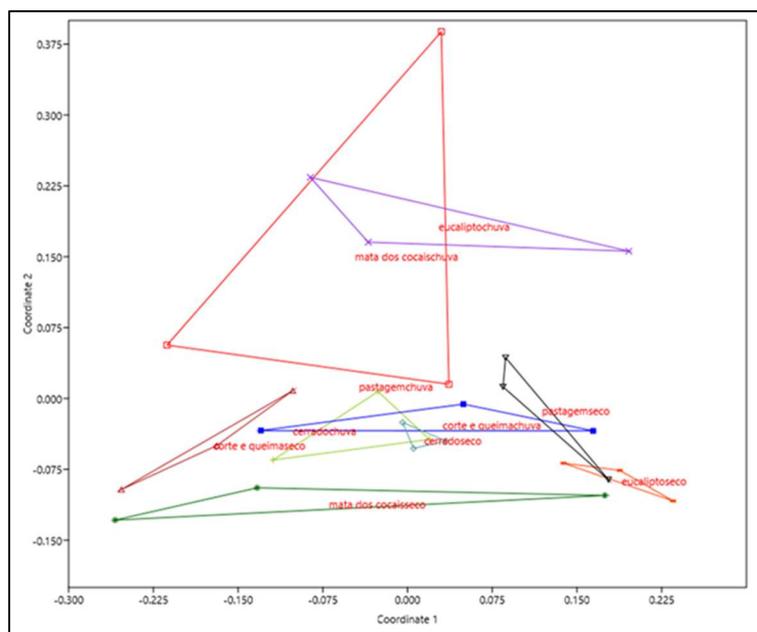
**Figura 2:** Abundância de táxons da macrofauna edáfica nos ambientes: Cerrado, Mata dos Cocais, Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem, no período chuvoso e seco.

Com relação a composição da macrofauna edáfica, a PERMANOVA indicou significância para os fatores ambiente ( $F = 2,7793$ ;  $p = 0,0001$ ), sazonalidade ( $F = 3,8482$ ;  $p = 0,0009$ ), como também a interação entre ambos ( $F = 3,238$ ;  $p = 0,0001$ ), evidenciando variações temporais diferenciadas nos pontos amostrados (Tabela 3). Assim, a macrofauna edáfica observada no Cerrado, no período chuvoso, não difere significativamente apenas do Cerrado-Seco, da Mata dos Cocais-Seco e da Pastagem-Seco (Tabela 3). Quanto a Mata dos Cocais, no período chuvoso, não difere significativamente apenas da Pastagem-Chuvoso e do Corte e Queima-Seco (Tabela 3). Contudo, a macrofauna edáfica do Corte e Queima e da Pastagem, ambos no período chuvoso, não difere significativamente somente do Cerrado-Seco e do Corte e Queima-Seco, respectivamente (Tabela 3).

**Tabela 3:** Interações entre ambiente e períodos sazonais (chuvoso e seco) da macrofauna edáfica em formação floresta no bioma Cerrado, Brasil.

Interação (Ambiente x Sazonal)	Ambiente - Sazonal	P - valor
Cerrado - Chuvoso	Mata dos Cocais - Chuvoso	0,0072
	Corte e Queima - Chuvoso	0,0043
	Eucalipto - Chuvoso	0,0035
	Pastagem - Chuvoso	0,0006
	Cerrado - Seco	<b>0,1929*</b>
	Mata dos Cocais - Seco	<b>0,1533*</b>
	Corte e Queima - Seco	0,0486
	Eucalipto - Seco	0,0009
	Pastagem - Seco	<b>0,095*</b>
Mata dos Cocais - Chuvoso	Corte e Queima - Chuvoso	0,0355
	Eucalipto - Chuvoso	0,0497
	Pastagem - Chuvoso	<b>0,0743*</b>
	Cerrado - Seco	0,0031
	Mata dos Cocais - Seco	0,0363
	Corte e Queima - Seco	<b>0,434*</b>
	Eucalipto - Seco	0,0009
	Pastagem - Seco	0,0012
Corte e Queima - Chuvoso	Eucalipto - Chuvoso	0,0283
	Pastagem - Chuvoso	0,0036
	Cerrado - Seco	<b>0,0901*</b>
	Mata dos Cocais - Seco	0,0121
	Corte e Queima - Seco	0,0095
	Eucalipto - Seco	0,0225
Eucalipto - Chuvoso	Pastagem - Seco	0,0088
	Pastagem - Chuvoso	0,0162
	Cerrado - Seco	0,0051
	Mata dos Cocais - Seco	0,0033
	Corte e Queima - Seco	0,0161
	Eucalipto - Seco	0,0017
Pastagem - Chuvoso	Pastagem - Seco	0,006
	Cerrado - Seco	0,0008
	Mata dos Cocais - Seco	0,0084
	Corte e Queima - Seco	<b>0,07*</b>
	Eucalipto - Seco	0,0033
	Pastagem - Seco	0,0001

Valores de *p* destacados (\*) indicam ausência de variação significativa para  $p < 0,05$ .



**Figura 3:** Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) ambientes de estudo do bioma Cerrado e os períodos sazonais (chuvoso e seco) da macrofauna edáfica.

O escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) dos ambientes nos períodos sazonais, para 'Corte e Queima-Seco' e 'Mata dos Cocais-Seco' demonstrou diferença em relação aos demais ambientes (Figura 3). Foi observado quatro sobreposições nos ambientes (Figura 3) no NMDS: 1. Eucalipto-Chuva e Mata dos Cocais-Chuva; 2. Corte e Queima-Chuva, Cerrado-Chuva e Cerrado-Seco; 3. Pastagem-Seco e, Corte e Queima-Chuva; e 4. Eucalipto-Seco e Pastagem-Seco. Apesar das sobreposições fica clara separação espacial entre os períodos seco e chuvoso.

## DISCUSSÃO

A macrofauna edáfica foi mais frequente no período chuvoso (Tabela 2), por acelerar suas atividades nos ecossistemas, favorecendo maior abundância. Esse comportamento é ocorrente em regiões tropicais e semiáridas, onde a temperatura e a umidade do solo, influenciam o aumento da disponibilidade de alimentos, fazendo com que a maioria dos grupos de organismos edáficos ampliem suas atividades nos ambientes.

Spiller et al. (2018) enfatizam que as atividades exercidas pelos organismos edáficos são influenciadas pela temperatura e umidade do solo e do ar, e que são diretamente condicionadas pela sazonalidade e pelas características inerentes do ambiente que sofre a ocorrência desses organismos. Dessa forma, a macrofauna edáfica atua na intensificação da ciclagem de nutrientes que promove o aumento da disponibilidade de recursos alimentares para microrganismos, além de promoverem uma reconstituição da estrutura física do solo, aumentando consequentemente a propagação de gases na região edáfica e a capacidade de infiltração de água nos espaços porosos do solo.

Blattidae, Haplotaxida, Julida e Polydesmida foram encontradas somente durante o período chuvoso (Tabela 2), influenciadas por suas características de adaptação ao ambiente de amostragem e a sazonalidade local. A família Blattidae apresenta importante função no ambiente, atuando como cicladora da matéria orgânica (KASSIRI et al., 2012), sendo restrita em Pastagem e no Cerrado (Tabela 2), por apresentar nesses ambientes quantidade de matéria orgânica provavelmente mais acentuada, que favorece sua atuação no processo de ciclagem de nutrientes.

A ordem Haplotaxida foi encontrada somente no ambiente Corte e Queima (Tabela 2), esses organismos têm se destacado por apresentar tamanho grande e ampla distribuição. Porém, em pastagem não foi observado a presença dos organismos dessa ordem, fato que pode estar relacionado ao método de coleta. Esses resultados revelam a sensibilidade das comunidades da macrofauna edáfica ao uso e a intensidade em que o solo é manejado nos sistemas de produção intensiva.

Ramírez (2014) numa pesquisa em pastagem no município de Perico, Cuba, utilizou o monólito, sendo esse método, mais eficiente na amostragem dessa ordem, por penetrar estratos do solo, onde geralmente suas espécies encontram condições mais favoráveis para sobrevivência. Assim, observou que Haplotaxida é a ordem mais representativa em termos de biomassa e densidade. Julidae foi encontrado somente no Cerrado, Mata dos Cocais, e Corte e Queima (Tabela 2), por obter recursos alimentares que estimularam sua permanência nesses ambientes, e principalmente por ter preferência em residir em solo

com cobertura constituída de alto teor de matéria orgânica em decomposição.

Os organismos da ordem Polydesmida têm preferência por ambientes úmidos ou períodos do ano com maior umidade (PINHEIRO et al., 2011) por favorecer suas condições de sobrevivência, desenvolvimento e reprodução; foram encontrados exclusivamente na Mata dos Cocais, e no Corte e Queima, ambos no período chuvoso (Tabela 2). Segundo Santos-Silva et al. (2018) a ordem Polydesmida desenvolve estratégias específicas que toleraram as alterações sazonais, sendo, portanto sensíveis as mudanças que correm nos ambientes, principalmente quando estão sujeitos a inundações.

A ordem Scolopendrida é constituída por invertebrados solitários, que vivem em climas quentes; observou-se sua ocorrência durante o período seco em Eucalipto (Tabela 2), por ser uma ordem de abundantes predadores do solo, em termos de biomassa e densidade, provavelmente tenha favorecido a prevenção de surtos de pragas no ambiente onde foi amostrada (WU et al., 2012). A família Formicidae ocorreu em maior frequência em relação aos demais grupos (Tabela 2), provavelmente por ser insetos sociais que apresentam capacidade de adaptação aos períodos sazonais e maior mobilidade nos diferentes ambientes de estudo.

O aumento do número de formigas no período seco se deve ao fato desse grupo ser tolerante a altas temperaturas e intensificar o seu forrageamento preferencialmente sobre a vegetação, para alimentar e/ou armazenar o alimento em os seus ninhos, além de movimentá-los para regiões mais profundas do solo, conferindo maior proteção contra predadores e altas temperaturas da superfície do solo (DOERING et al., 2018; SAAR et al., 2018).

Caldato et al. (2016) realizaram uma pesquisa em duas colônias de *Atta capiguara* localizadas em pasto adjacente de Botucatu, Brasil, com objetivo de investigar a mudança sazonal no padrão de atividade de forrageamento da espécie e fornecer uma estimativa da taxa herbívora de suas colônias. Observaram que no período seco foi menor a proporção de formigas que carregavam fragmentos de folhas para os ninhos, sendo que sua atividade diurna cessou quase completamente entre às 10 e 16 horas, pois segundo os pesquisadores, em regiões de climas tropicais, devido a alternância de estações chuvosa e seca, além da temperatura ser relativamente constante, a atividade de forrageamento sofre alterações regulares.

A ocorrência do maior número de táxons na Mata dos Cocais (Figura 1), apesar de ser considerada uma fitofisionomia do bioma Cerrado, refere-se ao fato de ser um bioma de transição com característica da Caatinga, Cerrado e Floresta Amazônica (NUNES et al., 2012), o que favorece a heterogeneidade da serapilheira, tornando-a mais diversa em qualidade nutricional e orgânica, capaz de permitir o estabelecimento de diferentes nichos ecológicos com um conjunto de cadeias alimentares, que favorece a redução de competição entre as espécies, condicionando a presença de muitos grupos funcionais.

Juntamente com a Mata dos Cocais, na área de Eucalipto (Figura 1) foi identificado maior número de táxons, apesar de ser um ambiente com predominância de uma espécie de porte arbóreo, também manifesta característica de sub-bosque com espécies herbáceas e arbóreas nativas, oferecendo mais cobertura vegetal ao solo, que disponibiliza recursos alimentares e possibilidade de nidificação para a permanência de organismos edáficos.

Na pastagem, no período chuvoso, ocorreu menor número de táxon em relação ao período seco (Figura 1), isso pode ser atribuído a ocorrência do aumento de pisoteio de animais, manejo intensivo do solo, e rotação de cultura, que causam a redução de organismos edáficos nesse ambiente, porém no período seco o número de táxon foi superior em razão do acúmulo de biomassa no solo, excedente do período chuvoso.

Na agricultura de Corte e Queima (Figura 1), depois do corte da vegetação segue-se com a queima, posteriormente é realizado o plantio e coleta das culturas no período chuvoso, contudo no período seco ocorre a permanência do cultivo da mandioca e de resíduos vegetais oriundos do período chuvoso, fato que contribui para a disponibilidade de energia, e criação de novos habitats que influencia a colonização dos invertebrados no solo, justificando o elevado número de táxons nesse ambiente durante o período seco. Pois os resíduos culturais deixados na superfície do solo proporcionam acúmulo de material orgânico no perfil do solo e influencia na sua decomposição gradual. Dessa forma, a diferença entre os ambientes 'Corte e Queima-Seco' e 'Mata dos Cocais-Seco' de acordo com NMDS (Figura 3), é influenciado pelas suas características vegetacionais.

A Mata dos Cocais é constituída por babaçu, planta descrita como higrófila que tem seu habitat em região de solo com alta umidade, porém no período de estiagem, devido a redução da umidade do solo, pode ocorrer o comprometimento fisiológico da vegetação e a indisponibilidade de nutrientes do solo, e conseqüentemente imobilizar a presença de invertebrados edáficos (MOESLUND et al., 2013; FURLANETTO et al., 2017).

Observou-se diferenças na abundância de organismos edáficos no Cerrado e no Eucalipto, tanto no período chuvoso quanto no período seco (Figura 2). Isso ocorre devido esses ambientes reunirem peculiaridades que os diferenciam. Nesse sentido, o CER é um ambiente natural que mantém sua integridade ambiental, de modo que a comunidade edáfica não sofre os efeitos da sazonalidade nos períodos chuvosos e secos (Tabela 4). Por outro lado, o EUC é um ambiente que sofreu ação antrópica, se tornando passível a criação de novos nichos ecológicos que favorecem a proliferação de grupos específicos da macrofauna edáfica, mesmo sendo constituído de vegetação estritamente exótica, desenvolvendo capacidade de se adaptar as condições ambientais, tanto no período chuvoso e seco, que condiciona a maior abundância de invertebrados edáficos quando comparado ao ambiente CER.

No período chuvoso, os ambientes Eucalipto e Mata dos Cocais manifestaram características semelhantes quanto a distribuição da macrofauna edáfica (Figura 3), influenciado principalmente pela fitofisionomia, pois o Eucalipto tem porte arbóreo, e a Mata dos Cocais é formada por dossel fechado e sub-bosque denso com característica de sombreamento que se assemelha as estruturas arbóreas.

As árvores podem desempenhar papel importante na distribuição e abundância da macrofauna edáfica (KORBOULEWSKY et al., 2016; KAMAU et al., 2017). Desta forma, o Eucalipto por apresentar porte arbóreo, por meio do sombreamento pode alterar as condições do dossel, e aumentar a taxa de deposição da serapilheira e conseqüentemente a umidade e temperatura do solo, disponibilizando substratos para a manutenção e sobrevivência da macrofauna local (CIZUNGU et al., 2014; MBAU et al., 2015).

As condições de solo sofrem influência da copa das árvores, que pode determinar os padrões de

distribuição espacial de grupos específicos da macrofauna edáfica, pois a região superior ao solo é completamente obscurecida pelas camadas de folhas das árvores que reduz a irradiação e conseqüentemente aumenta a umidade do solo, e influencia na redistribuição hidráulica por meio da extração de água no subsolo, mantendo a operacionalização fisiológica da planta, que continuará com seu ciclo, oferecendo condições ambientais para permanência da macrofauna nesse habitat (YOSHIMURA et al., 2010; KAMAU et al., 2017). Sendo assim, a radiação no ambiente altera positivamente a abundância de invertebrados do solo, alargando as relações interespecíficas entre os táxons (MØLLER et al., 2018).

Souza et al. (2012) observaram que as árvores instaladas em áreas de produção de café podem funcionar como uma camada de proteção as altas temperaturas do solo. Por isso, Yoshimura et al. (2010) explica que as árvores têm baixa refletância foliar (em torno de 5%), e transmitância zero, isto é, a radiação ao incidir sobre as árvores tem diminuição de 5% ao ser refletida, e os raios ultravioletas ao passar pela folha são reduzidos a zero. No Cerrado as características de ambiente natural se mantiveram apesar das diferenças pluviométricas entre período chuvoso e seco, que não alteram a distribuição de organismos edáficos, também se assemelhando ao ambiente Corte e Queima no período chuvoso (Tabela 4 e Figura 3).

Com as perturbações do solo ocorridas no processo de formação do ambiente Corte e Queima-Chuva, a macrofauna edáfica pôde se restabelecer nas suas melhores condições de adaptação ao manejo implantado. A fitofisionomia anterior foi drasticamente alterada após a queima, proporcionando uma nova configuração da estrutura de cadeia alimentar dos organismos edáficos. Esse ambiente assemelhou-se ao Cerrado-chuva, provavelmente por ter elevado o nível de umidade do solo, influenciado pela ocorrência de precipitação, como evidenciado por Antunes et al. (2009) e Ginzburg et al. (2012).

Outro fator que pode ter propiciado satisfatórias distribuições dos organismos edáficos no ambiente Corte e Queima, deve-se ao fato, de que a queima da vegetação e da serapilheira acelera o processo de mineralização do solo, e conseqüentemente aumenta os níveis de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, além de elevar o pH do solo, devido a formação de cinza, que por sua vez tem altos teores desses nutrientes (TGN et al., 2014; SANTANA et al., 2018). A queima também pode resultar na alteração do efeito inibitório de toxinas vegetais que podem afetar os invertebrados edáficos (REDIN et al., 2011; TGN et al., 2014).

Ginzburg et al. (2012) observaram efeito do fogo em floresta de pinheiros no norte de Israel, que aumentou os valores de nitrogênio solúvel total durante as estações primavera, inverno e outono, com exceção do verão. Em um estudo realizado no bioma Pampa, município de São Gabriel no Rio Grande do Sul, Brasil, Santana et al. (2018) observaram que o fogo elevou o nível de matéria orgânica na camada superficial no solo, influenciado pela deposição residual das plantas carbonizadas no solo. Os pesquisadores também observaram o aumento da disponibilidade de fósforo, em razão do processo de lixiviação de cinzas, que ocorreu após a queima. Antunes et al. (2009) também perceberam a influência do fogo no aumento da matéria orgânica e fósforo em áreas florestais na parte norte da Mata Nacional de Leiria, Portugal.

Apesar de apresentarem distinção entre a vegetação e o período pluviométrico, nos ambientes Pastagem-Seco, e Corte e Queima-Chuva apresentaram uma leve sobreposição (Figura 3). Tal similaridade se

aplica devido ao ambiente Corte e Queima sofrer efeito residual do fogo, e não oferecer uma quantidade expressiva de acúmulo de biomassa no solo, assemelhando-se a Pastagem-seco, que não sofreu tanto efeito de pisoteio, pois foi reduzido o acesso dos animais nesse ambiente em razão da diminuição do conteúdo nutritivo da pastagem, sendo ofertado aos animais outros alimentos oriundos dos processos de fenação e silagem.

A vegetação da área de pastagem era exclusivamente constituída pela espécie *Andropogon gayanus* Kunth (1833), que é uma gramínea de alta perenidade, adaptada a solos de baixa fertilidade e altamente ácidos. O capim *A. gayanus* tem notável capacidade de reabilitar solos degradados por meio do sequestro de carbono e do seu sistema radicular, por ser denso e prolífero. Deste modo, essa espécie reuni atributos que condicionam a presença de grupos específicos da macrofauna edáfica em consonância com a sazonalidade em ambiente de sistema de uso do solo do Cerrado.

O capim *A. gayanus* ainda apresenta um sistema radicular eficiente para a extração de nutrientes e água durante a estação seca, e embora ocorra a diminuição da produção de biomassa, o capim se manteve verde durante o ano, o que provavelmente estar relacionado a umidade armazenada e aos nutrientes disponíveis que foram capturados a partir da profundidade do perfil do solo (CAVALCANTI et al., 2016).

Os ambientes Pastagem-Seco e Eucalipto-Seco, também se sobrepuseram levemente, em decorrência a deposição de resíduos vegetais no solo que se tornam mais evidentes nesse período, devido à queda da folhagem provocada pelo estresse hídrico, corroborando com Souza et al. (2015) que encontraram altos índice de diversidade de organismos edáficos em Eucalipto durante o verão no leste de Santa Catarina, Brasil. Pois as plantas têm capacidade de criar condições específicas que aumentam a deposição da serapilheira, e que conseqüentemente influencia o surgimento de decompositores edáficos especializados (WICKINGS et al., 2012; CIZUNGU et al., 2014).

## CONCLUSÕES

Nos ambientes naturais (Cerrado e Mata dos Cocais) e de manejo antrópico (Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem) em sistema de uso do solo do bioma Cerrado, a macrofauna edáfica sofre alteração na distribuição de táxons influenciada pelo efeito de sazonalidade que contribui para a cobertura vegetal do solo, aumentando a serapilheira dos ambientes, e conseqüentemente criando novos habitats para os organismos edáficos.

O grupo taxonômico Formicidae foi um mais expressivo nos dois períodos sazonais com elevada capacidade de adaptação as condições ambientais, sendo que sua distribuição se tornou mais representativa no período seco, por apresentar tolerância a temperaturas elevadas e intensificar seu forrageio sobre a vegetação.

**AGRADECIMENTOS:** a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil, pela bolsa de doutorado.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNES, S. C.; CURADO, N.; CASTRO, B. B.; GONÇALVES, F.. Short-term recovery of soil functional parameters and edaphic macro-arthropod community after a forest fire. **Journal of Soils and Sediments**, v.9, p.267-278, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-009-0076-y>
- AQUINO, A. M.; SILVA, R. F.; MERCANTE, F. M.; CORREIA, M. E. F.; GUIMARÃES, M. F.; LAVELLE, P.. Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. **European Journal of Soil Biology**, v.44, p.191-197, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.05.001>
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **O Bioma Cerrado**. Brasília: MMA, 2019.
- CALDATO, N.; FORTI, L. C.; BOUCHEBTI, S.; LOPES, J. F. S.; FOURCASSIÉ, V.. Foraging activity pattern and herbivory rates of the grass-cutting ant *Atta capiguara*. **Insectes Sociaux**, v.63, p.421-428, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-016-0479-x>
- CALVALCANTE, A. C.; SALIBA, E. O. S.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.. Consumo e digestibilidade aparente do feno de *Andropogon gayanus* colhido em três idades diferentes. **Ciência Animal Brasileira**, v.17, n.4, p.482-490, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1089-6891v17i416026>
- CIZUNGU, L.; STAELENS, J.; HUYGENS, D.; WALANGULULU, J.; MUHINDO, D.; CLEEMPUT, O. V.; BOECKX, P.. Litterfall and leaf litter decomposition in a central African tropical mountain forest and Eucalyptus plantation. **Forest Ecology and Management**, v.326, p.109-116, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.04.015>
- SOUZA, H. N.; GOEDE, R. G. M.; BRUSSAARD, L.; CARDOSO, I. M.; DUARTE, E. M. G.; FERNANDES, R. B. A.; GOMES, L. C.; PULLEMANN, M. M.. Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the Atlantic rainforest biome. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.146, p.179-196, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.11.007>
- DOERING, G. N.; KAMATH, A.; WRIGHT, C. M.; PRUITT, J. N. Evidence for contrasting size-frequency distributions of workers patrolling vegetation vs. the ground in the polymorphic African ant *Anoplolepis custodiens*. **Insectes Sociaux**, v.65, p.663-668, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-018-0645-4>
- FURLANETTO, R. H.; SILVA, C. R.. Monitoramento remoto de plantas submetidas à condição de seca. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v.10, n.3, p.115-126, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2007.07.001>
- GINZBURG, O.; STEINBERGER, Y.. Effects of forest wildfire on soil microbial-community activity and chemical components on a temporal-seasonal scale. **Plant Soil**, v.360, p.243-57, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1243-2>
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.04.016>
- KASSIRI, H.; KAZEMI, S.. Cockroaches (*Periplaneta Americana* (L.), Dictyoptera; Blattidae) as carriers of bacterial pathogens, Khorramshahr County, Iran. **Jundishapur Journal of Microbiology**, v.5, n.1, p.320-322, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5812/kowsar.20083645.2434>
- KORBOULEWSKY, N. B.; PEREZA, G.; CHAUVAT, M.. How tree diversity affects soil fauna diversity: a review. **Soil Biology and Biochemistry**, v.94, p.94-106, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.11.024>
- 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, p.1011-1020, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000800033>
- MBAU, S. K.; KARANJA, N.; AYUKE, F.. Short-term influence of compost application on maize yield, soil macrofauna diversity and abundance in nutrient deficient soils of Kakamega County, Kenya. **Plant and Soil**, v.387, p.379-394, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-014-2305-4>
- MELO, F. V.; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N. C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W.; ZANETTI, R.. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da SBSC**, v.34, n.1, p.38-43, 2009.
- MOESLUND, J. E.; ARGE, L.; BØCHER, P.K.; DALGAARD, T.; EJRNÆS, R.; ODGAARD, M.V.; SVENNING, J.-C.. Topographically controlled soil moisture drives plant diversity patterns within grasslands. **Biodiversity and Conservation**, v.22, p.2151-2166, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0442-3>
- MØLLER, A. P.; MOUSSEAU, T. A.. Reduced colonization by soil invertebrates to irradiated decomposing wood in Chernobyl. **Science of the Total Environment**, v.645, p.773-779, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.195>
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J.. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403, p.845-853, 2000.
- NUNES, L. A. P. L.; SILVA, D. I. B.; ARAÚJO, A. S. F.; LEITE, L. F. C.; CORREIA, M. E. F.. Caracterização da fauna edáfica em sistemas de manejo para produção de forragens no Estado do Piauí. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.1, p.30-37, 2012.
- PINHEIRO, T. G.; BATTIROLA, L. D.; MARQUES, M. I.. Fertility tables of two populations of the parthenogenetic species *Poratia salvator* (Diplopoda, Polydesmida, Pyrgodesmidae). **Brazilian Journal of Biology**, v.71, p.501-510, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842011000300021>
- RAFAEL, J. A.. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos, 2012.
- RAMÍREZ, W.; GARCIA, Y.; SÁNCHEZ, S.; LÓPEZ, M.;

HERNÁNDEZ, L.. Characterization of the edaphic macrofauna in turfgrass production systems. **Pastos y Forrajes**, v.37, n.2, p.158-165, 2014.

REDIN, M.; SANTOS, G. F.; MIGUEL, P.; DENEGA, G. L.; LUPATINI, M.; DONEDA, A.; SOUZA, E. L.. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**, v.21, n.2, p.381-392, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/198050983243>

SAAR, M.; SUBACH, A.; REATO, I.; LIBER, T.; PRUITT, J. N.; SCHARF, I.. Consistent differences in foraging behavior in 2 sympatric harvester ant species may facilitate coexistence. **Current Zoology**, v.64, n.4, p.653-661, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/cz/zox054>

SANTANA, N. A.; MORALES, A. A. S.; SILVA, D. A. A.; ANTONIOLLI, Z. I.; JACQUES, R. J. S.. Soil biological, chemical, and physical properties after a wildfire event in a eucalyptus forest in the pampa biome. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.42, p.1-11, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/18069657rbc20170199>

SANTOS-SILVA, L.; PINHEIRO, T. G.; MARQUES, M. I.; BATTIROLA, L. D.. Phenology of *Promestosoma boggianii* (Diplopoda: Polydesmida: Paradoxosomatidae) in a Neotropical floodplain. **Zoologia**, v.35, p.1-8, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.3897/zoologia.35.e14764>

SOUZA, S. T.; CASSOL, P. C.; BARETTA, D.; BARTZ, M. L. C.; FILHO, O. K.; MAFRA, A. L.; ROSA, M. G.. 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, p.1-14, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/18069657rbc20150248>

SPILLER, M. S.; SPILLER, C.; GARLET, J.. Arthropod bioindicators of environmental quality. **Agroambiente**, v.12, n.1, p.41-57, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v12i1.4516>

TNG, D. Y. P.; JANOS, D. P.; JORDAN, G. J.; WEBER, E.; BOWMAN, D. M. J. S.. Phosphorus limits *Eucalyptus grandis* seedling growth in an unburnt rain forest soil. **Frontiers in Plant Science: Plant Nutrition**, v.5, p.527-536, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2014.00527>

UEHARA-PRADO, M.; FERNANDES, J. O.; BELLO, A. M.; MACHADO, G.; SANTOS, A. J.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; LUCCI-FREITAS, A. V.. Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: A first approach in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v.142, p.1220-1228, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.008>

WICKINGS, K.; GRANDY, A. S.; REED, S. C.; CLEVELAND, C. C.. The origin of litter chemical complexity during decomposition. **Ecology Letters**, v.15, p.1180-1188, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01837.x>

WU, P.; LIU, S.; LIU, X.. Composition and spatio-temporal changes of soil macroinvertebrates in the biodiversity hotspot of northern Hengduanshan Mountains, China. **Plant Soil**, v.357, p.321-338, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1166-y>

YOSHIMURA, H.; ZHU, H.; WU, Y.; MA, R.. Spectral properties of plant leaves pertaining to urban landscape design of broad-spectrum solar ultraviolet radiation reduction. **International Journal of Biometeorology**, v.54, p.179-191, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0267-7>

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.