

## Levantamento da macrofauna edáfica em uma unidade de conservação do Cerrado no Leste Maranhense

Este estudo teve como objetivo realizar um levantamento da macrofauna edáfica presente nas áreas de Cerrado (Borda, Cerrado sensu stricto e Mata ciliar) em unidade de conservação do Leste do Maranhão. 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 áreas que vem sofrendo constantes impactos como queimadas e desmatamentos. Para que se possa compreender e estimar as possibilidades de recuperação biológica, foi realizada uma análise da macrofauna edáfica para gerar mais conhecimentos sobre a biodiversidade existente em diferentes fitofisionomias do Cerrado, contribuindo significativamente como uma ferramenta de cunho científico tecnológico. Este estudo demonstrou, portanto, que Área 1 (Margem da estrada – borda), apresentou a maior abundância da macrofauna edáfica; a ordem mais frequente, constante e dominante foi Hymenoptera para as três áreas estudadas; tanto a temperatura do solo como a precipitação teve influência sobre a macrofauna edáfica; a Área 2 (Cerrado sensu stricto – 250 m) apresentou maior índice de diversidade; a continuação da armadilha nas 3 (três) áreas poderia aumentar o número de espécies, ou seja, a riqueza observada nas três áreas difere da riqueza esperada.

**Palavras-chave:** Organismos edáficos; Biodiversidade; Fragmentação florestal.

## Survey of macrofauna edáfica in a Cerrado conservation unit in Leste Maranhense

This study aims to survey the soil macrofauna present in the Cerrado areas (Borda, Cerrado sensu stricto and Riparian Forest) in a conservation unit in the east of Maranhão. The scarcity of knowledge about the diversity of edaphic macrofauna in the Cerrado forest formation suggests the need for research on the main species in areas that have been suffering constant impacts such as fires and deforestation. To understand and estimate the possibilities of biological recovery, an analysis of the soil macrofauna was carried out to generate more knowledge about the existing biodiversity in different phytophysiognomies of the Cerrado, significantly contributing as a scientific and technological tool. The study concluded that Area 1 (roadside – edge) presented the greatest abundance of edaphic macrofauna; the most frequent, constant and dominant order was Hymenoptera for the three studied areas; the soil temperature and the precipitation had an influence on the edaphic macrofauna; Area 2 (Cerrado sensu stricto – 250 m) presented the highest diversity index; the continuation of the trap in the 3 (three) areas could increase the number of species, that is, the observed richness in the three areas differs from the expected richness.

**Keywords:** Edaphic organisms; Biodiversity; Forest fragmentation.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **11/11/2022**

Approved: **12/01/2023**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Maira Rebeca de Alencar Costa Silva**   
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7715843333083388>  
<http://orcid.org/0000-0002-0648-8022>  
[mairarebeca07@gmail.com](mailto:mairarebeca07@gmail.com)

**Alana Ellen de Sousa Martins**   
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0872260256601713>  
<http://orcid.org/0000-0002-3543-8972>  
[a.lanasousa2009@hotmail.com](mailto:a.lanasousa2009@hotmail.com)

**Francilene Oliveira Lima**   
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9368971072734503>  
<http://orcid.org/0000-0001-9256-2462>  
[fran.oliveira353@gmail.com](mailto:fran.oliveira353@gmail.com)

**Francisco Ideilson Lima Soares**   
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4437442531906334>  
<http://orcid.org/0000-0002-6655-9048>  
[idesoares\\_lima@hotmail.com](mailto:idesoares_lima@hotmail.com)

**Rodrigo de Souza Furtado**   
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6586707608575196>  
<http://orcid.org/0000-0001-5525-1972>  
[rodrigo.furtado11@hotmail.com](mailto:rodrigo.furtado11@hotmail.com)

**Daniel da Silva Costa**  
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil  
<http://orcid.org/0000-0003-0864-9229>  
[didanielcx@gmail.com](mailto:didanielcx@gmail.com)

**Judson Chaves Rodrigues**   
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1580612604379857>  
<http://orcid.org/0000-0001-9236-2508>  
[judsoom.rodriguesz@gmail.com](mailto:judsoom.rodriguesz@gmail.com)

**Luenne Vitória Silva Oliveira Melo**   
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5798228923674761>  
<http://orcid.org/0000-0002-4336-917X>  
[luennevitoria2@gmail.com](mailto:luennevitoria2@gmail.com)

**Luiza Daiana Araújo da Silva Formiga**   
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9148937739775935>  
<http://orcid.org/0000-0001-5001-3297>  
[luidadaiana@hotmail.com](mailto:luidadaiana@hotmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2023.001.0004

### Referencing this:

SILVA, M. R. A. C.; MARTINS, A. E. S.; LIMA, F. O.; SOARES, F. I. L.; FURTADO, R. S.; COSTA, D. S.; RODRIGUES, J. C.; MELO, L. V. S. O.; FORMIGA, L. D. A. S.. Levantamento da macrofauna edáfica em uma unidade de conservação do Cerrado no Leste Maranhense. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.14, n.1, p.46-56, 2023. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2023.001.0004>

## INTRODUÇÃO

A macrofauna edáfica é representada por organismos invertebrados que ocupam a superfície do solo e desempenham funções específicas, englobando mais de 20 grupos taxonômicos, entre eles, formigas, besouros, aranhas, baratas, cupins, grilos, escorpiões, moscas e outros (LAVELLE et al., 2001; MELO et al., 2009). Para realizar suas atividades no solo, esses estão distribuídos em grupos funcionais, que incluem: engenheiros dos ecossistemas, saprófagos, predadores, onívoros e fitófagos, podendo ser encontrados em praticamente todos os ecossistemas terrestres (ELIEA et al., 2018; FERREIRA et al., 2019).

Quanto ao cerrado, embora o seu domínio fitogeográfico tenha grande importância biológica, cobrindo cerca de 1,8 milhões de km<sup>2</sup>, sendo o segundo maior bioma Neotropical (MYERS et al., 2000; COSTA, 2019), presume-se que 20% de suas espécies nativas e endêmicas não são mais encontradas nas áreas protegidas, e que cerca de 137 espécies de animais estão ameaçadas de extinção; 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).

Os organismos da macrofauna edáfica, por sua vez, são afetados por esse manejo inadequado do solo e declínio da quantidade de matéria orgânica, decorrente do cultivo intensivo (MERLIM et al., 2005; ROVEDDER et al., 2004), bem como pela inserção de novas espécies vegetais e utilização de insumos (FRAGOSO et al., 1999). Porém, estes organismos possuem também, a capacidade de destacar características físico-químicas e estruturais do ambiente em que se presentes, revelando-se ótimos bioindicadores da qualidade de um dado ambiente (VELÁSQUEZ et al., 2010; ARIAS et al., 2017). E, para isso, faz-se o uso de alguns critérios para aferir a qualidade de determinado solo, como densidade, diversidade e presença de grupos específicos (BARROS et al., 2003).

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 áreas que vem sofrendo constantes impactos como queimadas e desmatamentos. Para que se possa compreender e estimar as possibilidades de recuperação biológica, faz-se necessário realizar a análise da macrofauna edáfica, e desta forma gerar mais conhecimentos sobre a biodiversidade existente em diferentes fitofisionomias do Cerrado, contribuindo significativamente como uma importante ferramenta de cunho científico-tecnológico.

Neste sentido, esta pesquisa teve por finalidade, realizar um levantamento da macrofauna edáfica presente nas áreas de cerrado (Borda, Cerrado *sensu stricto* e Mata ciliar) em unidade de conservação, no Leste do Maranhão.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Localização e Caracterização da Área de Estudo

Esta pesquisa teve com área de estudo a Área de Proteção Ambiental Municipal do Inhamum (APA do Inhamum), localizada próximo ao perímetro urbano de Caxias, entre as coordenadas

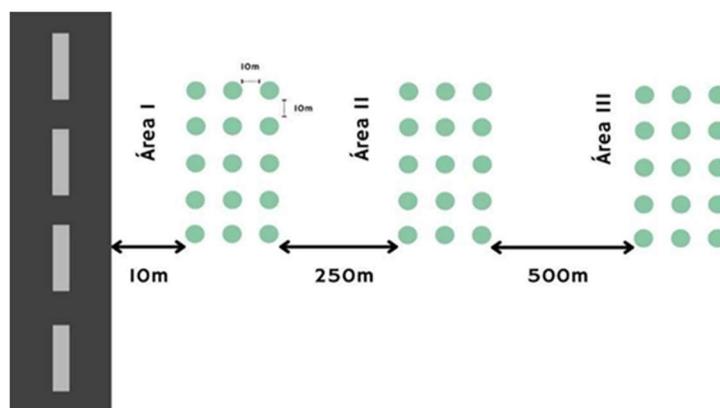
04°53'30"S/43°24'53"W e, cortada transversalmente pela MA-127. O município de Caxias está situado na mesorregião do Leste Maranhense, entre as coordenadas (04°51'32"S/43°21'22"W), com uma área de 5.151 km<sup>2</sup> (ALBUQUERQUE, 2012).

A área caracteriza-se por apresentar clima subúmido seco, com índices pluviométricos regulares entre 1.600 e 1.800 mm e média anual de temperatura equivalente a 24°C (ALBUQUERQUE, 2012; ARAÚJO, 2012). Quanto aos solos, essa área apresenta, predominantemente, latossolos vermelhos-amarelos, padzólico vermelho-amarelo, com areia e solos aluviais (BARROS, 2012).

### Coleta e identificação do material

As coletas do material se deram em três áreas, a saber: Área 1: **Margem da estrada** (10 metros da Borda); Área 2: **Cerrado *sensu stricto*** (250 metros do primeiro transecto do tratamento Borda) e, Área 3: **Mata ciliar** (500 metros do primeiro transecto do tratamento Cerrado *sensu stricto*), realizadas nos meses de outubro/2019, dezembro/2019, janeiro/2020, fevereiro/2020 e março/2020.

Em cada área experimental foram estabelecidos três transectos paralelos, distando aproximadamente 10 m entre si e em cada transecto foram marcadas cinco unidades amostrais equidistantes (10 m x 10 m), de modo que foram amostrados 15 pontos, em cada área, totalizando 45 pontos experimentais (Figura 1).



**Figura 1:** Demonstração esquemática da distribuição e espaçamento das armadilhas nas três áreas de estudo.

Para estimativa da macrofauna edáfica, utilizou-se a armadilha de queda Provid, que foi constituída por uma garrafa PET com capacidade de 2 L, contendo quatro orifícios com dimensões de 2 x 2 cm na altura de 20 cm de sua base, contendo 200 mL de uma solução de detergente a uma concentração de 5% e 5 gotas de Formol P.A. (Formaldeído) (GIRACCA et al., 2003; FORNAZIER et al., 2007). Essas foram enterradas com os orifícios ao nível da superfície do solo (ALMEIDA et al., 2007), e mantidas em campo por um período de quatro dias (96 horas) (DRESCHER et al., 2007).

Após o período de 96 horas, as armadilhas foram retiradas do campo e identificadas de acordo com data da coleta. Em seguida foram transportados para o Laboratório de Fauna do solo (LAFS), localizados no CESC-UEMA, onde os conteúdos foram devidamente lavados em peneira de 0,25 mm e transferidos para potes plásticos contendo álcool etílico a 70%, onde foi feita contagem, identificação e separação dos indivíduos da macrofauna (BORROR et al., 1969; COSTA et al., 2006) com o auxílio de pinça entomológica e

Estereomicroscópio modelo Stemi DV4 ZEISS. Os indivíduos encontrados foram separados a nível de ordem usando como chave o livro dos “Insetos do Brasil” dos autores Triplehorn et al. (2015).

### **Fatores físicos (temperatura do solo e precipitação pluvial)**

Foi feita a verificação da temperatura do solo a 10 cm de profundidade (em virtude da maior concentração e atividade dos organismos edáficos ocorrerem nesta profundidade) os quais foram relacionados com as variáveis estudadas no experimento, de cada um dos pontos amostrais das três áreas durante todas as coletas, com a utilização de termômetro digital do tipo espeto. Os dados de precipitação foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

### **Análise dos Dados**

As análises faunísticas dos dados foram feitas em dois diferentes programas. As análises faunísticas com base nos índices de dominância, abundância, frequência e constância e, as análises dos índices de diversidade de Shannon - Weaner ( $H'$ ) e Equitabilidade de Pielou ( $e$ ) foram feitas no programa ANAFU (MORAES et al., 2003). Já para as análises de riqueza estimada e curva de acumulação utilizou-se o programa EstimateS (Statistical Estimation of Species Richness and Share Species from Samples), versão 9.1.0 (COLWELL, 2012).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Abundância, Dominância, Frequência e Constância das Ordens Taxonômicas**

Contabilizou-se 5.209 indivíduos da macrofauna edáfica. Sendo 2.521 indivíduos para Área 1, distribuídos em 12 ordens; 1.700 indivíduos para a Área 2, distribuídos em 9 ordens e, 988 indivíduos para Área 3, distribuídos em 11 ordens (Tabela 1).

Assim, verificou-se que a Área 1 obteve a maior abundância de indivíduos, o que pode estar relacionado com a condição da vegetação da área de borda, tornando-se um ambiente favorável para algumas espécies oportunistas e/ou exóticas, especialmente de formicídeos (ordem Hymenoptera), que representou a ordem de maior expressividade no número de indivíduos, sendo isso corroborado por Santos (2018), que também verificou em seu estudo uma maior abundância de formicídeos em ambiente de borda, quando em comparação a áreas mais florestadas.

Na Área 1 as ordens superabundantes de indivíduos foram: Hymenoptera com 1.947 indivíduos (77,23%), Diptera com 294 indivíduos (11,66%) e Coleóptera com 108 indivíduos (4,28%) (Tabela 1). Para a classificação de dominância, foram categorizados como superdominantes as ordens Araneae, Coleóptera, Diptera e Hymenoptera; dominantes foram Blattodea, Diplopoda, Opiliones, Orthoptera e Pseudoescorpiones; superfrequentes foram Araneae, Coleóptera, Diptera e Hymenoptera e as muito frequentes foram Opiliones e Orthoptera. Quanto à análise de constância as ordens Araneae, Blattodea, Coleóptera, Diplopoda, Diptera, Hymenoptera, Opiliones, Orthoptera e Pseudoescorpião se mostraram

constantes - (w) (Tabela 1).

Na Área 2 a ordem superabundante de indivíduos foi: Hymenoptera com 1.240 indivíduos (72,94%), seguido das ordens muito abundante, que foram Coleóptera com 170 indivíduos (10%) e Díptera com 129 indivíduos (7,59%) (Tabela 1). Para a classificação da dominância, foi categorizado como superdominante a ordem Hymenoptera e as ordens dominantes foram Araneae, Blattodea, Coleóptera Díptera, Hemiptera, Orthoptera e Pseudoescorpião. A ordem superfrequente foi Hymenoptera e as ordens muito frequentes foram Coleóptera e Díptera. Foi classificada como constante (W) as ordens Araneae, Blattodea, Coleóptera, Díptera, Hymenoptera, Orthoptera e Pseudoescorpiones (Tabela1). Na Área 2 não apresentou exclusividade de ordens (Tabela 1).

Na Área 3 as ordens superabundantes de indivíduos foram: Hymenoptera com 529 indivíduos (53,92%), Coleóptera 214 indivíduos (21,81%), seguido da ordem muito abundante Díptera com 88 indivíduos (8,97%) (Tabela 1). Para a classificação da dominância, foi categorizada como superdominante a ordem Hymenoptera e as ordens dominantes foram Araneae, Blattodea, Díptera, Orthoptera e pseudoescorpião. A ordem superfrequente foi: Hymenoptera e as ordens muito frequentes foram Araneae, Díptera e Orthoptera. Foi classificada como constante (W) as ordens Araneae, Blattodea, Coleóptera Díptera, Hymenoptera, Orthoptera, Pseudoescorpião (Tabela1). A ordem Chilopada foi exclusiva para Área 3 (Tabela 1).

**Tabela 1:** Lista das ordens taxonômicas coletadas na Área 1 (Margem da estrada – borda); Área 2 (Cerrado sensu stricto – 250 m) e Área 3 (Mata ciliar – 500 m), com o n° de indivíduos (NI) e Percentual (%) em relação às categorias de Abundância (A), Dominância (D), Frequência (F) e Constância (C), na APA do Inhamum, Caxias-MA.

Ordens	ÁREA I							ÁREA II							ÁREA III						
	NI	%	NC	A	D	F	C	NI	%	NC	A	D	F	C	NI	%	NC	A	D	F	C
Araneae	96	3,81	5	sa	SD	SF	W	67	3,94	5	c	D	F	W	63	6,42	5	ma	D	MF	W
Blattodea	28	1,11	3	c	D	F	W	37	2,18	5	d	D	PF	W	19	1,93	4	c	D	F	W
Chilopada	-	0,00	-	-	-	-	-	-	0,00	-	-	-	-	-	1	0,10	1	d	ND	PF	Z
Coleóptera	108	4,28	5	sa	SD	SF	W	170	10,00	5	ma	D	MF	W	214	21,81	5	sa	SD	SF	W
Diplopoda	6	0,24	3	c	D	F	W	-	0,00	-	-	-	-	-	0,00	-	-	-	-	-	-
Díptera	294	11,66	5	sa	SD	SF	W	129	7,59	5	ma	D	MF	W	88	8,97	5	ma	D	MF	W
Hemiptera	1	0,04	1	d	ND	PF	Z	15	0,88	1	c	D	F	Z	-	0,00	-	-	-	-	-
Hymenoptera	1947	77,23	5	sa	SD	SF	W	1240	72,94	5	sa	SD	SF	W	529	53,92	5	sa	SD	SF	W
Mantopteres	-	0,00	-	-	-	-	-	3	0,18	2	d	ND	PF	Y	1	0,10	1	d	ND	PF	Z
Opliliones	1	0,04	3	ma	D	MF	W	-	0,00	-	-	-	-	2	0,20	1	d	ND	PF	Z	
Orthoptera	28	1,11	3	ma	D	MF	W	25	1,47	5	c	D	F	W	61	6,22	5	ma	D	MF	W
Pseudoescorpião	10	0,40	5	c	D	F	W	14	0,82	5	c	D	F	W	8	0,82	4	c	D	F	W
Scorpione	1	0,04	1	d	ND	PF	Z	-	0,00	-	-	-	-	-	0,00	-	-	-	-	-	-
Scutigermorpha	1	0,04	1	d	ND	PF	Z	-	0,00	-	-	-	-	2	0,20	2	d	ND	PF	Y	
<b>TOTAL</b>	<b>2.521</b>	<b>100</b>						<b>1.700</b>	<b>100</b>					<b>988</b>	<b>100</b>						

**Programa ANAFU:** A = Abundância – (sa) superabundante; (ma) muito abundante; (c) comum; (d) dispersa; (r) raras. D = Dominância – (SD) superdominante; (D) dominante; (ND) não dominante. F = Frequência – (SF) super frequente; (MF) muito frequente; (F) frequente; (PF) pouco frequente. C = Constância – (W) constante; (Y) acessória.

No geral, a alta incidência da ordem Hymenoptera em todos as áreas estudadas (Tabela1), representada principalmente por formigas (Formicidae), pode estar relacionada às características generalistas da família, visto que esse grupo foi o táxon mais abundante na Área 1, devido a sua alta adaptabilidade aos diferentes tipos de habitats. Além da adaptabilidade, por apresentarem hábito de vida colonial, os formicídeos tendem a ser amostrados em agregados com elevado números de indivíduos (MENEZES et al., 2009). Segundo Wirth et al. (2007) os formicídeos também respondem bem à criação de bordas e por isso são frequentemente recomendadas como indicadores biológicos, tendo em vista disporem de alguns fatores, como elevada riqueza de espécies, táxons especializados, notória sensibilidade a alterações ambientais e, facilidade de amostragem (SOUZA et al., 2018).

Os indivíduos da ordem Díptera foram mais abundantes na Área 1, o que pode ter sido influenciado principalmente pela fitofisionomia do ambiente de borda, ambiente com maior grau de degradação quando

comparado com a área de Cerrado *sensu stricto* e Mata ciliar, onde esse ambiente se caracteriza por não possuir muitas árvores, favorecendo assim, a maior incidência de luminosidade. Luigi (2004) corrobora estes resultados, afirmando que com quantidades mais expressivas de luz alcançando o interior de um fragmento, a umidade rapidamente decresce e a temperatura interna se eleva, essa luminosidade passa a atingir extratos vegetais que antes eram protegidos e, conseqüentemente, propicia uma rápida colonização de suas bordas por espécies mais adaptadas às novas condições microclimáticas impostas. Além disso, segundo Greenberg (1973), muitos dípteros são colonizadores por apresentarem elevada capacidade de dispersão, habilidade sutil de localizar recursos efêmeros a uma grande distância, e significativa diversificação do hábito alimentar, fatores esses, que também favorecem a sua alta amostragem para a área de borda (PRADO et al., 1982).

A maior abundância Coleópteros para a Área 3, pode estar relacionado a maior quantidade de serapilheira na mesma, que podem servir como local de desenvolvimento e fornecer condições para o crescimento populacional dos indivíduos dessa ordem (PEREIRA, 2006). Ou seja, devido essa área ser mais florestada, há uma variação nas condições do dossel, havendo aumento da taxa de deposição da serapilheira e, como resultado, tem-se uma disponibilidade de substratos para a manutenção e sobrevivência da macrofauna local (CIZUNGU et al., 2014; MBAU et al., 2015). Este fator pode ter contribuído para algumas famílias específicas de coleópteros, que se beneficiam do ambiente mais florestado, como é o caso das famílias Staphylinidae e Carabidae, que são importantes agentes de controle biológico, relacionadas a ambientes mais complexos e naturais, como florestas nativas e sensíveis a alteração microclimática, pois a temperatura e a umidade do solo são fatores que regulam sua distribuição (MARTINS et al., 2012; GARLET et al., 2015).

### Efeito dos fatores físicos (temperatura e precipitação) sobre a abundância das ordens da Macrofauna nas áreas de estudo

Verificou-se que tanto a precipitação pluvial (mm) quanto à temperatura do solo (°C) nos meses estudados, exerceram influência direta na abundância da macrofauna edáfica (Tabela 2).

**Tabela 2:** Distribuição do número de indivíduos das ordens da Macrofauna, em função da precipitação (mm) e Temperatura (°C) nos meses de outubro/2019, dezembro/2019, janeiro/2020, fevereiro/2020 e março/2020 verificados na Área 1 (Margem da estrada – borda) e Área 2 (Cerrado *sensu stricto* – 250 m) e Área 3 (Mata ciliar – 500 m), na APA do Inhamum, Caxias-MA.

Meses	Área 1	Temper. (°C)	Área 2	Temper. (°C)	Área 3	Temper. (°C)	Precipitação (mm)
<b>Período Seco</b>							
<b>Outubro/2019</b>	525	34º	270	33,5º	161	29,5º	52,8
<b>Dezembro/2019</b>	873	33,5º	478	31º	245	28º	35,6
<b>Período chuvoso</b>							
<b>Janeiro/2020</b>	440	32,9º	402	29º	196	27,5º	362,9
<b>Fevereiro/2020</b>	423	32,7º	321	28º	245	26,5º	239,4
<b>Março/2020</b>	260	33,8º	296	30º	141	28,5º	504,1

No geral, a Área 1 apresentou maior abundância de indivíduos em quase todos os meses de coleta, com exceção do mês de março (Tabela 2). Observou-se que o mês de dezembro (2019) obteve a menor precipitação (35,6 mm), sendo considerado período seco, em relação ao mês de março, período chuvoso,

que obteve a maior precipitação (504,1 mm). No entanto, em dezembro, obteve-se a maior abundância de indivíduos em todas as áreas estudadas, o que correspondeu a 873 indivíduos na Área 1, com uma temperatura de 32,9°C; 478 indivíduos na Área 2 com 29°C e 245 indivíduos na Área 3 com 28,5°C, respectivamente (Tabela 2). Este comportamento está diretamente relacionado ao aumento do número de formigas no período seco, que se dá devido esse grupo ser tolerante a altas temperaturas e, portanto, gerar um aumento no seu forrageamento, essencialmente sobre a vegetação, para alimentar e/ou armazenar o alimento em seus ninhos, além de movê-los para regiões mais profundas do solo, apresentando maior proteção contra predadores e altas temperaturas da superfície do solo (DOERING et al., 2018; SAAR et al., 2018).

Os resultados permitem compreender que as populações das ordens estudadas sofreram influência da variabilidade do regime pluviométrico, onde a abundância e diversidade dos indivíduos da macrofauna edáfica varia com a distribuição temporal da precipitação pluvial (FORMIGA et al., 2018). Ou seja, essa alteração de abundância entre as coletas foi favorecida pelas diferenças nas condições climáticas entre os períodos de amostragem, havendo maior abundância durante o período seco, o que pode ser justificado pela maior disposição de serapilheira no solo nesse período, visto que a vegetação do cerrado perde uma vasta parte do seu dossel durante a estação seca (SANTOS, 2019); essa serapilheira acumulada, conseqüentemente, equilibrará a temperatura do solo, fornecendo microclima favorável às espécies hipogêicas e garantindo meios de nidificação e forrageamento para as espécies que circulam no solo (ROCHA, 2012).

### Diversidade de Shannon-Weaner (H') e Equitabilidade de Pielou (e)

Quanto aos índices de diversidade (Shannon-Wiener) e equitabilidade (Pielou), obteve-se para essa análise, os dados expressos na Tabela 3, referentes as Áreas 1, 2 e 3.

**Tabela 3:** Índices de Diversidade (Shannon-Wiener - H') e Equitabilidade (Pielou - J) verificados na Área 1 (Margem da estrada – borda); Área 2 (Cerrado *sensu stricto* – 250 m) e Área 3 (Mata ciliar – 500 m), na APA do Inhamum, Caxias-MA.

Índices	Área 1	Área 2	Área 3
Shannon-Wiener (H')	1.6382	1.6558	1.5503
Equitabilidade de Pielou (e)	0.7456	0.7536	0.6733

De modo geral, foi analisada a diversidade das ordens entre as três áreas estudadas (Shannon-Wiener) (Tabela 3), na Área 2 teve maior índice de diversidade (H'=1,6558) seguido pela Área 1 (H'=1,6382) e a Área 3 que obteve um menor índice (H'=1,5503), o que foi confirmado pelo índice de Pielou (J) (Área 1=0,7456; Área 2= 0,7536; e a Área 3= 0,6733) (Tabela 3). Os valores para o índice de diversidade também foram próximos entre as áreas, principalmente entre as áreas 1 e 2, configurando uma semelhança na diversidade entre as áreas em estudo.

Os maiores índices de diversidade para a Área 1 e 2 podem estar relacionados com a quantidade de luminosidade que essas áreas apresentam, pois nessas, há uma menor concentração de espécies arbóreas, o que favorece a maior incidência de raios solares emitidos diretamente nesses ambientes, notadamente na

área de borda, apresentando maior diversidade que o interior dos fragmentos por conservar espécies típicas do interior da floresta às quais são acrescentadas novas espécies exigentes de luz, favorecidas pela maior luminosidade da borda (LINERA, 1990; VIANA et al., 1996; TABANEZ et al., 1997; ENGEL et al., 1998).

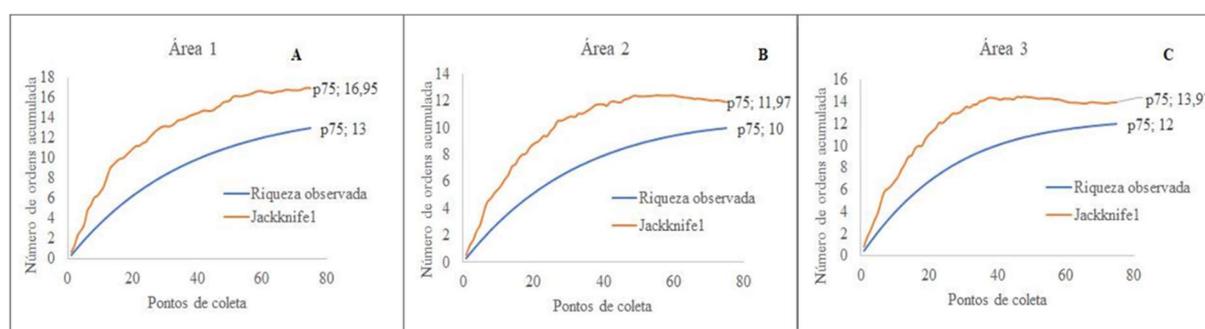
Além disso, a maior abundância de indivíduos para ordens Hymenoptera e Coleóptera na Área 3, pode ter influência direta no menor índice de diversidade para a área, posto que os menores valores representam a maior dominância de um grupo em relação aos demais. Dessa forma, os maiores índices de diversidade para a Área 1 e 2, deve-se também, a maior distribuição dos grupos faunísticos encontrados nessas áreas (BEGON et al., 1996).

### Riqueza estimada (S) e curva de acumulação de espécies

Obteve-se, de acordo com a riqueza observada, 12 ordens para a Área 1 (margem da estrada - borda), 9 ordens para a Área 2 (Cerrado *sensu stricto*) e 11 ordens para a área 3 (Mata ciliar), respectivamente (Tabela 4). Quanto a riqueza obtida pelo estimador *Jackknife 1*, verificou-se para a Área 1 (margem da estrada - borda) 17 ordens, para Área 2 (Cerrado *sensu stricto*) 12 ordens e Área 3 (Mata ciliar), 14 ordens, respectivamente (Tabela 4). Assim, o número de riqueza observada difere da riqueza estimada, ou seja, a quantidade de coletas foi insuficiente diante dos dados obtidos pelo estimador *Jackknife 1*, que sugere a realização de mais coletas em todas as áreas, indicando que é possível se alcançar mais ordens.

**Tabela 4:** Estimadores de riqueza das ordens da macrofauna edáfica verificados na Área 1 (Margem da estrada – borda); Área 2 (Cerrado *sensu stricto* – 250 m) e Área 3 (Mata ciliar – 500 m), na APA do Inhamum, Caxias-MA.

Estimadores de Riqueza	Área 1	Área 2	Área 3
Riqueza observada	12	9	11
<i>Jackknife 1</i>	17	12	14



**Figura 2A-C.** Riqueza acumulada das ordens da macrofauna edáfica coletadas na APA do Inhamum, Caxias-MA. **A)** Área 1 (Margem da estrada – borda); **B)** Área 2 (Cerrado *sensu stricto* – 250 m); **C)** Área 3 (Mata ciliar – 500 m).

A Figura 2A-C demonstra que a curva do coletor não estabilizou, o que indica que a riqueza das ordens na área de estudo é maior do que a observada, como já verificado (Tabela 4). O resultado demonstrou a necessidade de mais armadilhas nas áreas estudadas conforme cita os autores Araujo et al. (2007), pontuando que as espécies detêm de um padrão de distribuição que varia em conformidade com a capacidade específica de uso do habitat, assim, torna-se essencial que haja um esforço amostral significativamente elevado na área amostrada, para que se possa constatar todas as espécies presentes em um habitat delimitado. Os mesmos autores ainda destacam que é muito importante “monitorar várias áreas

num mesmo habitat para se diagnosticar as espécies presentes, pois, embora o sucesso de captura esteja correlacionado com o esforço de amostragem, fatores intrínsecos do local de estudo podem influenciar na obtenção dos registros”.

## CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos através do levantamento da macrofauna edáfica nas áreas estudadas, tem-se as seguintes conclusões: Área 1 (Margem da estrada – borda) expressou a maior abundância de indivíduos; A ordem mais frequente, constante, abundante e dominante foi Hymenoptera, para as três áreas estudadas; A precipitação pluvial, bem como a temperatura do solo, teve influência direta na abundância dos indivíduos; A Área 2 (Cerrado *sensu stricto* – 250 m) apresentou maior índice de diversidade; A continuação das coletas poderia aumentar o número de espécies, ou seja, o tempo de exposição das armadilhas foram insuficientes.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. L.. Riacho ponte e a área de proteção ambiental municipal do Inhamum, Caxias MA. In: BARROS, M. C.. **Biodiversidade da área de proteção ambiental municipal Inhamum**. São Luís: UEMA, 2012. p.107-116.

ALMEIDA, M. V. R.; SILVA, P. Q.; OLIVEIRA, R. T.; SOUSA, S. T.. Fauna edáfica em sistemas consorciados conduzidos por agricultores familiares no município de Choro, CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31. **Anais**. Gramado: SBCS, 2007.

ARAÚJO, F. A. S. A.. **Geomorfologia aplicada à fragilidade e ao zoneamento ambiental de Caxias/MA**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2012.

ARAÚJO, A. C.; CHIARELLO, A. G.. Armadilhas fotográficas na amostragem de mamíferos: considerações metodológicas e comparação de equipamentos. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.24 n.3, p.647-656, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0101-81752007000300016>

ARIAS, A. R. L.; BUSS, D. F.; ALBUQUERQUE, C.; INÁCIO, A. F.; FREIRE, M. M.; EGLER, M.; MUGNAI, R.; BAPTISTA, D. F.. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.12, p.61-72, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-81232007000100011>

BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E. C.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, v.47, p.273-280, 2003. DOI: <http://doi.org/10.1078/0031-4056-00190>

BARROS, M. C.. **Biodiversidade na Área de Proteção Ambiental Municipal do Inhamum**. São Luís: UEMA, 2012.

BEGON, M.; HAPER, J. L.; TOWNSED, C. R.. **Ecology**:

Individuals, Populations and Communities. Oxford: Blackwell Science, 1996. DOI: <http://doi.org/10.2307/3899533>

BORROR, D. J.; DELONG, D. M.. **Introdução o estudo dos insetos**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1969.

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: <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.04.015>

COLWELL, R. K.; CHAO, A.; GOTELLI, N. J.; LIN, S. Y.; MAO, C. X.; CHAZDON, R. L.; LONGINO, J. T.. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. **Journal of Plant Ecology**, v.5, p.3-21, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1093/jpe/rtr044>

COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C.E.. **Insetos Imaturos: Metamorfoses e Identificação**. Ribeirão Preto: Holos, 2006.

COSTA, J. P.; SANTOS, L. C. S.; RIOS, J. M.; RODRIGUES, A. W.; DIAS-NETO, O. C.; PRADO-JÚNIOR, J.; VALE, V. S.. Estrutura e diversidade de trechos de Cerrado *sensu stricto* às margens de rodovias no estado de Minas Gerais. **Ciênc. Florest.**, Santa Maria, v.29, n.2, p.698-714, 2019. DOI: <http://doi.org/10.5902/1980509826869>

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: <http://doi.org/10.1007/s00040-018-0645-4>

DRESCHER, M. S.; ELTZ, F. L. F.; ROVEDDER, A. P. M.; DORNELES F. O.. Mesofauna como Bioindicador para Avaliar a Eficiência da Revegetação com *Lupinus albus* em Solo Arenizado do Sudoeste do Rio Grande do Sul. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31. **Anais**. Gramado: SBCS, 2007.

ELIEA, F.; VINCENOTA, L.; BERTHEB, T.; QUIBELA, E.; ZELLERC, B.; SAINT-ANDRÉC, L.; NORMANDA, M.; CHAUVATA, M.; AUBERT, M.. Soil fauna as bioindicators of organic matter export in temperate forests. **Forest Ecology and Management**, v.429, p.549-557, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.07.053>

ENGEL, V. L.; FONSECA, R. C. B.; OLIVEIRA, R. E.. Ecologia de lianas e o manejo de fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**. v.12, n.32, p.43-64, 1998.

FERREIRA, C. R.; GUEDES, J. N.; ROSSET, J. S.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.. Diversity of the edaphic macrofauna in areas managed under no tillage for different periods. **Semina: Ciências Agrárias**, v.40, n.2, p.599-610, 2019. DOI: <http://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n2p599>

FORNAZIER, R.; GATIBONI, L. C.; WILDNER, L. P.; BIANZI, D.; TODERO, C.. Modificações na Fauna Edáfica Durante a Decomposição da Fitomassa de *Crotalaria Juncea* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31. **Anais**. Gramado: SBCS, 2007.

FORMIGA, L. D. A. S.; MEDEIROS P. P. F.; SANTOS, A. M. S.; CASSUCE, M. R.; LIMA, L. B.; SANTOS, M. F. S. Distribuição temporal da macrofauna edáfica em áreas de caatinga sob pastejo caprino. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v.10, n.2, p.1551-1559, 2018. DOI: [http://doi.org/10.25248/REAS109\\_2018](http://doi.org/10.25248/REAS109_2018)

FRAGOSO, C.; KANYONYO, J.; MORENO, A.; SENAPATI, B.K.; BLANCHART, E. E RODRÍGUEZ, C.. A survey of tropical earthworms: taxonomy, biogeography and environmental plasticity. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P.. **Earthworm Management in Tropical Agroecosystems**. Oxon: CAB International, 1999. p.1-25.

GARLET J.; COSTA, E. C.; BOSCARDIN, J.; MACHADO, D. N.; PEDRON, L.. Fauna de Coleóptera Edáfica em Eucalipto sob Diferentes Sistemas de Controle Químico da Matocompetição. **Floresta e Ambiente**, v.22, p 239-248, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1590/2179-8087.078214>

GIRACCA, E. M. N.; ANTONIOLLI, Z. I.; ELTZ, F. L. F.; BENEDETTI, E.; LASTA, E.; VENTURINI, S. F.; VENTURINI, E. F.; BENEDETTI, T.. Levantamento da Meso e Macrofauna do Solo na Microbacia do Arroio Lino, Agudo, RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.3, p.257-261, 2003.

GREENBERG, B.. **Flies and disease**. VII: Biology and disease transmission. New Jersey: Princeton University, 1973.

LAVELLE, P.; SPAIN, A. V.. **Soil Ecology**. New York: Kluwer Academic Publishers, 2001. DOI: <http://doi.org/10.1007/978-94-017-5279-4>

LINERA, G.. Origin and early development of forest edge vegetation in Panama. **Biotropica**, v.22, n.3, p.235-241, 1990. DOI: <http://doi.org/10.2307/2388533>

LUIGI, G. S.. **A formação de consórcios intermunicipais para a conservação de remanescentes florestais da Mata**

**Atlântica na Região das Baixadas Litorâneas/RJ**: a aplicação de técnicas de geoprocessamento como ferramenta de análise e interpretação. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

MARTINS, I. C. F.; CIVIDANES, F. J.; IDE, S.; HADDAD, G. Q.. Diversity and habitat preferences of Carabidae and Staphylinidae (Coleóptera) in two agroecosystems. **Bragantia**, v.71, p.471-480, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0006-87052013005000009>

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. de; 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 SBCS**, Viçosa, v.34, n.01, p.38-43, 2009.

MENEZES, C. E. G.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; BATISTA, I.; RODRIGUES, K. M.; COUTO, W. H.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, I. P.. Macrofauna edáfica em estágios sucessionais de florestas estacional semidecidual e pastagem mista em pinheiral (RJ). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.33, p.1647-1656, 2009. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-06832009000600013>

MERLIM, A. D. O.; GUERRA, J. G. M.; JUNQUEIRA, R. M.; AQUINO, A. M. D.. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. **Scientia Agricola**, v.62, n.1, p.57-61, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162005000100011>

MORAES, R. C. B.; HADDAD, M. L.; SILVEIRA NETO, S.; REYES, A. E. L.. Software Para Análise Faunística. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 8. **Anais**. São Pedro: Siconbiol., 2003.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSE, G. A. B.; KENT, C. A. J.. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403, p.853-858, 2000. DOI: <http://doi.org/10.1038/35002501>

PEREIRA, R. A.. **Scolytidae em povoamento em *Pinus spp.* em Telêmaco Borba, PR**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

PRADO, A. P.: GUIMARAES, J. H.. Estado atual da distribuição e dispersão das espécies do gênero *Chrysomya* R-D na região neotropical (Diptera: *Calliphoridae*). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.26, p.225-231, 1982. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0073-47212005000400006>

ROCHA, W. D. O.. **Estudo da mirmecofauna aplicado na avaliação de áreas de garimpo de diamantes no município de Poxoréu, MT**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Engenharia Florestal, Cuiabá, 2012.

ROVEDDER, A.P.; ANTONIOLLI, Z.I.; SPAGNOLLO, E.; VENTURINI, S.. Fauna edáfica em solo susceptível à arenização na região Sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista**

de ciências agroveterinárias, Lages, v.3, n.2, p.87-96, 2004.

SANTOS, J. C.. **Efeito de borda na comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) epigeicas e hipogeicas na Área de Proteção Ambiental Municipal do Inhamum, Caxias-MA.** Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual do Maranhão, Caxias, 2018.

SANTOS, M. J. R. S.. **Fauna de formigas (Formicidae) em dois fragmentos na Área de Proteção Ambiental do Inhamum, Caxias-MA.** Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual do Maranhão, Caxias, 2019.

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: <http://doi.org/10.1093/cz/zox054>

SOUZA, K. K. F.; SOUZA, N. J.; SILVA, I. C.; LIMA, P. P. S.; MARQUES, E. N.. Utilização de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como bioindicadoras em plantios de Pinus no Paraná. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.8, n.1, p.110-118, 2018. DOI: <http://doi.org/10.21206/rbas.v8i1.432>

TABANEZ, A. A. J.; VIANA, V. M.; DIAS, A. S.. Consequências da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de floresta de planalto de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.57, n.1, p.47-60, 1997.

TRIPLEHORN, CHARLES A.; JOHNSON, NORMAN F.. **Estudo dos insetos.** 7 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

VELÁSQUEZ, J.; TEJERA, R.; HERNANDO, A.; NÚÑES, M. V.. Environmental diagnosis: integrating biodiversity conservation in management of Natura 2000 forest spaces. **Journal for Nature Conservation**, v.18, n.4, p.309-317, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnc.2010.01.004>

VIANA, V. M.; TABANEZ, A. A. J.. Biology and conservation of forest fragments in the Brazilian Atlantic Moist Forest. In: SCHELHAS, J.; GREENBERG, R.. **Forest patches in tropical landscapes.** Washington: Island Press, 1996. DOI: <http://doi.org/10.2307/2266042>

WIRTH, R.; MEYER S. T.; ALMEIDA W. R.; ARAÚJO JR. M. V.; BARBOSA V. S.; LEAL, I. R.. Increasing densities of leaf-cutting ants (*Atta* spp.) with proximity to the edge in a Brazilian Atlantic forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.23, p.501-505. 2007. DOI: <http://doi.org/10.1017/S0266467407004221>

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). 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 ou digitais sob coordenação 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.