



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* DOUTORADO EM
AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

**MACROFAUNA EDÁFICA E MIRMECOFAUNA (HYMENOPTERA:
FORMICIDAE) EM DIFERENTES PAISAGENS E SISTEMAS DE USOS
DO SOLO NO BIOMA CERRADO, BRASIL**

Charlyan de Sousa Lima

Lajeado, dezembro de 2020

Charlyan de Sousa Lima

**MACROFAUNA EDÁFICA E MIRMECOFAUNA (HYMENOPTERA:
FORMICIDAE) EM DIFERENTES PAISAGENS E SISTEMAS DE USOS
DO SOLO NO BIOMA CERRADO, BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, da Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento, na linha de pesquisa Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Périco.

Coorientador: Prof. Dr. Edison Fernandes da Silva – CCAA/UFMA.

Lajeado, dezembro de 2020

Charlyan de Sousa Lima

**MACROFAUNA EDÁFICA E MIRMECOFAUNA (HYMENOPTERA:
FORMICIDAE) COMO BIOINDICADORAS DA QUALIDADE
AMBIENTAL EM DIFERENTES USOS DO SOLO NO BIOMA
CERRADO, BRASIL**

A Banca examinadora abaixo aprova a Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, da Universidade do Vale do Taquari – Univates, como parte da exigência para a obtenção do grau de Doutor em Ciência: Ambiente e Desenvolvimento, na área de concentração: Espaço, Ambiente e Sociedade.

Prof. Dr. Eduardo Périco – orientador
Universidade do Vale do Taquari

Prof. Dr. Edison Fernandes da Silva – Coorientador
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Guilherme Liberato da Silva
Universidade do Vale do Taquari

Profa. Dra. Eliane Fraga da Silveira
Universidade Luterana do Brasil

Profa. Dra. Marina Schmidt Dalzochio
Universidade Feevale

Lageado, 16 de dezembro de 2020.

À Deus,
Ao meu pai Francisco Lima (*in memoriam*)
À minha família e amigos,
DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ser um Pai sempre presente, concedendo proteção e inspiração para superar todos os desafios da vida. A Ele minha gratidão pela finalização do doutorado.

Ao Prof. Dr. Eduardo Périco pelo aceite em me orientar, pela confiança, paciência e amizade, e por todas as valiosas orientações na condução desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Edison Fernandes pela colaboração como coorientador. Agradeço ainda pela confiança, amizade e parceria junto ao Laboratório de Artrópodes de Solo (CCAA-UFMA).

A Profa. Dra. Marina Dalzochio pela contribuição nas análises estatísticas e pelas as valiosas sugestões.

A Universidade Federal do Maranhão, na pessoa do Prof. Dr. Edison Fernandes por ceder seu laboratório para realização das análises.

Aos senhores Delmar, Juvenil, Antônio Borges, Francisco Sales e Júnior Teles, por aceitarem a realização da pesquisa em suas propriedades rurais.

Aos amigos(as) América, Toinho, Elvis e Clean por ajudarem nas coletas.

Ao amigo Lucas Gabriel por auxiliar nas análises laboratoriais.

A minha mãe Antonia Sousa pelo incentivo, conselhos e orações.

A minha namorada Bruna Magalhães pela compreensão e apoio.

A Universidade do Vale do Taquari pela oportunidade de realizar o meu doutorado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) Brasil, pela bolsa de doutorado.

E por todos aqueles(as) que contribuíram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

Muito obrigado!

Vai, ó preguiçoso, ter com a formiga,
observa seu proceder e torna-te sábio: ela
não tem chefe, nem inspetor, nem mestre;
prepara no verão sua provisão, apanha no
tempo da ceifa sua comida.

(Provérbios 6,6-8)

RESUMO

O Cerrado segundo maior bioma Neotropical e reconhecido como um importante *hotspot*, sofre ameaças antrópicas causada pela exploração excessiva de seus recursos, que afeta as paisagens naturais e altera as propriedades químicas e físicas do solo. A macrofauna edáfica e a mirmecofauna são suscetíveis a variações temporais e espaciais e têm sido utilizadas como indicadores ecológicos dos efeitos antropogênicos dos sistemas de uso e cobertura do solo em regiões com alta biodiversidade e endemismo como o Cerrado. O principal objetivo desta tese foi caracterizar a macrofauna edáfica e mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) em relação às alterações no uso e cobertura do solo em áreas naturais e de manejo antrópico, no bioma Cerrado. Para tanto, selecionou-se ambientes que reúnem características naturais (Cerradão e Mata dos Cocais) e formações do Cerrado que sofreram perturbações antrópicas (Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem). Os resultados mostraram uma redução da riqueza e abundância de comunidades de invertebrados/formicídeos em áreas de perturbação antrópica. Os grupos funcionais da macrofauna edáfica como da mirmecofauna realizam diversas atividades nos ambientes que regulam os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no solo, promovendo equilíbrio ecológico nessas áreas. Conclui-se que os efeitos da sazonalidade, cobertura e uso do solo, e perfil das paisagens determinam a composição taxonômica e funcional da macrofauna edáfica e a mirmecofauna. Nos ambientes antropizados os grupos funcionais generalistas são mais abundantes, enquanto que nos ambientes naturais os grupos são mais especializados. Assim, tanto a diversidade e funcionalidade da macrofauna e mirmecofauna desempenham atividades reguladoras dos processos físicos, químicos e biológicos no solo, que favorecem o equilíbrio e o funcionamento do bioma.

Palavras-chave: Biodiversidade. Funcionalidade. Indicadores Ecológicos. Invertebrados do solo. Paisagens.

ABSTRACT

The Cerrado, largest second Neotropical biome and recognized as an important *hotspot*, suffers from anthropic threats caused by the excessive exploitation of its resources, which affects natural landscapes and changes the chemical and physical properties of the soil. The soil macrofauna and ant fauna are susceptible to temporal and spatial variations and have been used as ecological indicators of the anthropogenic effects of land use and cover systems in regions with high biodiversity and endemism such as the Cerrado. The main objective of this thesis was to characterize the soil macrofauna and ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) in relation to changes in land use and cover in natural and anthropic management areas, in the Cerrado biome. Selected environments that combine natural characteristics (Cerradão and Mata dos Cocais) and Cerrado formations that suffered anthropic disturbances (Cut and Burn, Eucalyptus and Pasture). Results showed a reduction in the richness and abundance of invertebrate / ant killer communities in areas of anthropic disturbance. Functional groups of the soil macrofauna as well as of the ant fauna carry out various activities in the environments that regulate the physical, chemical and biological processes that occur in the soil, promoting ecological balance in these areas. It is concluded that the effects of seasonality, coverage and soil use, and landscape profile determine the taxonomic and functional composition of the soil macrofauna and the ant fauna. Anthropized environments generalist functional groups are more abundant, while in natural environments groups are more specialized. Both the diversity and functionality of the macrofauna and ant fauna play a role in regulating the physical, chemical and biological processes in the soil, which favor the balance and functioning of the biome.

Keywords: Biodiversity. Functionality. Ecological Indicators. Soil invertebrates. Landscapes.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1:

Figura 1 - Localização da área de estudo, no município de Chapadinha, Estado do Maranhão, Brasil.....25

Figura 1 - Áreas de estudo em períodos sazonais – Cerrado, chuvoso (A-1) e seco (A-2); Mata dos Cocais, chuvoso (B-1) e seco (B-2); Corte e Queima, chuvoso (C-1) e seco (C-2); Eucalipto, chuvoso (D-1) e seco (D-2); Pastagem, chuvoso (E-1) e seco (E-2).....27

CAPÍTULO 2:

Figura 2 - Representação espacial da abrangência do bioma Cerrado no Brasil.....38

Figura 3 - Fitofisionomias do Bioma Cerrado, adaptado de Ribeiro; Walter (2008).....40

CAPÍTULO 6

Figura 1 - Riqueza de táxons da macrofauna edáfica nos ambientes: Cerrado, Mata dos Cocais, Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem, no período chuvoso.....109

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..... 109

Figura 3 - Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) ambientes de estudo do bioma Cerrado e os períodos sazonais (chuvoso e seco) da macrofauna edáfica.....112

CAPÍTULO 7

Figura 1 - Beta diversidade dos grupos funcionais da macrofauna edáfica, nos ambientes analisados, conforme a sazonalidade: (a) período chuvoso, (b) período seco, (c) período chuvoso e seco.....134

Figura 2 - Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) dos grupos funcionais da macrofauna edáfica em diferentes ambientes no bioma Cerrado: (a) período chuvoso e (b) período seco.139

CAPÍTULO 8

Figura 1 - Croqui com disposição das armadilhas pitfall com iscas nas áreas de estudo.159

Figura 2 - Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) da mirmecofauna, nos ambientes analisados, conforme a sazonalidade: (a) período seco, (b) período transição, (c) período chuvoso.167

Figura 3 - Partição da betadiversidade de formicídeos nos períodos: 1) seco, em iscas: (a) pão com mel, e (b) sardinha; 2) transição, em iscas: (c) pão com mel, e (d) sardinha; e, 3) chuvoso, em iscas: (e) pão com mel, e (f) sardinha, por ambiente (C = Cerradão; Q = Corte e Queima; E = Eucalipto; M = Mata dos Cocais; P = Pastagem).....168

CAPÍTULO 9

Figura 1 - Croqui com disposição das armadilhas pitfall com iscas nas áreas de estudo..... 194

Figura 2 - Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) dos grupos funcionais da mirmecofauna, nos ambientes analisados, conforme a sazonalidade: (a) período seco, (b) período transição, (c) período chuvoso.....203

Figura 3 - Partição da beta diversidade dos grupos funcionais de formicídeos nos períodos: 1) seco, em iscas: (a) pão com mel, e (b) sardinha; 2) transição, em iscas:

(c) pão com mel, e (d) sardinha; e, 3) chuvoso, em iscas: (e) pão com mel, e (f) sardinha, por ambiente (C = Cerradão; Q = Corte e Queima; E = Eucalipto; M = Mata dos Cocais; P = Pastagem).....	204
---	-----

CAPÍTULO 11

Figura 1 - Exemplar de <i>Dinoponera gigantea</i> Perty, 1833 identificada em área de coleta.....	224
---	-----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 4

Tabela 1 - Macrofauna edáfica e grupos funcionais	72
---	----

CAPÍTULO 5

Tabela 1 - Número de espécies por subfamília de formicídeos (Hymenoptera: Formicidae) que indicam preservação e degradação ambiental.....	87
---	----

CAPÍTULO 6

Tabela 1 - Características dos ambientes de coleta da macrofauna edáfica no município de Chapadinha, estado do Maranhão, Brasil.....	104
--	-----

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).....	106
--	-----

Tabela 3 - Interações entre ambiente e períodos sazonais (chuvoso e seco) da macrofauna edáfica em formação floresta no bioma Cerrado, Brasil.....	110
--	-----

CAPÍTULO 7

Tabela 1 - Abundância de engenheiros dos ecossistemas da macrofauna edáfica.....	134
--	-----

Tabela 2 - Abundância de onívoros da macrofauna edáfica.....	135
--	-----

Tabela 3 - Abundância de fitófagos da macrofauna edáfica.....	136
---	-----

Tabela 4 - Abundância de saprófagos da macrofauna edáfica.....	136
--	-----

Tabela 5 - Abundância de predadores da macrofauna edáfica.....	137
--	-----

Tabela 6 - Riqueza dos grupos funcionais (engenheiros dos ecossistemas, saprófagos, predadores, onívoros e fitófagos) da macrofauna edáfica.....	137
Tabela 7 - Resultado da PERMANOVA de dois fatores (biótico ~ período * ambiente) referente a composição dos grupos funcionais da macrofauna edáfica.....	138
Tabela 8 - Comparação PERMANOVA pairwise da composição dos grupos funcionais entre diferentes períodos (chuvoso e seco) e ambientes (CER: cerradão; MDC: mata dos cocais; CEQ: corte e queima; EUC: eucalipto; e PAS: pastagem)	138

CAPÍTULO 8

Tabela 1 - Características dos cinco ambientes de coleta da mirmecofauna no município de Chapadinha, estado do Maranhão, Brasil.....	158
Tabela 2 - Mirmecofauna nos períodos seco, transição e chuvoso coletada com isca (I) pão e mel (A) e sardinha (S) nos ambientes: cerrado (C), mata dos cocais (M), corte e queima (Q), eucalipto (E) e pastagem (P).....	161
Tabela 3 - Modelo Linear Generalizado (GLM) da abundância de gêneros da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae).....	164
Tabela 4 - Comparação PERMANOVA pairwise dos gêneros da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) entre diferentes períodos (CHU: chuvoso; SEC: seco; TRA: transição; e) e ambientes (CER: cerradão; CEQ: corte e queima; EUC: eucalipto; MDC: mata dos cocais; e PAS: pastagem)	165
Tabela 5 - Comparação PERMANOVA pairwise dos gêneros da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) entre diferentes períodos (seco, transição e chuvoso)	166
Tabela 6 - Comparação PERMANOVA pairwise dos gêneros da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) entre ambientes (cerradão; corte e queima; eucalipto; mata dos cocais; e pastagem).....	166

Tabela 7 - Valor individual de indicação (IndVal) dos gêneros da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) por períodos (chuvoso, transição e seco), bioma Cerrado, Brasil..... 169

Tabela 8 - Valor individual de indicação (IndVal) dos gêneros da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) por ambientes (CER: cerradão; MDC: mata dos cocais; CEQ: corte e queima; EUC: eucalipto; e PAS: pastagem), bioma Cerrado, Brasil.....170

CAPÍTULO 9

Tabela 1 - Características dos cinco ambientes de coleta da composição funcional da mirmecofauna no município de Chapadinha, estado do Maranhão, Brasil.....192

Tabela 2 - Riqueza dos grupos funcionais Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae)196

Tabela 3 - Resultado da PERMANOVA de dois fatores (biótico ~ período * ambiente) referente a composição dos grupos funcionais da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae).....200

Tabela 4 - Comparação PERMANOVA pairwise dos gêneros da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) entre diferentes períodos (CHU: chuvoso; SEC: seco; TRA: transição; e) e ambientes (CER: cerradão; CEQ: corte e queima; EUC: eucalipto; MDC: mata dos cocais; e PAS: pastagem).....201

Tabela 5 - Comparação PERMANOVA pairwise da composição dos grupos funcionais da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) entre diferentes períodos (chuvoso, seco e transição).....201

Tabela 6 - Comparação PERMANOVA pairwise da composição dos grupos funcionais da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) entre ambientes (cerradão; corte e queima; eucalipto; mata dos cocais; e pastagem)202

Tabela 7 - Valor individual de indicação (IndVal) da composição dos grupos funcionais da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) por períodos (seco, transição e chuvoso), bioma Cerrado, Brasil.....205

Tabela 8 - Valor individual de indicação (IndVal) da composição dos grupos funcionais da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) por ambientes (CER: cerrado; CEQ: corte e queima; EUC: eucalipto; MDC: mata dos cocais; e PAS: pastagem), bioma Cerrado, Brasil.....205

CAPÍTULO 10

Tabela 1 - Ocorrência de *Dinoponera gigantea* Perty, 1833 em cinco ambientes (Cerradão; Mata dos Cocais; Corte e Queima; Eucalipto; Pastagem) do bioma Cerrado à nordeste do Estado do Maranhão.....223

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 3

Quadro 1 - Pesquisas desenvolvidas no Brasil e no mundo com enfoque na identificação de grupos taxonômicos dominantes da macrofauna edáfica em ambientes naturais.....56

Quadro 2 - Pesquisas desenvolvidas no Brasil e no mundo com enfoque na identificação de grupos taxonômicos dominantes da macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo.....59

CAPÍTULO 4

Quadro 1 - Espécies de formicídeos (Hymenoptera: Formicidae) bioindicadoras de preservação ambiental (Quinquênio 2015-2019)88

Quadro 2 - Espécies de formicídeos (Hymenoptera: Formicidae) bioindicadoras de degradação ambiental (Quinquênio 2015-2019)92

CAPÍTULO 7

Quadro 1 - Presença (P) de grupos funcionais (engenheiros dos ecossistemas, saprófagos, predadores, onívoros e fitófagos) da macrofauna edáfica nos períodos chuvoso (Chu) e seco (Sec) nos ambientes: cerradão (CER), mata dos cocais (MDC), corte e queima (CEQ), eucalipto (EUC) e pastagem (PAS).....132

CAPÍTULO 9

Quadro 1 - Presença de grupos funcionais (Cortadeiras de folhas, Dolichoderinae pequenas de recrutamento massivo, Especialistas mínimas de vegetação, Formigas arbóreas de alimentação de pólen, Formigas legionárias, Forrageiras generalistas, Mirmicíneas agressivas, Mirmicíneas generalistas, Patrulheiras e Predadores generalista) da mirmecofauna com iscas (I) pão com mel (A) e sardinha (S) nos

períodos seco, transição e chuvoso nos ambientes: cerrado (C), mata dos cocais (M), corte e queima (Q), eucalipto (E) e pastagem (P)197

SUMÁRIO

Capítulo 1	22
Introdução Geral/ Contextualização.....	22
Objetivos.....	24
<i>Geral</i>	24
<i>Específicos</i>	24
Área de estudo.....	25
Estrutura da tese	28
Referências	30
Capítulo 2	35
Resumo.....	36
Abstract.....	36
Introdução.....	36
Características gerais do Cerrado	38
Fitofisionomias do bioma Cerrado	39
Conclusão.....	46
Agradecimentos.....	46
Referência	46
Capítulo 3	53
Resumo.....	54
Abstract.....	54
Introdução.....	55
Metodologia.....	55
Macrofauna edáfica em ambientes naturais.....	56
Macrofauna edáfica em diferentes ambiente de manejo antrópico.....	58
Conclusão.....	64
Agradecimentos.....	64
Referências	64
Capítulo 4	69
Resumo.....	70
Abstract.....	70
Introdução.....	71
Desenvolvimento	72
Conclusão.....	80

Agradecimentos.....	80
Referências	80
Capítulo 5	84
Resumo.....	85
Abstract.....	85
Introdução.....	85
Espécies bioindicadoras de preservação e degradação ambiental	86
Conclusão.....	96
Agradecimentos.....	96
Referências	96
Capítulo 6	100
RESUMO.....	101
ABSTRACT	102
INTRODUÇÃO.....	102
MATERIAL E MÉTODOS.....	104
RESULTADOS.....	106
DISCUSSÃO	113
CONCLUSÕES.....	120
AGRADECIMENTOS.....	120
REFERÊNCIA.....	120
Capítulo 7	126
RESUMO.....	126
ABSTRACT.....	128
INTRODUÇÃO.....	128
METODOLOGIA.....	130
RESULTADOS.....	132
DISCUSSÃO	139
CONCLUSÃO	147
AGRADECIMENTOS:.....	148
REFERÊNCIA.....	148
Capítulo 8:	153
Resumo.....	154
Abstract.....	155
INTRODUÇÃO.....	156
MATERIAL E MÉTODOS.....	157
Área de estudo.....	157

Delineamento amostral.....	158
Coleta de dados biológicos	159
Análise de dados	160
Valor individual de indicação (IndVal).....	161
RESULTADOS.....	161
DISCUSSÃO	171
Estrutura da comunidade de formicídeos.....	171
Valor individual de indicação (IndVal).....	175
CONCLUSÃO	178
AGRADECIMENTOS:.....	178
REFERÊNCIAS	178
Capítulo 9	186
Resumo.....	187
Abstract.....	188
INTRODUÇÃO.....	189
MATERIAL E MÉTODOS	192
Área de estudo.....	192
Delineamento amostral.....	193
Coleta de dados biológicos	194
Categorias dos grupos funcionais	195
Análise de dados	195
Valor individual de indicação (IndVal).....	196
RESULTADOS.....	196
DISCUSSÃO	206
CONCLUSÃO	211
AGRADECIMENTOS:.....	212
REFERÊNCIAS	212
Capítulo 10:	219
Resumo.....	220
Abstract.....	220
Introdução.....	221
Materiais e Métodos.....	222
Resultados e Discussão	223
Conclusão.....	227
Agradecimentos:.....	227
Referências	227

Capítulo 11	231
Síntese e recomendações.....	231
Discussão geral e principais conclusões.....	231
Desafios e Limitações.....	234
Prioridades e Recomendações	234
Referências	235
APÊNDICES	239

Capítulo 1

Introdução Geral/ Contextualização

Os biomas brasileiros compreendem uma porção significativa de grandes ecossistemas formados por comunidades biológicas com peculiaridades semelhantes, tornando-se centro da biodiversidade mundial pelos altos níveis de riqueza e endemismo. Possuem características climáticas e vegetacionais bem definidas que propicia a proliferação de organismos que interagem entre si e com o meio, favorecendo o equilíbrio ecológico (ALEIXO et al., 2010; SOUZA, 2017; LIMA et al., 2019a).

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro com 2.036.448 km² (23,9%) de em extensão no território nacional, localizado nas regiões: Centro-Oeste, Norte, Nordeste, Sudeste e Sul do país. Esse bioma apresenta diversas fitofisionomias distribuídas em três formações - Florestais, Savânicas e Campestres, em razão de possuir contato geográfico com outros biomas, como Floresta Amazônica, Caatinga; Pantanal, e Mata Atlântica (IBGE, 2004; RIBEIRO; WALTER, 2008; MMA, 2017; LIMA et al., 2019a). Apresenta uma grande diversidade da fauna e flora com abundância de espécies endêmicas, sendo considerado um dos *hotspots* mundiais de conservação da biodiversidade (MYERS et al., 2000; STRASSBUR et al., 2017), embora apresente menor extensão de áreas protegidas por unidade de conservação que corresponde a 8,21% (BRASIL, 2019; LIMA et al., 2020).

As altas taxas de exploração e conversão do Cerrado para agricultura e pecuária tem comprometido a sustentabilidade, a biodiversidade e a qualidade do solo. Mais de 50% da vegetação nativa já foi convertida para outros sistemas de usos e manejo, com uma perda de 9 mil km² do bioma entre 2000 e 2015 (SANO, 2010; INPE, 2020; NOOJIPADY et al., 2017; REIS et al., 2017). Isto indica que esse bioma está sendo perturbado em sua integridade, alterando suas propriedades físicas, químicas e biológicas.

Para avaliar o estado de conservação e/ou degradação de áreas é fundamental estabelecer critérios que balizem o estado desse ambiente, para que se

utilizem estratégias e ações práticas de recuperação e conservação. Estudar a composição taxonômica e funcional da macrofauna edáfica e da mirmecofauna é uma alternativa para monitorar as áreas naturais e/ou antropizadas e fazer as intermediações (ROCHA et al., 2015; LIMA et al., 2019b). Essas categorias de organismos desempenham atividades significativas no funcionamento dos ecossistemas terrestres, sendo eficientes no fornecimento de informações confiáveis sobre as inferências e pressuposições ecológicas e funcionais dos ambientes (MACIEL et al., 2011; VAN LEEUWEN et al., 2015).

A macrofauna edáfica é formada por minhocas, cupins, formigas, tatuzinhos e diplópodes, além de outros indivíduos. Sua atuação está relacionada com o equilíbrio nos ecossistemas, e com a restauração de áreas degradadas (UEHARA-PRADO et al., 2009). Os organismos constituintes deste grupo podem modificar a estrutura física do solo, promover a humificação, transportar nutrientes, e realizar inúmeras funções no ambiente (CORREIA; OLIVEIRA, 2000; MENEZES et al. 2009; KORBOULEWSKY et al., 2016), além disso, é responsável pelo transporte de materiais, que ocorre por meio das galerias que são formadas por escavações destes organismos. Assim, tem sua importância como integrante dos ecossistemas terrestres, devido à ocorrência de modificações no manejo do solo, sendo recomendada como indicadora da integridade ambiental e da fertilidade do solo (MELO et al., 2009; BARETTA et al., 2010; MØLLER; MOUSSEAU, 2018).

A mirmecofauna é constituída por diversas subfamílias de formicídeos que podem ser encontradas em áreas antropizadas e/ou naturais desempenhando diversos papéis nos ecossistemas. As formigas apresentam características peculiares, tais como: diversidade e abundância elevada em diferentes paisagens (MAJER; ORABI; BISEVAC, 2007); acentuada dominância em número e biomassa (DELABIE et al., 2009); participam de diversas interações ecológicas em todos os níveis tróficos (SEGAT et al., 2017); podem ser encontradas no solo e na vegetação (COSTA-MILANEZ et al., 2014); desenvolvem alta especificidade de hábitat (MCGEOCH, 1998); dispõem de ninhos estacionários e perenes que facilitam a amostragem e monitoramento (TSCHINKEL, 2005; KHUONG et al., 2016) e apresentam sensibilidade às mudanças climáticas e as alterações do hábitat (GRAHAM et al., 2008; COSTA; RIBEIRO; CASTRO, 2010; KWON; LEE, 2015).

Assim, indicam alterações naturais ou perturbações antrópicas, que se manifestam na abundância, presença ou ausência de determinadas espécies, gerando informações precisas sobre a qualidade ambiental da área estudada (LOUZADA et al., 2000).

A mirmecofauna tem se tornando uma ferramenta relevante na identificação de distúrbios ambientais que ocorrem em diferentes ambientes (RAINIO; NIEMELA, 2003), possuindo um grande potencial de indicação da qualidade ambiental (OSBORN et al. 1999; AGOSTI et al. 2000), além de desempenhar diversas funcionalidades que relacionadas com os fatores ambientais, podem interferir nos padrões da biodiversidade e da distribuição das comunidades de fauna e flora.

Objetivos

Geral

- Caracterizar a macrofauna edáfica e mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) em relação às alterações no sistema de uso e cobertura do solo em áreas naturais e de manejo antrópico, no bioma Cerrado.

Específicos

- Avaliar a diversidade e riqueza da macrofauna edáfica e mirmecofauna em relação aos diferentes sistemas de usos e cobertura do solo;
- Identificar os grupos taxonômicos da macrofauna e mirmecofauna que persistem em área de manejo antrópico e em áreas naturais;
- Compreender como a variação sazonal influencia as comunidades da macrofauna edáfica e mirmecofauna;
- Reconhecer o tipo de ambiente de cultivo que tem menor impacto sobre a macrofauna edáfica e a mirmecofauna;
- Identificar os grupos funcionais da mirmecofauna em relação aos diferentes sistemas de usos e cobertura do solo;
- Verificar quais os gêneros da mirmecofauna pode ser utilizado como indicadores de qualidade ambiental.

Área de estudo

A pesquisa foi conduzida em áreas do município de Chapadinha ($3^{\circ}44'31''$ S e $43^{\circ}21'36''$ W), Estado do Maranhão, Brasil (Figura 1), sua extensão territorial é $3\,247,159\text{ km}^2$ e a população abrange 77.684 habitantes. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical quente e úmido (Aw), com temperatura média anual superior a $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ e precipitação pluvial média anual de 1.835 mm , a umidade relativa do ar anual fica entre 73 e 79 % (IBGE, 2016).

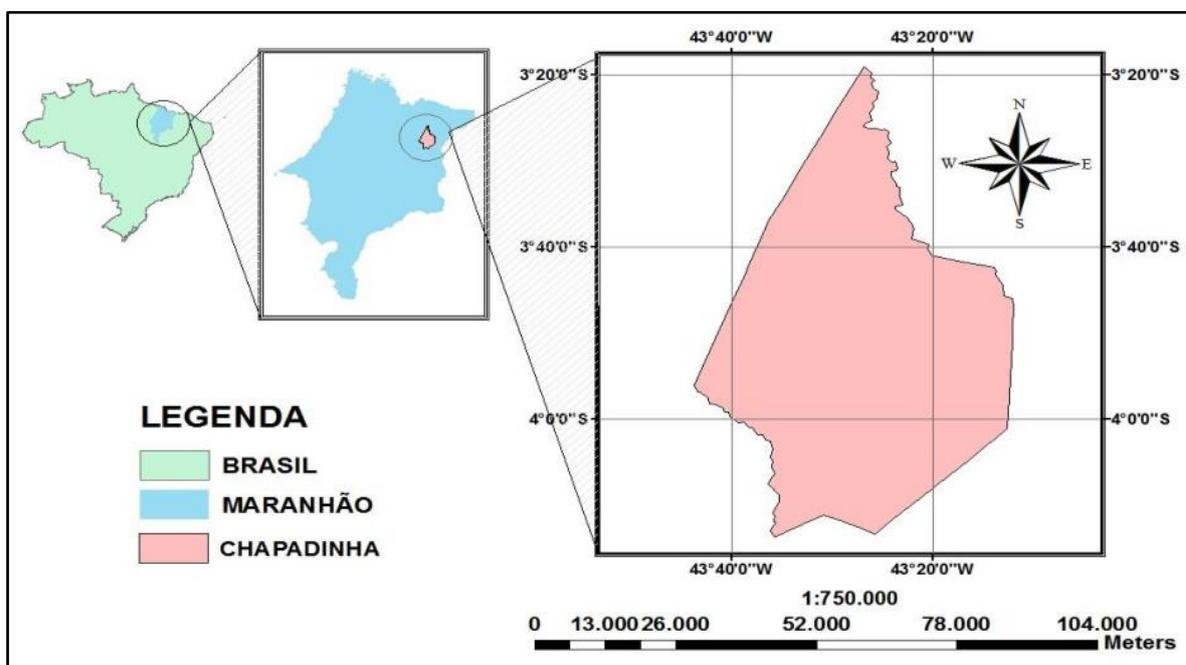


Figura 1 - Localização da área de estudo, no município de Chapadinha, Estado do Maranhão, Brasil. Fonte: Nogueira (2015).

O município é caracterizado por dois períodos sazonais bem definidos: seco e chuvoso, e um período de transição (entre períodos). O período seco estende-se de agosto a novembro, e o período chuvoso de dezembro a julho (NOGUEIRA, et al., 2012). Já o período de transição ocorre: (1) da última quinzena de Novembro a primeira quinzena de dezembro, e (2) da última quinzena de julho a primeira quinzena de agosto.

Foram selecionados cinco ambientes para o desenvolvimento da pesquisa: dois com paisagem natural (Cerradão e Mata dos Cocais) e três com paisagens de manejo antrópico (Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem) do bioma Cerrado (Figura 2), que exibem as seguintes características:

- I. Cerradão (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 (Figura 2. A-1 e A-2).
- II. Mata dos Cocais (03S 43' 08,7" S e 43N 23' 06,9"): vegetação constituída principalmente por palmeira babaçu *Attalea speciosa* Mart. Ex Spreng (1826) (Figura 2. B-1 e B-2).
- III. Corte e Queima (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 (Figura 2. C-1 e C-2).
- IV. Eucalipto (03S 44'02,2" S e 43N 17'23,4"): representado por área plantada com a cultura do eucalipto (*Eucalyptus* sp.) (Figura 2. D-1 e D-2).
- V. Pastagem (03S 51'06,5" e 43N 19'06,3"): área dominada por vegetação herbácea espécie *Andropogon gayanus* Kunth (1833) usada para pecuária semi intensiva (Figura 2. E-1 e E-2).

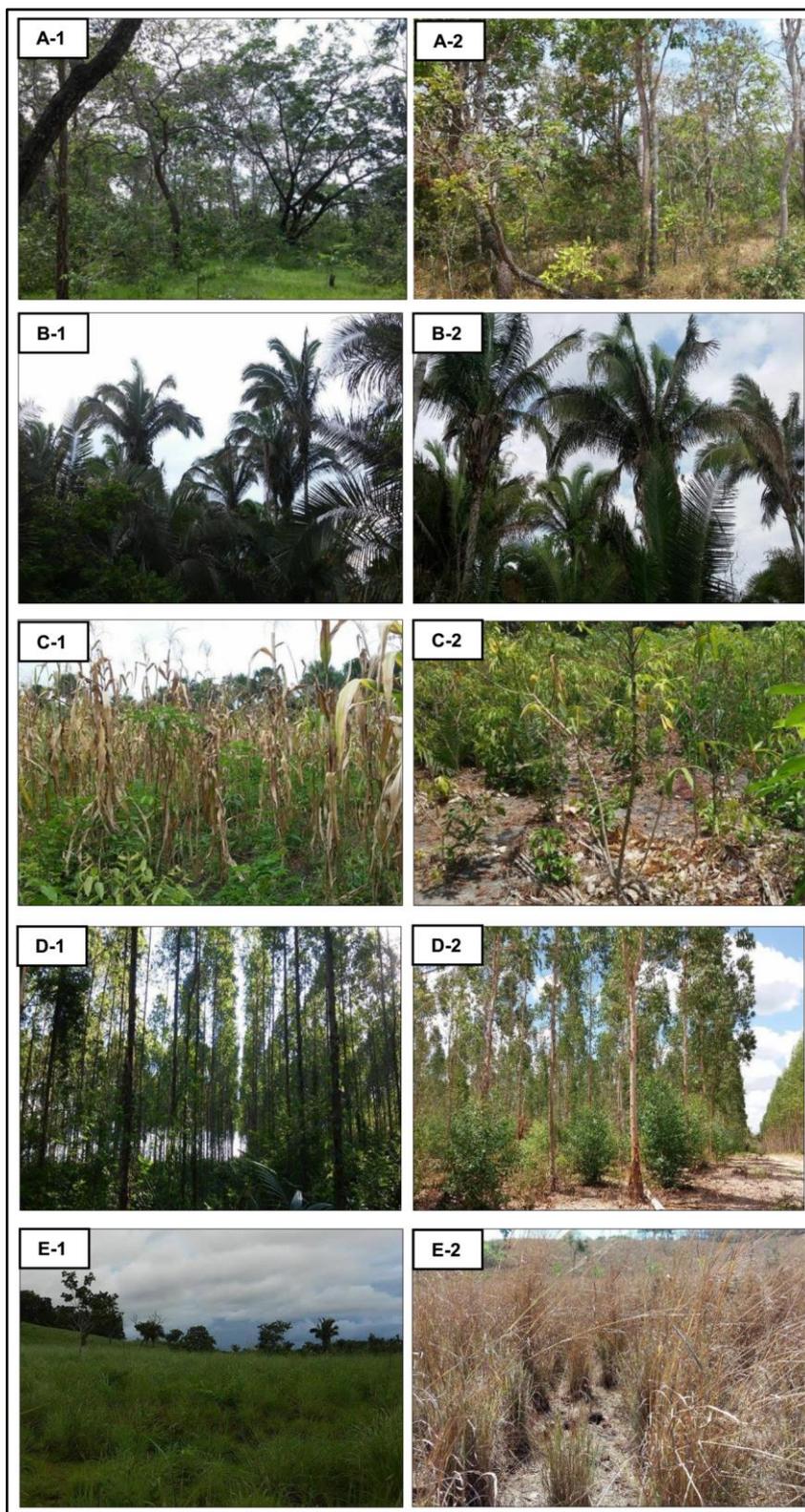


Figura 2 - Áreas de estudo em períodos sazonais – Cerrado, chuvoso (A-1) e seco (A-2); Mata dos Cocais, chuvoso (B-1) e seco (B-2); Corte e Queima, chuvoso (C-1) e seco (C-2); Eucalipto, chuvoso (D-1) e seco (D-2); Pastagem, chuvoso (E-1) e seco (E-2)

Estrutura da tese

Esta tese está ordenada em capítulos inter-relacionados e simultaneamente independentes. A maioria dos capítulos foram publicados em periódicos científicos ou estão em fase de encaminhamento para submissão, de modo que seguem as normas específicas de cada revista, exceto os capítulos 01, 08, 09 e 11 que obedecem ao formato da Univates. Devido à variação na tipologia de fonte dos periódicos, a única alteração dos capítulos que seguem a normatização de revistas foi a utilização de fonte Arial visando padronizar textualmente todos os capítulos da tese.

Este primeiro capítulo apresenta uma introdução geral do tema, as características das áreas de estudo e a estruturação da tese. Os capítulos 02 a 05 são revisões bibliográficas que se referem à parte introdutória desta tese. Os demais capítulos abordam o desenvolvimento de análises a partir do conjunto de dados adquirido nos campos de pesquisa.

O capítulo 02 intitulado “Bioma cerrado: características principais e as fitofisionomias de formação florestal, savânica e campestre” aborda as características gerais do Cerrado a partir de sua distribuição até as fitofisionomias que são distribuídas em três formações: Florestais, Savânicas e Campestres. Essas informações são relevantes para subsidiar o processo de conservação da fauna e flora desse bioma.

Capítulo 03 intitulado “Grupos taxonômicos da macrofauna edáfica dominantes em ambientes naturais e em ambientes antrópicos”, descreve algumas pesquisas enfatizando os táxons dominantes em áreas conservadas e antropogênica, com intuito de conhecer as interações ecológicas que ocorrem nesses diferentes ecossistemas.

O capítulo 04 intitulado “Classificação da macrofauna edáfica com base na funcionalidade dos principais grupos taxonômicos” reuni um conjunto de informações

sobre as principais atividades realizadas pelos táxons que integram os grupos funcionais da macrofauna do solo.

O capítulo 05 intitulado “Espécies de formicídeos (Hymenoptera: Formicidae) em ambientes preservados e em áreas degradadas”, destaca os gêneros mais representativos, quanto a preservação a degradação ambiental, e cita algumas espécies que são exclusivamente bioindicadoras de integridade ambiental.

O capítulo 06 intitulado “Macrofauna edáfica e sua relação com sazonalidade em sistema de uso do solo, bioma Cerrado”, relata que nos ambientes naturais (Cerradão e Mata dos Cocais) e antropizados (Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem) 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 capítulo 7 intitulado “Composição funcional e sazonalidade da macrofauna edáfica em diferentes usos do solo, bioma Cerrado, Brasil”, verificou que os grupos funcionais da macrofauna edáfica (engenheiros dos ecossistemas, saprófagos, predadores, onívoros, fitófagos) desempenham atividades que regulam muitos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no solo do bioma Cerrado, além de promover o seu equilíbrio e o funcionamento habitual.

O capítulo 8 intitulado “Como a sazonalidade e as formações vegetais influenciam a mirmecofauna no bioma Cerrado, Brasil?”, buscou relacionar a mirmecofauna com as paisagens do bioma Cerrado, considerando os períodos sazonais de coleta, comprovando as hipóteses que as comunidades de formigas reagem a alterações nas diferentes fitofisionomias, a sazonalidade interfere na composição da comunidade, e os diferentes habitats diferem na diversidade taxonômica apresentando espécies únicas e indicadoras.

O capítulo 9 intitulado “Composição funcional da mirmecofauna em paisagens do bioma cerrado, Brasil” por meio das análises dessa pesquisa foi possível concluir que a sazonalidade e o perfil de cada paisagem determinam as características funcionais dos formicídeos, e que grupos funcionais generalistas são mais

abundantes em ambientes antropizados, quanto que os grupos especializados são restritos a ambientes naturais.

O capítulo 10 intitulado “Sazonalidade e cobertura do solo afetam a distribuição de *Dinoponera gigantea* Perty, 1833 no bioma Cerrado?”, tem como objetivo investigar se a sazonalidade e a qualidade ambiental dos sistemas de uso do solo afetam a distribuição espacial de *D. gigantea* no bioma Cerrado. Verificou-se que *D. gigantea* pode ser encontrada exclusivamente em ambientes de características naturais, tais como Mata dos Cocais e Cerradão, tornando-se uma espécie indicadora da qualidade ambiental no bioma Cerrado.

O capítulo 11 apresenta um resumo dos principais resultados e conclusões dos capítulos anteriores, como também uma abordagem dos desafios e limitações, destacando prioridades e recomendações para pesquisas futuras, visando à conservação e restauração do bioma Cerrado.

Por fim, apresento como último elemento da tese os apêndices com as impressões da primeira página dos trabalhos publicados em periódicos científicos oriundos desta pesquisa de doutorado.

Referências

AGOSTI, D.; L. E. ALONSO. The ALL Protocol. *In*: AGOSTI, D. *et al.* (ed.). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**, Washington: Smithsonian Institution Press, 2000. p. 204-206.

ALEIXO, A. L. P. *et al.* Mudanças climáticas e a biodiversidade dos biomas brasileiros: passado, presente e futuro. **Natureza & Conservação**, v. 8, n. 2, p. 194-196, 2010.

BARETTA, D. *et al.* Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores da qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Acta Zoológica Mexicana**, Ciudad de México, v. 26, p. 135-150, 2010.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **O Bioma Cerrado**. Brasília: MMA, 2019.

- CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. **Fauna de solo**: aspectos gerais e metodológicos. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000.
- COSTA, C. B.; RIBEIRO, S.P.; CASTRO, P. T. A. Ants as bioindicators of a natural succession in savanna and riparian vegetation impacted by dredging in the Jequitinhonha River Basin, Brazil. **Restoration Ecology**, v. 18, p. 148-157, 2010.
- COSTA-MILANEZ, C. B. *et al.* Are ant assemblages of Brazilian veredas characterized by location or habitat type? Braz. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, p. 89-99, 2014
- DELABIE, J. H. C. *et al.* Ants as biological indicators of Wayana Amerindians land use in French Guiana. **Comptes Rendus Biologies**, v. 332, p. 673-684, 2009.
- IBGE. Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS. **Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2015**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Brasília, 2016.
- IBGE. **Mapa de Biomas e vegetação**. 2004. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>. Acesso em: 14 junho 2018.
- INPE. **Prevenção e controle do desmatamento**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://combateaodesmatamento.mma.gov.br/>. 2020.
- GOMIDE, P. H. O.; SILVA, M. L. N.; SOARES, C. R. F. S. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.567-577, 2011.
- GRAHAM, J. H. *et al.* Species richness, equitability, and abundance of ants in disturbed landscapes. **Ecological Indicators**, v. 141, p. 1717-1725, 2008.
- KHUONG, A. *et al.* Stigmergic construction and topochemical information shape ant nest architecture. **Proc Natl Acad Sci EUA**, v. 113, n. 5, p. 1303-1308, 2016.
- 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>

- KWON, T. S.; LEE, C. M. Prediction of abundance of beetles according to climate warming in South Korea. **Journal of Asia-Pacific Biodiversity**, v. 8, p. 7-30, 2015.
- LIMA, C. S. *et al.* Bioma Cerrado: Características principais e as fitofisionomias de formação florestal, savânica e campestre. **Revista Querubim (Online)**, ano 15, p. 39-43, 2019a, Seção Especial.
- LIMA, C. S. *et al.* Grupos taxonômicos da macrofauna edáfica dominantes em ambientes naturais e em ambientes antrópicos. **Revista Querubim (Online)**, ano 15, p. 48-55, 2019b, Seção Especial.
- LIMA, C. S. *et al.* 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>
- LOUZADA, J. N. C.; SANCHES, N. M.; SCHLINDWEIN, M. N. Bioindicadores de qualidade ambiental e de impactos ambientais de atividade agropecuária. **Informe Agropecuario**, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 72-77, 2000.
- MACIEL, L. *et al.* Inventário da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em ambiente de sucessão ecológica florística no município de União da Vitória, Paraná. **Biodiversidade Pampeana**, v. 9, n. 1, p. 39-43, 2011.
- MAJER, J. D.; ORABI, G.; BISEVAC, L. Ants (Hymenoptera: Formicidae) pass the bioindicator scorecard. **Myrmecological News**, v. 10, p. 69-76, 2007.
- MCGEOCH, M. A. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. **Biological Reviews**, v. 73, p. 181-201, 1998.
- MELO, F. V. de *et al.* 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. *et al.* Macrofauna edáfica em estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual e pastagem mista em Pinheiral (RJ). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 1647-1656, 2009.
- MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 24, 2000.

- 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>
- NOGUEIRA, V. F. B. **Expansão da soja no Cerrado Maranhense: uma análise da influência antrópica no clima regional**. 2015. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2015.
- NOGUEIRA, V. F. B.; CORREIA, M. F.; NOGUEIRA, V. S.. Impacto do Plantio de Soja e do Oceano Pacífico Equatorial na Precipitação e Temperatura na Cidade de Chapadinha - MA. **Revista Brasileira de Geografia Física, Pernambuco**, v.5, p.708-724, 2012.
- NOOJIPADY, P. *et al.* Forest carbon emissions from cropland expansion in the Brazilian Cerrado biome. **Environmental Research Letters**, v.12, p.1-12, 2017.
- OSBORN, F. *et al.* Ants, plants and butterflies as diversity indicators: comparison between strata at six forest sites in Venezuela. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 34, n. 1, p. 59-64, 1999.
- RAINIO, J.; NIEMELA, J. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. **Biodiversity and Conservation**, v.12, p. 487-506, 2003.
- REIS, T. *et al.* **Climate challenges and opportunities in the Brazilian Cerrado**. IPAM: Documentos e Relatórios. 2017. p.11
- ROCHA, W. O. *et al.* Formigas (Hymenoptera: Formicidae) Bioindicadoras de degradação ambiental em Poxoréu, Mato Grosso, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v.22, n. 1, p. 88-98, 2015.
- SANO, E. E. **Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal do bioma Cerrado: ano-base 2002**. Brasília: MMA, 2010.
- SEGAT, J. C. Ants as indicators of soil quality in an on-going recovery of riparian forests. **Forest Ecology and Management**. v. 404, p. 338-343, 2017.
- SOUZA, B. C. P. Ascomicetos associados a plantas da reserva natural da Embrapa Cerrados, Distrito Federal. 2017. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

STRASSBURG, B.B.N. *et al.* Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature ecology & evolution**, v. 1, p.1-3, 2017.

TSCHINKEL, W. R. The nest architecture of the ant, *Camponotus socius*. **Journal of Insect Science**, p. 5-9, 2005.

UEHARA-PRADO, M. *et al.* 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>

VAN LEEUWEN, J. P. *et al.* An ecosystem approach to assess soil quality in organically and conventionally managed farms in Iceland and Austria. **Soil Journal**, v.1, p.83-101, 2015.

Capítulo 2

BIOMA CERRADO: CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS E AS FITOFISIONOMIAS DE FORMAÇÃO FLORESTAL, SAVÂNICA E CAMPESTRE

Charlyan de Sousa Lima^{1, *}
Eduardo Périco²
Edison Fernandes da Silva³
Marina Schmidt Dalzochio⁴

¹ Doutorando em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. Professor da Rede Pública Estadual do Maranhão e Rede Municipal de Chapadinha-MA.

² Professor titular do Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES.

³ Professor adjunto do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

⁴ Doutora em Biologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

*Autor correspondente: E-mail: charlyansl@yahoo.com.br

Publicado na Revista Querubim

LIMA, C. S. *et al.* **Bioma Cerrado**: características principais e as fitofisionomias de formação florestal, savânica e campestre. Revista Querubim (Online), ano 15, p. 39-43, 2019, Seção Especial.

Resumo

Objetivou-se apresentar as principais características do bioma Cerrado e as suas fitofisionomias de formação florestal, savânica e campestre. O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, que apresenta características peculiares quanto ao solo, clima e vegetação. É constituído por 11 fitofisionomias com formações: Florestais, Savânicas e Campestres. Conclui-se que o conhecimento sobre as principais características do bioma Cerrado, no que se refere a abrangência, as condições edafoclimáticas, e a distribuição das fitofisionomias, são essenciais para reconhecer a importância de sua preservação e conservação, além de subsidiar no processo de diferenciação entre os demais biomas brasileiros.

Palavras-chave: clima, solo, vegetação.

Abstract

This study aimed to present the main characteristics of the Cerrado biome and its physiomy of forest, savanna and campestrial formation. The Cerrado is the second bigger biome in Brazil, which presents peculiar characteristics such as soil, climate and vegetation. Constituted by 11 physiomy with formations: Forest, Savannas and Campestrial. Concluded that knowledge about the main characteristics of the Cerrado biome, in terms of its range, soil and climatic conditions, and the distribution of physiomy, are essential to recognize the importance of its preservation and conservation, besides subsidizing the differentiation process among other Brazilian biomes.

Keywords: climate, soil, vegetation.

Introdução

O Bioma é uma subdivisão biológica, formada por comunidade biótica e geográfica, constituída principalmente por características fisionômicas e ecológicas da vegetação. Apresentam clima bem definido, e um conjunto de organismos que interagem entre si, e com os indivíduos que constituem o ambiente, além de

interagirem com a vegetação onde estão inseridos (COUTINHO, 2006; SOUZA, 2017).

O Cerrado pode ser compreendido como um agrupamento vegetacional que reuni várias relações fisionômicas e ecológicas (RIBEIRO; WALTER, 2008). Geralmente é constituído por arbustos com troncos retorcidos revestidos por casca com densa espessura. Apresenta vasta diversidade de fauna e flora, com suas peculiaridades.

A fauna do Cerrado é representada por cerca de 837 espécies de aves, 150 de anfíbios, 120 répteis e 67 mamíferos (MORAES, 2019), além dos vertebrados, são incontáveis o número de invertebrados que habitam esse bioma. Algumas espécies, como a onça-pintada (*Panthera onca*), o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), o cachorro-do-mato-vinagre (*Speothos venaticus*), dentre outras estão ameaçadas de extinção. O tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), por exemplo, que é exclusivo do Cerrado, também está na lista das espécies ameaçadas. Ao todo são mais de 60 espécies do Cerrado que estão em situação equivalente (ISPN, 2019).

A flora do Cerrado também é riquíssima, são mais de 10 mil espécies vegetais, entre elas, o Buriti (*Mauritia flexuosa*), a Ingá (*Inga feuillei*), a Guariroba (*Syagrus oleracea*), o Pequi (*Caryocar brasiliense*), o Angico (*Anadenanthera macrocarpa*), o Ipê-do-cerrado (*Handroanthus ochraceus*), entre outros. São mais de 4.400 espécies endêmicas, isto é, que existem somente no nesse bioma (ISPN, 2019).

Assim, pode-se afirmar que o bioma Cerrado reuni grande diversidade de fauna e flora, sendo considerado um dos hotspots mundiais, por apresentar vasta abundância de espécies endêmicas, que são vítimas de severas ameaças, principalmente a partir da perda de habitat.

Nesse sentido, esse trabalho tem como objetivo apresentar as principais características do bioma Cerrado e as suas fitofisionomias de formação florestal, savânica e campestre.

Características gerais do Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, e também o segundo maior do Brasil, ocupando 23% do território brasileiro (GAMARRA et al., 2016). Sua área está distribuída nas cinco regiões do país (Figura 1), no Nordeste: Maranhão (65%), Piauí (37%) e Bahia (27%); no Norte: Tocantins (91%) e Rondônia (0,2%); no Centro-Oeste: Distrito Federal (100%), Goiás (97%), Mato Grosso (40%) e Mato Grosso do Sul (61%); no Sudeste: Minas Gerais (57%) e São Paulo (33%) e no Sul: Paraná (2%) (IBGE, 2004).

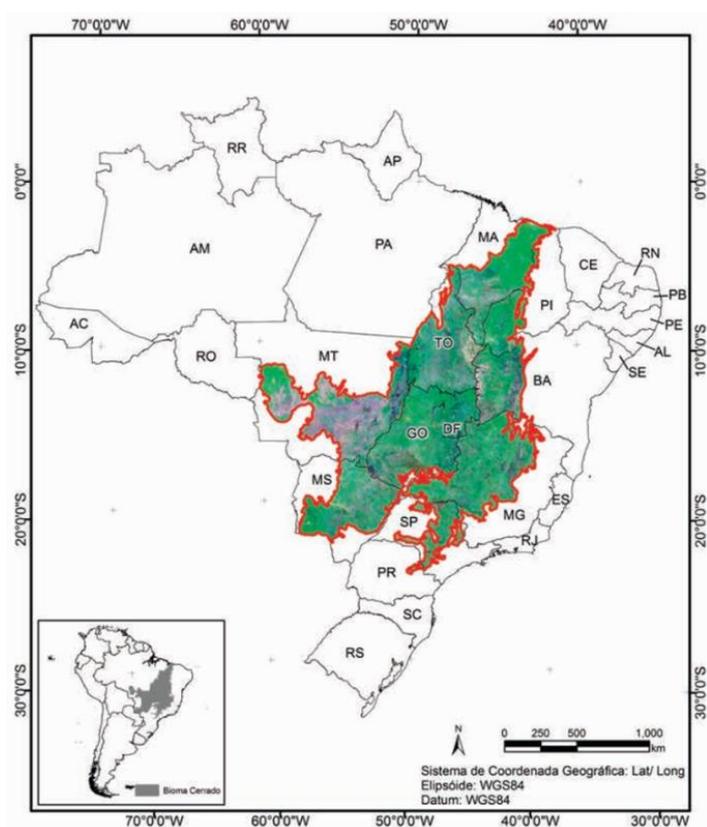


Figura 1 - Representação espacial da abrangência do bioma Cerrado no Brasil. Fonte: IBGE (2004, apud MMA, 2015, p. 22).

No bioma Cerrado está presente as três maiores bacias hidrografias do continente: São Francisco, Amazônica e do Prata, responsáveis pelo fornecimento

de água tanto na porção central do Brasil, como em alguns países da América do Sul (STRASSBURG et al., 2017).

O clima no bioma Cerrado apresenta estacionalidade, com definição de estações seca e chuvosa. Apresenta oscilação das chuvas, com precipitação anual entre 600-2000 mm, influenciado pela sua vasta extensão latitudinal, e pela proximidade com outros biomas. Por receber influência de aspectos geográficos, na porção norte, a temperatura média anual é de 23°C à 27°C, podendo atingir máxima de 36°C, enquanto que no centro sul, a média de temperatura anual fica entre 18°C-22°C, com máxima de 31°C (SILVA et al., 2008).

Os solos do Cerrado são descritos como ondulados, planos a suave, profundos e intemperizáveis. Podem ser, em sua maioria, classificados como Latosso Vermelho (EMBRAPA, 1999), com pH levemente ácido, limitação em nutrientes (principalmente: cálcio e fósforo) e presença do Alumínio, que pode ser tóxico as raízes das plantas, quando apresentam altas quantidades (OLIVEIRA; MARQUIS, 2002; ABICHEQUER; BOHNEN; ANGHINONI, 2003). Contudo, estes solos são ricos em gipsita e apresentam estrutura granular que facilita a infiltração de água e a baixa condutividade capilar, como também auxilia o escoamento superficial nas depressões da superfície do terreno (MESQUITA; MORAES, 2004; RIBEIRO et al., 2007).

Fitofisionomias do bioma Cerrado

Segundo Ribeiro; Walter (2008), o bioma Cerrado é constituído de 11 fitofisionomias, distribuídas em três formações – Florestais, Savânicas e Campestres – que recebem subdivisão específica (Figura 2).

Nas formações Florestais do Cerrado, a vegetação predominante é constituída de espécies arbóreas, com dossel contínuo, e podem estar associados ou não a águas superficiais ou subterrâneas, sendo que os seus solos geralmente, tendem a ser úmidos e/ou férteis (SILVA et al. 2006; RIBEIRO; WALTER, 2008). Estão classificadas em Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão.

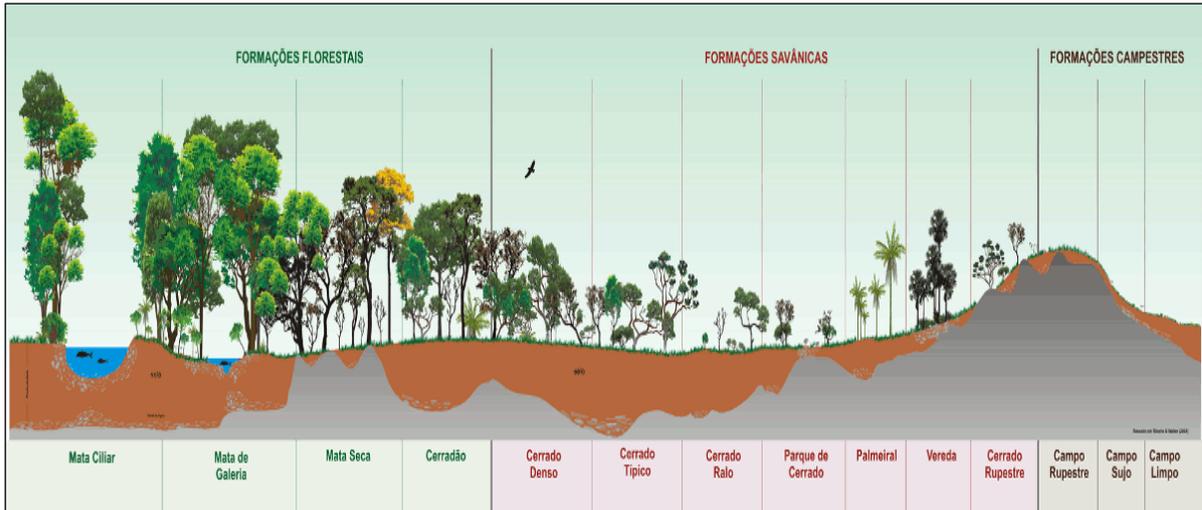


Figura 2 - Fitofisionomias do Bioma Cerrado, adaptado de Ribeiro; Walter (2008).
 Fonte: NUNES (2017).

As Matas Ciliares são formações do tipo florestal, tendo porte arbóreo ou arbustivo, principalmente nos ambientes não perturbados. Também estão relacionadas aos corpos d'água, com variações na estrutura comunitária e na constituição florística, que dependem das interações entre o ecossistema aquático e o ambiente adjacente. Sendo, primordial a aplicação de estratégias para a melhoria dos aspectos da paisagem e da diminuição da erosão nas margens de rios (OLIVEIRA FILHO, 1994; CARPANEZZI, 2000; RIBEIRO; WALTER, 2008).

Mata de Galeria são formações florestais situadas em córregos e rios, que formam galerias de pequeno porte nos cursos d'água (RIBEIRO; WALTER, 2008). Durante a estação seca não apresenta queda evidente de folhas (RIBEIRO; WALTER, 2001). No Cerrado, forma um grande corredor de formação florestal no sentido noroeste a sudeste, interligando Mata Atlântica a Floresta Amazônica (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002). E quando ocorre a devastação dessa fitofisionomia, influencia no aumento da turbidez da água, na perda da perenidade, na erosão dos cursos d'água, que comprometerá a biodiversidade da fauna e flora (OLIVEIRA FILHO et al., 1994).

A Mata Seca também chamada de Floresta Estacional Decidual corresponde à formações florestais dissociadas de cursos d'água, constituída de espécies arbóreas de elevadas dimensões – quando comparados a fitofisionomias savânicas

(NASCIMENTO et al., 2004) – formação florística própria, e afloramentos calcários que influencia na presença de solos rasos com nutrientes disponíveis (FELFILI et al., 1998; WERNECK; FRANCESCHINELLI; TAMEIRÃO-NETO, 2000; SILVA; SCARIOT, 2004; RIBEIRO; WALTER 2008). Raramente, é possível ser constituída de relevo plano, condicionando solos de maior profundidade (SAMPAIO, 2006). Esta floresta apresenta elevados níveis de caducifolia, principalmente durante a estação seca, fator determinante para a origem do termo “mata seca” (SANTOS et al. 2007; RIBEIRO; WALTER, 2008). No Brasil sua ocorrência se dá em forma de machas, podendo ser encontrada no Cerrado, como também nos biomas de Caatinga e Mata Atlântica (IBGE, 2004).

O Cerradão é uma formação florestal com predominância de dossel com cobertura vegetal entre 50% e 90% (RIBEIRO; WALTER, 2008). Apresenta aspectos xeromórficos, com três estratos distintos: arbóreo, arbustivo e herbáceo. O estrato arbóreo varia de 8 a 15 m de altura, podendo apresentar árvores com 20 m (GOODLAND; FERRI, 1979). O arbustivo, é formado por arbustos e arvoretas com 2 a 5 m de altura. O estrato herbáceo, é comumente menos desenvolvido que os demais estratos, e quase inexistente nas porções de elevada cobertura, que favorece maior sombreamento da área (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002).

Geralmente o dossel do Cerradão é descontínuo, que influencia na formação de restritos estratos verticais, e menor tamanho das copas de árvores, que possibilita a passagem de luz ao sub-bosque (BOTREL, 2007). Nesta formação florestal, as árvores morrem e iniciam seu processo de decomposição de forma lenta, mantendo-se em pé, que imobiliza a abertura de grandes clareiras (GIAMPETRO, 2005; BOTREL, 2007; MARTINI et al., 2008).

O Cerradão também pode ser compreendido como uma formação perenifolia, embora algumas espécies vegetais manifestarem caducifolia, principalmente durante a seca. Sendo que apresenta elevado nível de sombreamento e umidade, que condiciona ocorrência reduzida de incêndios, favorecendo a reprodução e permanência de espécies vegetais resistentes ao fogo (DURIGAN; RATTER, 2006; GEIGER et al., 2011).

As formações Savânicas são constituída de espécies arbóreas com diferentes densidades, que geralmente não manifestam dossel contínuo. Também pode

apresentar estrato arbustivo-herbáceo. Esta formação é distribuída em quatro fitofisionomias: Cerrado Sentido Restrito (denso, típico, ralo, rupestre), Parque de Cerrado, Palmeiral (buritizal, babaçual e guerobal) e Vereda (Figura 2).

O Cerrado Sentido Restrito, é o tipo de fitofisionomia de formação savânica que ocupa maior extensão, correspondendo a 70% da área do bioma Cerrado (FELFILI; SILVA-JÚNIOR, 2005; RIBEIRO; WALTER, 2008). É formado por estratos arbóreos, geralmente baixos (em torno de 3-8 metros), retorcidos com ramificações irregulares e sem formação de dossel, suas raízes são profundas e xilópódios (MARIMON-JUNIOR; HARIDASAN, 2005; COSTA JUNIOR; BERNINI, 2008; RIBEIRO; WALTER, 2008). Apresentam cascas de cortiça grossa, sulcada ou fendida, as folhas são rígidas e coriáceas, em muitas espécies as gemas apicais recebem uma proteção de densa pilosidade. Nesse tipo de fitofisionomia, dificilmente sofre com a retenção de água no período de estiagem (RIBEIRO; WALTER, 2008). Pode também apresentar estrato arbustivo-herbáceo definido e disperso pela área (RIBEIRO; WALTER, 2008; LEMOS, 2017).

O Cerrado Sentido Restrito apresenta proeminente diversidade biológica, elevada taxa de endemismo e alto nível de riqueza (MYERS et al., 2000; MITTERMEIER et al., 2005; BUTLER et al., 2012). Por apresentar vários elementos condicionantes, tais como a estrutura florística da vegetação, e a distribuição arbórea, pode-se subdividir esta fitofisionomia em quatro subtipos: denso, típico, ralo e rupestre.

Os três primeiros têm variação quanto à densidade e altura arbórea que manifesta comportamento decrescente dos subtipos de fitofisionomia: cerrado denso ao ralo. No Cerrado Denso, a cobertura arbórea pode variar entre 5% a 70% com altura da vegetação em torno de 5 a 8 m (RIBEIRO; WALTER 2008). No Cerrado Típico, essa cobertura pode atingir 50% com altura entre 3 a 6 m. Já no cerrado ralo a variação de cobertura arbórea é menor, que corresponde entre 5% a 20%, com altura das árvores de 2 a 3m. Por fim, o cerrado rupestre apresenta diferença em relação as demais fitofisionomias do Cerrado Restrito, pois seus solos são rasos e sua ocorrência se dá principalmente nas fendas de rochas, sendo constituído por espécies típicas com adaptação ao ambiente (RIBEIRO; WALTER 2008; PINTO; LENZA; PINTO, 2009).

O Parque de Cerrado é uma fitofisionomia de formação savânica reconhecida pela presença marcante de murundus, também conhecidos como microrrelevos, cuja formação pode estar relacionada à erosão e atividade dos cupins e sua degradação de cupinzeiros no decorrer do processo de sucessão (OLIVEIRA FILHO, 1992; ARAÚJO NETO et al., 1986). Sendo assim, os murundus são elevações convexas e circular, podendo apresentar de 0,1-1,5m de altura, até 10 m comprimento de rampa, e 0,2-20 metros de diâmetro, são edificadas pela ação de térmitas, que realizam a drenagem do solo, para a implantação da vegetação, que é formada geralmente por arbustos lenhosos típicos do cerrado, com altura de 3-6 m, formando uma cobertura arbórea de 5% a 20% (CASTRO JUNIOR, 2002; RIBEIRO; WALTER 2008).

Quanto a fitofisionomia Palmeiral é compreendida como uma formação savânica que tem vasta distribuição, concentrando sua ocorrência nos trópicos e subtropicais, é formada por palmeira da família Arecaceae, que podem exibir caules e folhas com ou sem espinhos (ENDERSON 1995; MARTINS, 2001; RIBEIRO; WALTER, 2008). Está subdividida, principalmente, em Babaçual, Carnaubal, Macaubal e Guerobal, de acordo com a sua respectiva espécie que ocupa a determinada área do bioma Cerrado.

O Babaçual é formado normalmente pelas espécies do gênero *Attalea*, atinge de 10 a 30 metros de altura, com diâmetro de caule entre 20 a 50 cm, suas folhas têm posição retilínea, com posicionamento em direção ao alto. Pode ser encontrado em áreas de transição entre Amazônia, Cerrado e Caatinga, predominando nos estados do Maranhão, Piauí e Tocantins (CLEMENT; HIGUCHI, 2006; LORENZI, 2010; CARRAZZA; SILVA; ÁVILA, 2012).

O Carnaubal é formado por carnaúba (*Copernicia prunifera* (Miller) H. E. Moore), típica do nordeste brasileiro com palmeiras que podem atingir de 10-15 metros de altura e de 15-25 cm de diâmetro, tem capacidade de renovar sua copa anualmente, ocorrendo a queda natural das palhas com idade superior de um ano. São encontradas em regiões de solo argiloso, aluviões, com altos teores de salinidade. Ocorrem em extensões de planícies inundáveis nos vales de rios nordestinos, dos estados do Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará, e com menos densidade nos estados de Goiás e Tocantins, e no norte de Minas Gerais

(HENDERSON; GALEANO; BERNAL, 1995; ARRUDA; CALBO, 2004; D'ALVA, 2007; MAPA, 2014).

O Macaubal é constituído por palmeiras robustas do gênero *Acrocomia*, conhecida como macaúba, podem atingir até 15 metros de altura, apresentam estipe cilíndrico-fusiforme e ereto, com diâmetro de 30 a 40 cm, e folhas agregadas em seu ápice. Seus troncos são constituídos de espinhos pontiagudos, comumente encontrados na região dos nós, com quantidade e tipo diversificado. As folhas são compostas, e têm comprimento de 4 a 5 metros, e juntas dão um perfil plumoso à copa (RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003; LORENZI, 2006). A macaúba é uma palmeira de maior distribuição no Brasil, pode ser encontrada nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, e nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do país (AQUINO et al., 2008).

O Guerobal é representado pela presença da gueroba (*Syagrus oleracea*), também conhecida como guariroba, é uma palmeira nativa do cerrado que pode atingir 20 metros de altura, e de 15 a 30 cm de diâmetro de caule; sua copa tem em média de 4 m de diâmetro, sendo constituída de 12 a 20 folhas. No Brasil essa fitofisionomia está presente nos estados da Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, e no Distrito Federal (LORENZI et al., 2004; BJORHOLM et al., 2005; ANDRADE et al., 2013). Devido está presente em grande quantidade nas pequenas áreas, e ter alto nível de degradação provocado pela densidade populacional humana, esta fitofisionomia requer mais atenção da ecologia de conservação, para evitar possíveis perdas ao ambiente (CINCOTTA; WISNEWSKI; ENGELMAN, 2000; MEYER et al., 2000).

A Vereda é caracterizada por sistemas úmidos, constituídos principalmente pela palmeira buriti (*Mauritia flexuosa* L.) que é responsável pela formação do Buritizal, pode ser encontrada na América do Sul, em regiões inundadas de solo hidromórfico, com distribuição nos biomas Cerrado e Floresta Amazônica. Possui alta densidade e capacidade de conservar a umidade do solo, auxiliando no aporte dos corpos hídricos, especialmente nos períodos de seca. Dessa forma, essa fitofisionomia contribui para o equilíbrio e manutenção dos ecossistemas locais, além de funcionar como abrigo natural para elevada diversidade de fauna (PASSOS;

MENDONÇA 2006; RESENDE et al., 2012; RIBEIRO et al., 2014; MOURA FILHO, 2017).

O Cerrado Rupestre é uma fitofisionomia que corresponde a 7% do bioma Cerrado, geralmente é predominante em Neossolos Litólicos caracterizados por serem solos rasos com afloramentos rochosos de quartzito e arenito, que dificulta a passagem do sistema radicular da vegetação, sendo que as plantas arbóreas se concentram principalmente nas fendas entre as rochas (REATTO et al., 2008; RIBEIRO; WALTER, 2008). Segundo Nascimento; Sano (2010) essa fitofisionomia por apresentar características edáficas específicas, como alta altitude, possui aspectos de conservação elevados, que favorecem a permanecem da vida silvestre e a formação de barreiras para o crescimento agropecuário.

As formações campestres são constituídas por três tipos de fitofisionomias: Campo Rupestre, Campo Sujo e Campo Limpo (Figura 2). O Campo Rupestre possui formações herbáceo e arbustivas, intervalado geralmente por matas ciliares e casualmente salpintado de ilhas de capão; a vegetação é marcada pela presença de plantas com elevada capacidade de fixação no solo e tolerância de dessecação, assumindo resistência aos estresse hídricos (RAPINI et al., 2008); quanto ao solo, são raros com acentuada fragilidade à erosão, principalmente quando parte da cobertura vegetal nativa é retirada de sua camada superficial (NUNES; FERNANDES; NEGREIROS, 2015).

O Campo Sujo é formado por vegetação herbáceo arbustiva com proliferação de arbustos e subarbustos com distanciamento entre si; os solos podem ser rasos com diminutos afloramentos rochosos, ou profundos com pouca fertilidade (GIÁCOMO et al., 2013). De todas as fitofisionomias, o Campo limpo é a de estrato menos denso, constituído por formação herbáceo subarbustivo com ausência de árvores, e solos mais distróficos (EITEN, 1993; RIBEIRO; WALTER, 2008; GIÁCOMO et al., 2013).

Conclusão

O conhecimento sobre as principais características do bioma Cerrado, no que se refere a abrangência, as condições edafoclimáticas e a distribuição das fitofisionomias, são essenciais para reconhecer a importância de sua preservação e conservação, além de subsidiar no processo de diferenciação entre os demais biomas brasileiros.

Agradecimentos

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil, pela bolsa de doutorado.

Referência

ABICHEQUER, A. D.; BOHNEN, H.; ANGHINONI, I. Absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo submetidas à toxidez de alumínio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p. 373-378, 2003.

ANDRADE et al., 2013. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável da gueroba**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2013.

AQUINO, F. G. *et al.* Distribuição geográfica das espécies *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood ex. Mart. e *Caryocar brasiliense* Cambess. no bioma Cerrado. *In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9, SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília. Anais [...]* Brasília: ParlaMundi, 2008.

ARAUJO NETO M. D. *et al.* The murundus of the cerrado region of Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 2, p. 17-35, 1986.

ARRUDA, G. M. T.; CALBO, M. E. R. Efeitos da inundação no crescimento, trocas gasosas e porosidade radicular da carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H. E. Moore). **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 18, n 2, p. 219-224, 2004.

- BJORHOLM, S. *et al.* Environmental and spatial controls of palm (Arecaceae) species richness across the Americas. **Global Ecol. Biogeogr.** v. 14, p. 423- 429, 2005.
- BOTREL, R. T. **Análise silvigênica em floresta estacional semidecídua e em cerrado no estado de São Paulo.** 2007. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- CARPANEZZI, A. A. Benefícios indiretos da floresta. *In:* GALVÃO, A. P. M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais.** Brasília: Embrapa Florestas, 2000. p. 19-55.
- CARRAZZA, L. R.; SILVA, M. L.; ÁVILA, J. C. C. **Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto do Babaçu.** Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2012.
- CASTRO JÚNIOR, P. R. **Dinâmica da Água em Campos de Murundus do Planalto dos Parecis.** 2002. Tese. (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- CINCOTTA, R.P.; WISNEWSKI, J.; ENGELMAN, R. Human population in the biodiversity hotspots. **Nature.** v. 404, p. 990-992, 2000.
- CLEMENT, C. R.; HIGUCHI, N. The Amazon jungle and the Brazil of future. **Ciência e Cultura,** Campinas, v. 58, n. 3, p. 25-37, 2006.
- COSTA JUNIOR, D. P.; BERNINI, F. S. **Cerrado: Beleza Oculta.** Campinas: Engecrol, 2008.
- COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botanica Brasilica,** Belo Horizonte, v. 20, n. 1, p. 13-23, 2006.
- D'ALVA, O. A. **O extrativismo da carnaúba no Ceará.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007.
- DURIGAN, G.; RATTER, J. A. Successional changes in cerrado and cerrado/forest ecotonal vegetation in western São Paulo State, Brazil, 1962-2000. **Edinburgh Journal of Botany,** v. 63, p. 119-130, 2006.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. *In*: M. N. Pinto (ed.). **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília: Editora UNB, 1993. p. 17-73.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Serviço de Produção de Informação, 1999.

FELFILI, J. M.; SILVA JUNIOR, M. C. 2005. Diversidade alfa e beta no cerrado sensu stricto, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. *In*: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (org.). **Cerrado**: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. p. 141-154, 2005.

FELFILI, J. M.; SILVA JUNIOR, M. C.; NOGUEIRA, P. E. Levantamento da vegetação arbórea na região de Nova Xavantina, MT. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 3, p. 63-81, 1998.

GAMARRA, R. M. et al. Analysis of land cover changes of a Cerrado (Tropical Savanna) área in the Centre-West of Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 1, p. 76-90, 2016.

GEIGER, E. L. *et al.* Distinct roles of savanna and forest tree species in regeneration under fire suppression in a Brazilian savanna. **Journal of Vegetation Science**, v. 22, p. 312-32, 2011.

GIÁCOMO, R. G. *et al.* Florística e fitossociologia em áreas de campo sujo e cerrado sensu stricto na estação ecológica de Pirapitinga-MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 29-43, 2013.

GIAMPETRO, R. L. **Modificações na estrutura e composição florística de matas ciliares na região do Médio Paranapanema (1992-2004)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

GOODLAND, R. J.; FERRI, M. G. **Ecologia do cerrado**. São Paulo: EdUSP, 1979.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Palms of the Americas**. Princeton: Princeton University Press, 1995.

HENDERSON, A. **The palms of the Amazon**. New York: Oxford University Press, 1995.

IBGE. **Mapa de Biomas e vegetação**. 2004. Disponível em:
<https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>.
Acesso em: 14 junho 2018.

LEMOS, H.L. **Padrões fitogeográficos da vegetação arbustivo-arbórea em áreas de Cerrado Típico e Cerrado Rupestre no estado de Tocantins**. 2017 Tese (Doutorado em Botânica) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, 2017.

LORENZI, H. **Flora brasileira Lorenzi: Arecaceae (palmeiras)**. 1. ed. São Paulo: Nova Odessa, 2010.

LORENZI, G. M. A. C. **Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart. - Arecaceae: bases para o extrativismo sustentável**. 2006. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

LORENZI, H. et al. **Palmeiras Brasileiras e Exóticas Cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2004.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Carnaúba, Copernicia prunifera**. Brasília: MAPA/ACS, 2014.

MARIMON-JUNIOR, B. H.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 19, n. 4, p. 913-926, 2005.

MARTINI, A. M. *et al.* The need for full inventories of tree modes of disturbance to improve forest dynamics comprehension: Na example from a semideciduous forest in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 1479-1488, 2008.

MESQUITA, M. G. B. F.; MORAES, S.O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 963-969, 2004.

MITTERMEIER, R. A. *et al.* **Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**, 2. ed. Boston: University of Chicago Press, 2005.

MOURA FILHO, J. M. **Preparado de buriti (*Mauritia flexuosa* L): produção, caracterização e aplicação em leite fermentado**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2017.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

NASCIMENTO, A. R. T.; FELFILI, J. M.; MEIRELLES, E. M. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 659-669, 2004.

NASCIMENTO, E. R. P.; SANO, E. E. Identificação de Cerrado Rupestre por Meio de Imagens Multitemporais do Landsat: Proposta Metodológica. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n. 1, p. 93-106, 2010.

NUNES, F. P.; FERNANDES, G. W.; NEGREIROS, D. Campo rupestre: a restauração ecológica de um ecossistema ameaçado e megadiverso. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 327, p. 24-27, 2015.

NUNES, T. Cerrado: conheça o bioma da biodiversidade. 2017. **Ponto Biologia**. Disponível em: <https://pontobiologia.com.br/cerrado-bioma-biodiversidade/>. Acesso em: 16 jun. 2018.

OLIVEIRA FILHO, A. T. Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Cerne**, Lavras, v.1, n.1, p. 64-72, 1994.

OLIVEIRA FILHO, A. T. *et al.* Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho da mata ciliar do córrego dos Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, p. 67-85. 1994.

OLIVEIRA FILHO, A. T. Floodplain “murundus” of Central Brazil: evidence for the termite-origin hypothesis. **Journal of Tropical Ecology**, v. 8, n.1, p.1-19, 1992.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and wood flora of the Cerrado biome. Pp. 91-120. *In*: OLIVEIRA, O. S.; MARQUIS, R. J. **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002.

OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002.

PASSOS, M. A. B.; MENDONÇA, M. S. Epiderme dos segmentos foliares de *Mauritia Flexuosa* Mart. (*Arecaceae*) em Três Fases de Desenvolvimento. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, p. 431-436, 2006.

PINTO, J. R. R.; LENZA, E.; PINTO, A. S. Composição florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em um cerrado rupestre, Cocalzinho de Goiás, Goiás. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, p. 1-10, 2009.

RAPINI, A. *et al.* A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, Rio de Janeiro, v. 4, n.1-2, 2008.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation. III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60, p. 57-109, 2003.

REATTO, A. *et al.* Solos do bioma cerrado: aspectos pedológicos. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia, 2008. p. 107-149.

RESENDE, I. L. M. *et al.* Estrutura etária de populações de *Mauritia flexuosa* L. f. (*Arecaceae*) de veredas da região central de Goiás, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, p.103-112, 2012.

RIBEIRO, E. M. G. *et al.* Conhecimento etno-botânico sobre o buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) em comunidades rurais do município de Currais, Sul do Piauí, Brasil. **Gaia Scientia**, João Pessoa, p 28-35, 2014.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Matas de galeria no contexto do bioma Cerrado. *In*: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. (ed.).

Cerrado: Caracterização e recuperação de matas de galeria. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 2001. p. 29- 47.

RIBEIRO, J. F., WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In:* SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado:** ecologia e flora. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2008. p. 151–212.

RIBEIRO, K. D. *et al.* Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1167-1175, 2007.

SAMPAIO, A. B. **Recuperação das Florestas Estacionais Deciduais de terrenos planos no norte do Vão do Paranã, GO.** 2006. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SANTOS, R. M. *et al.* Riqueza e similaridade florística de oito remanescentes florestais no norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Árvore.** Viçosa, v. 31, p. 135-144, 2007.

SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização Climática do Bioma Cerrado. *In:* SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado:** ecologia e flora. Brasília: EMBRAPA, 2008. p. 71-88.

SILVA, J. F. *et al.* Spatial heterogeneity, land use and conservation in the Cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography.** v. 33, n. 4, p. 536-548, 2006.

SOUZA, B. C. P. de. Ascomicetos associados a plantas da reserva natural da Embrapa Cerrados, Distrito Federal. 2017. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

STRASSBURG, B.B.N. *et al.* Moment of Truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology and Evolution**, v. 99, n. 1, p. 1-3, 2017.

WERNECK, M. S.; FRANCESCHINELLI, E. V.; TAMEIRÃO-NETO, E. Mudanças na florística e estrutura de uma floresta decídua durante um período de quatro anos (1994-1998), na região do Triângulo Mineiro, MG. **Revista Brasileira de Botânica.** São Paulo, v. 23, p. 399-411, 2000.

Capítulo 3

GRUPOS TAXONÔMICOS DA MACROFAUNA EDÁFICA DOMINANTES EM AMBIENTES NATURAIS E EM AMBIENTES ANTRÓPICOS

Charlyan de Sousa Lima^{1,*}

Eduardo Périco²

Edison Fernandes da Silva³

Marina Schmidt Dalzochio⁴

¹ Doutorando em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. Professor da Rede Pública Estadual do Maranhão e Rede Municipal de Chapadinha-MA.

² Professor titular do Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES.

³ Professor adjunto do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

⁴ Doutora em Biologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

*Autor correspondente: E-mail: charlyansl@yahoo.com.br

Publicado na Revista Querubim

LIMA, C. S. *et al.* Grupos taxonômicos da macrofauna edáfica dominantes em ambientes naturais e em ambientes antrópicos. **Revista Querubim (Online)**, ano 15, p. 48-55, 2019, Seção Especial.

Resumo

Objetivou-se reconhecer a importância de grupos taxonômicos da macrofauna edáfica em ambientes naturais e em ambientes antrópicos. Realizou-se pesquisa bibliográfica em dezembro de 2018, com uso das bases de dados: <<https://www.sciencedirect.com>> e <<https://scholar.google.com.br/>>. Os descritores utilizados na consulta na base de dados foram os termos: soil macrofauna, taxonomic group, natural e anthropic environment. Estudos sobre grupos taxonômicos da macrofauna edáfica em ambientes naturais e ambientes antrópicos são fundamentais para reformular estratégias de conservação ambiental, tornando-se princípio básico para avaliar as interações ecológicas que ocorrem em diversos ecossistemas terrestres, principalmente naqueles que correm o risco de serem afetados pela invasão antrópica.

Palavras-chave: diversidade, invertebrados, solo.

Abstract

This study aimed to recognize the importance of taxonomic groups of edaphic macrofauna in natural environments and in anthropic environments. A bibliographic search was carried out in december 2018, using databases: <<https://www.sciencedirect.com>> and <<https://scholar.google.com.br/>>. The descriptors used in the query in the database were the terms: soil macrofauna, taxonomic group, natural and anthropic environment. Studies on taxonomic groups of edaphic macrofauna in natural environments and anthropic environments are fundamental to reformulate strategies of environmental conservation, becoming basic principle to evaluate the ecological interactions that occur in diverse terrestrial ecosystems, mainly in those that are at risk of being affected by the invasion anthropic.

Keywords: diversity, invertebrates, soil.

Introdução

O solo é considerado um recurso natural constituído por corpos fundidos e sistemas abertos, por onde entram matéria e energia, que são acondicionadas e podem sair de acordo com imposição dos elementos bióticos e abióticos (SANGLADE, 2015). Entre os elementos bióticos, existem vários invertebrados que residem constantemente no solo ou em um período determinado, realizando uma ou mais etapas de seu ciclo de vida, sendo denominados de macrofauna edáfica.

A macrofauna edáfica é formada por minhocas, cupins, formigas, tatuzinhos e diplópodes, além de outros indivíduos. Sua atuação está relacionada com o equilíbrio nos ecossistemas, e com a restauração de áreas degradadas. Os organismos constituintes deste grupo, podem modificar a estrutura física do solo, promover a humificação, transportar nutrientes, e realizar inúmeras funções no ambiente (MENEZES et al., 2009; MARQUES et al., 2014).

As alterações que ocorrem no solo, principalmente de origem antrópica, podem afetar sua estrutura e as atividades dos organismos. Por isso, é fundamental a avaliação da propagação dos invertebrados edáficos nessas áreas para remediar os efeitos da antropização, visando promover a qualidade ambiental e a sustentabilidade.

Utilizar a macrofauna edáfica como indicadora nesta avaliação, pode oferecer um diagnóstico das condições atuais de manejo, para o redirecionamento de práticas e técnicas sustentáveis que melhore as condições do solo, e promova a sua conservação (SANTANA; BAHIA FILHO, 1998).

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo reconhecer a importância de grupos taxonômicos da macrofauna edáfica em ambientes naturais e em ambientes antrópicos.

Metodologia

Realizou-se pesquisa bibliográfica em dezembro de 2018, com uso das bases de dados: <<https://www.sciencedirect.com>> e <<https://scholar.google.com.br/>> onde

foram selecionados e analisados os artigos publicados entre 2010 à 2018. Os descritores utilizados na consulta na base de dados foram os termos: soil macrofauna, taxonomic group, natural e anthropic environment. Para acesso a base nacional, utilizou-se os termos em português.

Macrofauna edáfica em ambientes naturais

Diversas pesquisas objetivaram caracterizar a macrofauna edáfica em ambientes naturais do Brasil (BARETTA et al., 2010; ALVES et al., 2014; MARQUES et al., 2014 e PINHEIRO et al., 2014), como também em outros países, como China (GE et al., 2014; YIN et al., 2015) e Irã (GHOLAMI; SHEIKHMOHAMADI; SAYAD, 2017). Esses trabalhos são importantes para compreender as atividades dos organismos edáficos nos diferentes ecossistemas terrestres (Quadro 1).

Quadro 1 - Pesquisas desenvolvidas no Brasil e no mundo com enfoque na identificação de grupos taxonômicos dominantes da macrofauna edáfica em ambientes naturais.

AMBIENTE	LOCALIZAÇÃO	GRUPO DOMINANTE*	REFERÊNCIA
Caatinga arbustiva densa	Pentecoste-CE	Formicidae/ Gastropoda/ Araneae/ Pseudoscorpionida/ Coleoptera/ Oligochaeta	Pinheiro et al. (2014)
Floresta nativa de araucária	Campos do Jordão-SP	Opilionidae/ Chilopoda/ Oligochaeta/ Araneae/ Diplopoda	Baretta et al. (2010)
Fragmento de Mata Atlântica	Areia-PB	Hymenoptera/ Coleoptera	Alves et al. (2014)
Mata ciliar	Campos Gerais – MG	Oligochaeta	Marques et al. (2014)
Manchas	Cidade de	Hymenoptera/ Isopoda/	Ge et al. (2014)

florestais	Yancheng, China	Haplotaxida/ Lepidoptera	
Floresta	Zagros, Irã	Formicidae	Gholami; Sheikhmohamadi; Sayad (2017)
Prado alpino e arbustos baixos	Tanggula Mountains, China	Lumbricidae (Oligochaeta)/ Valloniidae (Gastropoda)	Yin et al. (2015)

*Em cada ambiente os grupos dominantes são mencionados em ordem decrescente. Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Uma pesquisa foi conduzida em Pentecoste-CE com objetivo de “caracterizar a fauna edáfica na interface solo-serapilheira em área de Caatinga para conhecer os táxons presentes e suas contribuições para a manutenção e estruturação do solo” (PINHEIRO et al., 2014, p. 2966). Os principais grupos dominantes foram Formicidae, Gastropoda, Araneae, Pseudoscorpionida, Coleoptera e Oligochaeta (Quadro 1), sendo que a presença destes grupos é influenciada pela oferta de recursos imprescindíveis, como alimento, local para reprodução, umidade, e baixas temperaturas (período chuvoso). Os pesquisadores ressaltaram que, como na Caatinga, a água é restrita, o fator climático torna-se determinante para variação de grupos taxonômicos de um determinado período do ano (PINHEIRO et al., 2014).

Baretta et al. (2010) perceberam que a floresta nativa de araucária (*Araucaria angustifolia*), apresentou dominância dos grupos Opilionidae, Chilopoda, Oligochaeta, Araneae, Diplopoda (Quadro 1). Estes pesquisadores justificam a ocorrência destes grupos, devido a quantidade de serapilheira e matéria orgânica na superfície do solo que reduz as oscilações térmicas e aumenta a umidade, favorecendo a diversidade faunística de grupos da macrofauna edáfica.

Alves et al. (2014), que encontraram Hymenoptera e Coleoptera (Quadro 1), como grupos dominantes de fragmento remanescente da Mata Atlântica. Enquanto, Marques et al. (2015), verificaram em mata ciliar, a ordem Oligochaeta (Quadro 3) como a mais frequente no verão e inverno de Campo Gerais-MG. Da mesma forma, Lima (2009) obteve resultados semelhantes, pois considera Oligochaeta e Coleoptera como as principais ordens da macrofauna edáfica.

Segundo Praxedes (2003) no estudo da macrofauna de solo, a classe Insecta é a mais representativa, seguida da classe Arachnida, essa informação assemelha-se aos resultados encontrados por Silva; Jucksch; Tavares (2012), Benazzi et al. (2013) e Souza et al. (2016).

Ge et al. (2014) estudando a fauna do solo na cidade de Yancheng localizada na costa do Pacífico Ocidental da China, coletaram 807 indivíduos edáficos e identificados 18 táxons da macrofauna do solo (ordem), distribuídos em 15 grupos dos artrópodes, 2 grupos dos moluscos e 1 grupo dos anelídeos, sendo que o grupo taxonômico mais representativo foi Hymenoptera (Quadro 3), constituído exclusivamente por formicídeos. Segundo esses pesquisadores, os resultados demonstraram que a maior riqueza taxonômica e abundância da macrofauna edáfica ocorreu em áreas de manchas florestais de histórico mais elevado, sendo essa tendência ocorrente para todos os grupos taxonômicos identificados.

Estudos conduzidos por Gholami; Sheikhmohamadi; Sayad (2017) em florestas do Irã, com objetivo de avaliar a distribuição espacial da macrofauna edáfica e suas relações com a cobertura vegetal, mostraram que as espécies arbóreas podem atuar como determinantes da diversidade e distribuição da macrofauna, melhorando as condições de temperatura e umidade solo, conseqüentemente a família Formicidae foi reconhecida como o grupo taxonômico mais dominante das áreas de estudo.

Yin et al. (2015) conduziram uma pesquisa para descrever as características ecológicas e a diversidade da comunidade de fauna do solo nas zonas húmidas da China. Coletaram 1598 indivíduos pertencentes a 12 ordens, sendo que os táxons dominantes foram Lumbricidae e Valloniidae (Quadro 3), segundo os pesquisadores esses resultados foram influenciados pelo tempo, método de amostragem e vegetação da área, além de evidenciarem que a macrofauna edáfica pode ser alterada em razão das propriedades do solo, tais como matéria orgânica, pH e umidade.

Macrofauna edáfica em diferentes ambiente de manejo antrópico

Silva; Jucksch; Tavares (2012) conduziram pesquisa em cultivo de café, e Benazzi et al. (2013) em cana-de-açúcar, ambos observaram que Formicidae é o grupo dominante destes ambientes (Quadro 2). Abreu et al. (2014), também observou em cultivo da cana-de-açúcar, Formicidae como o segundo grupo de maior incidência (Quadro 2), precedido por Araneae. A ordem Hymenoptera, seguida de Coleoptera e Aracneae foram consideradas por Souza et al. (2016) como as ordens dominantes (Quadro 2) em uma pesquisa no cultivo de coqueiro.

Quadro 2 - Pesquisas desenvolvidas no Brasil e no mundo com enfoque na identificação de grupos taxonômicos dominantes da macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo.

AMBIENTE	LOCALIZAÇÃO	GRUPO DOMINANTE	REFERÊNCIA
Cafeeiro (<i>Coffea arabica</i> L.)	Araponga-MG	Formicidae	Silva; Jucksch; Tavares (2012)
Canavial (<i>Saccharum officinarum</i>)	Linhares-ES	Formicidae	Benazzi et al. (2013)
	União-PI	Araneae/ Formicidae	Abreu et al. (2014)
Coqueiral (<i>C. nucifera</i>)	Parari-PB	Hymenoptera/ Coleoptera/ Araneae	Souza et al. (2016)
Corte e queima	Sambaíba-MA	Formicidae/ Diplopoda	Rezende et al. (2017) ¹
	Quixadá-CE	Entomobryomorpha (classe Collembola)/ Formicidae	Alves et al. (2016) ²
	Burkina Faso, Sudão (África Ocidental)	Formicidae/ Termitidae	Doamba; Savadogo; Nacro (2014)
Feijoeiro (cv. Pérola)	Glória de Dourados-MS	Collembola/ Diptera/ Formicidae	Gomes et al. (2014)
Eucalipto	Urutaí-GO	Coleoptera/ Hymenoptera	Silva et al. (2016)

Pastagem	Sambaíba-MA	Formicidae/ Isoptera	Rezende et al. (2017) ³
	Estado de Veracruz, México	Hymenoptera/ Gastropoda/ Isoptera/ Oligochaeta	García-Segura et al. (2017) ⁴
	Viena, Áustria	Gastropoda/ Coleoptera	Salamon et al. (2011)
Cultivo de arroz	Monte do Himalaia, Índia	Hymenoptera/ Orthoptera/ Coleoptera	Pant; Negi; Kumar (2017)
Sistema Silvicultural	Norte do Irã	Clitellata/ Gastropoda/ Chilopoda/ Diplopoda	Habashi; Waez-Mousavi (2017)
Agrícola	Condado de Kakamega, Quênia	Isoptera/ Oligochaeta/ Hymenoptera	Mbau; Karanja; Ayuke (2015) ⁵
Sistema Agroflorestal	Oeste da Honduras	Isoptera	Pauli et al. (2011)
Plantio direto	Nordeste da Tailândia	Oligochaeta/ Coleoptera	Tantachasatid et al. (2017) ⁶
Manejo agrícola	Oeste da Nicarágua	Formicidae/ Térmitas	Rousseau et al. (2013) ⁷

¹ Pousio há 17 anos. ² Queimadas para plantio de arroz (*Oryza sativa*).. ³ Pastagem (*Panicum maximum* cv. massai). ⁴ Pastagem contaminada com petróleo. ⁵ Culturas predominantes: milho, o feijão e a cana. ⁶ Plantio direto com cobertura vegetal. ⁷ Manejo agrícola (sistemas de cultivo e pecuária) em relação ao sistema agroflorestal. Fonte: elaborado pelo autor (2018).

No ambiente “corte e queima” (CQ) que é caracterizado pela retirada da vegetação nativa, e em seguida é realizada a queima, para posteriormente fazer o cultivo de uma ou mais culturas. Rezende et al. (2017), conduziram pesquisa nesse tipo de ambiente e observaram que os grupos dominantes eram Formicidae e Diplopoda (Quadro 2),

Enquanto que Alves et al. (2016), em área de CQ (em pousio há 17 anos) verificaram a presença dos táxons Entomobryomorpha (pertencente a classe Collembola) e Formicidae. Em área de feijoeiro, Gomes et al. (2014) identificou como principal grupo dominantes Collembola, seguidos de Diptera e Formicidae (Quadro 2). Segundo Melo et al. (2009), os invertebrados da classe Collembola, principalmente os da ordem Entomobryomorpha, exercem um papel fundamental na cadeia alimentar, atuando nos ciclos biogeoquímicos por meio da degradação de matéria orgânica, de modo que podem ser caracterizados como eficientes bioindicadores da qualidade do solo.

Doamba; Savadogo; Nacro (2014) desenvolveram uma pesquisa com objetivo de verificar as respostas dos invertebrados do solo aos incêndios em uma floresta de savana do Sudão. Esses autores verificaram que houve variação espacial e temporal da composição na composição da macrofauna, contudo, a classe de insetos representava 90,7% dos invertebrados identificados, sendo que as famílias mais representativas foram a Formicidae (38% antes e 44% após o incêndio) e Termitidae (53% antes e 49% após o incêndio) (Quadro 2). Segundo os pesquisadores os efeitos imediatos do fogo foi diminuir o número de invertebrados e grupos taxonômicos, provavelmente em razão do microclima menos favorável, redução de recursos no ambiente e migração dos invertebrados para outras áreas que ofereciam maior segurança.

Silva et al. (2016) realizaram um experimento em área de plantação de eucalipto, e observaram como ordens dominantes: Coleoptera e Hymenoptera (Quadro 4). Camara et al. (2012) ressaltam que, o eucalipto por ser uma espécie exótica no Brasil, pode diminuir ou eliminar alguns táxons de organismos edáficos, principalmente os de predadores específicos, que conseqüentemente ocasionará um elevado número de populações de outros grupos taxonômicos, alterando as relações entre presa e predador.

Em uma área de pastagem (*Panicum maximum* cv. massai), Rezende et al. (2017) realizaram experimento para identificar os grupos da macrofauna edáfica, e verificou que os grupos dominantes eram compostos por Formicidae e Isoptera (Quadro 2).

A família Formicidae é uma das mais representativas, pois segundo Bignell et al. (2010), é dominante em muitos ecossistemas, apresentando elevada distribuição, riqueza e abundância de espécies, além de serem identificadas mais facilmente. Quanto a ordem Isoptera, sua presença nos ambientes pode estar relacionada a degradação do solo ocasionada pela compactação. No caso do grupo Hemiptera Fitófagos, segundo Oliveira (2003) possuem número elevado de populações, principalmente em pastagens degradadas, devido ao seu ciclo de vida. Isso se explica a presença desses organismos em diferentes sistemas de pastagem.

García-Segura et al. (2017) conduziram uma pesquisa com objetivo de determinar o impacto da contaminação de petróleo em pastagem sobre fauna do solo, e verificaram que os derramamentos de petróleo, após o processo de oxigenação e a intemperismo, podem ser uma fonte de alimento para os organismos edáficos, propiciando a abundância dos grupos Hymenoptera, Gastropoda, Isoptera e Oligochaeta (Quadro 2).

Salamon et al. (2011) observaram, em solos cobertos por pastagens, que os grupos taxonômicos Gastropoda e Coleóptera foram predominantes (Quadro 2), devido ao aumento de recursos alimentares durante a sucessão em pastagens, e ao elevado teor de água e biomassa subterrânea.

Pant; Negi; Kumar (2017) conduziram um estudo sobre a influência da macrofauna edáfica na liberação de nutrientes em sistemas de cultivo de arroz irrigado nas montanhas do Himalaia, Índia. Identificaram 11 grupos da macrofauna edáfica ao longo do ciclo anual do arroz. As ordens mais abundantes foram Hymenoptera, Orthoptera e Coleoptera (Quadro 2). Esses pesquisadores concluíram que a macrofauna edáfica atua na decomposição da serapilheira e na qualidade de manutenção do solo, aumentando a produtividade da cultura de arroz, devido ao alto índice de nutrientes incorporado ao solo.

No norte do Irã foi desenvolvido uma pesquisa para avaliar os efeitos do sistema silvicultura de seleção de uma única árvore em povoamento misto, considerando macrofauna do solo como bioindicadora (HABASHI; WAEZ-MOUSAVI, 2017). Os pesquisadores observaram que os grupos predominantes foram Clitellata, Gastropoda, Chilopoda e Diplopoda (Quadro 2). Contudo, verificou-se que a seleção de uma única árvore após cerca de 10 anos de implementação do sistema

silvicultural não exerce efeitos intensivos e irremediáveis na macrofauna do solo (HABASHI; WAEZ-MOUSAVI, 2017).

Mbau; Karanja; Ayuke (2015) observaram que o potencial dos compostos oriundos de cultivo agrícolas do oeste Queniano, melhoram a biodiversidade do solo e da produtividade das culturas, onde os grupos Isoptera, Oligochaeta Hymenoptera (Quadro 2) manifestaram maior representatividade. Esses resultados mostram como os compostos orgânicos podem aumentar a diversidade e a abundância de organismos edáficos, que são essências na ciclagem de nutrientes, que melhoram a estrutura do solo, e que conseqüentemente implicará em aumento da produção de grãos.

Pauli et al. (2011) avaliaram as alterações na composição da macrofauna edáfica de acordo com o uso do solo, em uma paisagem agrícola com predominância do sistema agroflorestral, incluindo floresta secundária, parcelas agroflorestrais de duas idades distintas e parcelas de silvicultura. Observou-se nesse estudo que a ordem Isoptera foi a dominante (Quadro 2), e que as práticas agrícolas associadas ao sistema agroflorestral podem favorecer a diversidade e abundância da macrofauna edáfica e influenciar o aumento da qualidade do solo, que resultará em mais recursos para a manutenção do sistema adotado.

Tantachasatid et al. (2017) conduziram uma pesquisa no nordeste da Tailândia para avaliar o impacto do sistema de cultivo de plantio direto com cobertura vegetal com base na abundância e biomassa da comunidades de macrofauna do solo. Foram identificados as ordens Oligochaeta e Coleoptera (Quadro 2) como as dominantes na área de estudo, e por fim, observaram a ocorrência de um aumento significativo da abundância e biomassa total da macrofauna edáfica que respondeu de forma considerável à presença da cobertura vegetal. O cultivo direto com cobertura vegetal pode trazer benefícios para as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, que conseqüentemente aumentará a sustentabilidade dos sistemas (SÉGUY et al., 2006).

Organismos edáficos podem ser utilizados como bioindicadores para avaliar os impactos de manejo do solo, estimando o nível de integridade ambiental, para estabelecer estratégias de manejo que gere menos impacto ao ambiente (MCGEOCH, 1998). Nesse sentido, Rousseau et al. (2013) propôs identificar

invertebrados do solo como bioindicadores de que indiquem os principais aspectos da qualidade do solo (fertilidade química, propriedades físicas, morfologia agregada e funcionamento biológico). Foram encontrados nesse estudo formigas e térmitas (Quadro 2) que representam mais de 85% da macrofauna coletada.

Conclusão

Estudos sobre grupos taxonômicos da macrofauna edáfica em ambientes naturais e ambientes antrópicos são fundamentais para reformular estratégias de conservação ambiental, tornando-se princípio básico para avaliar as interações ecológicas que ocorrem em diversos ecossistemas terrestres, principalmente naqueles que correm o risco de serem afetados pela invasão antrópica.

Agradecimentos

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil, pela bolsa de doutorado.

Referências

ABREU, R. R. L. de. Fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada em cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 409-416, 2014.

ALVES, F. A. L. *et al.* Caracterização da macro e mesofauna edáficasobre um fragmento remanescente de “mata atlântica” em Areia-PB. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v. 8, p. 384-391, 2014.

ALVES, F. I. V.; LIMA, A. R. V.; FIALHO, J. S. Fauna edáfica em agroecossistema semiárido com 17 anos de pousio. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 13, n. 24, p. 1226-1239, 2016.

BARETTA, D. *et al.* Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores da qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Acta Zoológica Mexicana**, Ciudad de México, v. 26, p. 135-150, 2010.

BENAZZI, E. S. *et al.* Impactos dos métodos de colheita da cana-de-açúcar sobre a macrofauna do solo em área de produção no Espírito Santo – Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, sup. 1, p. 3425-3442, 2013.

BIGNELL, D. E. *et al.* Macrofauna. *In*: MOREIRA, F. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E (org.). **Manual de biologia dos solos tropicais**. Lavras: UFLA, 2010, p. 79-129.

CAMARA, R.; CORREIA, M. E. F.; VILLELA, D. M. Effects of eucalyptus plantations on soil arthropod communities in a brazilian atlantic forest conservation unit. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 28, n. 3, p. 445-455, 2012.

DOAMBA, S. W. M. F.; SAVADOGO, P.; NACRO, H. B. Effects of burning on soil macrofauna in a savanna-woodland under different experimental fuel load treatments. **Applied Soil Ecology**, v. 81, p. 37-44, 2014.

GARCÍA-SEGURA, D. *et al.* Macrofauna and mesofauna from soil contaminated by oil extraction. **Geoderma**, v. 332, p. 180-189, 2017.

GE. B-M. *et al.* Biodiversity Variations of Soil Macrofauna Communities in Forests in a Reclaimed Coast with Different Diked History. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 46, n. 4, p. 1053-1059, 2014.

GHOLAMI, S.; SHEIKHMOHAMADI, B.; SAYAD, E. Spatial relationship between soil macrofauna biodiversity and trees in Zagros forests, Iran. **Catena**, v. 159, p. 1-8, 2017.

GOMES, S. S. *et al.* Diversidade da Fauna Epígea em Solo Cultivado com Feijão Sob Diferentes Doses de Dejetos Líquidos de Suínos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, p. 1-7, 2014.

HABASHI, H; WAEZ-MOUSAVI, S. M. Single-tree selection system effects on forest soil macrofauna biodiversity in mixed oriental beech stands. **Applied Soil Ecology**, v. 123, p. 441-446, 2017.

MARQUES, D. M. *et al.* Macrofauna edáfica em diferentes coberturas vegetais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 5, p. 1588-1597, 2014.

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 Soil**, v. 387, p. 379-394, 2015.

MCGEOCH, M. A. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. **Biological Reviews**, v. 73, p. 181-201, 1998.

MELO, F. V. de *et al.* 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. *et al.* Macrofauna edáfica em estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual e pastagem mista em Pinheiral (RJ). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 1647-1656, 2009.

OLIVEIRA, É. D. M. de. **Metodologia de criação, ocorrência e flutuação populacional do percevejo castanho das raízes *Atarsocoris* sp. (Hemiptera: Cydnidae) em áreas de pastagens de Jaguapitã-PR.** 2003. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2003.

PANT, M.; NEGI, G. C. S.; KUMAR, P. Macrofauna contributes to organic matter decomposition and soil quality in Himalayan agroecosystems, Índia. **Applied Soil Ecology**, v. 120, p. 20-29, 2017.

PAULI, N. *et al.* Soil macrofauna in agricultural landscapes dominated by the Quesungual Slash-and-Mulch Agroforestry System, western Honduras. **Applied Soil Ecology**, v. 47, p. 119-132, 2011.

PINHEIRO, F. J. *et al.* Caracterização da macrofauna edáfica na interface solos serapilheira em uma área de caatinga do nordeste brasileiro. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia v.10, n.19, p. 2014.

PRAXEDES, C. *et al.* Estimativa da diversidade da fauna de serrapilheira em uma floresta densa de terra firme Caxiuanã - município de Melgaço/PA. *In*: CONGRESSO

DE ECOLOGIA DO BRASIL, 9.; 2003, Fortaleza. **Anais** [...] Fortaleza: UFC/Sociedade de Ecologia do Brasil, 2003. p. 614-615.

REZENDE, L. P. *et al.* Identificação da macrofauna do solo em pastagem de *Panicum maximum* jacq. e área submetida à queimada no município de Sambaíba-MA. **Biodiversidade**, Rondonópolis, v. 16, n. 1, p. 155-166, 2017.

ROUSSEAU, L. *et al.* Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicarágua. **Ecological Indicators**, v. 27, p. 71-82, 2013.

SALAMON, J-A. *et al.* Plant species effects on soil macrofauna density in grassy arable fallows of different age. **European Journal of Soil Biology**, v. 47, p. 129-137, 2011.

SANGLADE, L. D. **Qualidade do solo em áreas restauradas no estado de São Paulo**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2015.

SANTANA, D. P.; BAHIA FILHO, A. F. C. Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado. *In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE*, 16., 1998. **Anais** [...] Montpellier: ISSS, 1998.

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; HUSSON, O. Direct-seeded tropical soil systems with permanent soil cover: Learning from Brazilian experience. *In: UPHOFF, N. et al.* (ed.), **Biological Approaches to Sustainable Soil Systems**. Boca Raton: CRC Press, 2006. p. 323-342.

SILVA, J.; JUCKSCH, I.; TAVARES, R. C. Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 7, p. 112-125, 2012.

SOUZA, J. T. A. *et al.* Macrofauna edáfica em três ambientes diferentes na região do Cariri Paraibano, Brasil. **Scientia Agraria Paranaensis**, Cascavel, v. 15, n. 1, jan./mar., p. 94-99, 2016.

TANTACHASATID, P. *et al.* Soil macrofauna communities under plant cover in a no-till system in Thailand. **Agriculture and Natural Resources**, v. 51, p. 1-6, 2017.

YIN, X. *et al.* Characteristics of soil macrofauna community and CCA analysis between soil macrofauna and soil properties in the wetlands of the Lhasa River basin. **Acta Ecologica Sinica**, v. 35, p. 210-215, 2015.

Capítulo 4

CLASSIFICAÇÃO DA MACROFAUNA EDÁFICA COM BASE NA FUNCIONALIDADE DOS PRINCIPAIS GRUPOS TAXONÔMICOS

Charlyan de Sousa Lima^{1,*}
Eduardo Périco²
Edison Fernandes da Silva³

¹ Doutorando em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. Professor da Rede Pública Estadual do Maranhão e Rede Municipal de Chapadinha-MA.

² Professor titular do Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES.

³ Professor adjunto do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

*Autor correspondente: E-mail: charlyansl@yahoo.com.br

Publicado na Revista Querubim

LIMA, C. S.; PERICO, E. ; SILVA, E. F. Classificação da macrofauna edáfica com base na funcionalidade dos principais grupos taxonômicos. **Revista Querubim (Online)**, ano 14, v. 01, n. 36, p. 90-96, 2018.

Resumo

A macrofauna edáfica é constituída de organismos invertebrados que habitam o solo permanentemente ou vivem nele pelo menos em uma de suas fases de desenvolvimento. Objetivou-se descrever a macrofauna edáfica com base na funcionalidade dos principais grupos taxonômicos. O procedimento técnico utilizado foi de pesquisa bibliográfica. Observou-se que os organismos da macrofauna edáfica podem ser classificados de acordo com os grupos funcionais, alimentando-se de tecidos vivos de plantas, matéria orgânica de origem vegetal e animal, de solo e húmus, de raízes de plantas, organismos vivos e organismos hospedeiros; sendo ainda classificados como engenheiros do ecossistema, transformadores de serapilheira, atuando na fragmentação de resíduos vegetais. Conclui-se que funcionalidade da macrofauna edáfica influencia na identificação de áreas preservadas e/ou antropizadas.

Palavras-chaves: ambiente, hábito alimentar, invertebrados, solo.

Abstract

The edaphic macrofauna consists of invertebrate organisms that permanently inhabit the soil or live in him least in one of your developmental stages. The objective was to describe the edaphic macrofauna based on functionality of the main taxonomic groups. The technical procedure used was bibliographic research. It was observed that the edaphic macrofauna organisms can be classified according to the functional groups, feeding on living tissues of plants, organic matter of plant and animal origin, soil and humus, plant roots, living organisms and organisms hosts; being still classified as ecosystem engineers, transformers of litter, acting in the fragmentation of vegetal residues. It is concluded that the functionality of the edaphic macrofauna influences the identification of preserved and / or anthropized areas.

Keywords: environment, food habit, invertebrates, soil.

Introdução

A macrofauna edáfica refere-se aos organismos invertebrados que habitam o solo permanentemente ou vivem nele pelo menos em uma de suas fases de desenvolvimento, com comprimento e diâmetro superior a 2mm, sendo visíveis a olho nu, podendo ser representado por mais de 20 grupos taxonômicos (BARETTA, 2011; SILVA, 2012).

Os organismos da macrofauna edáfica por apresentarem hábito escavatório, são capazes de criar estruturas biogênicas (nichos, câmaras e galerias), que alteram as propriedades física do solo; produzem bolotas fecais, que influenciam a estrutura e a fertilidade do solo. Com a formação das galerias, auxiliam na infiltração de água que percorre as camadas do solo, chegando às raízes das plantas. Atuam nos processos de ciclagem e distribuição de nutrientes do solo, fragmentando resíduos vegetais, adicionando partículas orgânicas e minerais, favorecendo a humificação e controlando a população de microrganismos (BARETTA, 2011; SILVA, 2012; MACHADO, 2016:).

A macrofauna edáfica possui um potencial bioindicador da qualidade do solo, por participar dos processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem nele. Isso condiciona sua atuação como agente de restauração de áreas de cultivo, tornando-se assim, um excelente indicador das modificações que ocorrem no ambiente, devido as práticas de manejo do solo, resultante do cultivo intensivo, do uso de insumos, da queda de matéria orgânica e da introdução de diferentes espécies vegetais (BIGNELL, 2010).

Este trabalho tem como objetivo descrever a macrofauna edáfica com base na funcionalidade dos principais grupos taxonômicos.

Desenvolvimento

Monitorar a macrofauna edáfica significa avaliar a sua presença nos sistemas, sejam eles, naturais ou de cultivo, como também conhecer a qualidade do solo nestes ambientes, por está estritamente relacionada a decomposição e a ciclagem de nutrientes. Por isso, é fundamental conhecer os seus principais grupos, por isso, Baretta (2011), afirmam que a macrofauna edáfica pode estar dividida em mais de 20 grupos taxonômicos, por alcançar abundância superior a milhões de espécimes por hectare.

Segundo Brown et al. (2001) e Baretta (2011) os organismos da macrofauna edáfica podem ser classificados de acordo com os grupos funcionais em (Tabela 2): Fitófagos (Fi): alimentam-se de tecidos vivos de plantas; Onívoros (On): consomem matéria orgânica de origem vegetal e animal; Detritívoros (De): consomem matéria orgânica em decomposição; Geófagos (Ge): alimentam-se de solo e húmus; Rizófagos (Ri): alimentam-se de raízes de plantas; Predadores (Pd): consomem organismos vivos; Parasitas (Pr): alimentam-se de organismos hospedeiros; Engenheiros do ecossistema (En): alteram a estrutura física do solo, construindo poros e galerias; Transformadores de serapilheira (Ts): atuam na fragmentação de resíduos vegetais; Pragas (Pg): afetam plantações, e conseqüentemente geram prejuízos de ordem econômica e ambiental.

Tabela 1 - Macrofauna edáfica e grupos funcionais.

CATEGORIA TAXONÔMICA	NOME COMUM	GRUPO FUNCIONAL										
		Fi	On	De	Ge	Ri	Pd	Pg	En	Ts	Pg	
Filo Mollusca												
Classe Gastropoda	caracóis e lesmas	X		X							X	

Filo Annelida											
Classe Oligochaeta											
Ordem Haplotaenidia	Minhocas			X	X				X	X	
Filo Arthropoda											
Subfilo Crustacea											
Classe Malacostraca											
Ordem Isopoda	Tatuzinhos			X							
Subfilo Chelicerata											
Classe Arachnida											
Ordem Araneae	Aranhas						X				
Ordem Opiliona	Opiliões						X				
Ordem Scorpiones	Escorpiões						X				
Subfilo Hexapoda											
Classe Insecta											
Ordem Sminthuridae	traças de livros			X							

Thysanura											
Ordem Blattaria	Baratas	X	X	X						X	
Ordem Dermaptera	Tesourinhas	X		X			X			X	
Ordem Hemiptera	cigarras, pulgões e percevejos	X		X		X					X
Ordem Isoptera	Cupins	X		X	X	X			X	X	
Ordem Orthoptera	grilos, gafanhotos	X	X	X		X					X
Ordem Coleoptera	Besouros	X		X		X		X		X	
Ordem Diptera	moscas (fase larval)			X		X	X			X	
Ordem Hymenoptera	Formigas	X	X	X		X			X		
Ordem Neuroptera	formigas-leão					X					
Ordem Lepidoptera	borboletas e mariposas (fase larval)	X									X
Subfilo Myriapoda											
Classe Diplopoda	piolhos-de-cobra, gongolos			X						X	X

Classe Chilopoda	Centopeias						X				
------------------	------------	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--

Fonte: Adaptado de Souza et al. (2015). Fi = Fitófagos; On = Onívoros; De = Detritívoros; Ge = Geófagos; Ri = Rizófagos; Pd = Predadores; Pr = Parasitas; En = Engenheiros do ecossistema; Ts = Transformadores de serapilheira; Pg = Pragas.

A classe Gastropoda (Filo Mollusca) é representada por diversas espécies de moluscos (lesmas e caracóis), que são constituídos, em sua maioria, por organismos pulmonados terrestres com comportamento fitófago, detritívoro e transformadores de serapilheira (Tabela X) que habitam o solo, e podem interferir em sua estrutura.

No filo Annelida, a classe Oligochaeta é representada pelas minhocas que têm corpo cilíndrico formado por anéis, e são desprovidas de antenas (SOUZA, 2015). Segundo James; Brown (2008), 315 espécies de minhocas foram identificadas no Brasil, destas 259 são nativas, quanto as demais são consideradas exóticas. As minhocas fazem parte dos grupos funcionais: detritivos, geófagos, engenheiros do solo e transformadores da serapilheira (Tabela 1), dessa forma, promovem alteração na macroestrutura do solo, pois devido seu hábito escavatório, constroem galerias e túneis que auxiliam no fluxo de água e de gases como oxigênio, além de influenciar na decomposição de resíduos de constituição orgânica, atuando como bioindicadora da qualidade do solo (ORTIZ-CEBALLOS et al., 2007; BARETTA, 2011).

O filo arthropoda reuni organismos que fazem parte da macrofauna edáfica (Tabela 1), dividido em quatro Subfilos: Crustacea (Classe Malacostraca), Chelicerata (classe Arachnida), Hexapoda (classe Insecta), Myriapoda (classes: Diplopoda e Chilopoda). Segundo Madeira (2008) este filo, é constituído por mais de $\frac{3}{4}$ de espécies do reino animal. As classes Arachida, Insecta, Quilopoda e Diplopoda são as que mais se destacam na representatividade da macrofauna edáfica, sendo encontradas abundantemente em ambientes naturais e em áreas que sofrem pouca interferência da ação antrópica (LOPES ASSAD, 1997).

A ordem Isopoda, do subfilo Crustacea e classe Malacostraca, é representada pelo tatuzinho, é um crustáceo com comprimento de até 2 cm, que exibem

comportamento críptico, encontrados em cascas de árvores, sob rochas e folhas. Para sua sobrevivência, dependem de ambientes úmidos com concentração de matéria orgânica, porém não são tão resistentes a temperaturas baixas. Possuem hábito detritívoro (Tabela 1), influenciando nos processos que ocorrem nos ecossistemas. Assim, as espécies desta ordem são consideradas indicadoras da integridade ecológica, pois podem ser distribuídas em florestas, próximas de áreas que sofreram atividades antrópicas (CATANOZI, 2010).

A classe Arachida (macrofauna) é formada pelas ordens: Araneae, Opilionida e Scorpionida. A ordem Araneae é representada pelas aranhas que atuam como predadoras (Tabela 1). Apresentam adaptabilidade, tanto em ambientes naturais como em áreas pouco antropizadas. Participam do processo de transferência de energia nas cadeias alimentares, pois alimentam-se de insetos como, grilos, gafanhotos, besouros, dentre outros. Por meio da presença de espécies de aranhas nos ambiente, pode-se avaliar as modificações ambientais, devido sua elevada exigência em organismos específicos presentes no mesmo habitat (BARETTA, 2011; MARQUES; SILVA, 2011).

Os opiliões são organismos edáficos da ordem Opilionida, encontrados principalmente nos trópicos úmidos, superando a biomassa das aranhas. No Brasil, sua riqueza corresponde em torno de 950 espécies identificadas. Os escorpiões da ordem Scorpionida, são organismos utilizados em muitas pesquisas ecológicas, que constituem grande parte da biomassa das florestas em regiões tropicais, possuindo elevada abundância e riqueza de espécies. Quanto ao grupo funcional, tanto os opiliões e escorpiões são predadores (Tabela 1), importantes para as análises de conservação dos ecossistemas terrestres (OLIVER; BEATTIE, 1996).

O inseto traça-de-livro pertence a ordem Thysanura, possui aparelho bucal mastigador, consomem vários alimentos como livros, roupas, papéis e insetos mortos, enquadrando-se no grupo funcional dos “detritívoros” (Tabela 1). Durante o dia, ficam geralmente escondidos abaixo de objetos, e se movimentam em busca de outro, em situação de ameaça. Têm preferência a ambientes de temperatura e umidade relativa do ar elevada (SANTOS, 2006; CATANOZI, 2010)

As baratas (ordem: Blattaria) têm corpo ovalado e achatado dorsoventralmente, fazem parte de mais de três grupos funcionais (Tabela 1), de forma que, apresentam capacidade de se deslocarem em profundidades do solo, por meio de galerias construídas pelas minhocas, assim influenciam na estrutura física dos solos (BARETTA, 2011).

As tesourinhas pertencem a Ordem Dermaptera, são constituídas por um par de cercos com formato de pinça na extremidade do abdome, têm o hábito de erguê-lo fazendo uso do cerco como mecanismo de defesa. Esses organismos têm preferência por locais úmidos e escuros, sendo encontrados sob pedras, palha e serapilheira. Sua maior diversidade é encontrada nos trópicos, podendo também se adaptar em climas variados (JARVIS et al., 2004). Quanto ao seu hábito, são insetos noturnos, que se instalam em ambientes úmidos e escuros. De acordo com Souza et al. (2015), estes insetos possuem quatro hábitos funcionais: fitófagos, detritívoros, predadores e transformadores de serapilheira (Tabela 1), dessa forma, demonstram geralmente, comportamento muito agressivo. Segundo Dobler; Kölliker (2009), tanto o canibalismo quanto o fratricídio são muito frequentes nestes organismos.

A ordem Hemiptera é constituída de por organismos com peças bucais picadoras-sugadoras, que apresentam hábito funcional: fitófagos, detritívoros, rizófagos e pragas (Tabela 1). Suas subordens mais importantes estão representadas por insetos como: pulgões, cigarrinhas (Homoptera); cigarras (Auchenorrhyncha); percevejos e barbeiros (Heteroptera). Têm várias características adaptativas que favorecem sua presença em diferentes habitats (CATANOZI, 2010; SILVA, 2012).

Os cupins (ordem: Isoptera) são insetos sociais de pequeno porte, que têm aparelho bucal mastigador, assim assumem funcionalidade como fitófagos, detritívoros, geófagos, rizófagos, engenheiros do ecossistema e transformadores de serapilheira (Tabela 1). Devido possuírem vários hábitos alimentares, os cupins podem assumir o papel de consumidores primários ou decompositores em uma cadeia trófica. Melo (2009) menciona que os cupins aceleram a decomposição e o processo de reciclagem de minerais no solo, por se alimentarem de celulose que está presente na matéria vegetal morta.

Os cupins atuam na criação de estruturas biogênicas (ninhos, galerias e outros) que alteram a fertilidade e as propriedades físicas dos solos, e que servirão de abrigo tanto para animais invertebrados (besouros, aranhas, abelhas, etc.) como para os vertebrados, (aves, lagartos e outros). Sua principal ocorrência é nas zonas tropicais, ambientes desérticos e temperados, onde são encontrados em camadas do solo e no interior de tronco de árvores vivas ou em estado de decomposição (KORASAKI et al., 2013).

Os representantes da ordem Orthoptera (grilos, gafanhotos, paquinhos) medem de 3-5 cm (os machos) e de 6-8 cm (as fêmeas). São constituídos de pernas posteriores longas, adaptadas para salto, e dois pares de asas, sendo um apropriado para proteção e outro para o voo. Fazem parte dos grupos funcionais: fitófagos, onívoros, detritívoros, rizófagos e pragas (Tabela 1). Possuem aparelho bucal mastigador. São encontrados abundantemente em diversos habitats, tornando-se um organismo característico da fauna (RENTZ, 1991; BARRETA, 2011).

Os besouros são insetos da ordem Coleoptera, formados por vários tamanhos, desde 3 a 170 mm de comprimento. Existem mais de 350.000 espécies descritas desta ordem. As espécies adultas geralmente, são formadas por cabeça arredondada e um “pequeno pescoço” que conecta a cabeça com o corpo, os olhos são compostos situados nas laterais. Apesar das diversas espécies de besouros, todos apresentam antena e aparelho bucal tipo mastigador desenvolvido (BARRETTA, 2011).

Segundo Souza et al. (2015), os besouros podem fazer parte de cinco grupos funcionais: fitófagos, detritívoros, rizófagos, parasitas e transformadores de serapilheira (Tabela 1). E podem ser encontrados em diversos ambientes, atuando na decomposição que reduzirá as excretas e os resíduos de animais e vegetais. Promovem a aeração dos solos por meio revolvimento das camadas superficiais e da escavação de túneis, que favorecem o desenvolvimento das plantas, dessa forma são extremamente importantes nas atividades que ocorrem em diferentes ecossistemas.

As moscas pertencem a ordem Díptera, são constituídas por com um par de asas membranosas, e fazem parte dos grupos funcionais: detritívoros, predadores,

parasitas e transformadores de serapilheira (Tabela 1). Em sua na fase larval, podem ser encontradas no solo, principalmente na serapilheira, no entanto são muito sensíveis ao dessecação (CATANOZI, 2010). Mesmo permanecendo pouco tempo no solo, são consideradas excelentes decompositoras da serapilheira.

Formiga, inseto da ordem Hymenoptera, constituída de cabeça desenvolvida, ligada ao tórax por meio de um “pescoço”, antenas variadas e desenvolvidas, e aparelho bucal mastigador. Segundo Souza et al. (2015), fazem parte de mais de quatro grupo funcionais (Tabela 1), assumindo papel de consumidor primário e secundário nas cadeias tróficas. Atuam na estrutura do solo com a construção de galerias subterrâneas, e no ciclo de nutrientes que são transportados para as plantas e para os microrganismos que habitam o solo. Estes insetos são indicadores do nível de preservação ou recuperação ambiental, e também de degradação, pois apresentam amplitude na distribuição geográfica com a presença de táxons especializados (BARETTA, 2011; SOUSA et al., 2015).

A formiga-leão (*Myrmeleon* sp.), ordem Neuroptera, realiza metamorfose completa, é constituída de mandíbulas longas e falciformes, que absorvem o líquido corporal das presas. Ela é capaz de construir uma armadilha com o formato de cone invertido com 2-5 cm de profundidade e diâmetro, onde se esconde para capturar suas presas, além de atuar no equilíbrio natural da população de formigas cortadeiras (KASPARI, 2003).

Os insetos da ordem Lepidoptera são formados por pares de asas com escamas. Apresentam aparelho bucal do tipo sugador-lambedor, tendo comportamento fitófago podendo atuar como pragas (Tabela 1) em plantações. Catanozi (2010), afirma que no estágio larval, os representantes desta ordem (borboletas e mariposas), podem se alimentar de elementos de origem vegetal e exibirem hábito predador. Contudo, por abrigar uma elevada riqueza de espécies, Silva (2012), ressalta que a ordem Lepidoptera é fundamental para tomar decisões no âmbito da conservação de habitats.

Os organismos da classe Diplopoda (piolhos-de-cobra e gongolos) têm corpo alongado, cilíndrico ou achatado, com segmento de dois pares de pernas em todo corpo, podendo atingir em média 19 segmentos. Fazem parte do grupos funcionais:

detritívoros, transformadores de serapilheira e pragas (Tabela 1), considerados os maiores consumidores de resíduos orgânicos das florestas tropicais e temperadas. Apresentam hábito noturno, e tanto no período seco como chuvoso, vivem em estado de dormência (durante o dia), e a noite saem de seus esconderijos e se espalham pelo ambiente (PINHEIRO et al., 2009; BARETTA, 2011).

As centopeias ou lacraias da ordem Chilopoda, possuem cabeça com par de antenas articuladas e maxilas em dois pares, além de um conjunto de olhos simples, um par de forcípulas (contém as glândulas de peçonha) e o agulhão (inoculador de veneno). Seu corpo é alongado e achatado, com distribuição de segmentos formados por um par de pernas. Podem exibir comprimento de 2-5 cm, alguns chegam a atingir 20 cm. São predadores (Tabela 1), capturam organismos vivos (minhocas, besouros e outros), que por meio da peçonha imobilizam e inoculam suas presas. Apresentam hábitos noturnos, sendo encontrados principalmente em folhas de árvores e em entulhos úmidos (BARROSO et al., 2001; CATANOZI, 2010).

Conclusão

A funcionalidade da macrofauna edáfica influencia na identificação de áreas preservadas e/ou antropizadas respondendo as condições do ambiente, sendo assim, condicionada pela presença quantitativa de grupos taxonômicos específicos.

Agradecimentos

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil, pela bolsa de doutorado.

Referências

BARETTA, D. et al. Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores da qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, p. 135-150, 2010.

BARETTA, D. et al. **Fauna edáfica e qualidade do solo** In: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Org). Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: SBCS, p. 119-170, v. 7, 2011.

BARROSO, E. et al. Acidentes por centopéias notificados pelo “Centro de informações toxicológicas de Belém”, num período de dois anos. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 34, p. 527-530, 2001.

BIGNELL, D. E. Em direção a um protocolo universal de amostragem de biotas do solo nos trópicos úmidos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 8, p. 825-834, 2010.

BROWN, G. G. et al. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. **Acta Zoológica Mexicana**, n. especial 1, p. 79-110, 2001.

CATANOZI, G. **Análise espacial da macrofauna edáfica sob diferentes condições ambientais dos trópicos úmidos**. 2010. 201f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

DOBLER, R.; KÖLLIKER, M. Kin-selected siblicide and cannibalism in the European earwig. **Behavioral Ecology**, Oxford, p. 254-263, 2009.

JAMES, S. W.; BROWN, G. G. Ecologia e diversidade de minhocas no Brasil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Eds.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas tropicais**. Lavras: Editora da UFLA, p.193-276, 2008.

JARVIS, J.K.; HAAS, F; WHITING, M.F. A phylogeny of earwigs (Insecta: Dermaptera) based on molecular and morphological evidence: reconsidering the classification of Dermaptera. **Systematic Entomology**, Oxford, v. 30, 2004.

KORASAKI, V.; MORAIS, J. W. de; BRAGA, R. F. Macrofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. (Eds.). **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: Editora da UFLA, p. 79-128, 2013.

KASPARI, M. Introducción a la ecología de las hormigas. In: FERNANDEZ, F. (ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Colombia: Instituto de

Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003. Cap. 6, p. 97-112.

LOPES ASSAD, M. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos do Cerrado**. Planaltina: Embrapa, CPCA, 1997. p.363-444.

MACHADO, D. do N. **Fauna edáfica em campo nativo, *Eucalyptus dunnii* e *Acacia mearnsii* em área de mineração, Candiota, RS**. 2016. 79f. Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

MARQUES, D. M.; SILVA, L. M. da. **Macrofauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo, no Município de Campos Gerais – MG**. 2011. 60f. Monografia (Graduação) - Faculdade de Ciências e Tecnologias de Campos Gerais, 2011.

MELO, F. V. de et al. 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.

OLIVER, I.; BEATTIE, A. J. Invertebrate morphospecies as surrogates for species: a case study. **Conservation Biology**, v. 10, p. 99-109, 1996.

ORTIZ-CEBALLOS, A.; FRAGOSO, C; BROWN, G.G. Synergetic effect of a tropical earthworm *Balanteodrilus pearsei* and velvetbean *Mucuna Pruriens* var. utilis on maize growth and crop production. *Appl. Soil Ecol.*, v. 35, p.356-362, 2007.

PINHEIRO, T. G.; MARQUES, M. I.; BATTIROLA, L. D. Life cycle of *Poratia salvator* (Diplopoda: Polydesmida: Pyrgodesmidae). **Zoologia**, v. 26, p. 658-662, 2009.

SANTOS, D. R. dos. **Avaliação da sensibilidade imediata de pacientes atópicos por meio de teste cutâneo de puntura (prick test) a extrato de traça-de-livro (*Lepisma saccharina*) padronizado em unidades biológicas**. Dissertação (Mestrado em Saúde da Criança e do Adolescente) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2006.

SILVA, P. R. dos S. **Composição e diversidade da macrofauna como indicadores da restauração do solo numa consequência de capoeiras e**

Florestas na Amazônia Oriental. 2012. 68f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2012.

SOUZA, M. H. et al. Macrofauna do Solo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11, n.22, p. 115-131, 2015.

Capítulo 5

ESPÉCIES DE FORMICÍDEOS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM AMBIENTES PRESERVADOS E EM ÁREAS DEGRADADAS

Charlyan de Sousa Lima^{1,*}
Eduardo Périgo²
Edison Fernandes da Silva³

¹ Doutorando em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. Professor da Rede Pública Estadual do Maranhão e Rede Municipal de Chapadinha-MA.

² Professor titular do Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES.

³ Professor adjunto do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

*Autor correspondente: E-mail: charlyansl@yahoo.com.br

Publicado na Revista Querubim

LIMA, C. S.; SILVA, E. F.; PERICO, E. Espécies de formicídeos (Hymenoptera: Formicidae) em ambientes preservados e em áreas degradadas. **Revista Querubim** (Online), ano 16, p. 45-53, jun. 2020.

Resumo

Objetivou-se identificar as espécies de formicídeos que podem ser bioindicadoras de preservação e degradação ambiental. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados Capes Periódicos e Google acadêmico. Observou-se que Myrmicinae foi a subfamília que apresentou maior número de espécies, tanto como bioindicadoras de preservação e degradação. Paraponerinae e Pseudomyrmecinae bioindicaram exclusivamente preservação. Os gêneros mais representativos, quanto a preservação foram: *Crematogaster* e *Camponotus*; e quanto a degradação foram: *Camponotus*, *Tetramorium* e *Monomorium*. Conclui-se que as espécies exclusivamente bioindicadoras de integridade ambiental foram: *Paraponera clavata*, *Pseudomyrmex pupa* e *Pseudomyrmex tenuis*.

Palavras-chave: bioindicador; formiga; paisagem.

Abstract

This work aimed to identify species of formicids that can be bioindicators of environmental preservation and degradation. A bibliographic search was carried out in the Capes Periódicos and Google Academic databases. Was observed that Myrmicinae was the subfamily that presented the largest number of species, both as bioindicators of preservation and degradation. Paraponerinae and Pseudomyrmecinae exclusively indicated preservation. The most representative genera for preservation were: *Crematogaster* and *Camponotus*; and those that indicated degradation were: *Camponotus*, *Tetramorium* and *Monomorium*. It is concluded that the species exclusively bioindicators of environmental integrity were: *Paraponera clavata*, *Pseudomyrmex pupa* and *Pseudomyrmex tenuis*.

Keywords: bioindicator, formiga, landscape.

Introdução

As formigas manifestam diversas funções nos ecossistemas, atuando como engenheiros ecológicos construindo estruturas biogênicas que viabilizam a infiltração da água no solo e melhoram a ciclagem de nutrientes, de modo que, podem

modificar positivamente a dinâmica das paisagens, propiciando ainda a ocupação de outros organismos ao ambiente (HASTINGS et al., 2007; SEGAT et al., 2017).

Algumas espécies de formicídeos são consideradas perturbadoras, como por exemplo *Eciton burchelli* (Subfamília: Dorylinae) que originando novos nichos em uma comunidade (THOMAS et al., 2014). Outras atuam na dispersão de sementes, como a *Linepithema humile* (Subfamília: Dolichoderinae), que é capaz de eliminar formigas nativas, podendo ser considerada uma praga, devido causar alterações ao ambiente (SUAREZ; HOLWAY; TSUTSUI; 2008).

Desse modo, as formigas podem ser consideradas bioindicadores nos ecossistemas terrestres, por apresentar algumas peculiares, como: diversidade e abundância elevada em diferentes paisagens, acentuada dominância em número e biomassa, além de participar de diversas interações ecológicas em todos os níveis tróficos, e ser encontrada tanto no solo e na vegetação (COSTA-MILANEZ et al., 2014; SEGAT et al., 2017). Assim, as formigas desenvolvem alta especificidade de hábitat como bioindicador, dispondo de ninhos estacionários e perenes que facilitam sua amostragem e monitoramento, apresentando ainda sensibilidade às mudanças climáticas e as alterações que ocorre no hábitat (KWON; LEE, 2015; KHUONG et al., 2016).

Essa pesquisa trata-se de uma revisão bibliográfica, realizada nas bases de dados Capes Periódicos e Google acadêmico, tendo como descritores: ant species, bioindicator, preservation e degradation environmental. Como critérios de inclusão, optou-se por artigos científicos publicados nos anos 2015 a 2019, que investigaram formigas como bioindicadoras de distúrbios ambientais e/ou integridade ambiental. Portanto, esta pesquisa objetivou-se identificar as espécies de formicídeos que podem ser bioindicadoras de preservação e degradação ambiental.

Espécies bioindicadoras de preservação e degradação ambiental

Foram identificados 33 espécies de formigas que indicam preservação, e 41 espécies que indicam degradação ambiental (Tabela 1). A subfamília que apresentou maior número de espécies, tanto como bioindicadoras de preservação e

de degradação ambiental foi Myrmicinae (Tabela 1), provavelmente se aplique ao fato ser a maior e mais diversa subfamília de Formicidae, sendo encontrada em diversos ambientes e distribuída em muitas regiões do mundo.

A subfamília Myrmicinae é formada por 140 gêneros, distribuídos em 6 tribos, possuindo uma elevada variedade morfológica, e diversas estratégias de reprodução e nidificação, além de obter os alimentos de diferentes formas. Esses formicídeos podem ser encontrados em qualquer ecossistema terrestre, ocupando camadas superficiais e profundas do solo, tanto em regiões tropicais e temperadas (BOLTON, 2003; FERNÁNDEZ, 2003; BACCARO et al., 2015).

Tabela 1. Número de espécies por subfamília de formicídeos (Hymenoptera: Formicidae) que indicam preservação e degradação ambiental.

SUBFAMÍLIA	PRESERVAÇÃO	DEGRADAÇÃO
Dolichoderinae	4	5
Formicinae	7	12
Myrmicinae	14	18
Paraponerinae	1	0
Pseudomyrmecinae	2	0
Ponerinae	5	6
<i>TOTAL</i>	33	41

As subfamílias que bioindicaram exclusivamente preservação foram: Paraponerinae e Pseudomyrmecinae (Tabela 1), ambas são Neotropicais e nessa pesquisa foram encontradas unicamente no bioma Cerrado.

A subfamília Paraponerinae apresenta registros a partir da América Central até a América do Sul (BOLTON, 2003; BOUDINOT, 2015). Nesse sentido, Observou-se então que *Paraponera clavata* (Quadro 1) é uma espécie bioindicadora de preservação ambiental, onívora, que nutre-se tanto de nectários extraflorais e

pequenos invertebrados e seguindo Baccaro et al. (2015) é a única espécie pertencente a subfamília Paraponerinae.

A Pseudomyrmecinae, de hábito arbóreo, possui somente 3 gêneros, um encontrado no Velho Mundo, e os demais encontrados no Brasil; nessa subfamília o gênero mais comum é o *Pseudomyrmex*, principalmente devido sua distribuição territorial ser muito vasta (BACCARO et al., 2015; BOUDINOT, 2015). Nesse trabalho, observou-se que *Pseudomyrmex pupa* e *Pseudomyrmex tenuis* são espécies exclusivas desse gênero (Quadro 1), caracterizando-se como bioindicadoras de integridade ambiental, pois só foram identificadas em área natural do Cerrado, acredita-se que esse ambiente oferece condições naturais de nidificação dessas espécies, propiciando o desenvolvimento de seu nicho ecológico.

Os gêneros que mais representaram preservação ambiental foram: *Crematogaster* (Subfamília: Myrmicinae) com 4 espécies, e *Camponotus* (Subfamília: Formicinae) com 3 espécies, devido manifestarem maior número de espécies em relação aos demais gêneros (Quadro 1). Nessa pesquisa, as espécies desses gêneros foram encontradas em áreas de Cerrado e numa Reserva Natural, ambos ambientes que apresentam integridade ambiental, permitindo a permanência de espécies, onde lhes fora concedido condições ideais de nidificação e alimentação para a sua sobrevivência.

Quadro 1. Espécies de formicídeos (Hymenoptera: Formicidae) bioindicadoras de preservação ambiental (Quinquênio 2015-2019).

SF	ESPÉCIES	AMBIENTE	LOCAL	REFERÊNCIA
DO	<i>Dolichoderus imitator</i> (Emery, 1894)	Cerrado	Mato Grosso, Brasil	Corassa et al. (2015)
	<i>Dolichoderus lutosus</i> (Smith, 1858)	Cerrado	Mato Grosso, Brasil	Costa-Milanez et al. (2015)
	<i>Dorymyrmex pyramicus</i> (Roger, 1963)	Cerrado	Mato Grosso, Brasil	Corassa et al. (2015)

	<i>Forelius brasiliensis</i> (Forel, 1908)	Cerrado	Minas Gerais, Brasil	Costa-Milanez et al. (2015)
FO	<i>Camponotus atriceps</i> (Smith, F., 1858)	Cerrado	Mato Grosso, Brasil	Rocha et al. (2015)
	<i>Camponotus bidens</i> (Mayr, 1870)	Cerrado	Mato Grosso, Brasil	Corassa et al. (2015)
	<i>Camponotus blandus</i> (Smith, 1858)	Cerrado	Mato Grosso, Brasil	Corassa et al. (2015)
	<i>Gigantiops destructor</i> (Fabricius, 1804)	Cerrado	Mato Grosso, Brasil	Corassa et al. (2015)
	<i>Lasius niger</i> (Linnaeus, 1758)	Ambiente urbano	Kemerovo, Rússia	Blinova; Dobrydina (2019)
	<i>Myrmoteras binghami</i> (Forel, 1893)	Floresta	Ambon, Indonésia	Latumahina; Mardiatmoko (2019)
	<i>Polyrhachis bellicosa</i> (Smith, F., 1859)	Floresta	Ambon, Indonésia	Latumahina; Mardiatmoko (2019)
	<i>Acromyrmex subterraneus brunneus</i> (Forel, 1912)	Cerrado	Mato Grosso, Brasil	Corassa et al. (2015)
	<i>Atta laevigata</i> (Smith, 1858)	Cerrado	Minas Gerais, Brasil	Costa-Milanez et al. (2015)
	<i>Cardiocondyla nuda</i> (Mayr, 1866)	Floresta	Ambon, Indonésia	Latumahina et al. (2019)
	<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)	Cerrado	Mato Grosso, Brasil	Corassa et al. (2015)
	<i>Cephalotes borgmeieri</i> (Kempf, 1951)	Cerrado	Minas Gerais, Brasil	Costa-Milanez et al. (2015)
	<i>Crematogaster amita</i> (Forel, 1913)	Reserva Natural	África do Sul	Jamison et al. (2016)

MY	<i>Creinatogaster difformis</i> (Smith, F., 1857)	Floresta	Ambon, Indonésia	Latumahina; Mardiatmoko (2019)
	<i>Creinatogaster rectinota</i> (Forel, 1913)	Reserva Natural	África do Sul	Jamison et al. (2016)
	<i>Creinatogaster tenuicula</i> (Forel, 1904)	Cerrado	Mato Grosso, Brasil	Corassa et al. (2015)
	<i>Messor aegyptiacus</i> (Emery, 1878)	Atividades Antrópicas	New Damietta, Egito	Bokl et al. (2015)
	<i>Myrmicaria brunnea subcarinata</i> (Smith, F., 1857)	Floresta	Ambon, Indonésia	Latumahina; Mardiatmoko (2019)
	<i>Myrmica rubra</i> (Linnaeus, 1758)	Ambiente urbano	Kuzbass, Rússia	Blinova; Dobrydina (2019)
	<i>Monomorium fastidium</i> (Bolton, 1987)	Reserva Natural	África do Sul	Jamison et al. (2016)
	<i>Pheidole gertrudae</i> (Forel, 1886)	Cerrado	Mato Grosso, Brasil	Corassa et al. (2015)
PA	<i>Paraponera clavata</i> (Fabricius, 1775)	Cerrado	Estado de Mato Grosso	Rocha et al. (2015)
PS	<i>Pseudomyrmex pupa</i> (Forel, 1911)	Cerrado	Mato Grosso, Brasil	Corassa et al. (2015)
	<i>Pseudomyrmex tenuis</i> (Fabricius, 1804)	Cerrado	Mato Grosso, Brasil	Corassa et al. (2015)
	<i>Anochetus bispinosus</i> (Smith, 1858)	Cerrado	Mato Grosso, Brasil	Corassa et al. (2015)
	<i>Odontomachus haematodus</i> (Linnaeus, 1758)	Cerrado	Minas Gerais, Brasil	Costa-Milanez et al. (2015)

PO	<i>Odontoponera sp</i>	Agricultura orgânica	Java Central, Indonésia	Widhiono et al. (2017)
	<i>Pseudoponera stigma</i> (Fabricius, 1804)	Cerrado	Minas Gerais, Brasil	Costa-Milanez et al. (2015)
	<i>Pachycondyla crassinoda</i> (Latreille, 1802)	Cerrado	Mato Grosso, Brasil	Rocha et al. (2015)

SF = Subfamília; DO = Dolichoderinae; FO = Formicinae; MY = Myrmicinae; PA = Paraponerinae; PS = Pseudomyrmecinae; PO = Ponerinae.

O gênero *Crematogaster* tem ocorrência nos ecossistemas terrestres em regiões tropicais e temperadas, correspondendo a cerca de 486 espécies no mundo, sendo que em torno de 60 estão no Brasil. Quanto aos seus ninhos, podem ficar situados no solo, na serapilheira, em caules de árvores, e em ninhos abandonados de cupins (EGUCHI; BUI; YAMANE, 2011; BACCARO et al., 2015).

Enquanto que no gênero *Camponotus* (Subfamília: Formicinae), os seus ninhos são construídos em troncos ou copas de árvore e também no solo; na maioria das vezes esses ninhos são grandes, abrigando muitos indivíduos. Quanto ao seu hábito alimentar, a maioria das espécies são onívoras, e se tratando das operárias, são mais ativas durante a noite (BACCARO et al., 2015; SIMOLA et al., 2016).

O gênero *Camponotus* também foi reconhecido por outros pesquisadores, como um bioindicador de integridade ambiental, manifestando um número considerável de espécies como observado por Tibcherani et al. (2018) que realizaram um estudo sobre Formicídeos no Cerrado e verificaram que o gênero *Camponotus* apresentou o maior número de espécies bioindicadoras de preservação ambiental.

Observou-se que os gêneros que mais representaram degradação ambiental foram: *Camponotus* (Subfamília: Formicinae) com 7 espécies (diferente das que indicam preservação); e, *Tetramorium* com 6 espécies, *Monomorium* com 5 espécies, ambos da Subfamília: Myrmicinae (Quadro 2).

Quadro 2. Espécies de formicídeos (Hymenoptera: Formicidae) bioindicadoras de degradação ambiental (Quinquênio 2015-2019).

SF	ESPÉCIES	AMBIENTE	LOCAL	REFERÊNCIA
DO	<i>Dolichoderus germaini</i> (Emery, 1894)	Cerrado perturbado	Minas Gerais, Brasil	Costa-Milanez et al. (2015)
	<i>Forelius brasiliensis</i> (Forel, 1908)	Garimpo	Mato Grosso, Brasil	Rocha et al. (2015)
	<i>Ochetellus glaber</i> (Mayr, 1862)	FS	Shivalik, Himalia	Bharti et al. (2016)
	<i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius, 1793)	FP/ FS/ AA	Shivalik, Himalia	Bharti et al. (2016)
	<i>Technomyrmex albipes</i> (Smith, 1861)	FP/ FS/ AA	Shivalik, Himalia	Bharti et al. (2016)
FO	<i>Camponotus aegyptiacus</i> (Emery, 1915)	Atividades antrópicas	New Damietta, Egito	Bokl et al. (2015)
	<i>Camponotus bonariensis</i> (Mayr, 1868)	Cerrado perturbado	Minas Gerais, Brasil	Costa-Milanez et al. (2015)
	<i>Camponotus cameranoi</i> (Emery, 1894)	Cerrado perturbado	Minas Gerais, Brasil	Costa-Milanez et al. (2015)
	<i>Camponotus cognatocompressus</i> (Forel, 1904)	Atividades antrópicas	New Damietta, Egito	Bokl et al. (2015)
	<i>Camponotus sexgutattus</i> (Fabricius, 1793)	Cerrado perturbado	Minas Gerais, Brasil	Costa-Milanez et al. (2015)
	Camponotus sp.1	Garimpo	Mato Grosso, Brasil	Rocha et al. (2015)
	<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius, 1775)	Cerrado perturbado	Minas Gerais, Brasil	Canedo-Júnior et al. (2016)

<i>Cataglyphis lividus</i> (André, 1881)	Atividades antrópicas	New Damietta, Egito	Bokl et al. (2015)
<i>Lasius niger</i> (Linnaeus, 1758)	Mineração	Kuzbass, Rússia	Blinova; Dobrydina (2019)
<i>Oecophylla smaragdina</i> (Fabricius, 1775)	Floresta	Ambon, Indonésia	Latumahina; Mardiatmoko (2019)
<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille, 1802)	FP/ FS/ AA	Shivalik, Himalia	Bharti et al. (2016)
<i>Polyrhachis abdominalis</i> (Smith, F., 1858)	Floresta	Ambon, Indonésia	Latumahina; Mardiatmoko (2019)
<i>Cardiocondyla nuda</i> (Mayr, 1866)	FP/ FS/ AA	Shivalik, Himalia	Bharti et al. (2016)
<i>Cardiocondyla wroughtonii</i> (Forel, 1890)	FP/ FS/ AA	Shivalik, Himalia	Bharti et al. (2016)
<i>Cephalotes cristopherseni</i> (Forel, 1912)	Cerrado perturbado	Minas Gerais, Brasil	Costa-Milanez et al. (2015)
<i>Monomorium areniphilum</i> (Santschi, 1911)	Atividades antrópicas	New Damietta, Egito	Bokl et al. (2015)
<i>Monomorium destructor</i> (Jerdon, 1851)	FP/ FS/ AA	Shivalik, Himalia	Bharti et al. (2016)
<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1851)	FS	Shivalik, Himalia	Bhart et al. (2016)
<i>Monomorium pharaonis</i> (Linnaeus, 1758)	FS/ AA	Shivalik, Himalia	Bhart et al. (2016)

MY	<i>Monomorium salomonis</i> (Linnaeus, 1758)	Atividades antrópicas	New Damietta, Egito	Bokl et al. (2015)
	<i>Myrmica rubra</i> (Linnaeus, 1758)	Mineração	Kuzbass, Rússia	Blinova; Dobrydina (2019)
	<i>Nesomyrmex spininodis</i> (Mayr, 1887)	Cerrado perturbado	Minas Gerais, Brasil	Costa-Milanez et al. (2015)
	<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804)	FS	Shivalik, Himalia	Bharti et al. (2016)
	<i>Tetramorium bicarinatum</i> (Nylander, 1846)	FP/ FS	Shivalik, Himalia	Bharti et al. (2016)
	<i>Tetramorium caespitum</i> (Linnaeus, 1758)	FS	Shivalik, Himalia	Bharti et al. (2016)
	<i>Tetramorium caldarium</i> (Roger, 1857)	AA	Shivalik, Himalia	Bharti et al. (2016)
	<i>Tetramorium lanuginosum</i> (Mayr, 1870)	FP/ FS/ AA	Shivalik, Himalia	Bharti et al. (2016)
	<i>Tetramorium simillimum</i> (Smith, F. 1851)	FS	Shivalik, Himalia	Bharti et al. (2016)
	<i>Tetramorium tonganum</i> (Mayr, 1870)	FP/ FS/ AA	Shivalik, Himalia	Bharti et al. (2016)
	<i>Wasmannia rochai</i> (Forel, 1912)	Cerrado perturbado	Minas Gerais, Brasil	Costa-Milanez et al. (2015)
	<i>Anochetus inermis</i> (André, 1889)	Cerrado	Mato Grosso, Brasil	Corassa et al. (2015)
	<i>Hypoponera bugnioni</i> (Forel, 1912)	Floresta	Maluku, Indonésia	Latumahina; Mardiatmoko (2019)

PO	<i>Hypoponera coninis</i> (Roger, 1860)	FP/ FS/ AA	Shivalik, Himalia	Bharti et al. (2016)
	<i>Hypoponera ragusai</i> (Emery, 1894)	FP/ FS/ AA	Shivalik, Himalia	Bharti et al. (2016)
	<i>Leptogenys diminuta</i> (Smith, F., 1857)	Floresta	Ambon, Indonésia	Latumahina; Mardiatmoko (2019)
	<i>Odontomachus haematodus</i> (Linnaeus, 1758)	Eucalipto	Mato Grosso, Brasil	Corassa et al. (2015)

SF = Subfamília; CE = Cerapachyinae; DO = Dolichoderinae; FO = Formicinae; MY = Myrmicinae; PO = Ponerinae; FP = Floresta Primária; FS = Floresta Secundária; AA = Área Antrópica.

Quanto ao gênero *Camponotus* é o que reuni o maior número de espécies de formigas, com mais de 1000 espécies descritas (BACCARO et al., 2015) e possui algumas generalistas, capazes de serem encontradas em diferentes habitats (FERNÁNDEZ, 2003). Talvez por essas razões, esse gênero apresenta tanto formigas que indicam preservação como degradação ambiental.

Semelhantemente ao que ocorreu nesse pesquisa, em que a espécie *Camponotus rufipes* (pertencente ao gênero *Camponotus*) é considerada uma das indicadoras de ambientes degradados (Quadro 1), tanto Fernández (2003) e Tomazi et al. (2012) também observaram esse resultado em suas pesquisas.

O gênero *Tetramorium* tem mais de 500 espécies mundialmente descritas, sendo que só na região Neotropical possui cerca de 19 espécies (BOLTON, 2003; FERNÁNDEZ, 2003; BACCARO et al., 2015). No Brasil por exemplo, as espécies mais comuns, *Tetramorium bicarinatum* e *Tetramorium simillimum*, encontradas também nessa pesquisa (Quadro 2), e são consideradas por Baccaro et al. (2015) espécies invasoras, que causam degradação ao ambiente. De modo geral, as espécies que constituem esse gênero também podem ser encontras em ambientes altamente antropizados, têm hábito onívoro e se adaptam facilmente em construções humanas, ninhos também podem agregar centenas de indivíduos.

Já os formicídeos do gênero *Monomorium* nidificam o solo, em áreas pedregosas, no interior de galhos das árvores e em cavidades pré-existentes (PEETERS; TINAUT, 2014; SPARKS; ANDERSEN; AUSTIN, 2019). As espécies desse gênero são onívoras, e no Brasil por exemplo, as mais frequentes são *Monomorium floricola* e *Monomorium Pharaonis* (BACCARO et al., 2015), que também foram observadas nessa pesquisa com bioindicadora de degradação ambiental (Quadro 2).

Conclusão

A partir desse estudo, conclui-se que Myrmicinae foi a subfamília mais representativa em preservação e degradação ambiental. E que as espécies exclusivamente bioindicadoras de integridade ambiental foram: *Paraponera clavata* (subfamília: Paraponerinae), *Pseudomyrmex pupa* e *Pseudomyrmex tenuis*, ambas pertencentes a subfamília: Pseudomyrmecinae.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil, pela bolsa de doutorado.

Referências

BACCARO, F. B. *et al.* **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus: Editora INPA, 2015.

BHARTI, H.; BHARTI, M.; PFEIFFER, M. Ants as bioindicators of ecosystem health in Shivalik Mountains of Himalayas: assessment of species diversity and invasive species. **Asian Myrmecology**, v. 8, p. 1-15, 2016.

BLINOVA, S. V.; DOBRYDINA, T. I. The Study of Bioindicators Possibilities of Ants (Hymenoptera: Formicidae) Under the Conditions of Industrial Pollution. **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**, v. 224, p. 1-7, 2019.

BOKL, M. M. E. et al. Ant (Hymenoptera: Formicidae) diversity and bioindicators in the lands with different anthropogenic activities in New Damietta, Egypt.

International Journal of Entomological Research, v. 3, n. 2, p. 35-46, 2015.

BOLTON, B. **Synopsis and classification of Formicidae**. Memoirs of the American Entomological Institute, v. 71, 2003. 370 p.

BOUDINOT, B. E. Contributions to the knowledge of Formicidae (Hymenoptera, Aculeata): a new diagnosis of the family, the first global male-based key to subfamilies, and a treatment of early branching lineages. **European Journal of Taxonomy**, v. 120, p. 1-62, 2015.

CANEDO-JÚNIOR, E. et al. Can anthropic fires affect epigaeic and hypogaeic Brazilian Savanna ant (Hymenoptera: Formicidae) communities in the same way?. **Revista de Biología Tropical/International Journal of Tropical Biology and Conservation**, v. 64, p. 95-104, 2016.

CORASSA, J. D. N. et al. Biodiversidade da mirmecofauna em diferentes usos do solo no Norte Mato-Grossense. **Comunicata Scientiae**, v. 6, p. 154-163, 2015.

COSTA-MILANEZ, C. B. et al. Are ant assemblages of Brazilian veredas characterized by location or habitat type? Braz. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, p. 89-99, 2014.

COSTA-MILANEZ, C. B. et al. Effect of fire on ant assemblages in Brazilian Savanna in areas containing vereda wetlands. **Sociobiology**, v. 62, p. 494-505, 2015.

EGUCHI, K.; BUI, T. V; YAMANE, S. **Sinopse genérica dos Formicidae do Vietnã**. Parte 1 - Myrmicinae e Pseudomyrmecinae (Zootaxa 2878). Auckland: Magnolia Press, 2011. 61 p.

FERNÁNDEZ, F. **Introducción a las Hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Ed. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003.

- HASTINGS, A. *et al.* Ecosystem engineering in space and time. **Ecology Letters**, n.10, p.153-64, 2007.
- JAMISON, S-L. *et al.* An assessment of rehabilitation success in na African grassland using ants as bioindicators. **African Protected Area Conservation and Science**, v. 58, n. 1, p. 1-16, 2016.
- KWON, T. S; LEE, C. M. Prediction of abundance of beetles according to climate warming in South Korea. **Journal of Asia-Pacific Biodiversity**, v. 8, p. 7-30, 2015.
- LATUMAHINA, F.; MARDIATMOKO, G. The sensitivity of ants on soil and air temperature as bioindicators of climate change in small Islands of Indonesia. **Eco. Env. & Cons.**, v. 25, n. 2, p. 978-984, 2019.
- PEETERS, C.; TINAUT, A. Reconstructing life history in ants: *Ergatoid queens*, facultative monogyny and dependent colony foundation in *Monomorium algericum* (Hymenoptera: Formicidae). **Myrmecological News**, v. 20, p. 77-85, 2014.
- ROCHA, W.O., *et al.* Formigas (Hymenoptera: Formicidae) Bioindicadoras de Degradação Ambiental em Poxoréu, Mato Grosso, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 22, p. 88-98, 2015.
- SEGAT, J. C. Ants as indicators of soil quality in an on-going recovery of riparian forests. **Forest Ecology and Management**. v. 404, p. 338-343, 2017.
- SIMOLA, D. F. *et al.* (Re) programação epigenética do comportamento específico de castas na formiga *Camponotus floridanus*. **Ciência**, v. 351, n. 6268, 2016.
- SPARKS, K. S.; ANDERSEN, A. N.; AUSTIN, A. D. A multi-gene phylogeny of Australian *Monomorium Mayr* (Hymenoptera: Formicidae) results in reinterpretation of the genus and resurrection of *Chelaner* Emery. **Invertebrate Systematics**, v. 33, p. 225-236, 2019.
- SUAREZ, A.V.; HOLWAY, D. A.; TSUTSUI, N. D. Genetics and behavior of a colonizing species: The invasive Argentine ant. **Am Nat**, v. 172, p. 72-84, 2008.
- THOMAS, W. S. *et al.* Genetic evidence for landscape effects on dispersal in the army ant *Eciton burchellii*. **Molecular Ecology**, v. 23, 96-109, 2014.

TOMAZI, A. L.; LOPES, B. C.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Formigas como indicadores ambientais de restinga arbórea no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Ilha de Santa Catarina, Brasil. *In*: FUENTES, E. V.; HESSEL, M.; HERNÁNDEZ, M. I. M. (org.) **Estudos ecológicos na Ilha de Santa Catarina**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2012. p. 263-274.

WIDHIONO, I. *et al.* Ant (Hymenoptera: Formicidae) diversity as bioindicator of agroecosystem health in northern slope of Mount Slamet, Central Java, Indonesia. **Biodiversitas**, v. 18, n. 4, p. 1475-1480, 2017.

Capítulo 6

MACROFAUNA EDÁFICA E SUA RELAÇÃO COM SAZONALIDADE EM SISTEMA DE USO DO SOLO, BIOMA CERRADO

Charlyan de Sousa Lima^{1,*}
Marina Schmidt Dalzochio²
Edison Fernandes da Silva³
Eduardo Périco⁴

¹ Doutorando em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. Professor da Rede Pública Estadual do Maranhão e Rede Municipal de Chapadinha-MA.

² Doutora em Biologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

³ Professor adjunto do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

⁴ Professor titular do Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES.

*Autor correspondente: E-mail: charlyansl@yahoo.com.br

Publicado na Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais

LIMA, C. S. *et al.* 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>

RESUMO

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

ABSTRACT

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 his 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 season. 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 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 litterfall 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: phytophysiognomies, habitat, invertebrates, landscape.

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 km², 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.

MATERIAL 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 km² 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 periódicas.
Eucalipto	Povoado 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*) destina-se 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 sub-classe, 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	CER	MDC	CEQ	EUC	PAS	Total
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-------

Taxonômico	n	%	n	%								
PERÍODO CHUVOSO												
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
Haplotoxida	-	-	-	-	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
Total											1129	100
PERÍODO SECO												
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
Hemiptera	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
Total											1020	100

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).

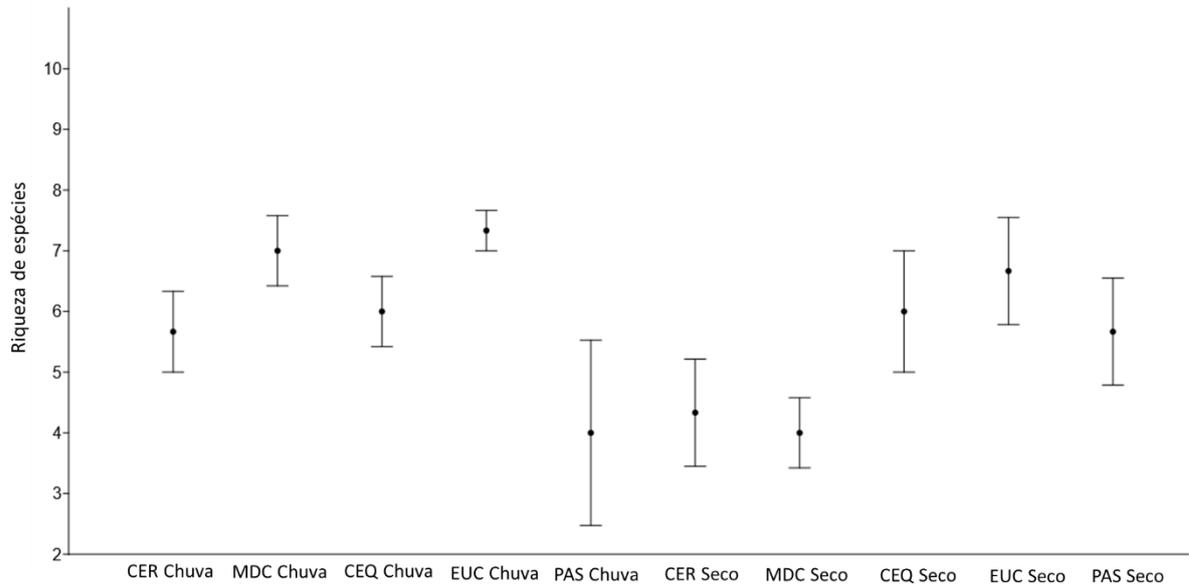


Figura 1: Riqueza de táxons da macrofauna edáfica nos ambientes: Cerrado, Mata dos Cocais, Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem, no período chuvoso e seco.

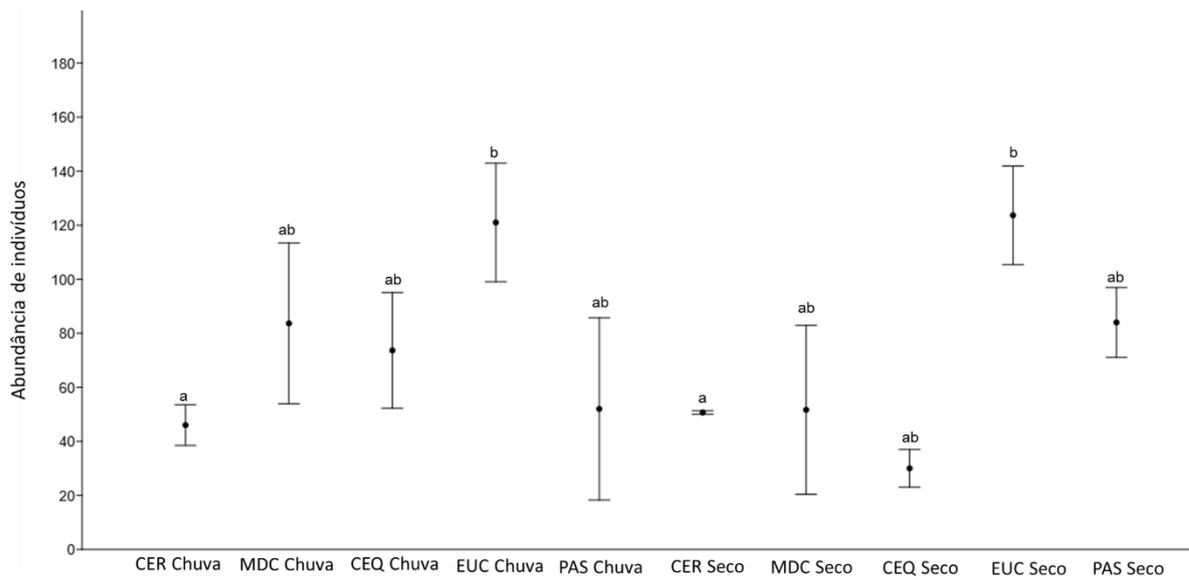


Figura 2: Abundância de táxons da macrofauna edáfica nos ambientes: Cerrado, Mata dos Cocais, Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem, no período chuvoso e seco.

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	0,1929*
	Mata dos Cocais - Seco	0,1533*
	Corte e Queima - Seco	0,0486
	Eucalipto – Seco	0,0009
	Pastagem – Seco	0,095*
	Corte e Queima - Chuvoso	0,0355

Mata dos Cocais - Chuvoso	Eucalipto - Chuvoso	0,0497
	Pastagem - Chuvoso	0,0743*
	Cerrado – Seco	0,0031
	Mata dos Cocais - Seco	0,0363
	Corte e Queima - Seco	0,434*
	Eucalipto – Seco	0,0009
	Pastagem – Seco	0,0012
Corte e Queima - Chuvoso	Eucalipto - Chuvoso	0,0283
	Pastagem - Chuvoso	0,0036
	Cerrado – Seco	0,0901*
	Mata dos Cocais - Seco	0,0121
	Corte e Queima - Seco	0,0095
	Eucalipto – Seco	0,0225
	Pastagem – Seco	0,0088
Eucalipto - Chuvoso	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 – Seco	0,006
	Cerrado – Seco	0,0008
	Mata dos Cocais - Seco	0,0084

Pastagem - Chuvoso	Corte e Queima - Seco	0,07*
	Eucalipto – Seco	0,0033
	Pastagem – Seco	0,0001

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

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.

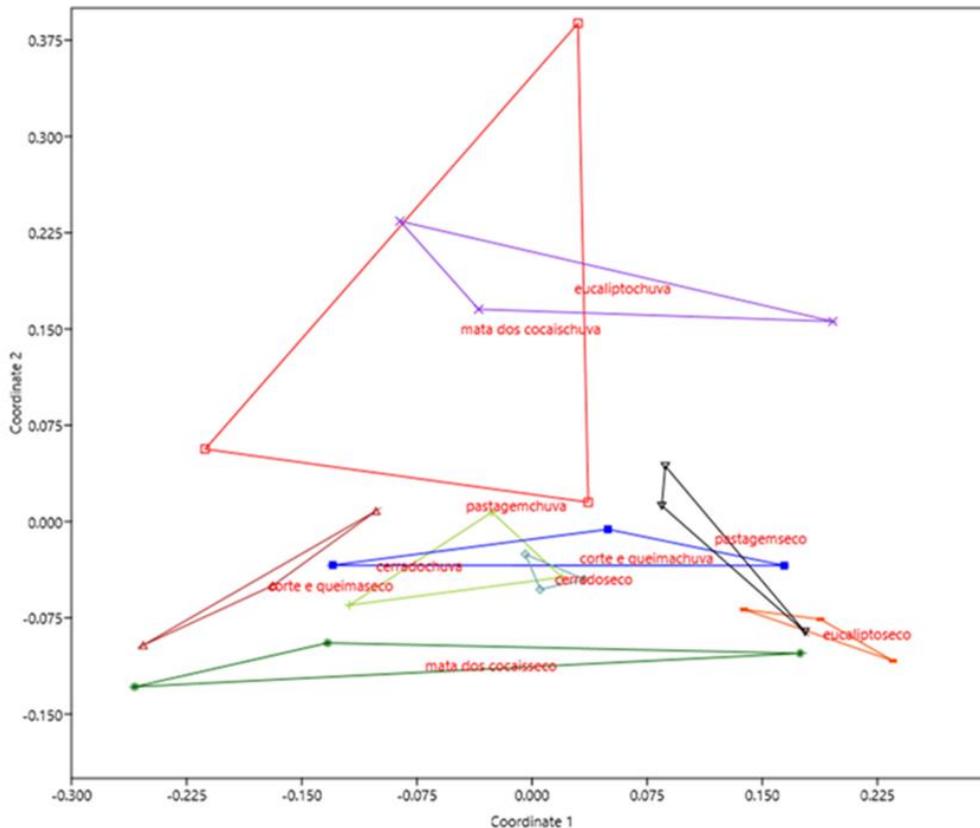


Figura 3. Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) ambientes de estudo do bioma Cerrado e os períodos sazonais (chuvoso e seco) da macrofauna edáfica.

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 conseqüentemente 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 consequentemente 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 período chuvoso e seco (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 subosque 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).

De 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 assemelhando-se 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; Steinberger (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 tornou-se 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.

REFERÊNCIA

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>

DE SOUZA, H. N.; DE GOEDE, R. G. M.; BRUSSAARD, L.; CARDOSO, I. M.; DUARTE, E. M. G.; FERNANDES, R. B. A.; GOMES, L. C.; PULLEMAN, 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 SBCS**, v. 34, n 01, 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**. Holos Editora: Ribeirão Preto, 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/10.1590/18069657rbcs20170199>.

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, 2016. **DOI:** <http://dx.doi.org/10.1590/18069657rbcs20150248>

SPILLER, M. S.; SPILLER, C.; GARLET, J. Arthropod bioindicators of environmental quality. **Agro@ambiente on-line**, 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 ultravioleta radiation reduction. **International Journal of Biometeorology**, v. 54, p. 179-191, 2010. **DOI:** <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0267-7>.

Capítulo 7

COMPOSIÇÃO FUNCIONAL E SAZONALIDADE DA MACROFAUNA EDÁFICA EM DIFERENTES USOS DO SOLO, BIOMA CERRADO, BRASIL

Charlyan de Sousa Lima^{1,*}
Marina Schmidt Dalzochio²
Edison Fernandes da Silva³
Eduardo Périgo⁴

¹ Doutorando em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. Professor da Rede Pública Estadual do Maranhão e Rede Municipal de Chapadinha-MA.

² Doutora em Biologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

³ Professor adjunto do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

⁴ Professor titular do Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES.

*Autor correspondente: E-mail: charlyansl@yahoo.com.br

Publicado na Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais

LIMA, C. S.; DALZOCHIO, M. S.; SILVA, E. F.; PÉRIGO, E.. Composição funcional e sazonalidade da macrofauna edáfica em diferentes usos do solo, Bioma Cerrado, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.6, p.33-48, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.006.0004>

RESUMO

A macrofauna edáfica é representada por organismos invertebrados que ocupam o solo e podem ser distribuídos em grupos funcionais que desempenham funções específicas nos ambientes. Este trabalho objetivou-se analisar a composição funcional da macrofauna edáfica e sazonalidade em diferentes usos do solo, do bioma Cerrado. A pesquisa foi realizada em ambientes que reúnem características naturais (Cerradão e Mata dos Cocais) e formações florestais que sofreram perturbações antrópicas (Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem), em Chapadinha, Maranhão, Brasil. Os invertebrados edáficos foram coletados no período chuvoso e no período seco, e identificados em nível de ordem e/ou família. Foram coletados 2149 indivíduos da macrofauna edáfica, pertencentes a 16 grupos taxonômicos, distribuídos em cinco grupos funcionais: engenheiros dos ecossistemas, saprófagos, predadores, onívoros e fitófagos; sendo que os predadores reuniram o maior número de táxons. Foi calculada a beta diversidade da macrofauna edáfica particionada em substituição (betasim) e aninhamento (betasne) tanto em ambientes naturais como antrópicos. Observou-se que todos os valores de substituição foram maiores que os valores de aninhamento em todos os ambientes e períodos. O teste da PERMANOVA verificou alterações significativas na composição dos grupos funcionais da macrofauna edáfica para a interação dos fatores: período sazonal e ambiente. Foi observado sobreposição entre ambientes quanto nos eixos 1 e 2 do NMDS envolvendo os cinco grupos funcionais. Conclui-se que os grupos funcionais da macrofauna edáfica (engenheiros dos ecossistemas, saprófagos, predadores, onívoros, fitófagos) desempenham atividades que regulam muitos processos físicos, químico e biológicos que ocorrem no solo do bioma Cerrado, além de promover o seu equilíbrio e o funcionamento habitual.

Palavras-chave: Invertebrados; Funcionalidade; Hábito alimentar; Paisagem.

FUNCTIONAL COMPOSITION AND SEASONALITYINS OF SOIL MACROFAUNA IN DIFFERENT SOIL USES, CERRADO BIOME, BRAZIL

ABSTRACT.

The edaphic macrofauna is represented by invertebrate organisms that occupy the soil and can be distributed in functional groups that realize specific functions in the environments. The objective of this study was to analyze the functional composition of the edaphic macrofauna and seasonalityins of the Cerrado biome in different uses of the soil. The research was carried out in environments that combine natural characteristics (Cerradão and Mata dos Cocais) and forest formations that suffered anthropic disturbances (Cut and Burn, Eucalyptus and Pasture), in Chapadinha, Brazil. The edaphic invertebrates were collected in the rainy period and in the dry period, and identified at the level of order and/or family. Was found 2149 individuals from the edaphic macrofauna, belonging to 16 taxonomic groups, distributed in five functional groups: ecosystem engineers, saprophages, predators, omnivores and phytophages; predators gathered the largest number of táxons. Was observed the beta diversity of the edaphic macrofauna partitioned in substitution (betasim) and nesting (betasne) as in natural as anthropic environments. Observed that all substitution values were greater than nesting values in all environments and periods. The PERMANOVA test found significant changes in the composition of the functional groups of the edaphic macrofauna for the interaction of the factors: seasonal period and environment. Superposition was observed between environments and in axes 1 and 2 of the NMDS involving the five functional groups. It is concluded that the functional groups of the edaphic macrofauna (ecosystem engineers, saprophages, predators, omnivores, phytophages) perform activities that regulate many physical, chemical and biological processes that occur in the soil of the Cerrado biome, in addition to promoting their balance and usual operation.

Keywords: Invertebrates; Functionality; Food habit; Landscape.

INTRODUÇÃO

A macrofauna edáfica é representada por organismos invertebrados que ocupam a superfície do solo e desempenham funções específicas. Para realizar suas atividades no solo, os táxons que a compõem podem ser distribuídos em grupos funcionais, que incluem: engenheiros dos ecossistemas, saprófagos, predadores, onívoros e fitófagos (ELIEA et al., 2018; FERREIRA et al., 2019).

Os engenheiros dos ecossistemas (EDE) causam impacto específico no solo, transformando suas propriedades físicas que melhoram a movimentação e retenção de água e trocas gasosas, além de formarem agregados que constituirão a estrutura interna do solo (PERKINS et al., 2018; ZHANG et al, 2018). Esse grupo tem sua atividade tanto na superfície como no interior do solo, podendo inclusive auxiliar

outros grupos funcionais no desempenho de atividades. Podem auxiliar na remoção da serapilheira ajudando os invertebrados onívoros a fragmentar a estrutura vegetal, e ao mesmo tempo, propiciam aos saprófagos a decomposição da matéria orgânica no solo (NUNES et al., 2019; MURPHY et al., 2020). Os EDE podem ser representados por formigas (Hymenoptera: *Formicidae*), minhocas (Haplotaxida), cupins (Isoptera), dentre outros invertebrados edáficos.

Os saprófagos (Blattodea, Diplopoda, Diplura, Psocoptera, etc.) atuam na decomposição da matéria orgânica melhorando a química e a fertilidade do solo. O material decomposto passa a ser incorporado ao solo, fornecendo nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio e dentre outros, que previamente serão utilizados pelas plantas por meio do processo da seiva bruta, quando esses nutrientes são absorvidos pelas raízes e direcionados a outros órgãos vegetais (PEÑA-PEÑA et al., 2016; FROUZ, 2017). Assim os saprófagos participam indiretamente da fisiologia vegetal, o que condicionará melhores condições de sobrevivência tanto para flora e fauna de um determinado ambiente.

Os predadores é um grupo funcional que pode participar de diferentes níveis tróficos da cadeia alimentar, desempenhando função de controle populacional nos ecossistemas terrestres. Os principais representantes são os aracnídeos (Araneae, Pseudoscorpionida) e centopeias (Scolopendromorpha) (MURPHY et al., 2020). Já os onívoros (Blattaria, Coleoptera e outros) também podem participar de muitos níveis tróficos, consumindo organismo vegetal e animal, tornando-se um grupo abundante na natureza, que atua no solo nos processos de regulação dos invertebrados edáficos e da constituição da serapilheira (KULKARNIA et al., 2017).

Quanto aos fitófagos (Orthoptera, Hemiptera, etc.) são invertebrados que tanto anatomicamente como fisiologicamente estão adaptados para o consumo de matéria vegetal, tornando-se o principal componente de sua dieta. Desse modo, podem participar de diversas atividades que ocorrem na superfície do solo, nutrindo-se de fragmentos vegetais presentes na serapilheira. Além disso, sua abundância e riqueza pode ser determinada pela composição vegetacional do ambiente, desempenhando também papel no equilíbrio ecológico, por meio de sua participação na cadeia alimentar (ANDREW et al., 2005).

O bioma Cerrado é rico em diversidade de organismos edáficos, e um importante hotspot, embora sofra ameaças antrópicas, devido a exploração

excessiva de seus recursos naturais, afetando consideravelmente a fitofisionomia e alterando negativamente a química e a fertilidade dos solos (LIMA et al. 2020).

Esse trabalho teve como objetivo analisar a composição funcional da macrofauna edáfica e sua sazonalidade, guiados pelas seguintes hipóteses: 1) os organismos representantes das diferentes categorias funcionais variam conforme a fitofisionomia e sazonalidade, 2) áreas com forte influência antrópica apresentam grupos funcionais mais generalistas que áreas naturais.

METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida em cinco ambientes do bioma Cerrado, município de Chapadinha (3°44'31" S e 43°21'36" W), Estado do Maranhão, Brasil. Segundo a classificação de Köppen o clima 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 sazonalidade distribuída em períodos: chuvoso (entre os meses de janeiro e junho) e seco (entre os meses de julho a dezembro), tendo a umidade relativa do ar anual correspondente entre 73 e 79 % (IBGE, 2016). Os ambientes selecionados reúnem características naturais (Cerradão e Mata dos Cocais) e formações florestais que sofreram perturbações antrópicas (Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem). Esses ambientes exibem as seguintes características:

- Cerradão (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 (03S 43' 08,7" S e 43N 23' 06,9"): vegetação constituída principalmente por palmeira babaçu *Attalea speciosa* Mart. Ex Spreng (1826).
- Corte e Queima (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 (03S 44'02,2" S e 43N 17'23,4"): representado por área plantada com a cultura do eucalipto (*Eucalyptus* sp.).

- Pastagem (03S 51'06,5" e 43N 19'06,3"): área dominada por vegetação herbácea espécie *Andropogon gayanus* Kunth (1833) usada para pecuária semi intensiva.

Para cada ambiente foi escolhido uma área com dimensão 240 x 160 m, e posicionados três transectos de 80 m, equidistantes a 80 m. Foram colocados cinco armadilhas pitfall com distância de 20 m entre si, em cada transecto, respondendo a 15 armadilhas em cada ambiente de estudo. Cada armadilha (*pitfall trap*) foi constituída de 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 coletas da macrofauna edáfica ocorreram no período chuvoso (mês de abril) e no período seco (mês de outubro). Durante sete dias as armadilhas permaneceram no campo. Após esse período, procedeu-se a retirada dos invertebrados edáficos, que foram armazenados em recipientes com álcool a 70%, e encaminhados ao laboratório para triagem e identificação dos grupos taxonômicos a nível de subclasse, ordem e/ou família, de acordo com Rafael (2012).

Foi realizada análise qualitativa da comunidade da macrofauna edáfica distribuindo os grupos taxonômicos em cinco grupos funcionais de acordo com o uso do habitat e os recursos alimentares segundo Brown et al. (2001) e Swift et al. (2010).

Para análise da beta diversidade foi utilizado o programa estatístico R, pacote betapart, função beta.multi. O Modelo Linear Generalizado (GLM) foi utilizado para comparar a abundância dos grupos funcionais e riqueza, entre o período e as áreas, com auxílio do software R utilizando os pacotes MASS (função glm.nb) e lme4 (função glm). A distribuição dos dados foi testada com o pacote fitdistrplus (função descdist) também do software R.

Foi realizado a Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA) para testar as diferenças na composição dos grupos funcionais da macrofauna edáfica, considerando os cinco ambientes (cerradão, mata dos cocais, corte e queima, eucalipto e pastagem) e os dois períodos (chuvoso e seco) de coleta. As análises estatísticas foram realizadas no software PAST 4.0 com distância de bray curtis e 9999 permutações. O método de ordenação o Escalonamento

Multidimensional Não Métrico (NMDS) foi elaborado apenas para área para visualizar os resultados da PERMANOVA no programa R, pacote vegan função metaMDS.

RESULTADOS

Foram coletados 2149 indivíduos da macrofauna edáfica, pertencentes a 16 grupos taxonômicos, distribuídos em cinco grupos funcionais: engenheiros dos ecossistemas, saprófagos, predadores, onívoros e fitófagos; sendo que os predadores reuniram o maior número de táxons (Quadro 1). Em cada grupo funcional houve um táxon predominante dominante, nos Engenheiros dos Ecossistemas (EDE): Formicidae; nos Saprófagos (SAP): Diptera e Julida; nos Predadores (PRE): Araneae; nos Onívoros (ONI): Coleoptera; e nos Fitófagos (FIT): Hemíptera e Vespidae.

Quadro 1. Presença (P) de grupos funcionais (engenheiros dos ecossistemas, saprófagos, predadores, onívoros e fitófagos) da macrofauna edáfica nos períodos chuvoso (Chu) e seco (Sec) nos ambientes: cerradão (CER), mata dos cocais (MDC), corte e queima (CEQ), eucalipto (EUC) e pastagem (PAS).

GRUPOS TAXONÔMICOS	CER		MDC		CEQ		EUC		PAS	
	Chu	Sec								
ENGENHEIROS DOS ECOSSISTEMAS										
Formicidae	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Haplotaxida					P					
Isoptera			P		P		P	P	P	P
Scolopendrida								P		
SAPRÓFAGOS										
Blattidae	P								P	
Diptera	P					P	P	P		
Julida	P		P		P					
PREDADORES										
Araneae	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Dermaptera	P						P			

Mentodea		P		P		P		P
Polydesmida		P		P		P		P
Scorpiones	P		P		P		P	
ONÍVOROS								
Coleoptera	P	P	P	P	P	P	P	P
FITÓFAGOS								
Hemiptera	P	P	P	P	P	P	P	P
Orthoptera	P	P	P	P	P	P	P	P
Vespidae	P	P	P	P	P	P	P	P

Todos os valores de substituição foram maiores que os valores de aninhamento em todos os ambientes e períodos (Figura 1). No período chuvoso tanto para os ambientes Cerrado, Mata dos Cocais, Corte e Queima, e Eucalipto apresentaram valor de substituição maior na Pastagem, e menor valor no Eucalipto (Figura 1a). Enquanto que no período seco, observou-se que o valor de substituição foi superior no Eucalipto e inferior na Pastagem em relação aos ambientes de estudo (Figura 1b). Contudo, ao considerar a combinação dos dois períodos (chuvoso e seco) em relação aos ambientes, observou-se que o valor de substituição foi maior na Pastagem e menor na Mata dos Cocais (Figura 1c).

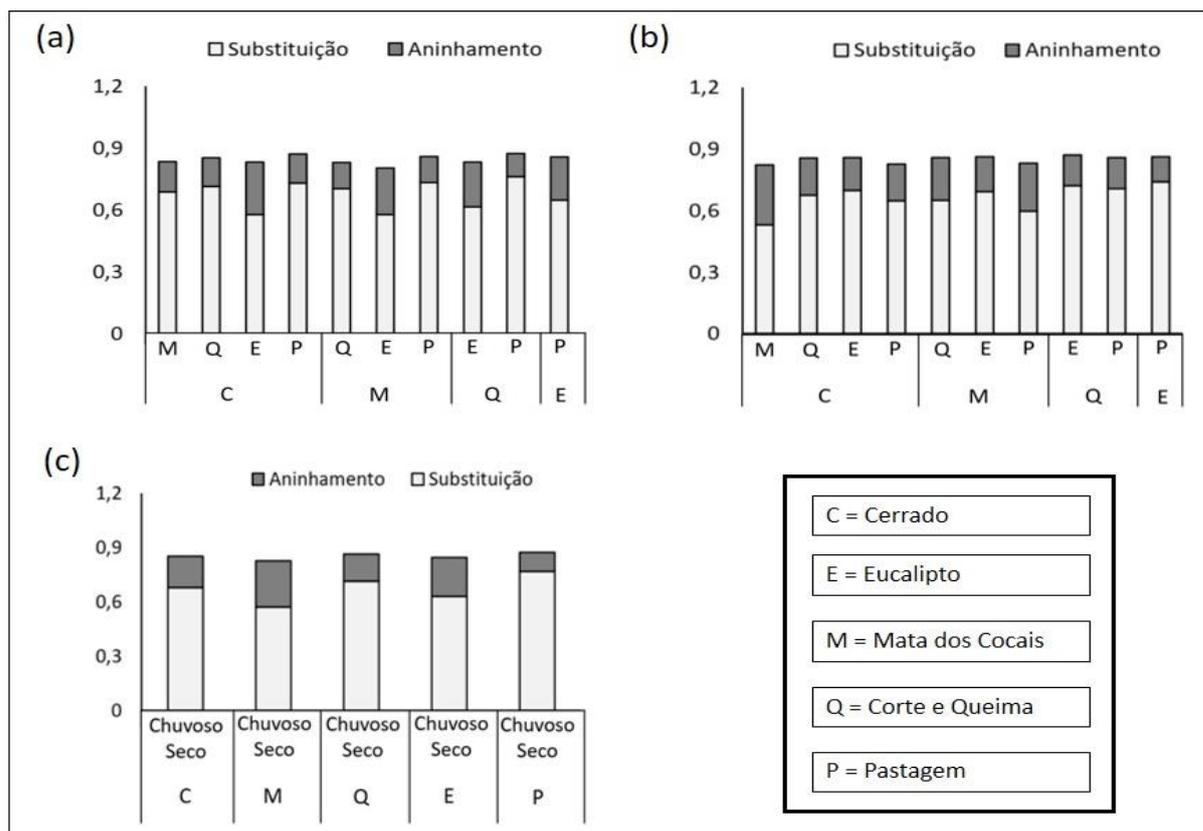


Figura 1. Beta diversidade dos grupos funcionais da macrofauna edáfica, nos ambientes analisados, conforme a sazonalidade: (a) período chuvoso, (b) período seco, (c) período chuvoso e seco.

Com relação a abundância de Engenheiros dos Ecossistemas (EDE), o período seco apresentou mais indivíduos (Tabela 1). Também observou-se mais EDE no Eucalipto e na Pastagem que no Cerradão (Tabela 1). Em relação a categoria de referência Mata dos Cocais, o ambiente Corte e Queima apresentou menos abundância de EDE, enquanto que o Eucalipto maior abundância (Tabela 1). Observou-se ainda que a abundância de EDE é maior na Pastagem e Eucalipto, que no Corte e Queima (Tabela 1) e também os EDE são menos abundantes na Pastagem que no Eucalipto (Tabela 1).

Tabela 1. Abundância de engenheiros dos ecossistemas da macrofauna edáfica.

Modelo testado: Engenheiros ~ período + ambiente				
	Estimador	Erro Padrão	Valor de Z	Valor de p
Período Chuvoso			Categoria de referência	
Período Seco	3,35E-01	5,42E-02	6,19	5,95E-10

Cerradão		Categoria de referência		
Mata dos Cocais	0,17159	0,09526	1,801	0,071668
Corte e Queima	-0,10372	0,10193	-1,018	0,308902
Eucalipto	0,88933	0,08337	10,667	2E-16
Pastagem	0,3287	0,09204	3,571	0,000355
Mata dos Cocais		Categoria de referência		
Corte e Queima	-0,27531	0,09805	-2,808	0,00499
Eucalipto	0,71774	0,07857	9,135	2E-16
Pastagem	0,15711	0,08772	1,791	0,07328
Corte e Queima		Categoria de referência		
Eucalipto	0,99305	0,08654	11,476	2E-16
Pastagem	0,43242	0,09492	4,556	0,00000522
Eucalipto				Categoria de referência
Pastagem	-0,56063	0,07463	-7,512	5,82E-14

* Valores em negrito possuem diferença estatística com a categoria de referência.

A abundância de organismos onívoros foi menor no período seco que no chuvoso (Tabela 2). Observou-se mais onívoros no Eucalipto e no Pastagem que no Cerrado (Tabela 2). A abundância de onívoros também foi superior no Eucalipto em relação a Mata dos Cocais e ao ambiente Corte e Queima (Tabela 2).

Tabela 2. Abundância de onívoros da macrofauna edáfica.

Modelo testado: Onívoros ~ período + área				
	Estimador	Erro Padrão	Valor de Z	Valor de p
Período Chuvoso				Categoria de referência
Período Seco	-1,1842	0,3467	-3,415	0,000637
Cerradão		Categoria de referência		
Mata dos Cocais	1,0583	0,5985	1,768	0,077044
Corte e Queima	0,8878	0,6047	1,468	0,142046
Eucalipto	2,0559	0,5767	3,565	0,000364
Pastagem	1,2949	0,5914	2,189	0,028563
Mata dos Cocais		Categoria de referência		
Corte e Queima	-0,1705	0,5412	-0,315	0,752728
Eucalipto	0,9976	0,5089	1,961	0,049934
Pastagem	0,2367	0,5261	0,45	0,652804
Corte e Queima		Categoria de referência		
Eucalipto	1,1681	0,5163	2,262	0,023667
Pastagem	0,4072	0,5332	0,764	0,445081
Eucalipto				Categoria de referência
Pastagem	-0,761	0,5001	-1,522	0,12812

* Valores em negrito possuem diferença estatística com a categoria de referência.

A abundância de fitófagos foi menor na Pastagem que no Eucalipto (Tabela 3). Já em relação a sazonalidade, a abundância de organismos fitófagos (Tabela 3), saprófagos (Tabela 4), predadores (Tabela 5), e também a riqueza (Tabela 6) apresentou período chuvoso foi superior ao período seco.

Tabela 3. Abundância de fitófagos da macrofauna edáfica.

Modelo testado: Fitófagos ~ período + área				
	Estimador	Erro Padrão	Valor de Z	Valor de p
Período Chuvoso			Categoria de referência	
Período Seco	-1,17562	0,30048	-3,912	0,0000914
Cerradão			Categoria de referência	
Mata dos Cocais	-0,09825	0,47602	-0,206	0,8365
Corte e Queima	-0,04869	0,47399	-0,103	0,9182
Eucalipto	0,78222	0,45015	1,738	0,0823
Pastagem	-0,15743	0,47855	-0,329	0,7422
Mata dos Cocais			Categoria de referência	
Corte e Queima	0,04956	0,47791	0,104	0,9174
Eucalipto	0,88047	0,45434	1,938	0,0526
Pastagem	-0,05918	0,48243	-0,123	0,9024
Corte e Queima			Categoria de referência	
Eucalipto	0,83091	0,45219	1,838	0,0661
Pastagem	-0,10874	0,48043	-0,226	0,8209
Eucalipto			Categoria de referência	
Pastagem	-0,9397	0,457	-2,056	0,03978

* Valores em negrito possuem diferença estatística com a categoria de referência.

Tabela 4. Abundância de saprófagos da macrofauna edáfica.

Modelo testado: Saprófagos ~ período + ambiente				
	Estimador	Erro Padrão	Valor de Z	Valor de p
Período Chuvoso			Categoria de referência	
Período Seco	-1,90E+00	6,19E-01	-3,06	0,00218
Cerradão			Categoria de referência	
Mata dos Cocais	0,2231	0,6708	0,333	0,7394
Corte e Queima	0,6931	0,6124	1,132	0,25767
Eucalipto	3,18E-14	0,7071	0	1
Pastagem	-0,6931	0,866	-0,8	0,42349
Mata dos Cocais			Categoria de referência	
Corte e Queima	0,47	0,5701	0,824	0,40969
Eucalipto	-0,2231	0,6708	-0,333	0,7394
Pastagem	-0,9163	0,8367	-1,095	0,27344
Corte e Queima			Categoria de referência	
Eucalipto	-0,6931	0,6124	-1,132	0,25767
Pastagem	-1,3863	0,7906	-1,754	0,07951
Eucalipto			Categoria de referência	

Pastagem	-0,6931	0,866	-0,8	0,42349
----------	---------	-------	------	---------

* Valores em negrito possuem diferença estatística com a categoria de referência.

Tabela 5. Abundância de predadores da macrofauna edáfica.

Modelo testado: Predadores ~ período + área				
	Estimador	Erro Padrão	Valor de Z	Valor de p
Período Chuvoso			Categoria de referência	
Período Seco	-0,522	0,2618	-1,994	0,0462
Cerradão			Categoria de referência	
Mata dos Cocais	0,7701	0,4151	1,855	0,0636
Corte e Queima	0,3345	0,4211	0,794	0,4271
Eucalipto	0,3699	0,4206	0,879	0,3791
Pastagem	0,4216	0,4197	1,005	0,3151
Mata dos Cocais			Categoria de referência	
Corte e Queima	-0,4356	0,4083	-1,067	0,2860
Eucalipto	-0,4002	0,4077	-0,982	0,3263
Pastagem	-0,3484	0,4068	-0,856	0,3917
Corte e Queima			Categoria de referência	
Eucalipto	0,0354	0,41379	0,086	0,931817
Pastagem	0,08716	0,41295	0,211	0,832838
Eucalipto			Categoria de referência	
Pastagem	0,05176	0,41235	0,126	0,900118

* Valores em negrito possuem diferença estatística com a categoria de referência.

Tabela 6. Riqueza dos grupos funcionais (engenheiros dos ecossistemas, saprófagos, predadores, onívoros e fitófagos) da macrofauna edáfica.

Modelo testado: Riqueza ~ período + área				
	Estimador	Erro Padrão	Valor de Z	Valor de p
Período Chuvoso			Categoria de referência	
Período Seco	-2,76E-01	1,08E-01	-2,56	0,01
Cerradão			Categoria de referência	
Mata dos Cocais	0,07411	0,17225	0,43	0,6670
Corte e Queima	0,11607	0,17054	0,681	0,4961
Eucalipto	0,20764	0,16699	1,243	0,2137
Pastagem	-0,04725	0,17752	-0,266	0,7901
Mata dos Cocais			Categoria de referência	
Corte e Queima	0,04196	0,16728	0,251	0,8019
Eucalipto	0,13353	0,16366	0,816	0,4146
Pastagem	-0,12136	0,1744	-0,696	0,4865
Corte e Queima			Categoria de referência	
Eucalipto	0,09157	0,16186	0,566	0,5716
Pastagem	-0,16333	0,17271	-0,946	0,3443
Eucalipto			Categoria de referência	
Pastagem	-0,25489	0,1692	-1,506	0,132

* Valores em negrito possuem diferença estatística com a categoria de referência.

O teste da PERMANOVA indicou alterações significativas na composição dos grupos funcionais (engenheiros dos ecossistemas, saprófagos, predadores, onívoros e fitófagos) da macrofauna edáfica (Tabela 7) para a interação dos fatores: período sazonal (chuvoso e seco) e ambiente (cerradão, mata dos cocais, corte e queima, eucalipto e pastagem).

Tabela 7. Resultado da PERMANOVA de dois fatores (biótico ~ período * ambiente) referente a composição dos grupos funcionais da macrofauna edáfica.

Source	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Média dos quadrados	Valor de F	Valor de p
Período	0,68186	1	0,68186	2,9497	0,0095
Ambiente	1,8004	4	0,45009	1,9471	0,0058
Interação	2,2644	4	0,56609	2,4489	0,0005
Resíduos	32,362	140	0,23116		
Total	37,109	149			

* Valores em negrito possuem diferença estatística com a categoria de referência.

A análise PERMANOVA para a matriz da composição de grupos funcionais mostrou diferenças significativas entre períodos (chuvoso e seco) e ambientes (CER: cerradão; MDC: mata dos cocais; CEQ: corte e queima; EUC: eucalipto e PAS: pastagem). As comparações *pairwise* indicou diferenças significativas (Tabela 8) entre Chuvoso-Chuvoso (MDC-EUC e CEQ-PAS), entre Chuvoso-Seco (CER-EUC; MDC-EUC; CEQ-CEQ e EUC-EUC) com todos os ambientes, exceto EUC-PAS; e PAS com todos os ambientes, exceto PAS-MDC e PAS-CEQ), e entre Seco-Seco (CER-CEQ; CER-EUC; MDC-EUC; CEQ-EUC; CEQ-PAS e EUC-PAS).

Tabela 8. Comparação PERMANOVA *pairwise* da composição dos grupos funcionais entre diferentes períodos (chuvoso e seco) e ambientes (CER: cerradão; MDC: mata dos cocais; CEQ: corte e queima; EUC: eucalipto; e PAS: pastagem)

	Chuvoso					Seco				
	CER	MDC	CEQ	EUC	PAS	CER	MDC	CEQ	EUC	PAS
CER		0,4706	0,3935	0,3073	0,1002	0,0709	0,2517	0,2193	0,0004	0,1566
MDC			0,2156	0,0434	0,1826	0,0539	0,1043	0,8079	0,0023	0,0742

Chuvoso	CEQ	0,3075	0,0263	0,2552	0,0877	0,0164	0,0098	0,6944
	EUC		0,0675	0,0183	0,0289	0,0076	0,0253	0,1234
	PAS			0,0007	0,1079	0,3452	0,0081	0,002
Seco	CER				0,333	0,0118	0,0045	0,7543
	MDC					0,0591	0,0031	0,2454
	CEQ						0,0005	0,007
	EUC							0,0214
	PAS							

Valores hachurados são significativos ($p < 0,05$).

No período chuvoso foi verificada sobreposição da MDC e PAST em relação aos outros ambientes (CER, CEQ e EUC), sendo semelhantes entre si no que se refere a abundância de EDE e ONI (Figura 2 a). Já no período seco houve uma sobreposição dos ambientes CER, PAS e EUC, onde os EDE e os PRE foram abundantes nesses ambientes (Figura 2b). SAP e FIT não foram abundantes em nenhum ambiente dos períodos (chuvoso e seco) analisados (Figura 2).

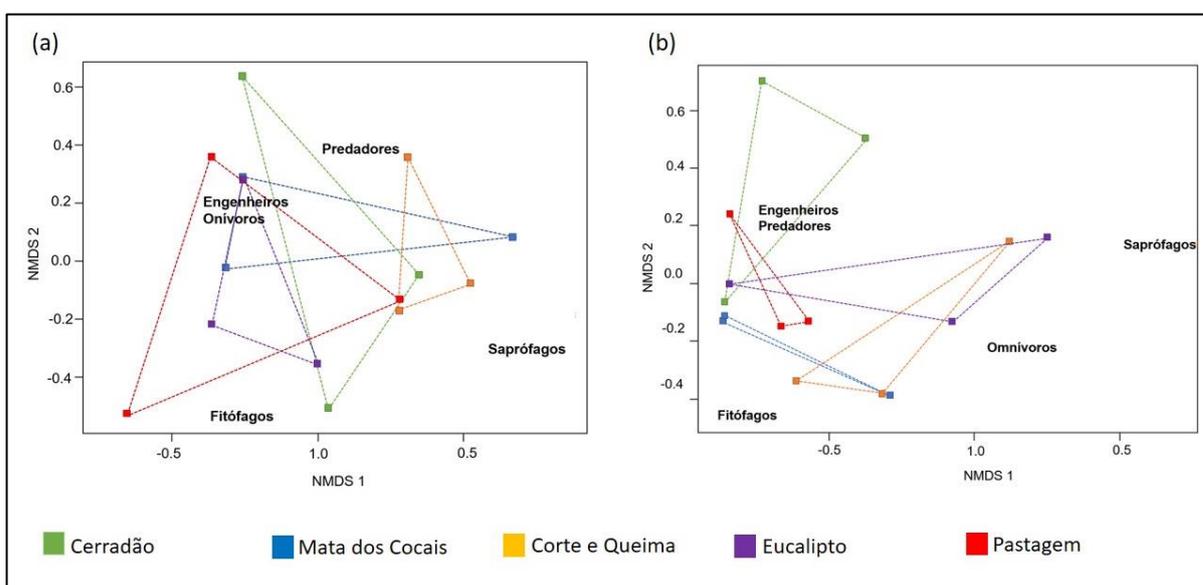


Figura 2. Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) dos grupos funcionais da macrofauna edáfica em diferentes ambientes no bioma Cerrado: (a) período chuvoso e (b) período seco.

DISCUSSÃO

Os engenheiros dos ecossistemas é considerada a guilda mais analisada da macrofauna edáfica por ser representada por uma diversidade de organismos edáficos (BRUSSAARD et al., 2007). Na presente pesquisa, foram encontrados

quatro grupos táxons que representam esse grupo: Formicidae, Haplotaxida, Isoptera e Scolopendrida. Dentre estes, Formicidae foi o táxon dominante (Quadro 1).

As formigas foram encontradas em todos os ambientes, tanto no período chuvoso como no período seco (Quadro 1). Tal comportamento, se aplica em razão de, apresentar locomobilidade entre habitats e se condicionarem as alterações sazonais. E por manifestar-se como grupo dominante dos engenheiros dos ecossistemas, deve-se ao fato de ser um táxon com elevada diversidade de espécies que se adaptam facilmente, tanto em ambientes naturais como em ambientes antrópicos.

As formigas exerceram funções importantes nos ambientes de estudo (CER, MDC, CEQ, EUC e PAS). Contribuíram para melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Elevaram as condições de aeração, drenagem e porosidade do solo, melhorando a infiltrando de água e redistribuindo matéria orgânica e nutrientes como nitrogênio, carbono e fósforo, além de reduzir ou aumentar a atividade microbiana ao solo (MUELLER et al., 2011; OFFENBERG, 2015; MENANDRO et al., 2019). Segundo Karungi et al. (2018) as formigas também atuam como ferramenta de gestão ambiental, monitorando a biota dos ecossistemas terrestres.

Zhang et al. (2018) desenvolveram uma pesquisa em Luisiana, Estados Unidos da América (EUA) com intuito de entender como os ninhos de formigas alteram as características moleculares do Carbono Orgânico do Solo (COS). Assim, observaram que os formicídeos são importantes engenheiros dos ecossistemas, pois sua colonização alterou significativamente a composição do COS, influenciado pelo aumento de compostos contendo nitrogênio e pela exaustão quase total de compostos de lignina, polissacarídeos e fenol. Também verificou-se como as formigas são fundamentais para entender o efeito de bioturbação nos ciclos do carbono e do nitrogênio.

Haplotaxida foi o único táxon pertencente aos Engenheiros dos Ecossistemas (EDE) encontrados exclusivamente em ambiente antrópico (Quadro 1). Barreto-García et al. (2018), afirmaram que em áreas perturbadas as minhocas como EDE são consideradas as mais importantes, pois são encontradas em ambos os estratos

de amostragem, favorecendo a redução da compactação do solo. Nesse sentido, Uvarov et al. (2019) referiram-se as minhocas como um grupo-chave de organismos por atuar na estrutura do perfil do solo, nas transformações da matéria orgânica e na rotatividade de nutrientes. Desse modo, a presença desse grupo condicionou a melhoria do teor de matéria orgânica no ambiente de estudo “Corte e Queima”.

No grupo Saprófagos, os táxons dominantes foram Diptera e Julida, ambos foram encontrados tanto em ambientes naturais como em ambientes antrópicos (Quadro 1). Quanto a sazonalidade o Diptera foi coletado no período chuvoso e período seco, enquanto o Julida foi exclusivamente no período chuvoso. Quanto a isso, Bartrons et al. (2018) afirmaram que o Diptera (moscas) aumenta a fertilidade dos solos, melhora a formação pedológica e atuam como catalizadores do crescimento de plantas, alterando a estequiometria dessas plantas, em suas fases iniciais de desenvolvimento. Isso ocorre principalmente, devido a presença de Dípteros em uma determinada área influenciar a composição alimentar e a concentração de táxons edáficos específicos. Tais aspectos condicionaram a presença desse táxon em ambientes antrópicos, (Corte e Queima e Eucalipto) e em ambiente natural (Cerradão).

A predominância do grupo Julida, ocorreu preferencialmente nos ambientes naturais Cerradão e Mata dos Cocais (Quadro 1). Lima et al. (2020) explicaram que geralmente esse táxon tem predileção a solo com elevada cobertura de matéria orgânica em decomposição. Além de terem preferência por ambientes escuros e úmidos, que lhe confere proteção, também facilita sua alimentação, e pela razão de serem saprófagos, consomem plantas caídas e pequenos invertebrados, ambos em decomposição. Desse modo, acredita-se que esse táxon melhorou o perfil do solo dos ambientes em que foram amostrados nessa pesquisa.

Os Predadores foi o grupo funcional de maior número de táxons (Quadro 1), certamente por desempenharem importantes serviços ambientais nos ecossistemas terrestres e desenvolverem uma ampla gama de estratégias de caça e serem facilmente adaptáveis a habitats variados. Nesse grupo funcional, o táxon Araneae foi o dominante, estando presente em todos os ambientes, tanto os naturais como os antrópicos (Quadro 1), provavelmente por ser um grupo de predadores generalistas, que alimentam-se de diversos tipos de presas. As aranhas são importantes

predadores que participam da manutenção das redes alimentares, geralmente em diferentes ambientes consomem presas de várias cadeias alimentares e viabilizam o transporte de energia na biota do solo (PERKINS et al., 2018; MURPHY et al., 2020).

Ainda no grupo funcional Predadores, observou-se uma particularidade quanto a presença do táxon Scorpiones que ocorreu exclusivamente no período seco em todos os ambientes (Quadro 1), supostamente esse comportamento deve-se ao aumento da disponibilidade de presas, fato também observado por Lira et al. (2013) na estação seca da floresta atlântica brasileira. Os escorpiões como predadores se alimentam de vários tipos de presas que se distribuem em diferentes habitats com ou sem serapilheira, assim podem ocupar distintos níveis tróficos na cadeia alimentar. Alguns habitam a camada superior da serapilheira como por exemplo *Tityus pusillus*, considerado um predador de emboscada; e outros, do gênero *Ananteris* têm predominância no fundo da camada de serapilheira, atuando como forrageador ativo (LIRA et al., 2013). Nesse sentido, atendendo a heterogeneidade dos habitats, muitos artrópodes podem ser presas potenciais para os escorpiões no solo, podendo inclusive alterar a composição faunística do ambiente ou propiciar o seu equilíbrio.

O táxon Coleoptera foi amostrado em todos os ambientes, no período chuvoso e no período seco (Quadro 1), provavelmente por ser um táxon altamente adaptável as condições de solo, vegetação e sazonalidade. Representantes desse táxon, os besouros, têm alto potencial de fornecer serviços ecológicos valiosos nos ecossistemas terrestres, consomem invertebrados considerados “pragas” para plantações, e também se nutrem de sementes de plantas daninhas, promovendo o equilíbrio ecológico num dado ambiente (KULKARNI et al., 2017). Nesse contexto, Kulkarni et al. (2017) cita alguns elementos que condicionam a adaptabilidade dos besouros a diferentes ambientes, como a estrutura do dossel das plantas, a densidade da vegetação e os fatores abióticos: temperatura, umidade e luminosidade. Esses elementos influenciam tanto na seleção de habitats pelos besouros como na distribuição desse táxon nos diferentes perfis de solo. Chávez-Suárez et al. (2016), afirmam que Coleoptera é um táxon importante, pois participa da trituração de resíduos vegetais, sendo considerado um indicador de acúmulo de biomassa e de matéria orgânica.

No grupo dos Fitógrafos, os taxóns Hemiptera, Orthoptera e Vespidae foram encontrados em todos os ambientes (Quadro 1), isso se aplica, provavelmente, por serem grupos altamente adaptáveis a variação ambiental, além de possuírem mobilidade entre as diferentes áreas, naturais ou antrópicas. Nesse sentido, Andrew et al. (2005) afirmaram que insetos fitófagos são altamente móveis, podendo inclusive migrar rapidamente para outras áreas devido as mudanças climáticas. De modo geral, os insetos fitófagos podem causar impactos na produtividade de culturas vegetais, atuando nos ciclos de nutrientes e desempenhando importantes funções em distintos níveis dos ecossistemas terrestres.

A beta diversidade (β), segundo Baselga (2012) e Heino et al. (2015) é definida como variação da composição das espécies entre áreas que pode resultar na substituição de certas espécies de uma comunidade para outra, podendo induzir um processo de perda ou ganho de espécies. Nesse sentido, na beta diversidade da macrofauna edáfica, para todos os pares de grupos referentes aos ambientes, os valores de substituição são maiores que os de aninhamento (Figura 2), indicando que os processos que ocorrem no solo, atrelado a sazonalidade, modificam a composição dos grupos funcionais. Essa modificação é resultado não apenas da rotatividade de táxons (substituição), mas também da riqueza desses táxons entre os ambientes (aninhamento). Por isso, que a beta diversidade é um parâmetro-chave para compreender a comunidade ecológica de um determinado ambiente.

Observou-se que houve substituição de grupos taxonômicos nos diferentes períodos (chuvoso e seco) em todos os ambientes de estudo (Figura 1). No período chuvoso, o valor de substituição dos grupos taxonômicos foi maior na Pastagem e menor no Eucalipto em relação a todos ambientes (Figura 1a); enquanto que no período seco Eucalipto apresentou maior valor de substituição dos grupos taxonômicos e Pastagem, valor inferior (Figura 1b). Quando ocorre a combinação dos períodos (chuvoso e seco) a Pastagem ainda apresenta maior substituição de grupos taxonômicos (Figura 1c).

Esses valores podem indicar que a sazonalidade interfere na beta diversidade, precisamente na substituição de grupos taxonômicos. Tal comportamento na Pastagem em período chuvoso pode estar associado ao pastejo rotacionado utilizado nesse ambiente, que consiste em dividir a área da pastagem

em piquetes, submetendo-os a períodos alternados de descanso e pastejo. A utilização desse tipo de sistema pode ter favorecido um processo de recolonização de organismos edáficos que conseqüentemente elevou a substituição de grupos taxonômicos.

Embora o Eucalipto seja uma planta perenifólia, sua área de cultivo é formada de sub-bosque constituído por espécies herbáceas e arbóreas nativas (que ficam abaixo da copa dos eucaliptos) de folhas finas, que têm a tendência de se desprenderem facilmente e ficarem aderidas ao solo, aumentando a serapilheira e acelerando o processo de decomposição; provavelmente por essa razão, tenha ocorrido no período seco maior valor de substituição de indivíduos edáficos nesse ambiente.

Jiménez-Valverde et al. (2010) e Carvalho et al. (2011) relacionam a beta diversidade a fatores geográficos ou ambientais, como também a associação entre eles; sendo que dependerá do nível taxonômico pesquisado, da sua distribuição e da região geográfica analisada. Esses aspectos levantados pelos autores corroboram com o que foi observado nessa pesquisa.

Os engenheiros dos ecossistemas foram mais abundantes no período seco (Tabela 1). Acredita-se que o período seco influenciou a permanência desses organismos acelerando suas atividades de construção de estruturas biogênicas para se proteger dos efeitos de elevadas temperatura do solo, construindo nos ambientes, ninhos em zonas mais profundas.

McAfee et al. (2019) evidenciaram que os engenheiros dos ecossistemas podem propiciar efeitos positivos na biodiversidade, com aumento da disponibilidade de habitats, fornece conseqüentemente refúgios contra estressores, como temperaturas elevadas, dessecação e predação.

A abundância dos engenheiros dos ecossistemas (Tabela 1) e dos onívoros (Tabela 2) foi maior nos ambientes: 1) Eucalipto e Pastagem em relação ao Cerradão; 2) Eucalipto em relação a Mata dos Cocais; e 3) Eucalipto e Pastagem em relação a Corte e Queima. A maior abundância desses grupos funcionais, no Eucalipto e na Pastagem indica que foram os mais expressivos nesses ambientes, acelerar suas atividades de engenharia e consumo de matéria de origem animal e

vegetal, o que pode ter resultado na melhoria desses ambientes que considerados antropizados.

Associado ao fato do Eucalipto ser caracterizado como vegetação florestal, acredita-se que segundo Garleti et al. (2013) os solos habitados por vegetação florestal são mais propensos as condições de desenvolvimento e instalação da macrofauna edáfica, influenciado principalmente pela deposição de serapilheira. Pois na serapilheira é possível encontrar tanto fragmentos de folhas e até mesmo pequenos invertebrados que se tornam recursos alimentares para esses grupos (EDE e ONI), que posteriormente estarão adicionando bolotas fecais, melhorando a fertilidade do solo. Nesse sentido, Elie et al. (2018) afirmam que a serapilheira associada a fauna do solo são extremamente importantes para o equilíbrio dos ecossistemas terrestres.

Quanto a Pastagem, pode ter ocorrido acúmulo de biomassa no solo, excedente do período chuvoso, fato também observado por Lima et al. (2020), que provavelmente tenha favorecido a permanência dos EDE e dos ONI nesse ambiente. Geralmente áreas ricas em matéria orgânica, condicionadas pela presença significativa de serapilheira, possuem solos mais porosos que facilitam as atividades dos engenheiros do solo como formigas e cupins – observado nessa pesquisa – que podem instalar seus nichos nessas áreas, melhorando ainda mais a oxigenação do solo, facilitando ainda o transporte de outros nutrientes como fósforo e nitrogênio para as plantas.

Souza et al. (2016) também observaram que os táxons Formicidae e Oligochaeta – pertencentes aos EDE – determinam as propriedades físicas e químicas do solo, principalmente quanto a macroporosidade, densidade e matéria orgânica, concentrando-se ao solo nutrientes, como: cálcio, fósforo e potássio.

A abundância de fitófagos (Tabela 3) no Eucalipto foi superior a Pastagem, por ser um ambiente formado por espécie arbórea que fornece sombreamento, além de possuir entre as árvores os sub-bosques, formado predominantemente por plantas herbáceas. Essas características propiciam aos FIT condições de disporem de nutrientes e realizarem suas atividades edáficas, de controle de ervas daninhas, de modo que podem influenciar na estrutura física e química do solo e no perfil da comunidade vegetal.

Para a abundância de organismos onívoros (Tabela 2), fitófagos (Tabela 3), saprófagos (Tabela 4), predadores (Tabela 5), e também a riqueza (Tabela 7) o período chuvoso foi superior ao período seco. Acredita-se que o período chuvoso influenciou a permanência desses organismos nos diferentes ambientes, fazendo com que acelerem suas atividades, de: decomposição de matéria orgânica, controle da população de invertebrados, microrganismos e ervas daninhas. Por fim, esse período favoreceu a disponibilidade de alimento e a umidade do solo, que condicionou a proliferação desses grupos funcionais nos diferentes ambientes, dando origem a novos nichos ecológicos e melhorando a fertilidade do solo.

Ferreira et al. (2019) realizaram uma pesquisa no município de Guaíra (Estado do Paraná), Brasil, e observaram que o período chuvoso foi um fator determinante para permanência de invertebrados edáficos no fragmento nativo da Mata Atlântica. Assim, esses autores afirmaram que a sazonalidade foi um elemento importante na coleta das espécies edáficas, corroborando com Nunes et al. (2019) que observaram que o período chuvoso tem uma tendência de elevar o número de indivíduos edáficos.

No período chuvoso foi verificada sobreposição da Mata dos Cocais e Pastagem em relação aos outros ambientes (Cerradão, Corte e Queima e Eucalipto), sendo semelhantes entre si no que se refere a abundância de engenheiros dos ecossistemas e onívoros (Figura 2a). Sendo assim, o perfil vegetacional dos ambientes no período chuvoso propiciaram qualidade nutricional para os organismos onívoros e para os engenheiros do solo, e de tal forma que favoreceu a proliferação desses indivíduos que se beneficiaram da serapilheira, oriunda da vegetação. Tal comportamento demonstra que esses grupos funcionais atuaram mais expressivamente nesses ambientes, construindo estruturas biogênicas para melhorar a física do solo, e ao mesmo tempo consumindo organismos animais e/ou vegetais, propiciando equilíbrio ecológico e garantindo sua permanência nesses ambientes.

No Cerradão (período seco) observou-se uma leve sobreposição em relação a Pastagem e o Eucalipto, onde os engenheiros dos ecossistemas e os predadores foram abundantes nesses ambientes (Figura 2b). Provavelmente significa que estes ambientes oferecem concentração semelhante de organismos edáficos atuando

simultaneamente como engenheiros dos ecossistemas e predadores (Figura 2b) com intuito de construir câmaras biogênicas e regular a população de organismos nesses ambientes. O Cerradão, mesmo com alteração sazonal (chuvoso e seco), por ser um ambiente natural, não alterou a composição de engenheiros dos ecossistemas.

Nesse cenário, tanto a Pastagem e o Eucalipto, incorporam ao solo os resíduos vegetais excedentes do período chuvoso, fornecendo mais nutrientes aos organismos edáficos, esse evento provavelmente propiciou a similaridades com o Cerrado; além disso, as gramíneas (no caso do ambiente Pastagem) possuem efeitos alelopáticos que inibem populações de fungos, principalmente durante o período seco, fato observado por Peña-Peña et al. (2016) em que na estação seca a deterioração da pastagem foi muito lenta, quando comparada a estação chuvosa que teve uma taxa de 5 vezes mais, que não suprimiu a população de fungos.

Noguera-Talavera et al. (2017) observaram no período seco que o táxon Formicidae (engenheiros dos ecossistemas) elevou sua atividade de forrageamento ao solo devido ao desfloramento da vegetação; além disso, foi constatado, a predação de invertebrados pertencentes a esse táxon por aranhas (PRE), sendo considerado também pelos autores um mecanismo de regulação populacional.

Observou-se ainda que a adaptação dos engenheiros do solo que não ficou condicionada a nenhum tipo de sazonalidade, mas pelo contrário, esse grupo funcional foi encontrado em abundância tanto no período chuvoso (Figura 2a) como no período seco (Figura 2b), e em ambientes naturais e antrópicos, cujos os recursos vegetais não foram escassos, favorecendo o exercício de suas atividades para a melhoria da estrutura de cada ambiente. Segundo Silva et al. (2016) a estrutura do solo é menos afetada quando a cobertura vegetal é mantida semelhante, o que pode também ter favorecido a proliferação dos engenheiros nesses ambientes.

CONCLUSÃO

O grupo funcional da macrofauna edáfica que agrega mais táxons, é o dos predadores, tendo sua importância na regulação população de invertebrados que habitam áreas de formação vegetal florestada e também de áreas que

originalmente apresentavam essa característica, mas que sofreram progressivamente perturbações antrópicas.

Os engenheiros dos ecossistemas é o grupo mais adaptável a ambientes naturais (Cerradão e Mata dos Cocais) e antrópicos (Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem), influenciado principalmente pelas características vegetacionais e edáficas de cada ambiente, que imobilizam a escassez de recursos nutricionais, fazendo com que esse grupo funcional persista as variações sazonais (chuvoso e seco).

De modo geral, os grupos funcionais da macrofauna edáfica (engenheiros dos ecossistemas, saprófagos, predadores, onívoros, fitófagos) desempenham atividades que regulam diversos processos físicos, químico e biológicos que ocorrem no solo do bioma Cerrado, além de promover o seu equilíbrio e o funcionamento habitual.

AGRADECIMENTOS:

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil, pela bolsa de doutorado.

REFERÊNCIA

ANDREW, N. R.; HUGHES, L. Diversity and assemblage structure of phytophagous Hemiptera along a latitudinal gradient: predicting the potential impacts of climate change. **Global Ecology and Biogeography**, v. 14, p. 249-262, 2005. **DOI:** <http://dx.doi.org/10.1111/j.1466-822x.2005.00149.x>

BARRETO-GARCÍA, O. A.; GUEVARA-GUTIÉRREZ, R. D.; OLGUÍN-LÓPEZ, J. L.; ANCILLA-VILLA, O. R.; VALDOVINOS, E. K. M.; HERNÁNDEZ, J. E. M. Macroinvertebrados de hojarasca y suelo em selva baja caducifolia y zonas perturbadas. **Idesia**, v. 36, n. 01, p. 105-113, 2018. **DOI:** <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018000100105>

- BARTRONS, M.; SARDANS, J.; HOEKMAN, D.; PENUELAS, J. Trophic transfer from aquatic to terrestrial ecosystems: a test of the biogeochemical niche hypothesis. **Ecosphere**, v. 9, n. 7, p. 1-13, 2018. **DOI:** <https://doi.org/10.1002/ecs2.2338>
- BASELGA, A. The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness, and nestedness. **Global Ecology and Biogeography**, v. 21, p. 1223-1232, 2012. **DOI:** <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00756.x>
- BRUSSAARD, L.; RUITER, P. C.; BROWN, G. G. Soil biodiversity for agricultural sustainability. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 121, p. 233-244, 2007. **DOI:** <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.12.013>
- BROWN, G. G.; FRAGOSO, C.; BAROIS, I.; ROJAS, P.; PATRÓN, J. C.; BUENO, J.; MORENO, A. G.; LAVELLE, P.; ORDAZ, V.; RODRÍGUEZ, C. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. **Acta Zoológica Mexicana**, número especial 1, p. 79-110, 2001. **DOI:** <https://doi.org/10.21829/azm.2001.8401847>
- CARVALHO, J. C.; CARDOSO, P.; CRESPO, L. C.; HENRIQUES, S.; CARVALHO, R.; GOMEZ, P. Determinants of beta diversity of spider in coastal dunes along a gradient of mediterraneity. **Diversity and Distributions**, v. 17, p. 225-234, 2011. **DOI:** <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00731.x>
- CHÁVEZ-SUÁREZ, L.; LABRADA-HERNÁNDEZ, Y.; ÁLVAREZ-FONSECA, A. Macrofauna del suelo em ecosistemas ganaderos de montaña en Guisa, Granma, Cuba. **Pastos y Forrajes**, v. 39, n. 3, p. 111-115, 2016.
- 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:** <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.07.053>
- 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 notillage for different periods. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p. 599-610, 2019. **DOI:** <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n2p599>

FROUZ, J. Effects of soil macro- and mesofauna on litter decomposition and soil organic matter stabilization. **Geoderma**, v. 332, p. 161-172, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.08.039>

GARLET, J.; COSTA, E. C.; BOSCARDIN, J. Caracterização da fauna edáfica em plantios de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 337-344, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509810545>

JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; BASELGA, A.; MELIC, A.; TXASKO, N. Climate and regional beta-diversity gradients in spiders: dispersal capacity has nothing to say? **Insect Conservation and Diversity**, n. 3, p. 51-60, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2006.00848.x>

KULKARNIA, S. S.; DOSDALLA, L. M.; SPENCEB, J. R.; WILLENBORGC, C. J. Field density and distribution of weeds are associated with spatial dynamics of omnivorous ground beetles (Coleoptera: Carabidae). **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 236, p. 134-141, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.11.018>

LIMA, C. S.; DALZUCHIO, 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>

LIRA, A. F. A.; DESOUSA, A. M.; SILVA FILHO, A. A. C.; ALBUQUERQUE, C. M. R. Spatiotemporal microhabitat use by two co-occurring species of scorpions in Atlantic rainforest in Brazil. **Zoology**, v. 116, n. 3, p. 182-185, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.zool.2018.06.001>

MCAFEE, D.; BISHOP, M. J. The mechanisms by which oysters facilitate invertebrates vary across environmental gradients. **Oecologia**, v. 189, p. 1095-1106, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-019-04359-3>

MENANDRO, L. M. S.; 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, p. 944–957, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12155-019-10053-2>

MUELLER, U.G.; MIKHEYEV, A.S.; HONG, E.; SEN, R.; WARREN, D.L.; SOLOMON, S.E.; ISHAK, H.D.; COOPER, M.; MILLER, J.L.; SHAFFER, K.A.; JUENGER, T. E. Evolution of col-tolerant fungal symbionts permits winter fungiculture by leafcutter ants at the northern frontier of a tropical ant-fungus symbiosis. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 108, p. 4053-4056, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1015806108>

MURPHY, S. M.; LEWIS, D.; WIMP, G. M. Predator population size structure alters consumption of prey from epigeic and grazing food webs. **Oecologia**, v. 192, p. 791-799, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-020-04619-7>

NOGUERA-TALAVERA, A.; REYES-SÁNCHEZ, N.; MENDIETA-ARAICA, B.; SALGADO-DUARTE, M. M. Soil macrofauna as indicator of agroecological conversion of a productive system of *Moringa oleifera* Lam. in Nicaragua. **Pastos y Forrajes**, v. 40, n. 4, p. 249-258, 2017.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO, A. S. F.; PESSOA, M. M. C.; SOUSA, R. S.; SILVA, J. D. C.; MATOS-FILHO, C. H. A. Edaphic fauna in a vegetation gradient in the Sete Cidades National Park. **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 1, p. 45-51, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.174135>

OFFENBERG J. Review: Ants as tools in sustainable agriculture. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, p.1197-1205, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12496>

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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.05.007>

PERKINS, M. J.; INGER, R.; BEARHOP, S.; SANDERS, D. Multichannel feeding by spider functional groups is driven by feeding strategies and resource availability. **Oikos**, v. 127, p. 23-33, 2018. DOI: [https://doi-org.ez316.periodicos.capes.gov.br/10.1111/oik.04500](https://doi.org.ez316.periodicos.capes.gov.br/10.1111/oik.04500)

RAFAEL, J. A. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos, 2012.

SILVA, M. S. C.; CORREIA, M. E. F.; SILVA, E. M. R.; MADDOCK, J. E. L.; PEREIRA, M. G.; SILVA, C. F. Soil Fauna Communities and Soil Attributes in the Agroforests of Paraty. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 180-190, 2016. **DOI:** <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.059813>

SWIFT, M. J.; BIGNELL, D.; MOREIRA, F. M. de S.; HUISING, J. O inventário da biodiversidade biológica do solo: conceitos e orientações gerais. In: MOREIRA, F. M. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22; p. 2015 131 S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. (Eds.). **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras: Editora da UFLA, p. 23-41, 2010.

UVAROV, A. V.; ILIEVA-MAKULEC, K.; KARABAN, K.; YAKOVENKO, N. S.; UCHMAŃSKI, J. Effects of Intra- and Interspecific Interactions in Earthworm Assemblages: A Comparative Study. **Biology Bulletin**, v. 46, n. 5, p. 475-482, 2019. **DOI:** <https://doi.org/10.1134/S106235901905011X>

ZHANG, Z.; WEI, Z.; WANG, J. J.; XIAO, R.; MENG, Y.; WU, H.; LYU, X. Ants alter molecular characteristics of soil organic carbon determined by pyrolysis-chromatography/mass spectrometry. **Applied Soil Ecology**, v. 130, p. 91-97, 2018. **DOI:** <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.05.020>

Capítulo 8:

COMO A SAZONALIDADE E AS FORMAÇÕES VEGETAIS INFLUENCIAM A MIRMESCOFAUNA NO BIOMA CERRADO, BRASIL?

Charlyan de Sousa Lima^{1,*}
Marina Schmidt Dalzochio²
Edison Fernandes da Silva³
Eduardo Périgo⁴

¹ Doutorando em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. Professor da Rede Pública Estadual do Maranhão e Rede Municipal de Chapadinha-MA.

² Doutora em Biologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

³ Professor adjunto do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

⁴ Professor titular do Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES.

*Autor correspondente: E-mail: charlyansl@yahoo.com.br

Após sugestões da banca examinadora, o artigo será reestruturado e encaminhado para revista a ser escolhida.

Resumo

Os formicídeos são um grupo suscetível a variações temporais e espaciais e têm sido utilizados como indicadores ecológicos dos efeitos antropogênicos do uso e cobertura do solo em regiões com alta biodiversidade e endemismo, como o Cerrado brasileiro. Objetivou-se relacionar a mirmecofauna com as paisagens do bioma Cerrado, considerando os períodos sazonais de coleta. Os espécimes foram coletados em três períodos climáticos, e identificados até nível de gênero. Para avaliar as modificações na estrutura da comunidade utilizou-se índices de Riqueza, Abundância e Betadiversidade, para avaliar o potencial de indicação dos gêneros, foi utilizado o IndVal. Foram coletados 8569 indivíduos distribuídos em 07 subfamílias, e 22 gêneros de formicídeos. *Solenopsis* foi o gênero mais abundante nos três períodos sazonais. A abundância de formicídeos foi maior na Pastagem e menor no Eucalipto. A PERMANOVA indicou diferença significativa para os fatores: período, ambiente e interação. Ocorreu sobreposição entre os ambientes, e os valores de Substituição foram superiores aos valores de Aninhamento nos três períodos sazonais. O Valor individual de indicação apresentou maior número de gênero de formigas no período seco e nos ambientes naturais (Cerradão e Mata dos Cocais). As comunidades de formicídeos nas paisagens do bioma Cerrado são estruturadas pela configuração de cada área que sofre interferência da sazonalidade, resultando em índices de diversidade e substituição de gêneros diferente para cada ambiente natural e antropizado; a Pastagem constituída por capim *Andropogon gayanus* apresenta o menor impacto sobre a mirmecofauna; e, os formicídeos indicadores de integridade ambiental são *Dinoponera*, *Mayaponera*, *Odontomachus* e *Myrmelachista*.

Palavras-chave: Ambiente; Diversidade; Formiga; Indicação; Solo.

How do seasonality and plant formations influence mirmecofauna in the Cerrado biome, Brazil?

Abstract

Ants are susceptible to temporal and spatial variations and have been used as ecological indicators of the anthropogenic effects of land use and cover in regions with high biodiversity and endemism, such as the Brazilian Cerrado, which is one of the most threatened Brazilian biomes threatened by the advance agricultural borders and livestock. The objective was to relate the myrmecofauna to the landscapes of the Cerrado biome, considering the seasonal periods of collection. Specimens were collected in three climatic periods, characteristic of the study region, and identified down to genus level. For evaluate changes in the structure of the community use Indices of Wealth, Abundance and Betadiversity using the methodology proposed by Baselga (2010) and to evaluate the potential of genus indication, IndVal was used. Found 8569 individuals, 07 subfamilies, and 22 genera of formicids. *Solenopsis* was the genre abundant genus in the three seasonal periods. The abundance of formicids was higher in Pasture and lower in Eucalyptus. PERMANOVA indicated a significant difference for the factors: period, environment and interaction. Overlap occurred between environments, and the Substitution values were higher than the Nesting values in the three seasonal periods. The individual Indication value presented a greater number of ant genus in the dry period and in natural environments (Cerradão and Mata dos Cocais). The communities of ants in the landscapes of the Cerrado biome are structured by the configuration of each area that is affected by

seasonalityins, resulting in different indices of diversity and substitution of genus for each natural and anthropized environment, where one Pasture made up of *Andropogon gayanus* grass has the least impact on the ant fauna. The formicids that indicate environmental integrity are *Dinoponera*, *Mayaponera*, *Odontomachus* and *Myrmelachista*.

Keywords: Environment; Siversity; Ant; Recommendation; Soil.

INTRODUÇÃO

O Cerrado é segundo maior bioma brasileiro, abrangendo 23% do território nacional (MYERS et al., 2000; GAMARRA et al., 2016). É considerado um hotspot de biodiversidade, abrigando 40% de espécies arbóreas endêmicas (MYERS et al., 2000; IBRAM-DF, 2018). Apresenta um perfil fitofisionômico diversificado, com 11 regiões, que podem ser classificadas como florestais, savânicas ou campestres (LIMA et al., 2019). Somente 20% de sua vegetação nativa está protegida por lei, e devido a expansão agrícola (principalmente para lavoura de soja), sua paisagem natural vem sendo convertida para áreas de cultivo e outras formas de manejo antrópico (LASTE et al., 2019; LIMA et al., 2020).

Os formicídeos são encontrados em diversos ambientes (naturais ou antrópicos) e em diferentes épocas do ano, apresentam alta abundância e diversidade, possuem táxons generalistas ou especializados, são facilmente coletados e identificados, possuem hábitos de nidificação estacionária, além de participarem de diversos serviços ecossistêmicos (COSTA-MILANEZ et al., 2014; TIEDE et al., 2017; SEGAT et al., 2017; QUEIROS et al., 2020).

No Brasil o grupo é utilizado no monitoramento de diferentes áreas, como fragmentos florestais (SILVA et al., 2018), bioma Caatinga (SANTOS et al., 2019), áreas degradadas (ROCHA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2016), áreas de sucessão natural e vegetação ripária (COSTA et al., 2010), e em sistema de integração lavoura-pecuária (CREPALDI et al., 2014), dentre outras. Esses estudos são

fundamentais para elaborar programas de monitoramento de áreas preservadas e/ou degradadas, visando à conservação e/ou restauração de ambientes naturais e antrópicos.

Portanto, os formicídeos são um grupo suscetível a variações temporais e espaciais e têm sido utilizados como indicadores ecológicos dos efeitos antropogênicos do uso e cobertura do solo em regiões com alta biodiversidade e endemismo, como o Cerrado brasileiro, que é um dos biomas brasileiros mais ameaçados pelo avanço das fronteiras agrícolas e a pecuária.

Nesse trabalho objetivou-se relacionar a mirmecofauna com as paisagens do bioma Cerrado, considerando os períodos sazonais de coleta, partindo das seguintes hipóteses: 1) comunidades de formigas reagem a alterações nas diferentes fitofisionomias do cerrado, 2) a sazonalidade interfere na composição da comunidade e 3) os diferentes habitats diferem na diversidade taxonômica apresentando espécies únicas e indicadoras.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho foi realizado em cinco ambientes do bioma Cerrado, localizado no município de Chapadinha (3°44'31" S e 43°21'36" W), Estado do Maranhão, Brasil. De acordo com a classificação de Köppen o clima do município é tipo tropical quente e úmido (Aw) com precipitação pluvial média anual de 1.835 mm, temperatura média anual superior a 27 °C e umidade relativa do ar anual entre 73 e 79 % (IBGE, 2016).

A região é caracterizada por duas estações bem definidas: período seco e período chuvoso, e um período de transição (entre estações). O período seco estende-se de Agosto a Novembro, e o período chuvoso de Dezembro a Julho (NOGUEIRA, et al., 2012). Já o período de transição ocorre: (1) da última quinzena de Novembro a primeira quinzena de Dezembro, e (2) da última quinzena de Julho a primeira quinzena de Agosto.

Foram selecionados cinco ambientes, dois representativos da paisagem natural do cerrado (Cerradão e Mata dos Cocais) e três do manejo antrópico (Corte e Queima, Eucalipto, e Pastagem) (Tabela 1).

Tabela 1 - Características dos cinco ambientes de coleta da mirmecofauna 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 periódicas.
Eucalipto	Povoado 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.

Fonte: Lima et al. (2020).

Delineamento amostral

A área de amostragem de cada ambiente é de 330m x 80m (2,64 ha), com três parcelas equidistantes 100 m uma da outra. Cada parcela amostral foi composta por um grid de 10 armadilhas do tipo *pitfall*, dispostas em 2 fileiras com 5 armadilhas cada, equidistantes 10 m entre si, conforme Baccaro et al. (2011) (Figura 1).

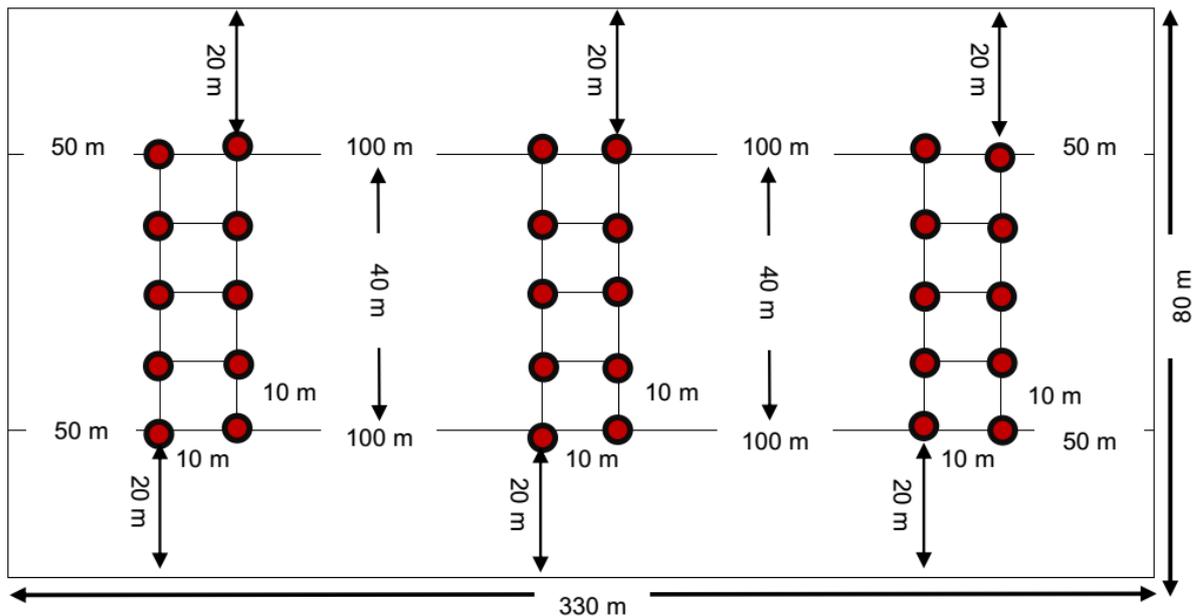


Figura 1 - Croqui com disposição das armadilhas pitfall com iscas nas áreas de estudo.

As armadilhas de queda consistiam em potes plásticos de 1 litro de volume, com dois tipos de iscas atrativas, distribuídas nas 2 fileiras: (I) pão com mel, base carboidrato (SARMIENTO, 2003) a outra (II) sardinha, base proteína animal (VALE JÚNIOR et al., 2017). Ao todo foram instalados 10 pitfalls por parcela, 30 por ambiente de estudo, totalizando 150 nos 5 ambientes.

Coleta de dados biológicos

Foram realizadas duas coletas da mirmecofauna em cada um dos três períodos sazonais: (1) período seco, (2) período transição (seco/chuvoso e chuvoso/seco), e (3) período chuvoso. As armadilhas de queda com isca ficaram em atividade no campo no turno matutino durante 1 hora (07h30 – 08h30), a seguir os formicídeos foram coletados, acondicionados em álcool 70% e encaminhados ao laboratório, onde foram analisadas separadamente de acordo com os tipos de iscas (pão e mel; sardinha) e identificados em nível de gênero com auxílio da chave dicotômica de Baccaro et al. (2015).

O material coletado foi catalogado e depositado em via úmida no Laboratório de Artrópodes do Solo do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA), da Universidade Federal do Maranhão campus de Chapadinha, onde será tombado em definitivo na Coleção de Invertebrados do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CINCCAA).

Análise de dados

A riqueza de gêneros foi considerada o número de diferentes gêneros encontrados, enquanto a abundância de indivíduos o número total de exemplares coletados nos diferentes ambientes. Para avaliar as diferenças na estrutura da comunidade de formicídeos, inicialmente comparou-se valores de riqueza e abundância entre os diferentes usos do solo avaliados através de um Modelo Linear Generalizado (GLM). O GLM para abundância seguiu a distribuição Binomial Negativa com função de ligação logarítmica e o GLM para riqueza seguiu a distribuição de Poisson com função de ligação logarítmica e com as covariáveis inclusas de forma aditiva no modelo, as análises foram feitas no software estatístico R Project (R CORE TEAM, 2020), Pacotes stats (R CORE TEAM, 2013) e função glm. A distribuição dos dados foi determinada pela função descdist do pacote fitdistrplus (DELIGNETTE-MULLER; DUTANG C, 2015).

Para determinar as taxas de substituição ou aninhamento, utilizou-se metodologia de Baselga (2010). As análises foram elaboradas com o programa estatístico R Project (R CORE TEAM, 2020), pacote betapart (BASELGA, 2012), função beta.pair. A betadiversidade foi particionada em substituição (betasim) e aninhamento (betasne). Os dois componentes foram comparados graficamente.

Utilizou-se ainda a Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA) para testar as diferenças na composição da mirmecofauna, considerando os ambientes de coleta (cerradão, mata dos cocais, corte e queima, eucalipto e pastagem), os períodos sazonais (seco, transição e chuvoso) e os tipos de iscas (pão com mel, e sardinha). O software PAST 4.0 foi utilizado na análise estatística, com distância de bray curtis e 9999 permutações. O método de ordenação o Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) foi elaborado

para visualizar os resultados da PERMANOVA no programa R, pacote vegan função metaMDS.

Valor individual de indicação (IndVal)

Com o propósito de saber os gêneros de formicídeos que podem ser indicadores dos ambientes naturais (Cerradão e Mata dos Cocais) e antropizados (Corte e Queima, Eucalpto, Pastagem) utilizou-se a análise de Valor individual de indicação – IndVal (DUFRENE & LEGENDRE, 1997). Essa análise foi realizada com auxílio do software R Project (R CORE TEAM 2020), labdsv 1.5.0 for R (ROBERTS, 2013), com 9999 permutações, com uso dos dados para abundância de formicídeos.

RESULTADOS

Foram encontrados 8569 indivíduos, 07 subfamílias, e 22 gêneros de formicídeos em todos os períodos e locais de estudo (Tabela 2). No período seco, foram registrados 2670 indivíduos, e 15 gêneros, no período de transição, 2501 em 17 gêneros, e no período chuvoso 3398 indivíduos em 19 gêneros (Tabela 2). O gênero *Solenopsis* (Subfamília: Myrmicinae) foi o mais abundante, com 2596 indivíduos registrados nos três períodos (seco: 475; transição: 524; e, chuvoso: 795) de coleta (Tabela 2).

Tabela 2 - Mirmecofauna nos períodos seco, transição e chuvoso coletada com isca (I) pão e mel (A) e sardinha (S) nos ambientes: cerrado (C), mata dos cocais (M), corte e queima (Q), eucalipto (E) e pastagem (P).

GÊNERO	I	SECO					TRANSIÇÃO					CHUVOSO					T
		C	M	Q	E	P	C	M	Q	E	P	C	M	Q	E	P	
Subfamília: Dolichoderinae																	
<i>Dorymyrmex</i>	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	1	169
											8						

	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29	-	-	-	-	1	30
Subfamilia: Dorylinae																		
<i>Labidus</i>	A	-	9	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	34	-	-	-	352
	S	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	-	6	50
<i>Neivamyrmex</i>	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Subfamilia: Ectatomminae																		
<i>Ectatomma</i>	A	19	14	36	19	-	21	29	4	2	-	-	50	11	4	-	-	454
	S	23	17	40	12	-	8	19	1	3	-	-	50	11	4	-	8	368
<i>Gnamptogenys</i>	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	9	-	-	15
	S	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Subfamilia: Formicinae																		
<i>Brachymyrmex</i>	A	-	11	35	31	71	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	150
	S	5	19	77	-	72	-	24	-	-	-	-	1	-	-	-	-	198
<i>Camponotus</i>	A	13	4	20	10	-	7	13	3	-	2	3	-	3	1	-	-	112
	S	61	-	18	8	3	6	4	2	8	1	17	-	10	4	-	9	261
<i>Myrmelachista</i>	A	27	-	1	-	-	4	-	4	2	-	-	-	1	-	-	-	60
	S	14	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	148
Subfamilia: Myrmicinae																		
<i>Acromyrmex</i>	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41	-	1	-	-	53
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41	-	-	-	-	41
<i>Atta</i>	A	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	27
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cephalotes</i>	A	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Crematogaster</i>	A	1	10	51	8	37	-	-	-	-	-	48	-	-	-	-	35	602
	S	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	57	-	21	-	20	6	590

			3											5		5	
<i>Megalomyrmex</i>	A	-	-	-	-	28	39	13	-	-	24	-	-	-	-	-	452
	S	-	-	-	-	-	26	12	-	2	10	-	-	-	-	-	254
<i>Pheidole</i>	A	-	-	10	36	26	24	8	1	1	23	20	-	-	6	-	718
	S	-	1	-	-	24	25	14	5	-	12	5	-	-	-	-	706
<i>Solenopsis</i>	A	-	9	32	-	23	6	-	-	7	24	54	26	30	3	27	158
	S	-	14	12	-	-	-	-	5	5	14	19	26	-	2	19	101
<i>Stegomyrmex</i>	A	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	39
Subfamília: Pseudomyrmicinae																	
<i>Pseudomyrmex</i>	A	1	-	-	-	13	7	-	-	-	-	-	-	-	1	-	22
	S	3	-	-	-	16	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	22
Subfamília: Ponerinae																	
<i>Dinoponera</i>	A	2	2	-	-	-	3	3	-	-	-	4	-	-	-	-	14
	S	2	5	-	-	-	13	-	-	-	-	9	-	-	-	-	29
<i>Mayaponera</i>	A	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	5
	S	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	1	-	-	-	1
<i>Odontomachus</i>	A	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	S	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>Pachycondyla</i>	A	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Platythyrea</i>	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
T																	856
																	9

T: total

O Modelo Linear Generalizado (GLM) demonstrou que o ambiente Pastagem apresentou maior abundância em relação ao Cerradão, a Mata dos Cocais, ao Corte

e Queima, e ao Eucalipto (Tabela 3). Ocorreu menor abundância de gêneros em Eucalipto que nas demais áreas (Tabela 3). A abundância não apresentou relação significativa com os períodos sazonais (seco, transição e chuvoso) nem com o tipo de iscas. Quanto à riqueza não foi observado nenhuma diferença estatística dos ambientes/períodos em relação às categorias de referência.

Tabela 3. Modelo Linear Generalizado (GLM) da abundância de gêneros da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae).

Modelo testado: Abundancia ~ ambiente + período + isca				
	Estimador	Erro Padrão	Valor de Z	Valor de p
Cerradão				
Categoria de referência				
Mata dos Cocais	-0,06463	0,28672	-0,225	0,82165
Corte e Queima	0,39599	0,28616	1,384	0,16641
Eucalipto	-0,38148	0,28729	-1,328	0,18423
Pastagem	0,93096	0,28576	3,258	0,00112
Mata dos Cocais				
Categoria de referência				
Corte e Queima	0,46063	0,28625	1,609	0,107584
Eucalipto	-0,31684	0,28738	-1,103	0,270238
Pastagem	0,99559	0,28586	3,483	0,000496
Corte e Queima				
Categoria de referência				
Eucalipto	-0,77747	0,28682	-2,711	0,00672
Pastagem	0,53497	0,28529	1,875	0,06077
Eucalipto				
Categoria de referência				
Pastagem	1,31244	0,28642	4,582	4,60E-06
Período Chuvoso				
Categoria de referência				
Período Transição	-0,24188	0,22187	-1,09	0,27564
Período Seco	-0,07255	0,22169	-0,327	0,74347
Período Seco				
Categoria de referência				
Período Transição	-0,16933	0,22194	-0,763	0,44551
Isca Pão com Mel				
Categoria de referência				
Isca Sardinha	-0,21779	0,18113	-1,202	0,22921

* Valores em negrito possuem diferença estatística com a categoria de referência.

A PERMANOVA indicou diferença significativa para os fatores período ($F = 8,2535$; $p = 0,0001$) e ambiente ($F = 6,1998$; $p = 0,0001$) e a interação ($F = 3,964$; p

= 0,0001), nos diferentes pontos amostrados. O período de transição apresenta mais diferenças em relação aos outros períodos sazonais (Tabela 4). As comparações *pairwise* indicaram diferenças significativas entre (Tabela 4): **Chuvoso-Chuvoso** (Eucalipto (EUC)-Cerradão (CER) e Eucalipto EUC-Corte e Queima (CEQ); Mata dos Cocais (MDC)-Eucalipto (EUC); Pastagem (PAS)-Eucalipto (EUC) e PAS-MDC), **Seco-Chuvoso** (CER em relação ao CER, EUC, MDC e PAS; CEQ-CER, CEQ-PAS; EUC em relação a todos os ambientes; MDC em relação CER, MDC e PAS; PAS em relação a todos os ambientes), **Seco-Seco** (EUC-CER; MDC-EUC; PAS em todos os ambientes), **Transição-Chuvoso** (CER, CEQ, MDC e PAS em relação a todos os ambientes; EUC-PAS), **Transição-Seco** (MDC e PAS em relação a todos os ambientes; CER, CEQ e EUC em relação ao CER, EUC, MDC e PAS, respectivamente) e **Transição-Transição** (CER-CER; EUC-CER e EUC-CEQ; MDC-CEQ e MDC-EUC; PAS em relação aos demais ambientes).

Tabela 4. Comparação PERMANOVA *pairwise* dos gêneros da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) entre diferentes períodos (CHU: chuvoso; SEC: seco; TRA: transição; e) e ambientes (CER: cerradão; CEQ: corte e queima; EUC: eucalipto; MDC: mata dos cocais; e PAS: pastagem).

		CHU					SEC					TRA				
		CER	CEQ	EUC	MDC	PAS	CER	CEQ	EUC	MDC	PAS	CER	CEQ	EUC	MDC	PAS
CHU	CER		0,085	0,0292	0,0604	0,053	0,0274	0,027	0,0296	0,0311	0,0311	0,0269	0,0262	0,0586	0,0295	0,0286
	CEQ	1,931		0,0291	0,0567	0,171	0,0815	0,2551	0,0276	0,2279	0,0287	0,0278	0,0315	0,0549	0,0267	0,0288
	EUC	7,742	2,828		0,0276	0,0282	0,0292	0,1137	0,0284	0,0276	0,0304	0,0289	0,0276	0,0592	0,029	0,0293
	MDC	2,727	2,861	4,961		0,0294	0,0298	0,0595	0,0282	0,0287	0,0311	0,0305	0,0288	0,5392	0,0294	0,0304
	PAS	3,354	1,755	12,03	6,545		0,0278	0,0295	0,0267	0,0298	0,0291	0,0274	0,0297	0,0278	0,028	0,0298
SEC	CER	6,61	1,932	2,872	6,029	9,815		0,0878	0,0303	0,0602	0,0269	0,0288	0,0293	0,0284	0,0325	0,0271
	CEQ	3,129	1,297	2,099	2,429	4,647	2,372		0,0556	0,0851	0,0285	0,0558	0,0595	0,1423	0,0295	0,0275
	EUC	12,43	3,807	3,941	10,94	19,22	5,041	3,097		0,0283	0,029	0,0282	0,0273	0,0288	0,0298	0,0274
	MDC	3,457	1,305	3,073	4,547	4,004	2,666	1,979	5,391		0,0295	0,0295	0,0267	0,0278	0,0308	0,0297
	PAS	12,88	4,97	15,39	20,2	23,06	11,3	4,987	22,57	8,465		0,0288	0,0276	0,0302	0,0293	0,0326
TRA	CER	6,5	2,898	5,411	8,011	11,1	3,85	2,71	7,726	4,083	3,951		0,0288	0,0297	0,0584	0,0259
	CEQ	7,201	2,452	7,563	10,52	12,89	3,757	3,334	9,446	5,291	11,22	4,255		0,0323	0,0297	0,0307
	EUC	1,792	1,68	2,186	0,8948	3,83	2,661	1,582	4,043	2,508	7,265	3,767	4,273		0,0311	0,028
	MDC	10,37	3,562	6,3	10,8	16,09	5,092	3,891	9,816	4,919	16,38	3,29	8,001	4,666		0,0297
	PAS	6,242	3,937	12,35	7,078	11,03	10,15	3,694	19,2	8,133	9,66	4,512	10,61	3,963	7,352	

Valores hachurados são significativos ($p < 0,05$).

Ocorreu diferença entre os períodos seco e chuvoso; transição e seco; e, transição e chuvoso ($F = 4,5287$; $p = 0,0001$) (Tabela 5).

Tabela 5. Comparação PERMANOVA *pairwise* dos gêneros da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) entre diferentes períodos (seco, transição e chuvoso).

	Seco	Transição	Chuvoso
Seco		0,032	2,643
Transição	2,159		3,965
Chuvoso	0,0148	0,0009	

* Valores em negrito são significativos ($p < 0,05$) entre os períodos testados.

As comparações *pairwise* indicaram diferenças significativas entre os ambientes: Cerradão e Eucalipto; Mata dos Cocais e Pastagem; Corte e Queima e Eucalipto; e, Eucalipto e Pastagem ($F = 3,5156$; $p = 0,0001$). (Tabela 6).

Tabela 6. Comparação PERMANOVA *pairwise* dos gêneros da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) entre ambientes (cerradão; corte e queima; eucalipto; mata dos cocais; e pastagem).

	Cerradão	Mata dos Cocais	Corte e Queima	Eucalipto	Pastagem
Cerradão		0,5058	0,6258	0,0329	0,0622
Mata dos Cocais	0,9142		1,502	2,01	0,0556
Corte e Queima	0,8017	0,1991		0,0062	0,1258
Eucalipto	2,114	0,0557	2,989		0,0017
Pastagem	2,214	2,424	1,743	6,442	

* Valores em negrito são significativos ($p < 0,05$) entre os ambientes testados.

Quanto ao escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) no período seco ocorreu sobreposição entre CER e CEQ, sendo semelhantes em relação a abundância de *Brachymyrmex* (principalmente com isca pão com mel) e *Myrmelachista* (com os dois tipos de iscas) (Figura 2a). Ainda no período seco verificou-se uma leve sobreposição entre CER e EUC com abundância de *Ectatoma*

e *Myrmelachista*, ambos formicídeos coletados com as iscas “pão com mel” e “sardinha” (Figura 2a). Também se observou que para os demais ambientes (Mata dos Cocais e Pastagem) não ocorreu sobreposição (Figura 2a); contudo, na Pastagem com uso de isca “sardinha” foi verificada a abundância de *Pheidole* e *Pseudomyrmex*, e quando se utilizou isca “pão com mel” ocorreu abundância de *Megalomyrmex* (Figura 2b); já na Mata dos Cocais, o gênero mais abundante foi *Crematogaster*, principalmente com isca “sardinha” (Figura 2b).

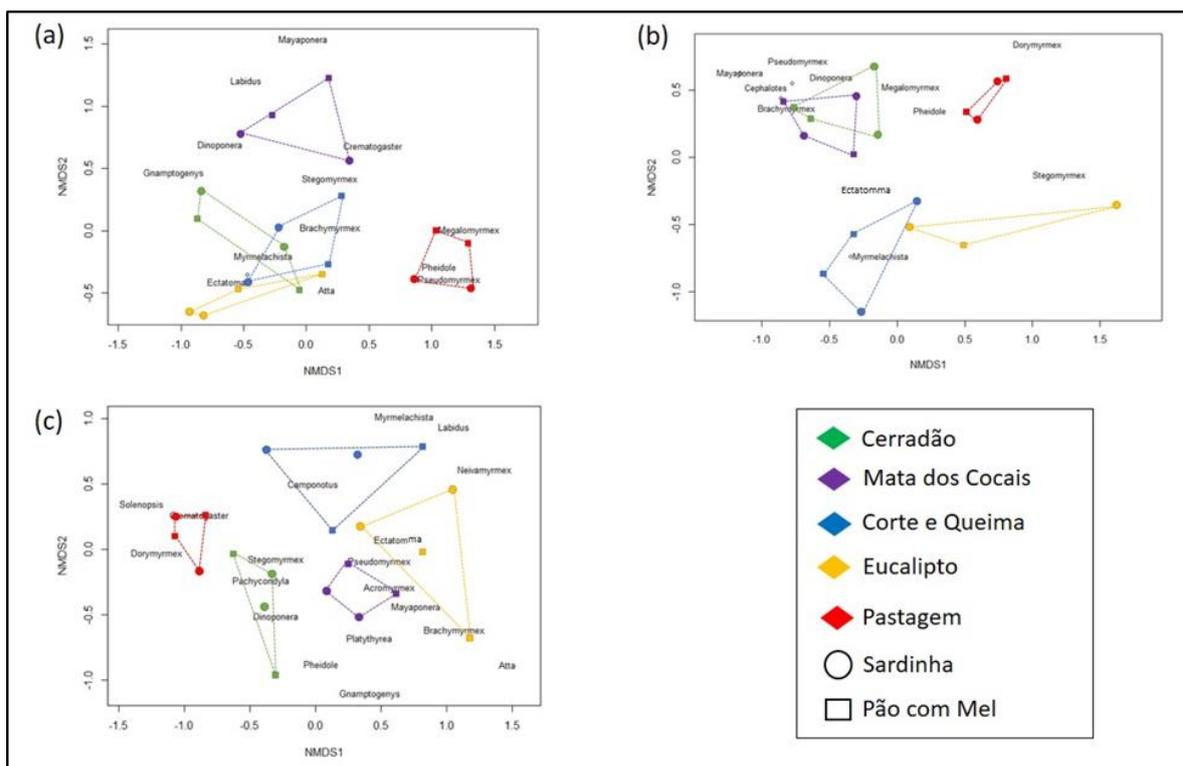


Figura 2. Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) da mirmecofauna, nos ambientes analisados, conforme a sazonalidade: (a) período seco, (b) período transição, (c) período chuvoso.

Quanto ao período de transição houve sobreposição entre Cerradão e Mata dos Cocais com abundância de *Brachymyrmex* (com uso dos dois tipos de iscas) (Figura 2b). Porém nos demais ambientes (Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem) não ocorreu sobreposição, contudo no Corte e Queima observou-se que *Myrmelachista* (com dois tipos de iscas) foi o gênero mais abundante (Figura 2b).

No período chuvoso não ocorreu sobreposição entre os ambientes (Figura 2c). Contudo, foi observado que no Cerradão ocorreu abundância de *Dinoponera* e *Pachycondyla*, predominantemente quando coletados com isca “sardinha” (Figura 2c). Na Mata dos Cocais, os gêneros *Pseudomyrmex* e *Acromyrmex* foram abundantes quando coletados com isca “pão com mel” (Figura 2c). No Corte e Queima, o gênero *Camponotus* foi abundante com uso dos dois tipos de iscas (Figura 2c). Já no Eucalipto, o *Ectatomma* foi abundante quando coletado principalmente com isca “sardinha”, e *Brachymyrmex* quando coletado com isca “pão com mel” (Figura 2c). Por fim, na Pastagem o gênero mais abundante foi *Crematogaster* com uso de isca “sardinha” (Figura 2c).

Em relação à beta diversidade, os valores de Substituição foram maiores que Aninhamento nos três períodos sazonais (Figura 3), exceto para: Eucalipto em relação ao Cerradão, e Corte e Queima (Figura 3b), Eucalipto e Corte e Queima em relação ao Cerradão (Figura 3c).

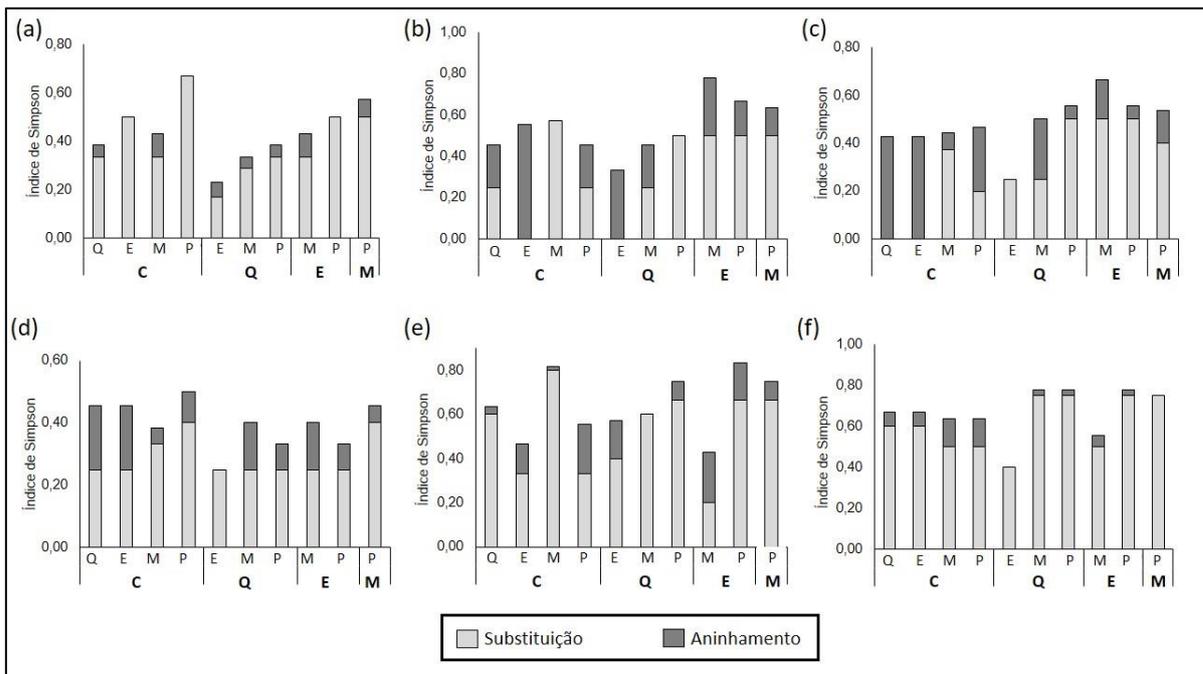


Figura 3. Partição da betadiversidade de formicídeos nos períodos: 1) seco, em iscas: (a) pão com mel, e (b) sardinha; 2) transição, em iscas: (c) pão com mel, e (d) sardinha; e, 3) chuvoso, em iscas: (e) pão com mel, e (f) sardinha, por ambiente (C = Cerradão; Q = Corte e Queima; E = Eucalipto; M = Mata dos Cocais; P = Pastagem).

O Valor individual de indicação (IndVal) determinou maior número de gêneros no período seco, seguido dos períodos de transição e chuvoso (Tabela 6). Os gêneros indicadores do período seco foram: *Brachymyrmex*, *Crematogaster* e *Pheidole*; enquanto para o período de transição foram: *Megalomyrmex* e *Pheidole* (Tabela 6). No período chuvoso o único gênero indicador foi *Crematogaster* (Tabela 6). Quanto aos tipos de iscas não foi observado nenhum gênero indicador ($p > 0,05$).

Tabela 6. Valor individual de indicação (IndVal) dos gêneros da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) por períodos (chuvoso, transição e seco), bioma Cerrado, Brasil.

Gênero	Seco	Transição	Chuvoso	IndVal	<i>p</i>
<i>Dorymyrmex</i>	0	1	0	0,385	0,125
<i>Labidus</i>	0	0	1	0,381	0,35
<i>Neivamyrmex</i>	0	0	1	0,224	1
<i>Ectatomma</i>	1	1	1	0,827	NA
<i>Gnamptogenys</i>	0	0	1	0,306	0,29
<i>Brachymyrmex</i>	1	0	0	0,775	0,005
<i>Camponotus</i>	1	1	1	0,796	NA
<i>Myrmelachista</i>	1	1	0	0,521	0,225
<i>Acromyrmex</i>	0	0	1	0,316	0,31
<i>Atta</i>	1	0	1	0,224	1
<i>Cephalotes</i>	0	1	0	0,316	0,355
<i>Crematogaster</i>	1	0	1	0,671	0,005
<i>Megalomyrmex</i>	0	1	0	0,790	0,005
<i>Pheidole</i>	1	1	0	0,717	0,01
<i>Solenopsis</i>	0	1	1	0,224	1
<i>Stegomyrmex</i>	1	1	1	0,742	NA
<i>Pseudomyrmex</i>	1	0	0	0,474	0,16
<i>Dinoponera</i>	1	1	1	0,548	NA
<i>Mayaponera</i>	1	1	1	0,258	NA
<i>Odontomachus</i>	0	1	0	0,387	0,095
<i>Pachycondyla</i>	0	0	1	0,224	1
<i>Platythyrea</i>	0	0	1	0,224	1

0 = Ausente; 1 = presente.

Os ambientes naturais apresentaram maior número de gêneros indicadores que os ambientes antrópicos (Tabela 7). Os gêneros indicadores do Cerradão foram: *Ectatomma*, *Camponotus*, *Myrmelachista*, *Megalomyrmex*, *Pheidole*, *Pseudomyrmex* e *Dinoponera* (Tabela 7) e para a Mata dos Cocais foram: *Ectatomma*, *Megalomyrmex*, *Dinoponera*, *Mayaponera* e *Odontomachus* (Tabela 7). Quanto ao ambiente Corte e Queima gêneros indicadores foram: *Ectatomma* e *Camponotus*, e para o ambiente Eucalipto foi unicamente o *Ectatomma* (Tabela 7). Pastagem apresentou como indicadores: *Dorymyrmex*, *Megalomyrmex*, *Pheidole* e *Pseudomyrmex* (Tabela 7).

Tabela 7. Valor individual de indicação (IndVal) dos gêneros da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) por ambientes (CER: cerradão; MDC: mata dos cocais; CEQ: corte e queima; EUC: eucalipto; e PAS: pastagem), bioma Cerrado, Brasil.

Gêneros	CER	MDC	CEQ	EUC	PAS	IndVal	p
<i>Dorymyrmex</i>	0	0	0	0	1	0,645	0,005
<i>Labidus</i>	0	1	1	0	0	0,430	0,31
<i>Neivamyrmex</i>	0	0	0	1	0	0,289	1
<i>Ectatomma</i>	1	1	1	1	0	0,924	0,005
<i>Gnamptogenys</i>	1	0	0	1	0	0,354	0,49
<i>Brachymyrmex</i>	0	1	1	1	1	0,573	0,275
<i>Camponotus</i>	1	0	1	0	0	0,880	0,005
<i>Myrmelachista</i>	1	0	0	0	0	0,705	0,005
<i>Acromyrmex</i>	0	1	0	1	0	0,289	1
<i>Atta</i>	0	0	0	1	0	0,408	0,16
<i>Cephalotes</i>	1	0	0	0	0	0,408	0,19
<i>Crematogaster</i>	1	1	1	0	1	0,593	0,23
<i>Megalomyrmex</i>	1	1	0	0	1	0,600	0,02
<i>Pheidole</i>	1	0	0	0	1	0,694	0,045
<i>Solenopsis</i>	1	0	0	0	1	0,289	1
<i>Stegomyrmex</i>	1	1	1	1	1	0,742	NA
<i>Pseudomyrmex</i>	1	0	0	0	1	0,638	0,005
<i>Dinoponera</i>	1	1	0	0	0	0,866	0,005
<i>Mayaponera</i>	0	1	0	0	0	0,577	0,01
<i>Odontomachus</i>	0	1	0	0	0	0,500	0,05
<i>Pachycondyla</i>	1	0	0	0	0	0,289	1
<i>Platythyrea</i>	0	1	0	0	0	0,289	1

0 = Ausente; 1= presente.

DISCUSSÃO

Estrutura da comunidade de formicídeos

Durante o período chuvoso o número de formicídeos foi superior aos demais períodos (seco e transição), possivelmente influenciado pelas condições fenológicas das plantas, como o aumento do crescimento vegetativo, e a incidência de nectários extraflorais associadas às condições do solo (aumento da umidade e redução da temperatura) que pode ter enriquecido os recursos alimentares e os meios de nidificação para os formicídeos, favorecendo sua colonização e amostragem. A mirmecofauna varia no bioma Cerrado ao longo do tempo devido a alteração da disponibilidade de recursos influenciada pelas das estações climáticas (BELCHIOR et al., 2016), e costuma ser mais abundante no período chuvoso (SANTOS et al., 2018).

O gênero *Solenopsis* foi o mais abundante nos períodos: seco, transição e chuvoso. O gênero é constituído predominantemente por formigas onívoras, generalistas e recrutadoras que forrageiam na serapilheira, na vegetação baixa e em troncos de árvores, sendo amplamente distribuídas em diversos habitats de estudo, desde áreas naturais até ambientes perturbados (BACARRO et al., 2015; SUGUITURU et al., 2015).

A Pastagem foi o ambiente com maior abundância. Neste ambiente o teor de matéria orgânica é mais intenso, devido a presença do capim *A. gayanus* (nesse estudo) que tem capacidade de recuperar solos degradados, em virtude de seu sistema radicular ser mais frondoso e produtivo (LIMA et al., 2020), assim esses fatores favoreceram abundância de formigas nesse ambiente.

Levantamento em áreas de pastagem na Austrália, mostraram que a abundância de *Iridomyrmex sanguineus* e *Pheidole* sp. 1 aumentou a intensidade de pastagem, pois o pastejo tem efeitos diferenciais na adequação do habitat nos ecossistemas terrestres, que possivelmente tenha recebido influência da cobertura vegetal no solo e da composição da serapilheira, propiciando a abundância de formicídeos (ARCOVERDE et al., 2017).

Em Eucalipto ocorreu a menor abundância, corroborando com outros trabalhos (COSTA-MILANEZ et al., 2014; MARTELLO et al., 2018). A aplicação de fertilizantes e pesticidas, paralelo à elevada concentração de substâncias alopatóicas (típica desse tipo de cultura), podem ter reduzido a disponibilidade de recursos e limitado a presença de um número maior de formigas nesse ambiente. Estudos de comunidades de formicídeos indicaram que monoculturas de eucalipto podem reduzir substancialmente a diversidade de artrópodes e dificultar a coexistência de espécies de formigas (HANSEN, 2010), bem como o plantio de eucalipto pode gerar impactos que desloquem as espécies raras de formigas (COSTA-MILANEZ et al., 2014).

Por meio do escalonamento multidimensional não-métrico, observou-se no período seco, abundância de *Brachymyrmex* e *Myrmelachista* numa sobreposição do Cerradão e Corte e Queima, possivelmente por esses ambientes disponibilizarem aos gêneros: (1) *Brachymyrmex*, condições de colonização e nidificação, além de beneficiar-se de soluções ricas em açúcares dos nectários extraflorais (comumente encontrada na vegetação do Cerrado); (2) *Myrmelachista*, na vegetação – especificamente em plantas mirmecófitas – e em galhos caídos no solo (BACCARO et al., 2015; LUTINSKI et al., 2017; EYER et al., 2020).

Concomitantemente *Myrmelachista* e *Ectatomma* foram abundantes nos ambientes Cerradão e Eucalipto. Essas formigas são predominantemente arborícolas (BACCARO et al., 2015), de modo que os dois ambientes possuem uma amplitude de substratos aéreos que essas formigas utilizam para nidificação.

Na Mata dos Cocais (período seco) ocorreu abundância de *Crematogaster*, pois as espécies desse gênero apresentam alta plasticidade adaptativa ocorrendo em vários ecossistemas tropicais e possuem complexidade estrutural de nichos ecológicos (SILVA et al., 2017). Esse gênero foi o mais abundante em um ecótono mato-grossense (VICENTE et al. 2018), semelhante a Mata dos Cocais que também é considerada um ambiente de transição.

A Pastagem (ambiente antrópico) foi marcada pela abundância de *Megalomyrmex*, *Pheidole*, *Pseudomyrmex*. Esses resultados evidenciam a semelhança entre os gêneros, quanto ao habitat e ao nicho, sabendo que

Megalomyrmex pode ser encontrada na serapilheira, áreas de baixa vegetação e possui hábito onívoro com tendência de predação de pequenos artrópodes (BACCARO et al. 2015), já *Pheidole* além de ser onívora e oportunista, apresenta uma vasta distribuição, sendo considerada cosmopolita (LUTINSKI et al., 2018; ROANI et al., 2019), e por fim, *Pseudomyrmex*, um gênero que pode ser detectado em vários habitats, possuindo hábito alimentar diverso (BACCARO et al., 2015).

No período de transição ocorreu sobreposição entre Cerradão e Mata dos Cocais com abundância de *Brachymyrmex*. Esses ambientes são áreas preservadas que se assemelham, principalmente porque a Mata dos Cocais apresenta formação vegetal com características do Cerrado, da Amazônia e da Caatinga, nesse sentido, os dois ambientes de estudo reúnem peculiaridades que beneficiam a abundância do gênero, em que a maioria das espécies são onívoras, nidificando principalmente na serapilheira. A ocorrência de formigas do gênero *Brachymyrmex* nos ambientes de Cerradão e Mata de Cocais durante o período de transição encontra suporte na literatura, principalmente pela aderência das formigas desse gênero a ambientes naturais (EYER et al., 2020).

As formigas do gênero *Myrmelachista* nos períodos de transição e seco foram abundantes no ambiente de Corte e Queima (Figura 2b), indicando que o gênero é adaptável a alteração sazonal e que manifesta proliferação em ambiente antrópico (Corte e Queima).

Dinoponera e *Pachycondyla* foram abundantes no Cerradão (período chuvoso). O Cerradão tem vasta formação vegetal e serapilheira, e alta pluviosidade, na estação chuvosa, eleva a concentração de recursos para a manutenção das espécies. Na literatura também já foram registrados a presença *Dinoponera* e *Pachycondyla* em ambientes conservados (LUTINSKI et al., 2018).

No período chuvoso, ocorreu abundância de *Acromyrmex* e *Pseudomyrmex* na Mata dos Cocais. *Acromyrmex* apresentou esse comportamento devido a maior e melhor oferta de recurso verde ocorrer durante a estação chuvosa, estimulando o forrageamento, pois a precipitação pluviométrica viabiliza mudanças no balanço químico da vegetação e produz respostas sobre a atividade de corte dos formicídeos (DIEHL-FLEIG, 1995; ORTIZ et al., 2017). Quanto a *Pseudomyrmex*, têm predileção

a ambientes com formação vegetacional fechada (LUTINSKI et al. (2017), peculiar a Mata dos Cocais. Nesse sentido, as características desses gêneros estão estritamente associadas à Mata dos Cocais, principalmente no período chuvoso, onde as condições de umidade se relacionam ao perfil do ambiente propiciando a abundância desses gêneros (ROANI et al., 2019).

No ambiente de Corte e Queima (período chuvoso) *Camponotus* foi o gênero abundante, provavelmente porque é comumente encontrado em ambiente marcado pela presença de insetos trofobiontes, com os quais exercem uma relação simbiótica (DEL-CLARO et al., 2016). Insetos trofobiontes liberam para as formigas um recurso alimentar líquido, chamado de “honeydew”, abundante em aminoácidos, carboidratos minerais e vitaminas (HÖLLDOBLER; WILSON 1990), em contrapartida, espécies de *Camponotus* conferem proteção a esses insetos. A presença de insetos trofobiontes também pode explicar a abundância dos gêneros *Ectatomma* e *Brachymyrmex* nas áreas de Eucalipto durante a estação chuvosa (BACCARO et al., 2015).

Crematogaster foi abundante na Pastagem durante o período chuvoso, provavelmente por ser um gênero hiperdiverso e dominante, com elevada territorialidade interespecífica e intraespecífica, e ser encontrado com frequência em áreas antropizadas (BACCARO et al. 2015; SUGUITURU et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2016).

A betadiversidade (β) pode ser compreendida como uma variação na estrutura de comunidades em determinadas áreas, que pode influenciar na substituição e/ou aninhamento de indivíduos entre comunidades, induzindo na perda ou no ganho de espécies (BASELGA, 2012; HEINO et al., 2015). Nessa pesquisa a beta diversidade apresentou dois padrões ecológicos, Substituição e Aninhamento, que possibilitou compreender as diferenças na composição dos gêneros de formicídeos nos ambientes.

Os valores de substituição foram maiores que aninhamento em todos os ambientes e períodos sazonais, com exceção do Eucalipto e do Corte e Queima. Esses resultados indicaram que a sazonalidade associada ao perfil das paisagens influenciou a distribuição de formicídeos, por fornecer recursos que intensificaram sua proliferação aleatória nos ambientes, corroborando com Jiménez-Valverde et al.

(2010) que relacionam a beta diversidade a fatores geográficos ou ambientais, e a relação entre esses fatores.

O aninhamento foi maior no Eucalipto e no Corte e Queima ocasionando perda de espécies, possivelmente esse comportamento foi evidenciado por se tratar de áreas de cultivo com características homogêneas que se intensificaram durante a estiagem, resultando na queda de recursos alimentares, imobilizando a colonização dos formicídeos nessas áreas (JIMÉNEZ-VALVERDE et al., 2010).

Dessa forma, a beta diversidade indicou a mudança de espécies ao longo de um gradiente ambiental, possibilitando um novo panorama para melhor conhecer e selecionar as áreas a serem preservadas e/ou conservadas, visando garantir a proteção de ecossistemas (BRIDGEWATER et al. 2004; MAGURRAN, 2004).

Valor individual de indicação (IndVal)

A maior presença de gêneros indicadores, como os *Brachymyrmex*, *Crematogaster* e *Pheidole* encontrados nesse trabalho durante o período de estiagem é comum em florestas tropicais, que durante esses períodos climáticos registram maiores medidas de temperatura e radiação solar que maximizam o nível médio de evapotranspiração e cria melhores condições de forrageio, como níveis adequados ou propícios de umidade atmosférica e maior oferta de recursos, propiciando a permanência e desenvolvimentos das formigas nesse habitat (ANDERSEN, 1997). E quando os valores de precipitação são menores, a frequência de formicídeos é maior (SANTOS et al., 2012).

Megalomyrmex e *Pheidole* são gêneros indicadores do período de transição. A radiação solar aumenta nos ambientes antropizados (Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem) em função de serem áreas com menos cobertura vegetal, gerando impacto ao solo e vegetação; por outro lado, os ambientes naturais (Cerradão e Mata dos Cocais) mantiveram sua estrutura vegetal e edáfica conservada. Assim, o período transição demonstrou uma tendência de equilíbrio entre os dois períodos (seco e chuvoso) associadas as características dos ambientes de estudo, garantindo condições de colonização e nidificação.

Crematogaster foi o gênero indicador do período chuvoso, provavelmente devido à alta umidade do solo, a maior decomposição da serapilheira, além de não apresentar condições tão favoráveis ao forrageio para a maioria dos gêneros amostrados nessa pesquisa. *Crematogaster* é um gênero adaptado a elevados índices de precipitação, não afetando seu forrageio e sobrevivência.

Camponotus e *Ectatomma* foram indicadores dos ambientes naturais (Cerradão e Mata dos Cocais) e do Corte e Queima (ambiente antrópico), e também esse último gênero foi indicador exclusivo do Eucalipto. São gêneros com hábito onívoro (*Camponotus*) e generalista (*Ectatomma*), adaptáveis a diferentes nichos ecológicos (SILVA et al., 2017) que podem ser encontrados tanto em ambientes naturais como antropizados (LANGE et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2016; QUEIROZ et al., 2020).

Os gêneros *Dinoponera*, *Mayaponera*, *Myrmelachista* e *Odontomachus* foram indicadores dos ambientes naturais Cerradão e Mata dos Cocais. Três desses gêneros – *Dinoponera*, *Mayaponera* e *Odontomachus* – fazem parte da subfamília Ponerinae, que apresenta distribuição pantropical, considerada a terceira maior subfamília em Formicidae (SCHMIDT; SHATTUCK, 2014), no Brasil agrega 15 gêneros, com 150 espécies aproximadamente identificadas (FERNANDES et al., 2020). As formigas Ponerinae têm hábito e comportamento de nidificação em solos, galhos e cavidades de árvores, madeira em decomposição e serapilheira (CASTAÑO-MENESES et al., 2014; BACCARO et al., 2015).

Cerradão e Mata dos Cocais (ambiente de transição), possuem essas características que favorecem a ocorrência dos gêneros de formigas Ponerinae. Resultados semelhantes foram registrados em uma zona de transição Cerrado-Amazônia, Brasil (VICENTE et al., 2018), e em áreas naturais como florestas, savanas e ecótonos preservados (SCHMIDT; SHATTUCK, 2014; BACCARO et al., 2015; SANTOS-SILVA et al., 2016; MENDOZA-PENAGOS et al., 2020; NASCIMENTO et al., 2020).

Quanto ao gênero *Myrmelachista*, possui íntima combinação com a flora, com potencial indicador de ambientes preservados (LUTINSKI et al., 2017). Em

fragmentos florestais constituídos por vegetação nativa e densa, esse gênero é constantemente identificado (LUTINSKI et al., 2018).

Os gêneros *Pheidole* e *Pseudomyrmex* são indicadores de ambiente natural (Cerradão) e de ambiente antrópico (Pastagem). No caso do *Pheidole*, é um gênero com grande diversidade de espécies e elevada capacidade de dispersão, além de ser altamente adaptado a vários tipos de ambiente; há registros desse gênero no Cerrado (CORASSA et al., 2015), em zona de transição Cerrado-Amazônia (VICENTE et al., 2018), em fragmentos de Mata Atlântica (LUTINSKI et al., 2017), em fragmento florestal conservado, em cultivo do eucalipto e pastagem (LUTINSKI et al., 2018), floresta tropical úmida (MENDOZA-PENAGOS et al., 2020) e quintais domésticos (SANTOS-SILVA et al., 2016).

O gênero *Pseudomyrmex* é formado por formigas que estão relacionadas a vegetação, a demanda de fontes de alimentos, como também espaço para construir seus ninhos (ROANI et al., 2019). Isso gera uma grande dependência da formação vegetacional para realizar o seu forrageio, sendo considerado indicador do Cerradão e Pastagem, provavelmente por serem generalistas e apresentarem resiliência às grandes variações ambientais (BACCARO et al., 2015). Também se registrou em outras pesquisas a ocorrência *Pseudomyrmex* em ambiente natural, florestas conservada (MENDOZA-PENAGOS et al., 2020) e ambiente antrópico, pastagem (LUTINSKI et al., 2018).

Os gêneros *Megalomyrmex* e *Dorymyrmex* são indicadores de Pastagem. *Megalomyrmex* provavelmente por nidificar no solo e em folhas da serapilheira, como também apresentar predisposição em predação de pequenos artrópodes presentes nesse ambiente, é um gênero comumente identificado em áreas antrópicas (CANTARELLI et al., 2015; FLECK; CANTARELLI; GRANZOTTO, 2015). *Dorymyrmex* é encontrado em ambientes de pastagens, porque as espécies do gênero são adaptadas a solos com baixos índices de cobertura vegetal e fortemente antropizados (BACCARO et al., 2015), como campos abertos (QUEIROZ et al., 2020), e áreas de cultivo de café (ARENAS-CLAVIJO; ARMBRECHT, 2019).

CONCLUSÃO

As comunidades de formicídeos nas paisagens do bioma Cerrado são estruturadas pela configuração de cada área e sofrem interferência da sazonalidade, resultando em índices de diversidade e substituição de gêneros diferente para cada tipo de ambiente natural e antropizado. Foi possível identificar os gêneros indicadores de cada tipo de ambiente e período sazonal, demonstrando a importância de se considerar a sazonalidade nos períodos de coleta.

AGRADECIMENTOS:

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil, pela bolsa de doutorado. Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) to EP (PQ process 307303/2019-5).

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, A. N. Using ants as bioindicators: multiscale issues in ant community ecology. **Conservation ecology**, v. 1, n. 1, 1997.

ARCOVERDE, G. B.; ANDERSEN, A. N.; SETTERFIELD, S. A. Is livestock grazing compatible with biodiversity conservation? Impacts on savanna ant communities in the Australian seasonal tropics. **Biodiversity and Conservation**, v. 26, n. 4, p. 883-897, 2017. **DOI:** <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-016-1277-5>

ARENAS-CLAVIJO, A.; ARMBRECHT, I. Soil ants (Hymenoptera: Formicidae) and ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in a coffee agroforestry landscape during a severe-drought period. **Agroforestry Systems**, v. 93, n. 5, p. 1781-1792, 2019. **DOI:** <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-018-0283-x>

BELCHIOR, C.; SENDOYA, S. F.; DEL-CLARO, K. Temporal variation in the abundance and richness of foliage-dwelling ants mediated by extrafloral nectar. **PLoS one**, v. 11, n. 7, p. 1-17, 2016. **DOI:** <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158283>

BACCARO, F. B. *et al.* **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus: Editora INPA, p. 176-178, 2015.

BACCARO, F. B.; KETELHUT, S. M.; MORAIS, J. W. Efeitos da distância entre iscas nas estimativas de abundância e riqueza de formigas em uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 4, n. 1, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672011000100013>.

BASELGA, A. The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness, and nestedness. **Global Ecology and Biogeography**, v. 21, p. 1223-1232, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00756.x>

BRIDGEWATER, S.; RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F. Biogeographic patterns, β -diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. **Biodiversity & Conservation**, v. 13, n. 12, p. 2295-2317, 2004.

CANTARELLI, E. B. *et al.* Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serrapilheira em diferentes sistemas de uso do solo. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 607-616, 2015.

CORASSA, J. D. N. *et al.* Biodiversidade da mirmecofauna em diferentes usos do solo no Norte Mato-Grossense. **Comunicata Scientiae**, v. 6, p. 154-163, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v6i2.468>.

COSTA, C. B.; RIBEIRO, S. P.; CASTRO, P. T. A. Ants as bioindicators of natural succession in savanna and riparian vegetation impacted by dredging in the Jequitinhonha river basin, Brazil. **Restoration Ecology**, v. 18, p. 148-157, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2009.00643.x>

COSTA-MILANEZ, C. B. *et al.* Are ant assemblages of Brazilian veredas characterised by location or habitat type?. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 1, p. 89-99, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.17612>

CREPALDI, R. A. *et al.* Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 781-787, 2014.

DANTAS, J. O. Diversidade de formigas (Hymenoptera; Formicidae) edáficas em três estágios sucessionais de mata atlântica em São Cristóvão, Sergipe. **Agroforestalis News**, v. 1, n. 1, p. 48-57, 2016.

DEL-CLARO, K. *et al.* Loss and gains in ant–plant interactions mediated by extrafloral nectar: Fidelity, cheats, and lies. **Insectes sociaux**, v. 63, n. 2, p. 207-221, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-016-0466-2>

DELIGNETTE-MULLER, M. L.; DUTANG, C. Fitdistrplus: An R Package for Fitting Distributions. **Journal of Statistical Software**, v. 64, n. 4, p. 1–34, 2015.

DIEHL-FLEIG, E. **Formigas**: organização social e ecologia comportamental. UNISINOS, São Leopoldo: UNISINOS, 1995. 241p.

DUFRÊNE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, v.67, n.3, p.345-366, 1997.

EYER, P-A. *et al.* The underdog invader: Breeding system and colony genetic structure of the dark rover ant (*Brachymyrmex patagonicus* Mayr). **Ecology and evolution**, v. 10, n. 1, p. 493-505, 2020.

FERNANDES, I. O.; DELABIE, J. H. C.; FEITOSA, R. S. M. 2020. Formicidae. In: **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. PNUD. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/2617>. Acesso em: 12 jul. 2020.

FERREIRA, D. C.; DE SOUSA, N. M. C. A natureza do cerrado e a implantação de sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas no município de Itapuranga-Goiás/Brasil. **Revista Presença Geográfica**, v. 3, n. 1, p. 118-131, 2016.

FLECK, M. D.; CANTARELLI, E. B.; GRANZOTTO, F. Registro de novas espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) no estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 491-499, 2015.

HANSEN, R. A. Effects of habitat complexity and composition on a diverse litter microarthropod assemblage. **Ecology**, v. 81, n. 4, p. 1120-1132, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[1120:EOHCAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[1120:EOHCAC]2.0.CO;2)

HEINO, J.; MELO, A. S.; BINI, L. M. Reconceptualising the beta diversity-environmental heterogeneity relationship in running water systems. **Freshwater Biology**, v. 60, p. 223– 235, 2015.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The Ants**. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 1990.

IBGE. Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS. **Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2015**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Brasília, 2016.

IBRAM-DF. Brasília Ambiental, Governo do Distrito Federal. **Bioma Cerrado**. Disponível em: <http://www.ibram.df.gov.br/bioma-cerrado>. Acesso em: 15 set. 2018.

JIMÉNEZ-VALVERDE, A. *et al.* Climate and regional beta-diversity gradients in spiders: dispersal capacity has nothing to say?. **Insect Conservation and Diversity**, v. 3, n. 1, p. 51-60, 2010.

LANGE, D.; DATILLO, W.; DEL-CLARO, K. Influence of extrafloral nectary phenology on ant-plant mutualistic networks in a neotropical savanna. **Ecological Entomology**, v. 38, p. 463-469, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/een.12036>

LASTE, K. C. D.; DURIGAN, G.; ANDERSEN, A. N. Biodiversity responses to land-use and restoration in a global biodiversity hotspot: Ant communities in Brazilian Cerrado. **Austral Ecology**, v. 44, n. 2, p. 313-326, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/aec.12676>

LIMA, C. S. *et al.* 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>

LIMA, C. S. *et al.* Bioma cerrado: características principais e as fitofisionomias de formação florestal, savânica e campestre. **Revista Querubim**, ano 15, p. 39-47, 2019.

LUTINSKI, J. A. *et al.* Ant assemblage (Hymenoptera: Formicidae) in three wind farms in the State of Paraná, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 1, p. 176-184, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.14115>.

LUTINSKI, J. A. *et al.* Assembleias de formigas (Hymenoptera: Formicidae) respondem ao processo de recuperação de áreas de preservação permanente?. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 50, p. 112-127, 2018. DOI: <http://doi.org/10.5327/Z2176-947820180402>.

MAGURRAN, A. F. 2004. **Measuring Biological diversity**. Blackwell, Oxford.

MARTELLO, F. *et al.* Homogenization and impoverishment of taxonomic and functional diversity of ants in Eucalyptus plantations. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 3266, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1038/s41598-018-20823-1>

MENDOZA-PENAGOS, C. C.; HESSEN, K. O. V.; ALMEIDA, R. P. S. Assessing sodium limitation as a resource for ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) in an area of the Amazonian Terra Firme Forest. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, v. 15, n. 1, p. 135-143, 2020. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.269>.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853–858, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1038/35002501>.

NASCIMENTO, A. C.; FERNANDES, I. O.; SOUZA, J. L. P. Morfometria das operárias de Ponerinae (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de floresta ombrófila amazônica. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, v. 15, n. 1, p. 165-198, 2020. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.248>.

NOGUEIRA, V. F. B.; CORREIA, M. F.; NOGUEIRA, V. S.. Impacto do Plantio de Soja e do Oceano Pacífico Equatorial na Precipitação e Temperatura na Cidade de Chapadinha - MA. **Revista Brasileira de Geografia Física, Pernambuco**, v.5, p.708-724, 2012.

ORTIZ, A. G. *et al.* Resposta do forrageamento de *Acromyrmex rugosus* (Smith, 1858) e *Acromyrmex balzani* (Emery, 1890)(Hymenoptera: Formicidae) a mudas de

Eucalyptus camaldulensis Dehnh. com diferentes restrições nutricionais. **Revista Espacios**, v. 38, n. 44, p. 1-13, 2017.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

ROANI, A. H. *et al.* Formigas em ambientes urbanos da região noroeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 51, p. 128-140, 2019. **DOI:** <http://doi.org/10.5327/Z2176-947820190464>.

ROBERTS, D. W. **Labdsv**: ordination and multivariate analysis for ecology. R package version 1.6-1. [S. l: s. n.], 2013. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=labdsv>.

ROCHA, W. D. O. *et al.* Formigas (Hymenoptera: Formicidae) bioindicadoras de degradação ambiental em Poxoréu, Mato Grosso, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 88-98, 2015. **DOI:** <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.0049>.

SANTOS, J. R. L. *et al.* Mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) associada ao plantio de *Tectona grandis* Lf. **Biodiversidade**, v. 19, n. 1, p. 106- 115, 2020.

SARMIENTO, M.C.E. Metodologías de captura y estudio de las hormigas. In: Fernández, F. (Ed). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá, Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt. 2003. p. 201-210.

SEGAT, J. C. Ants as indicators of soil quality in an on-going recovery of riparian forests. **Forest Ecology and Management**. v. 404, p. 338-343, 2017. **DOI:** <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.07.038>.

SANTOS, L. A. O.; BISCHOFF, A.; FERNANDES, O. A. The effect of forest fragments on abundance, diversity and species composition of predatory ants in sugarcane fields. **Basic and Applied Ecology**, v. 33, p. 58-65, 2018. **DOI:** <https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.08.009>

SANTOS, S. R. Q. *et al.* A riqueza das formigas relacionada aos períodos sazonais em Caxiuanã durante os anos de 2006 e 2007. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 3, p. 307-314, 2012.

SANTOS-SILVA, L.; VICENTE, R. E.; FEITOSA, R. M. Ant species (Hymenoptera, Formicidae) of forest fragments and urban areas in a Meridional Amazonian landscape. **Check List**, v. 12, n. 3, p. 1885, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.15560/12.3.1885>

SANTOS, V. P. S.; CARDOSO, J. S. Diversidade de formigas edáficas (Hymenoptera: Formicidae) como bioindicador ambiental em área de Caatinga. **Revista FG Ciência**, v.4, n.1, p.176-184, 2019.

SCHMIDT, C. A.; SHATTUCK, S. O. The higher classification of the ant subfamily Ponerinae (Hymenoptera: Formicidae), with a review of ponerine ecology and behavior. **Zootaxa**, v. 3817, n. 1, p. 1-242, 2014. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3817.1.1>

SCORIZA, R. N. *et al.* Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. **Floresta & Ambiente**. v. 2, n. 2, p. 01-18, 2012.

SILVA, A. F. *et al.* Fauna de Formigas (Hymenoptera, Formicidae) em um fragmento de Floresta Atlântica no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zoociências**, v.19, n.1, p.44-55, 2018.

SILVA, E. F. *et al.* Association of the Occurrence of Ant Species (Hymenoptera: Formicidae) with Soil Attributes, Vegetation, and Climate in the Brazilian Savanna Northeastern Region. **Sociobiology**, v. 64, n. 4, p. 442-450, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v64i4.1209>

SUGUITURU, S. S. *et al.* **Formigas do Alto Tietê**. Bauru: Canal 6, 2015. 456p.

TIEDE, Y. *et al.* Ants as indicators of environmental change and ecosystem processes. **Ecological Indicators**, v. 83, p. 527–537, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2017.01.029>

QUEIROZ, A. C. M. *et al.* Cerrado vegetation types determine how land use impacts ant biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, v. 29, n. 6, p. 2017-2034, 2020. **DOI:** <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1379-8>.

Capítulo 9

COMPOSIÇÃO FUNCIONAL DA MIRMECOFAUNA EM PAISAGENS DO BIOMA CERRADO, BRASIL

Charlyan de Sousa Lima^{1, *}
Marina Schmidt Dalzochio²
Edison Fernandes da Silva³
Eduardo Périco⁴

¹ Doutorando em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. Professor da Rede Pública Estadual do Maranhão e Rede Municipal de Chapadinha-MA.

² Doutora em Biologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

³ Professor adjunto do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

⁴ Professor titular do Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES.

*Autor correspondente: E-mail: charlyansl@yahoo.com.br

Após sugestões da banca examinadora, o artigo será reestruturado e encaminhado para revista a ser escolhida.

Resumo

A mirmecofauna pode ser distribuída em categorias funcionais que desempenham atividades específicas nas paisagens do Cerrado. Esse trabalho dedicou-se em analisar a composição funcional das formigas, considerando a sazonalidade e o perfil de paisagens do bioma Cerrado. Os espécimes foram coletados nos períodos nos três sazonais (seco, transição e chuvoso), identificados em nível de gênero e categorizados em grupos funcionais. Utilizaram-se os índices de Riqueza, Abundância e Beta diversidade para avaliar as alterações na composição funcional dos formicídeos, e o IndVal para verificar o potencial de indicação dos grupos funcionais. Foram coletados 8569 indivíduos, identificados em 22 gêneros de formicídeos, distribuídos em dez grupos funcionais. O grupo funcional Predadores Generalistas (PGE) apresentou maior número de gêneros, sendo abundantes no Cerradão e na Mata dos Cocais. Nos pontos amostrados, a PERMANOVA indicou significância para os fatores período, ambiente e a interação. Ocorreu sobreposição entre os ambientes. A métrica Substituição foi maior que Aninhamento na maioria dos ambientes nos três períodos sazonais. O IndVal apresentou maior número de indicação no período seco e maior ocorrência de indicação de PGE em relação aos demais grupos. A sazonalidade e o perfil de cada paisagem do Cerrado determinam as características funcionais dos formicídeos. Grupos funcionais generalistas são mais abundantes em ambientes antropizados, quanto que os grupos especializados são restritos a ambientes naturais. O grupo funcional predadores generalistas reuni maior distribuição de gêneros tanto em ambientes naturais e antrópicos, contudo alguns representantes desse grupo (*Dinoponera*, *Mayaponera*, *Odontomachus*, *Pachycondyla* e *Platythyrea*) apresentam mais adaptabilidade a ambientes conservados.

Palavras-chave: Ambiente. Formiga. Funcionalidade. Períodos climáticos.

FUNCTIONAL COMPOSITION OF MIRMECOFAUNA AND SEASONALITY IN LANDSCAPES OF THE CERRADO BIOME, BRAZIL

Abstract

Myrmecofauna can be distributed of the functional categories that perform specific activities in the landscapes of the Cerrado. This work was dedicated to analyzing the functional composition of ants, considering the seasonality and the landscape profile of the Cerrado biome. The specimens were collected in the three seasonal periods (dry, transition and rainy), identified in genus level and categorized in functional groups. The Wealth, Abundance and Beta diversity indices were used to assess changes in the functional composition of formicids, and IndVal to verify the potential for indicating functional groups. 8569 individuals were collected, identified in 22 genus of formicids, distributed in ten functional groups. The functional group Predators Generalistas (PGE) presented a greater number of genera, being abundant in Cerradão and Mata dos Cocais. At the sampled points, the PERMANOVA test indicated significance for the factors period, environment and interaction. There was an overlap between the environments. The Substitution metric was greater than Nesting in most environments in the three seasonal periods. IndVal had a higher number of indication in the dry period and a higher occurrence of indication for the PGE in relation to the other groups. The seasonality and the profile of each landscape in the Cerrado determine the functional characteristics of formicids. Generalist functional groups are more abundant in anthropized environments, whereas specialized groups are restricted to natural environments. The functional group of generalist predators gathered greater distribution of genus both in natural and man-made environments, however some representatives of this group (*Dinoponera*, *Mayaponera*, *Odontomachus*, *Pachycondyla* and *Platythyrea*) are more adaptable to conserved environments.

Keywords: Environment. Ant. Functionality. Climatic periods.

INTRODUÇÃO

A mirmecofauna é representada por formigas que habitam diversas regiões do planeta e desenvolvem atividades específicas em cada ecossistema (SANTOS-SILVA et al., 2016; VICENTE et al., 2016). Para garantir o exercício de suas habilidades, esses invertebrados podem se reunir em grupos que utilizam recursos semelhantes, podendo ser distribuídos em diferentes categorias funcionais, dentre elas: cortadeiras de folhas, dolichoderíneas pequenas de recrutamento massivo, especialistas mínimas de vegetação, formigas arbóreas de alimentação de pólen, formigas legionárias, forrageiras generalistas, mirmicíneas agressivas, mirmicíneas generalistas, patrulheiras e predadores generalistas (SILVESTRE; SILVA, 2001; SILVESTRE et al., 2003; BRANDÃO et al., 2012). Assim, o agrupamento de gêneros em categorias funcionais pode disponibilizar informações relevantes quanto o estado e a estrutura das comunidades, e os efeitos da presença desses organismos nos habitats.

As formigas do grupo funcional Cortadeiras de folhas (CDF) exercem relações interespecíficas nos ambientes terrestres, realizam o corte e o transporte de folhagem para dentro dos ninhos com intuito de cultivar os fungos simbiotes do gênero basidiomicetos (*Leucoagaricus* e *Leucocoprinus*) como fonte principal de alimento e abrigo para a prole, fortalecendo a relação mutualística entre esses organismos (DELLA LUCIA, 2011; CHEEKE; COLEMAN; WALL, 2012; GARRETT et al., 2016). Devido o carregamento de folhas para os compartimentos do ninho (abaixo da superfície do solo), ocorre o aumento de matéria orgânica o que favorece a proliferação de bactérias, nematoides e fungos, que exercem importantes atividades ecológicas para a manutenção e sustentabilidade dos ambientes, podendo inclusive atuar como engenheiras de ecossistemas, e alterar a comunidade microbiológica adjacentes ao ninho (CHEEKE; COLEMAN; WALL, 2012; RODRIGUES et al., 2013).

Outro grupo é das Dolichoderíneas pequenas de recrutamento massivo (DRM) formado por formigas onívoras que manifestam comportamento oportunista, e esquivando-se de interações agressivas com outras espécies (SILVESTRE; SILVA, 2001; BACCARO et al., 2015). Já o grupo funcional Especialistas mínimas de

vegetação (EMV) constituído de formigas sensíveis às perturbações de ambientes em fase de recuperação, sendo representado pelos gêneros *Brachymyrmex* e *Myrmelachista* que desempenham o papel de nidificação em zonas de vegetação baixa, colonizando-se no solo, serapilheira, troncos e embaixo de pedras (SILVESTRE; SILVA, 2001; BRANDÃO et al., 2012; BACCARO et al., 2015).

As formigas do grupo funcional Arbóreas de alimentação de pólen (FAP), representadas pelos gêneros *Cephalotes* e *Procryptocerus* nidificam galhos vivos ou em decomposição, consideradas onívoras generalistas, eliminam frequentemente o pólen da vegetação, sendo o principal alimento desse grupo (SILVESTRE et al., 2003; BRANDÃO et al., 2012). Quanto que as formigas do grupo Formigas legionárias (FLE) são altamente especializadas no forrageio coletivo, atuando também como predadoras coletivas que podem ser encontradas na serapilheira formando pequenas colônias de crescimento constante durante todo ano (KASPARI, 1996; BRADY; WARD, 2007; BRANDÃO et al., 2012).

A serrapilheira presente em muitos ambientes reuni matéria orgânica mineralizada, tornando-se um ambiente de hiperdiversidade, onde as formigas Forrageiras generalistas (FGE) representadas pelas espécies *Solenopsis* spp e *Carebara* spp se colonizam e nidificam com facilidade (RIBAS et al., 2003; VASCONCELOS et. al., 2006). Outros grupos funcionais podem ser encontrados na serrapilheira, como Mirmicíneas agressivas (MAG) que são onívoras e agressivas, que quando interagem com outras espécies estabelecem domínio do recurso alimentar; espécies do gênero *Crematogaster* e *Leptothorax* fazem parte desse grupo (SILVESTRE; SILVA, 2001; SILVESTRE et al., 2003).

O grupo funcional Mirmicíneas generalistas (MGE) formado por formigas da subfamília Myrmicinae e gêneros *Pheidole*, *Wasmannia* e *Oxyepoecus*, apresentam hábitos alimentares generalistas, podendo atuar como predadores, necrófagos e onívoros, sendo que algumas espécies fazem uso de sementes como um recurso alimentar secundário, além disso, podem ser facilmente encontradas em diferentes ambientes, ocupando áreas abertas e sombreada, úmidas e secas (JOHNSON, 2000; WILSON, 2003; BRANDÃO et al., 2012).

As formigas Patrulheiras (PAT) são oportunistas e onívoras, fazem preferivelmente seus ninhos em troncos em decomposição, em nectários florais, cupinzeiros e na superfície do solo. Esse grupo recruta operárias massivamente, patrulhando vastas áreas próximas ao ninho, representado por espécies do gênero *Camponotus* e *Pseudomyrmex* (SILVESTRE; SILVA, 2001; BACCARO et al., 2015).

As formigas do grupo funcional Predadores generalistas (PGE) geralmente apresentam tamanho corporal grande (1cm ou mais). Os táxons desse grupo incluem os gêneros *Dinoponera*, *Pachycondyla*, *Odontomachus*, *Ectatomma*, dentre outros; alguns indivíduos desses táxons saem sozinhos em busca de presas, geralmente pequenos invertebrados, atuando como agentes que auxiliam o equilíbrio ecológico nos ecossistemas terrestres. Podem ser encontrados em diversos ambientes construindo seus ninhos no solo, em plantas ou em cavidades, e na serrapilheira (SILVESTRE; SILVA, 2001; BRANDÃO, 2003; BRANDÃO et al. 2012; BACCARO et al., 2015).

Os grupos funcionais da mirmecofauna são importantes para diversos processos ecossistêmicos, tornando-se uma medida que explica a importância ecológica dos formicídeos em um habitat e como interferem nas funções específicas dos ecossistemas. A atuação dos grupos funcionais é fundamental para a estabilidade e produtividade dos ecossistemas, principalmente quando espécies desempenham funções semelhantes na mesma área (RICOTTA, 2005; CIANCIARUSO et al., 2009; BIHN et al., 2010).

Diversos estudos apontaram que as interações interespecíficas são em sua maioria explicadas pelas peculiaridades funcionais das espécies (WEIHER et al. 2011; VILLÉGER; NOVACK-GOTTSHALL; MOUILLOT, 2011). Os grupos funcionais podem ainda ser utilizados como indicador de impactos ambientais, onde resultados podem ser comparados entre ecossistemas e regiões diferentes. A presença ou ausência de certos grupos funcionais indicará se o ambiente está conservado ou não, dessa forma, a composição funcional de formicídeos pode ser considerada um conceito-chave para entender a resiliência das comunidades de formicídeos às alterações ambientais (ANDERSEN, A. N.; MAJER, 2004; OTTONETTI et al., 2006; WIESCHER et al., 2012; SILVA; BRANDÃO, 2014).

Os formicídeos são organismos altamente diversos e fundamentais para o equilíbrio dos ecossistemas, podendo inclusive ser encontrado nas diferentes fitofisionomias do bioma Cerrado participando de atividades que melhoram a química, a física, e a fertilidade do solo (LIMA et al., 2020). Assim, esse trabalho teve como objetivo analisar a composição funcional das formigas, considerando a sazonalidade e o perfil das paisagens do bioma Cerrado. As hipóteses que guiaram essa pesquisa foram: 1) as formigas que representam cada categoria funcional variam conforme a sazonalidade e a paisagem; e, 2) paisagens com interferência antrópica apresentam grupos funcionais de formicídeos mais generalistas que paisagens naturais.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A pesquisa foi realizada em cinco ambientes do bioma Cerrado no município de Chapadinha (3°44'31" S e 43°21'36" W), Estado do Maranhão, Brasil, que apresenta segundo a classificação de Köppen o clima tipo tropical quente e úmido (Aw) com temperatura média anual superior a 27 °C e umidade relativa do ar anual entre 73 e 79 %, com precipitação pluvial média anual de 1.835 mm (IBGE, 2016). Região caracterizada por dois períodos sazonais bem definidos (seco e chuvoso) e período de transição. A distribuição sazonal ocorre entre Agosto a Novembro (período seco), Dezembro a Julho (período chuvoso), última quinzena a primeira quinzena de Novembro-Dezembro e Julho-Agosto, respectivamente (período de transição) (NOGUEIRA et al., 2012).

Os cinco ambientes selecionados correspondem a duas paisagens naturais (Cerradão e Mata dos Cocais) e três paisagens de manejo antrópico (Corte e Queima, Eucalipto, e Pastagem) do bioma Cerrado (Tabela 1).

Tabela 1 - Características dos cinco ambientes de coleta da composição funcional da mirmecofauna 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 periódicas.
Eucalipto	Povoado 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.

Fonte: Lima et al. (2020).

Delineamento amostral

A área de cada ambiente foi de 330m x 80m (2,64 ha), com três parcelas equidistantes 100m uma da outra, constituída de um por grid de 10 armadilhas do tipo *pitfall*, ordenada em 2 fileiras com 5 armadilhas cada, equidistantes 10 m entre si, de acordo com Baccaro et al. (2011) (Figura 1).

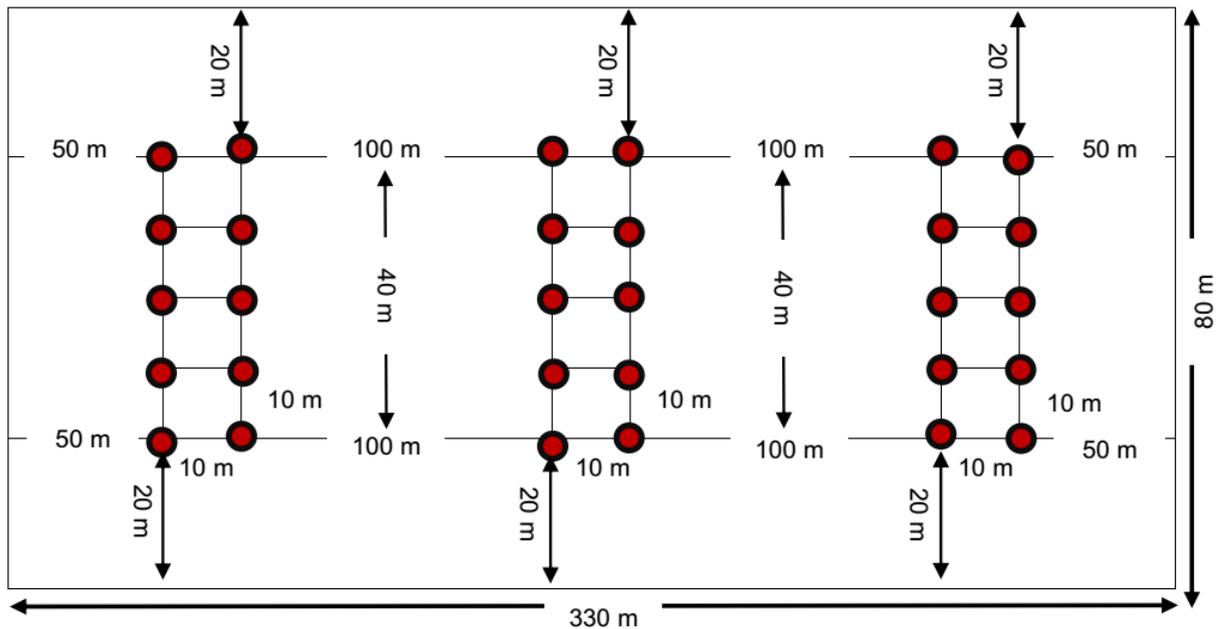


Figura 1 - Croqui com disposição das armadilhas pitfall com iscas nas áreas de estudo.

As armadilhas do tipo *pitfall* equivalem a potes plásticos com volume de 1 litro, com iscas atrativas, ordenadas em duas fileiras: 1ª) pão com mel, base carboidrato e 2ª) sardinha, base proteína animal (VALE JÚNIOR et al., 2017). Foram instalados 10 pitfalls por parcela, 30 por ambiente de estudo, totalizando 150 nos 5 ambientes.

Coleta de dados biológicos

Realizaram-se duas coletas dos formicídeos nos períodos sazonais (I) período seco, (II) período transição (seco/chuvoso e chuvoso/seco), e (III) período chuvoso. As armadilhas do tipo *pitfall* permaneceram em atividade na área de coleta durante 1 hora, das 07h30 às 08h30. Posteriormente os formicídeos foram coletados, separados de acordo com o tipo de isca, acondicionados em álcool 70% e encaminhados ao laboratório, onde se procedeu a identificação em nível de gênero, conforme a chave dicotômica de Baccaro et al. (2015).

Os formicídeos foram catalogados e depositados em via úmida no Laboratório de Artrópodes do Solo do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA), da Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, que posteriormente será tombado

em definitivo na Coleção de Invertebrados do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CINCCAA).

Categorias dos grupos funcionais

A mirmecofauna identificada foi categorizada em dez grupos funcionais: I. Cortadeiras de folhas; (II) Dolichoderineas pequenas de recrutamento massivo; (III) Especialistas mínimas de vegetação; (IV) Formigas arbóreas de alimentação de pólen; (V) Formigas Legionárias; (VI) Forrageiras generalistas; (VII) Mirmicíneas agressivas; (VIII) Mirmicíneas generalistas; (IX) Patrulheiras; e (X) Predadores generalistas, de acordo com Silvestre e Silva (2001), Silvestre et al. (2003) e Brandão et al. (2012).

Análise de dados

A riqueza da composição funcional da mirmecofauna foi analisada considerando o número de gêneros identificados pertencentes a cada categoria funcional, e para abundância da composição funcional dos formicídeos considerou-se o número total de indivíduos coletados nos ambientes para cada categoria funcional.

Para analisar as diferenças na estrutura funcional das formigas, compararam-se os valores de riqueza e abundância em relação às diferentes paisagens através do Modelo Linear Generalizado (GLM). O GLM para abundância seguiu a distribuição Binomial Negativa com função de ligação logarítmica e o GLM para riqueza seguiu a distribuição de Poisson com função de ligação logarítmica e com as covariáveis inclusas de forma aditiva no modelo, as análises foram conduzidas no software estatístico R Project (R CORE TEAM, 2020), pacotes stats (R CORE TEAM, 2013) e função glm. A distribuição dos dados foi definida pela função descdist do pacote fitdistrplus (DELIGNETTE-MULLER; DUTANG C, 2015).

As taxas de substituição ou aninhamento foram determinadas com uso da metodologia de Baselga (2010). As análises foram elaborados com o programa estatístico R Project (R CORE TEAM, 2020), pacote betapart (BASELGA,

2012), função beta.pair. A beta diversidade foi particionada em substituição (betasim) e aninhamento (betasne). A seguir, os dois componentes foram comparados graficamente.

A Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA) foi utilizada para avaliar as diferenças na composição funcional da mirmecofauna, considerando os ambientes de coleta (cerradão, mata dos cocais, corte e queima, eucalipto e pastagem), a sazonalidade (seco, transição e chuvoso) e tipos de iscas (pão com mel, e sardinha). O software PAST 4.0 foi utilizado na análise estatística, com distância de bray curtis e 9999 permutações. O método de ordenação o Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) foi determinado para visualizar os resultados da PERMANOVA no programa R, pacote vegan função metaMDS.

Valor individual de indicação (IndVal)

Com o intuito de identificar os grupos funcionais que podem ser indicadores dos ambientes de estudo (Cerradão, Mata dos Cocais, Corte e Quema, Eucalipto e Pastagem) utilizou-se a análise de Valor individual de indicação – IndVal (DUFRENE; LEGENDRE, 1997). A análise foi conduzida com uso do software R Project (R CORE TEAM 2020), labdsv 1.5.0 for R (ROBERTS, 2013), com 9999 permutações, por meio da abundância de formicídeos para cada grupo funcional.

RESULTADOS

Foram coletados 8569 indivíduos, identificados em 22 gêneros de formicídeos, distribuídos em dez grupos funcionais (Quadro 1): Cortadeiras de folhas (CDF), Dolichoderinae pequenas de recrutamento massivo (DRM), Especialistas mínimas de vegetação (EMV), Formigas arbóreas de alimentação de pólen (FAP), Formigas legionárias (FLE), Forrageiras generalistas (FGE), Mirmicíneas agressivas (MAG), Mirmicíneas generalistas (MGE), Patrulheiras (PAT) e Predadores generalista (PGE). O grupo funcional PGE apresentou maior número de gêneros (*Ectatomma*, gênero predominante nos ambientes, exceto na Pastagem), sendo

abundantes principalmente nos ambientes naturais, Cerradão e Mata dos Cocais (Quadro 1).

Quadro 1. Presença de grupos funcionais (Cortadeiras de folhas, Dolichoderinae pequenas de recrutamento massivo, Especialistas mínimas de vegetação, Formigas arbóreas de alimentação de pólen, Formigas legionárias, Forrageiras generalistas, Mirmicíneas agressivas, Mirmicíneas generalistas, Patrulheiras e Predadores generalista) da mirmecofauna com iscas (I) pão com mel (A) e sardinha (S) nos períodos seco, transição e chuvoso nos ambientes: cerradão (C), mata dos cocais (M), corte e queima (Q), eucalipto (E) e pastagem (P).

GÊNEROS	I	SECO					TRANSIÇÃO					CHUVOSO				
		C	M	Q	E	P	C	M	Q	E	P	C	M	Q	E	P
CORTADEIRAS DE FOLHAS																
<i>Acromyrmex</i>	A													X		X
	S													X		
<i>Atta</i>	A			X		X										X
	S															
DOLICHODERINAE PEQUENAS DE RECRUTAMENTO MASSIVO																
<i>Dorymyrmex</i>	A									X						X
	S									X						X
ESPECIALISTAS MÍNIMAS DE VEGETAÇÃO																
<i>Brachymyrmex</i>	A		X	X	X	X							X		X	
	S	X	X	X		X		X					X			
<i>Myrmelachista</i>	A	X		X			X	X	X	X				X		
	S	X					X							X		
FORMIGAS ARBOREAS DE ALIMENTAÇÃO DE POLEN																
<i>Cephalotes</i>	A						X									
	S															
FORMIGAS LEGIONÁRIAS																
<i>Labidus</i>	A		X					X						X		
	S		X											X	X	
	A															

<i>Platythyrea</i>	S		X
--------------------	----------	--	---

Presença de grupos funcionais da mirmecofauna sinalizados com X em cada ambiente e período sazonal.

Não foi detectada diferença estatística dos ambientes/períodos em relação às categorias de referência na análise de riqueza dos grupos funcionais da mirmecofauna (Tabela 2).

Tabela 2 - Riqueza dos grupos funcionais Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae).

Modelo testado: Riqueza ~ ambiente + período + isca				
	Estimador	Erro Padrão	Valor de Z	Valor de p
Cerradão				
	Categoria de referência			
Mata dos Cocais	-0,08338	0,2043	-0,408	0,683
Corte e Queima	-0,04082	0,20207	-0,202	0,84
Eucalipto	-0,27444	0,21521	-1,275	0,202
Pastagem	-0,15082	0,20798	-0,725	0,468
Mata dos Cocais				
	Categoria de referência			
Corte e Queima	0,04256	0,20633	0,206	0,837
Eucalipto	-0,19106	0,21921	-0,872	0,383
Pastagem	-0,06744	0,21212	-0,318	0,751
Corte e Queima				
	Categoria de referência			
Eucalipto	-0,23361	0,21714	-1,076	0,282
Pastagem	-0,11	0,20997	-0,524	0,6
Eucalipto				
	Categoria de referência			
Pastagem	0,12361	0,22265	0,555	0,579
Período Chuvoso				
	Categoria de referência			
Período Transição	0,13534	0,16478	0,82	0,41
Período Seco	0,1097	0,16577	0,662	0,508
Período Seco				
	Categoria de referência			
Período Transição	0,02564	0,16014	0,16	0,873
Isca Pão e Mel				
	Categoria de referência			
Isca Sardinha	-0,09786	0,13349	-0,733	0,464

* Valores em negrito possuem diferença estatística com a categoria de referência.

Com relação à composição, a PERMANOVA indicou significância para os fatores período ($F = 8,2232$; $p = 0,0001$) e ambiente ($F = 5,4013$; $p = 0,0001$) e a interação ($F = 3,7204$; $p = 0,0001$) nos pontos amostrados (Tabela 3).

Tabela 3 - Resultado da PERMANOVA de dois fatores (biótico ~ período * ambiente) referente a composição dos grupos funcionais da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae).

Source	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Média dos quadrados	Valor de F	Valor de p
Período	2,9293	2	1,4647	8,2232	0,0001
Ambient e	3,8482	4	0,96204	5,4013	0,0001
Interaçã o	5,3012	8	0,66265	3,7204	0,0001
Resíduo s	8,0151	45	0,17811		
Total	20,094	59			

* Valores em negrito possuem diferença estatística com a categoria de referência.

As comparações *pairwise* da composição dos grupos funcionais da mirmecofauna indicaram diferenças significativas (Tabela 4) entre períodos: **Chuvoso-Chuvoso** (Eucalipto (EUC)-Cerradão (CER) e EUC-Corte e Queima (CEQ); Mata dos Cocais (MDC)-CEQ; MDC-EUC; Pastagem (PAS)-EUC e PAS-MDC), **Seco-Chuvoso** (CER em relação ao CER, EUC, MDC e PAS; CEQ-PAS; EUC em relação a todos os ambientes; MDC em relação EUC, MDC e PAS; PAS em relação a todos os ambientes), **Seco-Seco** (EUC-CER; MDC-EUC; PAS em todos os ambientes), **Transição-Chuvoso** (CER, CEQ, MDC e PAS em relação a todos os ambientes; EUC-EUC; EUC-PAS), **Transição-Seco** (MDC e PAS em relação a todos os ambientes; CER, CEQ e EUC em relação ao CER, EUC, MDC e PAS, respectivamente) e **Transição-Transição** (EUC-CER e EUC-CEQ; MDC-CEQ e MDC-EUC; PAS em relação aos demais ambientes).

Tabela 4 - Comparação PERMANOVA *pairwise* dos gêneros da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) entre diferentes períodos (CHU: chuvoso; SEC: seco; TRA: transição; e) e ambientes (CER: cerradão; CEQ: corte e queima; EUC: eucalipto; MDC: mata dos cocais; e PAS: pastagem).

		CHU					SEC					TRA				
		CER	CEQ	EUC	MDC	PAS	CER	CEQ	EUC	MDC	PAS	CER	CEQ	EUC	MDC	PAS
CHU	CER		0,0914	0,0292	0,0863	0,0555	0,0284	0,0837	0,0284	0,0603	0,0276	0,0314	0,0295	0,1711	0,0259	0,0284
	CEQ	1,675		0,0309	0,0263	0,1789	0,0841	0,5056	0,0268	0,2835	0,0262	0,0298	0,0276	0,0563	0,0286	0,0288
	EUC	7,103	2,984		0,0289	0,0246	0,0272	0,2309	0,0306	0,0289	0,0291	0,0298	0,0308	0,0258	0,0258	0,0302
	MDC	2,287	2,835	5,136		0,0283	0,0276	0,0845	0,0287	0,0287	0,025	0,0293	0,0279	0,6318	0,031	0,0298
	PAS	3,243	1,651	12,09	5,967		0,0288	0,0281	0,0296	0,0298	0,0275	0,0283	0,0253	0,0284	0,0335	0,0291
SEC	CER	5,812	1,932	2,735	5,836	9,333		0,2753	0,0285	0,0843	0,026	0,0303	0,0302	0,029	0,0303	0,0292
	CEQ	2,109	0,9621	1,462	1,956	3,599	1,282		0,143	0,118	0,0543	0,1672	0,0547	0,3358	0,0287	0,03
	EUC	10,99	3,769	3,62	10,22	16,87	4,101	2,032		0,0243	0,0301	0,0272	0,0314	0,0287	0,0294	0,0264
	MDC	3,061	1,277	3,409	4,775	3,947	2,063	1,826	5,817		0,0301	0,0274	0,0282	0,0308	0,0272	0,0281
	PAS	11,99	4,459	14,55	19,34	22,5	8,261	3,216	19,02	8,363		0,0276	0,03	0,0294	0,0289	0,0303
TRA	CER	6,406	2,891	4,243	7,971	11,62	3,475	1,586	6,025	4,169	3,995		0,0884	0,0301	0,058	0,0274
	CEQ	6,977	2,452	7,435	10,59	12,75	3,698	2,651	9,267	5,146	8,903	3,921		0,0301	0,0279	0,028
	EUC	1,594	1,68	2,348	0,8267	3,533	2,81	1,232	3,903	2,481	6,572	3,485	4,273		0,0305	0,0321
	MDC	10,04	3,644	6,278	11,15	16,43	4,044	3,226	9,527	5,217	16,82	3,117	8,287	4,527		0,0288
	PAS	6,107	3,805	12,74	6,873	10,79	9,8	3,12	18,26	8,137	10,26	4,939	10,39	3,823	7,678	

Valores hachurados são significativos ($p < 0,05$).

Para a PERMANOVA com os fatores período e isca, detectou-se diferenças significativas para período ($F = 4,7362$; $p = 0,0001$). Assim, observou-se que para as comparações *pairwise* houve diferenças estatísticas entre: seco-chuvoso, transição-seco, transição-chuvoso (Tabela 5).

Tabela 5 - Comparação PERMANOVA *pairwise* da composição dos grupos funcionais da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) entre diferentes períodos (chuvoso, seco e transição).

	Seco	Transição	Chuvoso
Seco		0,0011	5,095
Transição	3,672		5,868
Chuvoso	0,0004	0,0001	

Ao analisar os fatores, ambiente e isca, a PERMANOVA apresentou significância somente para ambiente ($F = 3,1388$; $p = 0,0001$). Por conseguinte, que

as comparações *pairwise* indicaram diferença estatística entre os ambientes: MDC-CEQ, MDC-EUC, EUC-CER, EUC-CEQ, e PAS-todos os ambientes (Tabela 6).

Tabela 6 - Comparação PERMANOVA *pairwise* da composição dos grupos funcionais da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) entre ambientes (cerradão; corte e queima; eucalipto; mata dos cocais; e pastagem).

	Cerradão	Mata dos Cocais	Corte e Queima	Eucalipto	Pastagem
Cerradão		0,4243	0,3159	0,0062	0,0065
Mata dos Cocais	1,006		2,68	2,495	0,001
Corte e Queima	1,148	0,0046		0,0005	0,0027
Eucalipto	2,75	0,0138	3,752		0,0001
Pastagem	3,499	4,294	3,695	8,424	

No período seco foi verificada sobreposição da PAS em relação a todos os ambientes (Figura 2a). Ocorreu abundância dos grupos funcionais: CDF no CEQ e PAS; ENV na PAS; FGE na PAS; MGE no EUC, PAS e CER (Figura 2 a). No período de transição não ocorreu sobreposição entre ambientes, contudo, observou-se abundância de PGE no CER (Figura 2b). No período chuvoso ocorreu sobreposição entre CER e CEQ, CEQ e PAS, e abundância dos grupos funcionais: FGE no CEQ, e MGE no EUC (Figura 2c).

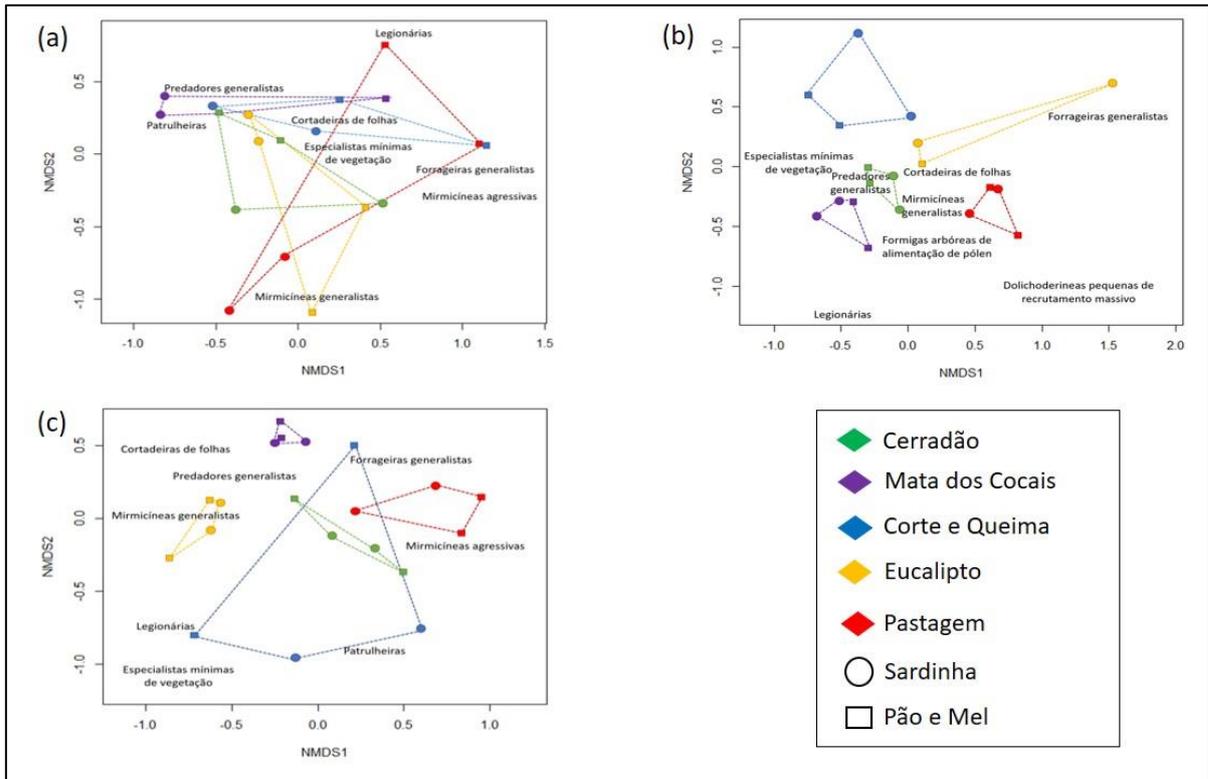


Figura 2. Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) dos grupos funcionais da mirmecofauna, nos ambientes analisados, conforme a sazonalidade: (a) período seco, (b) período transição, (c) período chuvoso.

Os valores de Substituição foram maiores que de Aninhamento (Figura 3), exceto para: CEQ, EUC, MDC e PAS (Figura 3a), CEQ e EUC (Figura 3b), CEQ (Figura 1c) e PAS (Figura 1e, 1f) em relação ao Cerradão, respectivamente; EUC (Figura 1b), PAS (Figura 1d) em referência ao CEQ; PAS (Figura 1d) e MDC (Figura 1e, 1f) em relação ao EUC.

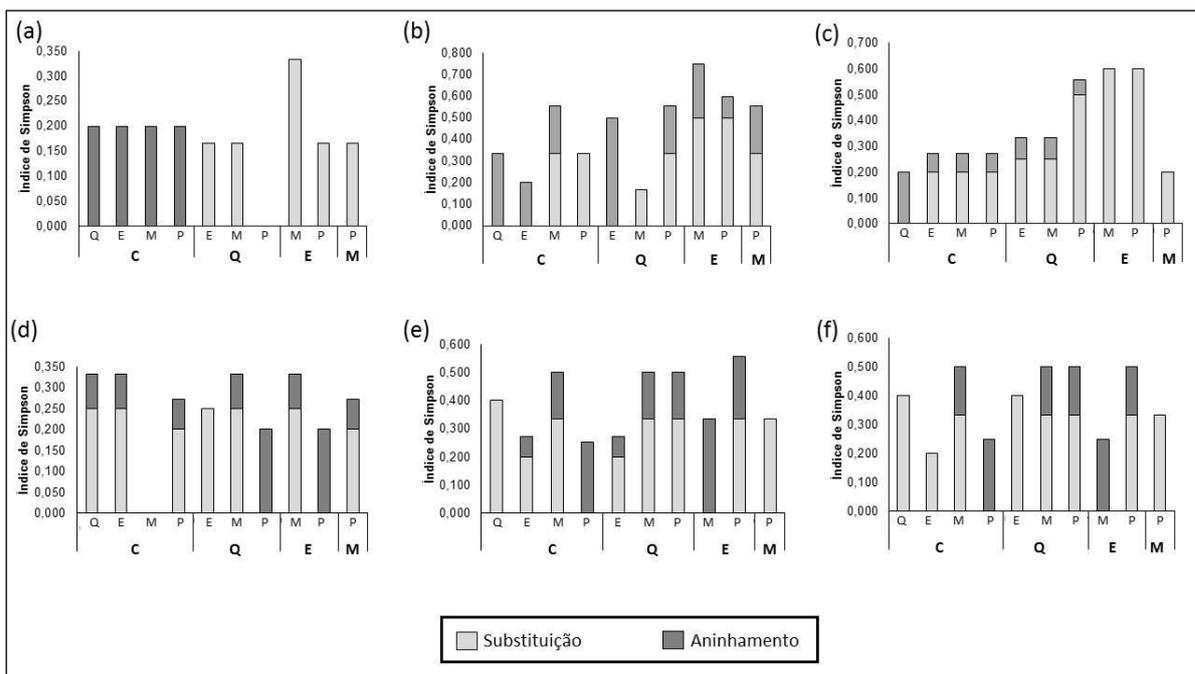


Figura 3. Partição da beta diversidade dos grupos funcionais de formicídeos nos períodos: 1) seco, em iscas: (a) pão com mel, e (b) sardinha; 2) transição, em iscas: (c) pão com mel, e (d) sardinha; e, 3) chuvoso, em iscas: (e) pão com mel, e (f) sardinha, por ambiente (C = Cerradão; Q = Corte e Queima; E = Eucalipto; M = Mata dos Cocais; P = Pastagem).

Valor individual de indicação (IndVal) da composição funcional da mirmecofauna apresentou maior número de indicação no período seco (três Grupos funcionais – GF), posteriormente nos períodos transição (dois GP) e chuvoso (um GF) (Tabela 7). Ainda observou-se que os grupos funcionais indicadores de cada período foram: Especialistas mínimas de vegetação (EMP) para período seco, Formigas arbóreas de alimentação de pólen (FAP) para período de transição, Mirmicíneas agressivas (MAG) para os períodos seco e chuvoso, e Mirmicíneas generalistas (MGE) para os períodos seco e transição (Tabela 6). Em relação à composição funcional da mirmecofauna por isca não foi detectado nenhum grupo funcional indicador ($p > 0,05$).

Tabela 7. Valor individual de indicação (IndVal) da composição dos grupos funcionais da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) por períodos (seco, transição e chuvoso), bioma Cerrado, Brasil.

Grupo Funcional	Seco	Transição	Chuvoso	IndVal	<i>p</i>
Cortadeiras de folhas	0	0	1	0,26	0,625
Dolichoderineas pequenas de recrutamento massivo	0	1	0	0,387	0,115
Especialistas mínimas de vegetação	1	0	0	0,815	0,005
Formigas arbóreas de alimentação de pólen	0	1	0	0,806	0,005
Formigas Legionárias	1	0	1	0,418	0,26
Forageiras generalistas	1	1	1	0,742	NA
Mirmicíneas agressivas	1	0	1	0,689	0,01
Mirmicíneas generalistas	1	1	0	0,731	0,005
Patrulheiras	1	1	1	0,837	NA
Predadores generalistas	1	1	1	0,913	NA

Observou-se que Predadores generalistas (PGE) apresentou maior ocorrência de indicação em relação aos demais GF, estando presente em todos os ambientes, exceto na pastagem (Tabela 8). O CER apresentou maior número de grupos funcionais (Tabela 8).

Tabela 8. Valor individual de indicação (IndVal) da composição dos grupos funcionais da Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) por ambientes (CER: cerradão; CEQ: corte e queima; EUC: eucalipto; MDC: mata dos cocais; e PAS: pastagem), bioma Cerrado, Brasil.

	CER	MDC	CEQ	EUC	PAS	IndVal	<i>p</i>
Cortadeiras de folhas	0	1	0	1	0	0,408	0,195
Dolichoderineas pequenas de recrutamento massivo	0	0	0	0	1	0,5	0,035
Especialistas mínimas de vegetação	1	1	1	1	1	0,658	NA
Formigas arbóreas de alimentação de pólen	1	1	0	0	1	0,576	0,035
Formigas Legionárias	0	1	1	0	0	0,512	0,105
Forageiras generalistas	1	1	1	1	1	0,741	NA
Mirmicíneas agressivas	1	1	1	0	1	0,610	0,165
Mirmicíneas generalistas	1	0	0	0	1	0,691	0,135
Patrulheiras	1	0	1	0	0	0,872	0,005

Predadores generalistas	1	1	1	1	0	0,928	0,005
-------------------------	---	---	---	---	---	-------	-------

DISCUSSÃO

Paisagens naturais sem interferência humanas geralmente têm maior diversidade de animais invertebrados, o que pode ter propiciado a presença de maior número de gêneros do grupo funcional Predadores Generalistas (PGE), que ocuparam principalmente ambientes naturais, tornando essa categoria funcional indicador dos ambientes Cerradão e Mata dos Cocais. Além disso, registrou-se abundância do PGE no Cerradão durante o período de transição, por meio da técnica de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS), indicando que no período intermediário (chuvoso-seco e seco-chuvoso) ocorre aumento da proliferação de presas que condicionam a permanência de espécies predadoras nesse ambiente.

O grupo PGE também foi indicador do CEQ e EUC, representados pelos gêneros *Ectatomma* e *Gnamptogenys*, que são resilientes a ambientes antropizados, possuem habito generalista, e atuam no processo de equilíbrio ecológico dos ecossistemas terrestres, predando gastrópodes, anelídeos e artrópodes como besouros, vespas, formigas, cupins e diplópodes, além de se alimentarem de resíduos de presas encontradas próximo aos seus ninhos (BACARRO et al., 2015; SUGUITURU et al., 2015).

O grupo funcional Cortadeiras de Folhas (CDF) ocupou tanto o ambiente natural (MDC) como antrópico (CEQ, EUC e PAS) nos períodos seco e chuvoso, indicando que esse grupo é altamente adaptável às condições ambientais diversas e climatológicas extremas, não sendo encontrado em sazonalidade intermediária. Esse grupo de formigas são resilientes a diversos ambientes, desde florestas nativas, campos naturais até ambientes de uso agrícola (MEHDIABADI; SCHULTZ, 2010; TOLEDO et al., 2016).

As formigas que representam o grupo CDF são consideradas pragas de lavoura por alguns pesquisadores (GUILLADE; FOLGARAIT, 2015; AMARAL et al.,

2019; LAZZARI et al., 2019; GIESEL et al., 2020), porém esse grupo atua em processos ecológicos importantes, como escavação do solo, alterando sua estrutura física e facilitando a distribuição de nutrientes em diversas camadas, o que favorece a produtividade vegetal, além de atuarem como cultivadoras de fungos simbiotes dentro do ninho, utilizado como principal fonte de alimento (LEAL et al., 2014; CALHEIROS et al., 2019; LAZZARI et al., 2019; SWANSON et al., 2019).

O NMDS indica que o grupo funcional CDF foi abundantes no período seco, numa sobreposição entre Cerradão e Pastagem. Essa abundância indica a estabilidade adaptativa ao período de estiagem dos gêneros *Acromyrmex* e *Atta*.

A ocorrência do grupo funcional Dolichoderineas Pequenas de Recrutamento Massivo (DRM) exclusivamente na Pastagem, destacando-se como indicador desse ambiente, ocorre porque espécies do gênero *Dorymyrmex* constroem seus ninhos preferencialmente em áreas abertas com pouca cobertura vegetal (BACCARO et al., 2015; ARAÚJO et al., 2016). Quanto à sazonalidade esse grupo apresentou mais aptidão à pluviosidade (período chuvoso) e a níveis sazonais intermediários, que deve ter influenciado a melhores condições de escavação do solo para criação de seus ninhos.

O grupo funcional Especialistas Mínimas de Vegetação (EMV) ocorreu nos cinco ambientes (CER, MDC, CEQ, EUC e PAS) durante os três períodos sazonais (seco, transição, chuvoso), de modo que a fitofisionomia de cada ambiente disponibilizou recursos para o forrageiro dos gêneros *Brachymyrmex* e *Myrmelachista*, e a alternância climática não limitou a concentração desses recursos, principalmente durante a estiagem, tornando esse grupo funcional indicador do período seco. Observou-se ainda com NMDS abundância do EMV no período seco, reforçando a ideia que todos os ambientes disponibilizar nutrientes e abrigo que foram capazes de suprir as necessidades alimentares e de nidificação dos gêneros que fazem parte desse grupo.

Formigas arbóreas de alimentação de pólen (FAP) representado pelo gênero *Cephalotes* foi encontrado exclusivamente no Cerradão, tornando-se indicador desse ambiente que apresenta uma flora bastante diversa, com abundância de plantas com nectários extraflorais, sendo um atrativo para as espécies desse

gênero. Embora *Cephalotes* nidifique em árvore, pode ser eventualmente encontrado na serapilheira (BACCARO et al., 2015). O FAP foi indicador do período de transição, o que indica que as condições climáticas intermediárias são mais favoráveis à manutenção das espécies desse grupo (BELLO et al., 2013; RIBEIRO-NETO et al., 2016; ZANIN; ALBERNAZ, 2016).

O grupo funcional Formigas Legionárias (FLE) é caracterizado pela presença de formicídeos nômades, coletivos e predadores seletivos, altamente especializados (BRADY; WARD, 2007; BRANDÃO et al., 2012), representado pelos gêneros *Labidus* e *Neivamyrmex*, ambas encontrados no EUC e MDC nos três períodos sazonais (seco, transição e chuvoso). Espécies desses dois gêneros vivem geralmente em ambientes florestados, em busca de presas no solo em todas as épocas do ano, alimentando-se de pequenos artrópodes, além de recolherem sementes e frutos (BACCARO et al., 2015; ARAÚJO et al. 2016), atuando nos ambientes como agentes da disseminação de sementes e do controle biológico de invertebrados.

O gênero *Solenopsis* foi o único do grupo funcional Forrageiras Generalistas (FGE), registrado nos cinco ambientes e nos três períodos de coleta, isso ocorre porque são espécies generalistas que tanto as condições ambientais e sazonais oferecem a otimização das atividades de forrageamento, principalmente nos ambientes CER, CEQ, PAS onde o NMDS demonstrou abundância desse grupo, o que pode ter implicado na ampliação das interações com outros invertebrados que habitam esses ambientes (QUEIROZ et al., 2006; BUENO; CAMPOS; MORINI, 2017). As formigas *Solenopsis* são predominantemente onívoras, generalistas e recrutadoras, forrageiam em troncos, na serapilheira, na vegetação baixa, e explorar nectários extraflorais. Podem nidificar no solo, na vegetação e sob pedras (BACCARO et al., 2015; SUGUITURU et al., 2015). Segundo Santos et al. (2020) *Solenopsis* sp. é a espécie mais adaptada aos períodos sazonais, com capacidade de desenvolver-se em diferentes ambientes.

O grupo funcional Mirmicíneas Agressivas (MAG) é marcado por formigas violentas que competem agressivamente por alimento com outras espécies. Esse grupo também é representado por espécies de hábito onívoro (SILVESTRE; SILVA, 2001; SILVESTRE et al., 2003). Nesta pesquisa foi identificado somente o gênero

Crematogaster durante os períodos os períodos sazonais seco e chuvoso, nos cinco ambientes de coleta, provavelmente por ser largamente distribuído em ecossistemas terrestres tropicais e ecossistemas temperados (LEAL, 2003; SANTOS; CARDOSO, 2019), sendo inclusive um gênero indicador de estiado quanto do período chuvoso, o que garante ao gênero alta adaptabilidade às alterações ambientais e climáticas e permite exercer sua funcionalidade amplamente (BACCARO et al., 2015).

O grupo funcional Mirmicíneas Generalistas (MGE) foi encontrado em todos os ambientes, em razão de ser representada pelas espécies do gênero cosmopolita *Pheidole*, que pode ser encontrado em diversos ecossistemas terrestres (BACCARO et al., 2015), que é um grupo reconhecidamente onívoro e oportunista, e apresenta importância na dispersão de sementes no solo, sendo abundante inclusive na época de estiagem e transição, o que confere ao grupo habilidade de nidificar o solo com escassa umidade, e portanto um indicador desses períodos (seco e transição). Além disso, por meio do NMDS observou-se a abundância do MGE durante os períodos: seco (nos ambientes Eucalipto e Pastagem) e chuvoso (no Eucalipto), pois na ausência e/ou presença de umidade do solo, as espécies do gênero *Pheidole* não escavam ninhos profundos, mas exploram habitats diversos, como a serapilheira, pedras, galhos em decomposição, tanto em áreas abertas e florestadas com sub-bosque (BACCARO et al., 2015; LIMA et al., 2020).

As formigas Patrulheiras (PAT), representado pelos gêneros *Pseudomyrmex* e *Camponotus*, que apresentam características comuns quanto à nidificação, tendo preferência em habitar cavidades ocas de troncos, base ou copas de árvores (WARD, 2003; SUGUITURU et al., 2015), eventualmente podem ser encontrados no solo (BACCARO et al., 2015). Esse grupo foi observado durante nos três períodos sazonais em todos os ambientes de estudo, tornando-se indicador do CER e do CEQ, por fornecer recursos alimentares que propiciam a sobrevivência e a permanência de espécies nesses habitats.

O gênero *Pseudomyrmex* é frequentemente encontrado em áreas em recuperação, sua presença no CEQ pode ser um indicativo de regeneração dessa área. Essa habilidade se refere em obter recurso de diferentes ambientes, apresentar comportamento oportunista e nidificar galhos e cavidades abandonadas

de coleópteros (WARD, 1990). Sua presença no CEQ pode indicar que esses invertebrados possam ser instalados em árvores próximas desse habitat.

A presença de espécies de *Camponotus* no CEQ e CEQ nos três períodos sazonais pode estar relacionada à sua natureza onívora e oportunista de construir ninhos com estruturas em decomposição oriundas da vegetação de cada ambiente, estando inclusive, associada às raízes das plantas (SILVESTRE et al., 2003; SILVA; OLIVEIRA; CONCEIÇÃO, 2019). Outro fator que pode ter determinado sua ocorrência foi a polidomia dos ninhos, que corresponde a membros de uma colônia ocupar vários ninhos e subninhos, por meio da troca de operárias, fenômeno comum nas espécies de *Camponotus* (HÖLLDOBLER; WILSON, 1997; ZINCK et al. 2007). Assim, a polidomia favorece a sobrevivência de comunidades de formicídeos a variação sazonal, mantendo ativa a disponibilidade de recursos alimentares, competição e outros processos, tornando-se uma estratégia evolutiva para a perpetuação das espécies.

A análise da Beta diversidade analisa as mudanças que ocorrem na composição das comunidades, com intuito de comparar diferentes biotas, para isso utiliza-se de dois processos distintos: substituição e aninhamento. A substituição evidencia a troca de espécies entre duas áreas, influenciada geralmente pelas condições ambientais e interações interespecíficas. Enquanto que o aninhamento é considerado uma métrica biogeográfica que se refere à perda de espécies em ordem consistente (WANG et al., 2010; BASELGA, 2010; SCHMERA; PODANI, 2011 ; CARVALHO et al ., 2012).

Observou-se que a sazonalidade associada ao perfil de cada ambiente influenciou a perda (aninhamento) e o ganho (substituição) da composição funcional, sendo que os maiores valores foram de substituição entre os ambientes nos diferentes períodos sazonais, indicando que a maioria das espécies apresentou hábito generalista e adaptabilidade às condições ambientais, corroborando com Sobrinho et al. (2003). Outro fato é quando a intensificação do uso do solo é maior, geralmente condiciona o padrão de substituição, indicando ganho de grupos funcionais (STOFER et al., 2006; QUESTAD et al., 2011), sabendo que espécies mais tolerantes as perturbações possuem maior capacidade de sobrevivência sob áreas antropizadas (CARVALHO et al., 2012).

No período seco ocorreu aninhamento no CEQ e EUC em relação ao Cerrado, com dois tipos de iscas (pão com mel e sardinha), provavelmente esses ambientes, quando comparados ao Cerradão (ambiente heterogêneo) apresentem maior homogeneização, e esse fator atrelado à estiagem pode ter propiciado a perda de grupos funcionais. O aninhamento ocorreu também durante o período de transição no CEQ e na PAS, sendo estas áreas agriculturáveis e marcadas pela sazonalidade intermediária, que pode ter limitado a permanência de grupos funcionais mais especializados, devido apresentarem recursos insuficientes para a proliferação e nidificação.

No período chuvoso apresentou aninhamento que se concentrou na PAS e MDC (nos dois tipos de iscas). O padrão aninhamento na PAS deve ser resultado do aumento de pisoteio dos bovinos na área e o manejo intensivo do solo. A MDC também foi afetada pelo aninhamento possivelmente porque o solo desse ambiente tem características hidromórficas acumulando água em subsuperfície, assim os solos ficam mais saturados de água e pouquíssimas formigas permanecem nessa área durante a estação das chuvas, o que pode ter influenciado a perda de grupos funcionais mais especializados.

CONCLUSÃO

A sazonalidade e o perfil de cada paisagem do bioma Cerrado determinam as características funcionais dos formicídeos. Grupos funcionais generalistas são mais abundantes em ambientes antropizados, quanto que os grupos especializados são restritos a ambientes naturais. O grupo funcional predadores generalistas reuni maior distribuição de gêneros tanto em ambientes naturais e antrópicos, contudo alguns representantes desse grupo, *Dinoponera*, *Mayaponera*, *Odontomachus*, *Pachycondyla* e *Platythyrea*, apresentam mais adaptabilidade a ambientes conservados.

AGRADECIMENTOS:

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil, pela bolsa de doutorado. Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) to EP (PQ process 307303/2019-5).

REFERÊNCIAS

AMARAL, K. D. *et al.* Effect of azadirachtin on mortality and immune response of leaf-cutting ants. **Ecotoxicology**, v. 28, n. 10, p. 1190-1197, 2019.

ANDERSEN, A. N.; MAJER, J. D. Ants show the way Down Under: invertebrate as bioindicators in land management. **Frontiers in Ecology and the Environment**, n.2, p.291-298, 2004.

ARAUJO, C. R. *et al.* Formigas (Hymenoptera, Formicidae) associadas à cobertura de solo com adubos verdes. **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, 2016.

BACCARO, F. B. *et al.* **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus: Editora INPA, p. 176-178, 2015.

BACCARO, F. B.; KETELHUT, S. M.; MORAIS, J. W. Efeitos da distância entre iscas nas estimativas de abundância e riqueza de formigas em uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 4, n. 1, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672011000100013>.

BASELGA, A. The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness, and nestedness. **Global Ecology and Biogeography**, v. 21, p. 1223-1232, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00756.x>

BASELGA, A. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 19, p.134–143, 2010.

BELLO, F. *et al.* Evidence for scale and disturbance dependent trait assembly patterns in dry semi-natural grasslands. **Journal of Ecology**, v. 101, n. 5, p. 1237-1244, 2013.

BIHN, J. H.; GEBAUER, G.; BRANDL, R. Loss of functional diversity of ant assemblages in secondary tropical forests. **Ecology**, v. 91, p.782-792, 2010.

- BRANDÃO, C. R. F.; SILVA, R. R.; DELABIE, J. H. C. Neotropical ants (Hymenoptera) functional groups: nutritional and applied implications. *In*: PANIZZII, A. R.; PARRA, J. R. P. (ed.). **Insect bioecology and nutrition for integrated pest management**, New York: CRC press, 2012. p. 213-236.
- BRADY, S. G.; WARD, P. S. Morphological phylogeny of army ants and other dorylomorphs (Hymenoptera: Formicidae). **Systematic Entomology**, v. 30, p.593-618, 2007.
- BUENO, O. C.; CAMPOS, A. E. C.; MORINI, M. S. C. Formigas em ambientes urbanos no Brasil. São Paulo: Canal 6, 2017. 685 p
- BURKMAN, C. E.; GARDINER, M. M. Urban green space composition and landscape context influence natural enemy community composition and function. **Biological Control**, v. 75, p. 58–67, 2014.
- CALHEIROS, A. C.; RONQUE, M. U. V; OLIVEIRA, P. S. Social Organization and Subcaste Specialization in the Leaf-Cutting Ant *Acromyrmex subterraneus* (Formicidae: Myrmicinae). **Journal of Insect Behavior**, v. 32, n. 4-6, p. 267-280, 2019.
- CARVALHO, J.C.; CARDOSO, P.; GOMES, P. Determining the relative roles of species replacement and species richness differences in generating beta-diversity patterns. **Global Ecology and Biogeography**, v. 21, p. 760–771, 2012.
- CHEEKE, T. E.; COLEMAN, D. C.; WALL, D. H. **Microbial ecology in sustainable agroecosystems**. Crc Press, 2012. 308 p.
- CIANCIARUSO M. V.; SILVA I. A.; BATALHA M. A. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. **Biota Neotropica**, v. 9, p. 93-103, 2009.
- DELLA LUCIA, T. M. C. **Formigas cortadeiras**: da bioecologia ao manejo. Viçosa: UFV. 2011. 419 p.
- DELIGNETTE-MULLER, M. L.; DUTANG, C. Fitdistrplus: An R Package for Fitting Distributions. **Journal of Statistical Software**, v. 64, n. 4, p. 1–34, 2015.

- DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, v.67, n.3, p.345-366, 1997.
- GARRETT, R. W. *et al.* Leaf processing behaviour in *Atta* leafcutter ants: 90% of leaf cutting takes place inside the nest, and ants select pieces that require less cutting. **Royal Society Open Science**, v. 3, n. 1, p.1-12, 2016.
- GIESEL, A.; BOFF, P.; BOFF, M. I. C.; FERNANDES, P. Occurrence of the leafcutters ants in the high-altitude grasslands in the south Brazil Ocorrência de la hormiga cortadoras en los campos de altitud del sur de Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 1-19, 2020.
- GUILLADE, A. C.; FOLGARAIT, P. J. Competition between grass-cutting *Atta vollenweideri* ants (Hymenoptera: Formicidae) and domestic cattle (*Artiodactyla: Bovidae*) in Argentine rangelands. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 17, n. 2, p. 113-119, 2015.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. The number of queens: An important trait in ant evolution. **Naturwissenschaften**. v. 64, p.8-15, 1997.
- IBGE. Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS. **Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2015**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Brasília, 2016.
- KASPARI, M. Worker size and seed size selection by harvester ants in a neotropical forest. **Oecologia**, v. 105, p. 397-404, 1996.
- LAZZARI, E. *et al.* Natural Biocide for Combating Leaf Cutting Ants/Biocida Natural para Combate de Formigas Cortadeiras. **Brazilian Journal of Technology**, v. 2, n. 1, p. 513-522, 2019.
- LEAL, I. R.; WIRTH, R.; TABARELLI, M. The multiple impacts of leaf cutting ants and their novel ecological role in human-modified neotropical forests. **Biotropica**, v. 46, n. 5, p. 516-528, 2014.

- LEAL, I. R. Diversidade de formigas em diferentes unidades de paisagem da Caatinga. *In*: LEAL, I. R., TABARELLI, M., SILVA, J. M. C. (Eds.). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE. p. 435-462, 2003.
- LIMA, C. S. *et al.* 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>
- LIU, B. *et al.* Secondary crops and non-crop habitats within landscapes enhance the abundance and diversity of generalist predators. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 258, p. 30-39, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.02.007>
- MARTIN, E.A. *et al.* Scale-dependent effects of landscape composition and configuration on natural enemy diversity, crop herbivory, and yields. **Ecological Applications**, v. 26, p. 448-462, 2016.
- MEHDIABADI, N. J.; SCHULTZ, T. R. Natural history and phylogeny of the fungusfarming ants (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini). **Myrmecological News**, v. 13, p. 37- 55, 2010.
- NOGUEIRA, V. F. B.; CORREIA, M. F.; NOGUEIRA, V. S.. Impacto do Plantio de Soja e do Oceano Pacífico Equatorial na Precipitação e Temperatura na Cidade de Chapadinha - MA. **Revista Brasileira de Geografia Física, Pernambuco**, v. 5, p. 708-724, 2012.
- OTTONETTI, L.; TUCCI, L.; SANTINI, G. Recolonization patterns of ants in a rehabilitated lignite mine in central Italy: potential for the use of Mediterranean ants as indicators of restoration processes. **Restoration Ecology**, n.14, p.60-66, 2006.
- QUEIROZ, J. M.; ALMEIDA, F. S.; PEREIRA, M. P. S. Conservação da biodiversidade e o papel das formigas (Hymenoptera: Formicidae) em agroecossistemas. **Floresta e ambiente**, v. 13, n. 2, p. 37-45, 2012.
- R CORE TEAM (2013). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- RIBAS, C. R. *et al.* Tree Heterogeneity, Resource Availability, And Larger Scale Processes Regulating Arboreal Ant Species Richness. **Austral Ecology**, v.28, n.1, p.305-14, 2003.

RIBEIRO-NETO, J. D. *et al.* Chronic anthropogenic disturbance causes homogenization of plant and ant communities in the Brazilian Caatinga. **Biodiversity and Conservation**, v. 25, n. 5, p. 943-956, 2016.

ROBERTS, D. W. **Labdsv**: ordination and multivariate analysis for ecology. R package version 1.p. 6-1, 2013. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=labdsv>.

RICOTTA, C. Through the Jungle of Biological Diversity. **Acta Biotheoretica**, v. 53, p. 29-38, 2005.

RODRIGUES, A. *et al.* Fungal communities in the garden chamber soils of leafcutting ants. **Journal of Basic Microbiology**, v. 54, n. 11, p.1186-1196, 2013.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/jobm.201200458>.

SANTOS-SILVA, L.; VICENTE, R. E.; FEITOSA, R. M. Ant species (Hymenoptera, Formicidae) of forest fragments and urban areas in a Meridional Amazonian landscape. **Check List**, v. 12, n. 3, p. 1-7, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15560/12.3.1885>.

SANTOS, J. R. L. *et al.* Mirmecofauna (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) associada ao plantio de *Tectona grandis* Lf. **Biodiversidade**, v. 19, n. 1, 2020.

SANTOS, V. P. S.; CARDOSO, J. S. Diversidade de formigas edáficas (Hymenoptera: Formicidae) como bioindicador ambiental em área de Caatinga. **Revista FG Ciência**, v.4, n.1, p.176-184, 2019.

SCHMERA, D.; PODANI, J. Comments on separating components of beta diversity. **Community Ecology**, v. 12, p. 153–160, 2011.

SILVA, D. L. S.; OLIVEIRA, R. F.; CONCEIÇÃO, G. M. Formigas associadas à *Cyathea delgadii* sternb.(cyatheaceae) em um fragmento de cerrado maranhense, Nordeste, Brasil. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 9, n. 1, p. 34-36, 2019.

SILVESTRE, R.; BRANDÃO, C. R. F.; SILVA, R. R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del *Cerrado*. In: FERNÁNDES, F. (ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, 2003. p. 113-148.

- SILVESTRE, R.; DA SILVA, R. R. Guildas de formigas da Estação Ecológica Jataí, Luiz Antônio-SP-sugestões para aplicação do modelo de guildas como bio-indicadores ambientais. **Biotemas**, v. 14, n. 1, p. 37-69, 2001.
- SOBRINHO, T. G. *et al.* Does fragmentation alter species composition in ant communities (Hymenoptera: Formicidae)? **Sociobiology** . v. 42, p. 1-12, 2003.
- STOFER, S. *et al.* Species richness of lichen functional groups in relation to land use intensity. **The Lichenologist**, v. 38, n. 4, p. 331-353, 2006.
- SUGUITURU, S. S. *et al.* **Formigas do Alto Tietê**. Bauru, SP: Canal 6, 2015.
- SWANSON, A. C. *et al.* Welcome to the Atta world: A framework for understanding the effects of leaf cutter ants on ecosystem functions. **Functional Ecology**, v. 33, p. 8, p. 1386-1399, 2019.
- TAMBURINI, G. *et al.* Soil management shapes ecosystem service provision and trade-offs in agricultural landscapes. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 283, n. 1837, p. 1-9, 2016. DOI: .
<http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.1369>
- TOLEDO, M. A. D. *et al.* Two castes sizes of leafcutter ants in task partitioning in foraging activity. **Ciência Rural**, v. 46, n. 11, 1902-1908, 2016.
- VALE JÚNIOR, J. F. *et al.* Composição da assembleia de formigas em área de savana no norte da Amazônia. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 11, n. 2, p. 153-162, 2017.
- VASCONCELOS, H. L. *et al.* Long-term effects of forest fragmentation on Amazonian ant communities. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 33, p. 1348-1356, 2006.
- VICENTE, R. E.; PRADO, L. P.; IZZO, T. J. Amazon rainforest ant-fauna of Parque Estadual do Cristalino: understory and grounddwelling Ants. **Sociobiology**, v. 63, p. 3, p. 894-908, 2016. DOI: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i3.1043>.
- VILLÉGER, S.; NOVACK-GOTTSHALL, P. M.; MOUILLOT, D. The multidimensionality of the niche reveals functional diversity changes in benthic marine biotas across geological time. **Ecology Letters**, v. 14, n. 6, p. 561-568, 2011.

WANG, Y. *et al.* Nestedness for different reasons: the distributions of birds, lizards and small mammals on islands of an inundated lake. **Diversity and Distributions**, v. 16, p. 862-873, 2010.

WARD, P. S. Subfamilia Pseudomyrmecinae. In: Fernández, F. (Ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Bogotá, Colombia, **Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt**, p. 331-333, 2003.

WEIHER, E. *et al.* Advances, challenges and a developing synthesis of ecological community assembly theory. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 366, n. 1576, p. 2403-2413, 2011.

ZANIN, M.; ALBERNAZ, A. L. M. Impacts of climate change on native landcover: seeking future climatic refuges. **PLoS ONE**, v. 11, n. 9, 2016.

ZINCK, L. *et al.* The role of breeding system on ant ecological dominance: genetic analysis of *Ectatomma tuberculatum*. **Behavioral Ecology**, v.18, n.4, p.701-708, 2007.

Capítulo 10:

SAZONALIDADE E COBERTURA DO SOLO AFETAM A DISTRIBUIÇÃO DE *DINOPONERA GIGANTEA* PERTY, 1833 NO BIOMA CERRADO?

Charlyan de Sousa Lima¹
Lucas Gabriel Pereira Viana²
Edison Fernandes da Silva³
Eduardo Périgo⁴

¹ Doutorando em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. Professor da Rede Pública Estadual do Maranhão e Rede Municipal de Chapadinha-MA.

² Graduando em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

³ Professor adjunto do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

⁴ Professor titular do Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES.

*Autor correspondente: E-mail: charlyansl@yahoo.com.br

Publicado na Revista Querubim

LIMA, C. S. *et al.* Classificação da macrofauna edáfica com base na funcionalidade dos principais grupos taxonômicos. **Revista Querubim (Online)**, ano 16, v. 06, n. 42, p. 20-26, 2020.

Resumo

Objetivou-se investigar se a sazonalidade e a qualidade ambiental dos sistemas de uso do solo afetam a distribuição espacial de *D. gigantea* no bioma Cerrado. A pesquisa foi realizada em cinco áreas do Cerrado: Cerradão (CER), Mata dos Cocais (MDC), Corte e Queima (CEQ), Eucalipto (EUC) e Pastagem (PAS) em Chapadinha, Brasil. Foram encontrados 45 indivíduos de *D. gigantea*, sendo 30 no período chuvoso (PC), e 15 no período seco (PS). Observou-se a ocorrência da espécie *D. gigantea* somente na MDC e no CER. Observou-se que a espécie *D. gigantea* foi mais frequente no PC do que no PS. Na MDC a *D. gigantea* não teve variação entre PC e PS, enquanto que CER essa espécie apresentou maior número de indivíduos no PC. Conclui-se que *D. gigantea* é encontrada exclusivamente em ambientes de características naturais, tais como Mata dos Cocais e Cerradão, tornando-se uma espécie bioindicadora da qualidade ambiental no bioma Cerrado.

Palavras chave: conservação, ecologia, formiga.

Abstract

The objective was to investigate whether seasonality and the environmental quality of use systems soil affect the spatial distribution of *D. gigantea* in the Cerrado biome. The research was carried out in five areas of the Cerrado: Cerradão (CER), Mata dos Cocais (MDC), Cut and Burn (CAB), Eucalyptus (EUC) and Pasture (PAS) in Chapadinha, Brazil. In the two sampled periods, 45 individuals of *D. gigantea* were found, 30 in the rainy season (RS), and 15 in the dry season (DS). The occurrence of the species *D. gigantea* was observed only in the MDC and in the CED. It was observed that the species *D. gigantea* was more frequent in the PC than in the PS. In MDC, *D. gigantea* had no variation between PC and PS, whereas CER, this species showed a greater number of individuals in PC. It is concluded that *D. gigantea* is found exclusively in environments with natural characteristics, such as Mata dos Cocais and Cerradão, becoming a bioindicator species of environmental quality in the Cerrado biome.

Keywords: conservation, ecology, ant.

Introdução

Os formicídeos são organismos que participam diretamente da composição dos ecossistemas terrestres, atuando na restauração dos biomas degradados. Nesse sentido, podem ser considerados bioindicadores de qualidade e/ou degradação ambiental nos sistemas de uso do solo. Além de ser considerado um grupo altamente diverso em espécie, que reuni peculiaridades no processo de conservação do solo.

A espécie *Dinoponera gigantea* Perty, 1833, revela similaridade entre as demais espécies, principalmente no que se refere aos padrões de forrageio que tem uma relação direta com a distribuição espacial em ambientes específicos. Tanto a *D. gigantea* como a *D. quadriceps*, *D. australis* e *D. longipes* apresentam perfil de busca por alimento de forma solitário, sem recrutamento de indivíduos de seu ninho (FOURCASSIE et al., 2002; AZEVEDO et al., 2014; TILLBERG et al., 2014).

A *Dinoponera gigantea* tem hábito alimentar onívoro, podendo sua dieta ser constituída por animais invertebrados vivos ou mortos (MEDEIROS et al., 2014; TILLBERG et al., 2014). Quanto ao deslocamento para captura de alimento, essa espécie inicia seu forrageio assim que sai do ninho, preferencialmente no início do dia, quando a temperatura é mais inferior em relação aos demais horários (FOURCASSIÉ et al., 1999). Essa espécie também utiliza pista de orientação e trilhas químicas que auxiliam na identificação de pontos que se tornam referência para obtenção de alimento (FOURCASSIE et al., 2002).

As formigas da espécie *Dinoponera gigantea* são endêmicas da América do Sul e apresentam ampla distribuição no Brasil podendo estar relacionada às suas estratégias de nidificação. Provavelmente sua ocorrência no Cerrado, se explica por ser um bioma rico em formação vegetacional, constituído de arbustos com caules retorcidos, sendo revestidos com cascas de espessura densa, e possuir uma elevada biodiversidade da fauna e flora que poderá influir na permanência da *D. gigantea* nesse bioma (RIBEIRO et al., 2008; LIMA et al., 2019).

Assim, este trabalho teve como objetivo investigar se a sazonalidade e a cobertura do solo afetam a distribuição espacial de *D. gigantea* no bioma Cerrado.

Materiais e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida em Chapadinha (3°44'31" S e 43°21'36" W), Estado do Maranhão, Brasil. Climaticamente o município é caracterizado, segundo a classificação de Köppen, 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 entre julho a dezembro (IBGE, 2016).

As áreas selecionadas para o desenvolvimento da pesquisa foram: Cerradão (formação vegetacional florestada) e Mata dos Cocais (ecótono), e as demais consistem em ambientes de perturbações antrópicas, Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem.

Características das áreas de coleta da *Dinoponera Gigantea*, Perty, 1833 no município de Chapadinha, estado do Maranhão, Brasil:

- **Cerradão** (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** (03S 43' 08,7" S e 43N 23' 06,9"): Vegetação constituída principalmente por palmeira babaçu *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng (1826);
- **Corte e Queima** (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 periódicas;
- **Eucalipto** (03S 44'02,2" S e 43N 17'23,4"): Representado por área plantada com a cultura do eucalipto (*Eucalyptus sp.*);
- **Pastagem** (03S 51'06,5" e 43N 19'06,3"): Área dominada por vegetação herbácea espécie *Andropogon gayanus* Kunth (1833) usada para pecuária semi intensiva.

Cada área era constituída por dimensão 240 x 160 m, onde foram posicionadas três transectos de 80 m, equidistantes a 80 m. Realizou-se as coletas em todas áreas, tanto no período chuvoso (mês de abril) como no período seco (mês de outubro), onde foram distribuídas em cada transecto cinco armadilhas pitfall com distância de 20 m entre si, totalizando 15 armadilhas em cada área de coleta.

As armadilhas permaneceram no campo por um período de sete dias. Após as coletas, procedeu-se a triagem dos formicídeos, e a identificação da espécie *D. gigantea* de acordo com Jiménez et al. (2008) e Baccaro et al. (2015).

Resultados e Discussão

Foram encontrados, nos dois períodos amostrados, 45 indivíduos de *Dinoponera gigantea* (Tabela 1), sendo 30 no período chuvoso, e 15 no período seco. Tal resultado corrobora com Torchote et al. (2010) quando afirma que no período de estiagem a diversidade de formiga sempre é menor do que no período chuvoso. De modo que esse comportamento tem estreita relação com o forrageamento, pois no período seco geralmente ocorre mudança na estrutura da vegetação e da serapilheira que conseqüentemente afetam a composição de formicídeos, o que pode levar a redução do forrageamento. Segundo Dornhaus et al. (2010), a diminuição no forrageamento está condicionado ao custo de energia empregado pelas formigas ao realizar essa atividade.

Tabela 1: Ocorrência de *Dinoponera gigantea* Perty, 1833 em cinco ambientes (Cerradão; Mata dos Cocais; Corte e Queima; Eucalipto; Pastagem) do bioma Cerrado à nordeste do Estado do Maranhão.

AMBIENTE	Chuvoso		Seco		Total	
	n	%	N	%	N	%
Cerradão	17	77,3	5	22,7	22	48,9
Mata dos Cocais	13	56,5	10	43,5	23	51,1

Corte e Queima	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Eucalipto	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Pastagem	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total					45	100

n: número; %: frequência

Fourcassié et al. (2002) observaram que para *D. gigantea* as atividades de seu forrageio são mais baixas principalmente quando ocorre a elevação da temperatura durante o dia, sendo a temperatura um elemento que influencia consideravelmente o ritmo de atividade das colônias dessa espécie.

A sazonalidade influencia na disponibilidade de recursos no Cerrado, podendo por exemplo, afetar as relações ecológicas e estruturais das comunidades de formigas, assim como foi percebido por Santos et al. (2014) no bioma Caatinga.

A espécie *D. gigantea* (Figura 1) somente na Mata dos Cocais e no Cerradão (Tabela 1), supõe-se que tais ambientes apresentam qualidade ambiental por oferecer condições exclusivas de sobrevivência para a espécie.



Figura 1: Exemplar de *Dinoponera gigantea* Perty, 1833 identificada em área de coleta.

A Mata dos Cocais, por exemplo, é constituída por uma cobertura vegetal com características de florestas úmidas da região norte e de áreas semiáridas do

nordeste brasileiro, sendo nesse sentido, considerada um ecótono por se tratar de uma área de transição de bioma como Caatinga, Cerrado e Floresta Amazônica (ALMEIDA et al., 2014). A palmeira de babaçu *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng, 1826 é a principal espécie encontrada na Mata dos Cocais, podendo atingir cerca de 10 a 30 metros de altura, mantendo suas folhas em posição retilínea (LIMA et al., 2019). Contudo existem outras espécies de palmeiras que se destacam, a embaúba (*Cecropia* spp), a bacaba (*Oenocarpus* spp) e a juçara (*Euterpe oleracea* Mart.) (RIOS, 2001), tornando esse ambiente altamente rico em estrutura vegetacional e em serapilheira, que favorece a presença da *D. gigantea* nesse habitat, onde as condições de forrageamento são relevantes para manutenção e proliferação da espécie.

O Cerradão é uma floresta mesófila esclerófila, formado por sub-bosque que reuni ervas, pequenos arbustos e algumas gramíneas. Se assemelha ao Cerrado Restrito com a presença de vegetação característica, além de apresentar espécies florestais, típicas de mata de galeria não inundável e mata seca semidecídua (CARVALHO et al., 2016). Possivelmente a *D. gigantea* é frequente no Cerradão devido ao alto teor de matéria orgânica sob o solo (COSTA et al., 2016), e a elevada deposição de serapilheira que contribui com o aumento da disponibilidade de nutrientes para que a espécie realize constantemente o seu forrageio.

Em relação à sazonalidade, *D. gigantea* no Cerradão e Mata dos Cocais apresentaram maior número de indivíduos no período chuvoso (Tabela 1), devido provavelmente aos valores de umidade que foram mais elevados, contribuindo para maior deposição de serapilheira e matéria orgânica na superfície do solo. Costa et al. (2018) observaram que a matéria orgânica elevou a capacidade de infiltração de água no solo e que as altas taxas de umidade do solo, influenciada pela precipitação, favoreceram o maior armazenamento de água no solo do Cerradão, melhorando as condições físicas de seus horizontes superfícies, e da própria estrutura vegetacional. Desse modo, a precipitação tem uma relação positiva tanto no Cerradão como na Mata dos Cocais para a espécie *D. gigantea*, condicionando o aumento de indivíduos que contribuirá com qualidade do uso do solo.

Nos demais ambientes, Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem não foi verificado a presença da *D. gigantea* (Tabela 1), possivelmente por se tratar de

ambientes com interferência antrópica, em que suas condições naturais foram alteradas, tornando-se áreas degradadas.

A ausência da *D. gigantea* na agricultura Corte e Queima (Tabela 1) ocorre provavelmente devido a degradação do solo que afeta consideravelmente as suas propriedades químicas e físicas, imobilizando o desenvolvimento natural da vegetação e da estrutura do solo, reduzindo o estoque de carbono e de outros nutrientes (THOMAZ et al., 2013). Embora após o plantio das culturas nesse ambiente se origine vegetação, ainda é insuficiente para suprir as exigências nutricionais da *D. gigantea*, pois segundo Raharimalala et al. (2010) e Gay-des-Combes et al. (2017) os períodos de pousio na agricultura corte e queima são muito curtos para favorecer a recuperação do estado nutricional do solo e acelerar a produtividade vegetal.

Segundo Yang et al. (2017) as florestas de Eucalipto apresentam dossel florestal menor e lacunas maiores entre uma planta e outra, principalmente quando comparadas a outras florestas tanto de plantio como naturais. Esse perfil vegetacional resultou na ausência da *D. gigantea* (Tabela 1), indicando que essa espécie tem preferência por áreas sombreadas, com menor impacto de luz solar e menor amplitude térmica do solo.

Os processos que ocorrem constantemente no solo dependem também da ação de organismos invertebrados, como a *D. gigantea* que necessita dos recursos vegetais e da serapilheira, que são consideravelmente mais abundantes em áreas florestais (CASTILLO et al. 2018).

Nielsen et al. (2011) afirmaram que a macrofauna edáfica é mais abundante nas florestas do que nas pastagens. Até porque segundo Pereira et al. (2018) as pastagens são geralmente áreas degradadas em que o sistema de uso do solo não conseguiu se recuperar completamente, condicionando a perda dos serviços ecossistêmicos realizados pelos invertebrados edáficos, a exemplo dos formicídeos. Sendo assim, explica-se a razão da *D. gigantea* não ter sido encontrada nesse ambiente, o que se pressupõe que é uma espécie altamente seletiva que necessita de condições favoráveis de proliferação e manutenção de seu ninho.

Conclusão

Dinoponera gigantea é encontrada exclusivamente em ambientes de características naturais, tais como Mata dos Cocais e Cerradão, podendo ser considerada uma espécie bioindicadora da qualidade ambiental no bioma Cerrado.

Agradecimentos:

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil, pela bolsa de doutorado.

Referências

ALMEIDA, C. S. C.; SANTOS, A. P. S. A. Indução da resposta antitumoral com células tomorais pré- tratadas com mesocarpo de Babaçu. **Cadernos de Pesquisa**, São Luís, v. 21, n. especial, jul. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.18764/2178-2229.v21.n.especial.p.30-39>.

AZEVEDO, D. L. O.; MEDEIROS, J. C.; ARAÚJO, A. Adjustments in the time, distance and direction of foraging in *Dinoponera quadriceps* workers. **Journal of Insect Behavior**, New York, v. 27, p. 177-191, 2014.

BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNANDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. L. P.; SOLAR, R. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus: Editora INPA, 2015, 388 p.

CASTILLOA, P. R.; MARIANA, L.; MARIANA, F.; GÜNTERC, S.; ESPINOSAB, C. I.; MARAUNA, M.; SCHEU, S. Response of oribatid mites to reforestation of degraded tropical montane pastureland. **European Journal of Soil Biology**, v. 84, p. 35-41, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2017.09.009>

CARVALHO, M. A. F.; BITTAR, P. A.; SOUZA, P. B.; FERREIRA, R. Q. S. Florística, fitossociologia e estrutura diamétrica de um remanescente florestal no município de Gurupi, Tocantins. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, p. 59-66, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v11i4.3797>

COSTA, T. G. A.; IWATA, B. F.; COELHO, J. V.; ROCHA, I. L.; SANTOS, J. G. P.; LEOPOLDO, N. C. M.; ALVES, M. F.; MACIEL, A. C. R.; CLEMENTINO, G. E. S. Atributos de qualidade do solo sob fitofisionomias de cerrado sensu stricto e cerrado no Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 10, p. 625-642, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.21438/rbgas.051016>

DORNHAUS, A.; POWELL, S. 2010. Foraging and defence strategies. *In.*: Lach L, Parr C, Abbott K. *Ant Ecology*, Oxford University Press.

FOURCASSIÉ, V.; OLIVEIRA, P.S. Foraging ecology of the giant Amazonian ant *Dinoponera gigantea* (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae): activity schedule, diet and spatial foraging patterns. **Journal of Natural History**, New York, v. 36, p. 2211-2227, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00222930110097149>

GAY-DES-COMBESA, J. M.; ROBROEKA, B. J. M.; HERVÉC, D.; GUILLAUMEA, T.; PISTOCCHID, C.; MILLSA, R. T. E.; BUTTLERA, A. Slash-and-burn agriculture and tropical cyclone activity in Madagascar: Implication for soil fertility dynamics and corn performance. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 239, p. 207-218, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.010>

IBGE. Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS. **Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2015**.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Brasília, 2016.

JIMÉNEZ, E.; FERNÁNDEZ, F.; ARIAS, T.M. Y.; LOZANO-ZAMBRANO, F. H. 2007. **Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia**. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia, 622 p.

LIMA, C. S.; PÉRICO, E.; SILVA, E. F.; DALZUCHIO, M. S. Bioma cerrado: características principais e as fitofisionomias de formação florestal, savânica e campestre. **Revista Querubim**, ano 15, p. 39- 47, 2019.

MEDEIROS, J. C.; ARAÚJO, A. Workers' extra-nest behavioral changes during colony fission in *Dinoponera quadriceps* (Santschi). **Neotropical Entomology**, New York, v. 43, p. 115–121, 2014. DOI: [10.1007/s13744-013-0193-6](https://doi.org/10.1007/s13744-013-0193-6)

NIELSEN, U. N.; AYRES, E.; WALL, D. H.; BARDGETT, R. D. Soil biodiversity and carbon cycling: a review and synthesis of studies examining diversity-function relationships, **European Journal of Soil Science**. v. 62, p. 105-116, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2010.01314.x>

RAHARIMALALA, O.; BUTTLER, A.; RAMOHAVELO, C.D.; RAZANAKA, S.; SORG, J.-P.; GOBAT, J.-M., 2010. Soil-vegetation patterns in secondary slash and burn successions in Central Menabe, Madagascar. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 139, p. 150-158, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2010.07.013>

RIBEIRO, J. F., WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2008. p. 151-212.

RIOS, L. **Estudos de Geografia do Maranhão**. São Luís: Gráphis Editora, 2001.

SANTOS, G. M. M.; DÁTTILO, W.; PRESLEY, S. J. The seasonal dynamic of ant-flower networks in a semi-arid tropical environment. **Ecological Entomology**, v. 39, p. 674-683, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/een.12138>

THOMAZ, E. L. Slash-and-burn agriculture: Establishing scenarios of runoff and soil loss for a five-year cycle. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 168, p. 1-6, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.01.008>

TILLBERG C. V.; EDMONDS, B.; FREAUFF, A.; HANISCH, P. E.; PARIS, C.; SMITH, C. R.; TSUTSUI, N. D.; WILLS, B. D.; WITTMAN, S. E.; SUAREZ A. V. Foraging ecology of the tropical giant hunting ant *Dinoponera australis* (Hymenoptera: Formicidae) – evaluating mechanisms for high abundance. **Biotropica**, San Francisco, v. 46, p. 229-237, 2014. DOI: 10.1111/btp.12097

TORCHOTE, P.; SITTHICHAROENCHAI, D.; CHAISUEKUL, C. Ant species diversity and community composition in three different habitats: mixed deciduous forest, teak plantation and fruit orchard. **Tropical Natural History**, v. 10, p. 37-51, 2010.

YANG, X.; LI, D.; MCGROUTHER, K.; LONG, W.; LI, Y.; CHEN, Y.; LV, X.; NIAZI, N. K.; SONG, Z.; WANG, H. Effect of *Eucalyptus* forests on understory vegetation and

soil quality. **Journal of Soils and Sediments**, v. 17, p. 2383–2389, 2017. DOI:
<http://dx.doi.org/10.1007/s11368-016-1431-4>

Capítulo 11

Síntese e recomendações

O objetivo principal desta tese foi caracterizar a macrofauna edáfica e a mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) em relação aos sistemas de uso e cobertura do solo para entender como a modificação antropogênica no bioma Cerrado/ambientes neotropicais (florestas neotropicais) influencia a composição, abundância, riqueza, diversidade e a funcionalidade dos invertebrados do solo, subsidiando sua utilização como possíveis indicadores ambientais. Em suma, os capítulos demonstram que esses invertebrados podem ser utilizados para prever a condição ambiental dos habitats na região do bioma Cerrado. Nesse sentido, podem ser considerados como uma fonte de apoio às decisões e estratégias que visam à recuperação de áreas degradadas, sendo pautado em procedimentos metodológicos padronizados e menos onerosos, em que seus resultados são rápidos e confiáveis (ROUSSEAU et al., 2013; ROCHA et al., 2015; KORBOULEWSKY et al., 2016; SARDO; LIMA, 2019; KITAMURA et al., 2020; SWEETMAN et al., 2020).

Este último capítulo apresenta uma interação dos principais resultados e conclusões da pesquisa, além de fornecer recomendações para futuros estudos visando responder as lacunas existentes de como comunidades de invertebrados edáficos podem responder as alterações nos ecossistemas terrestres.

Discussão geral e principais conclusões

A interferência antrópica nos habitats atreladas às mudanças dos processos ecológicos naturais e ao surgimento de novas combinações de espécies pode ser indicativo da perda e redução da biodiversidade dos ecossistemas neotropicais (ŠAVRAK; REMM; LÖHMUS, 2019; BRANDL et al., 2020). Os resultados desta tese corroboram com estudos que evidenciam que tanto a composição e a estrutura da macrofauna e mirmecofauna são afetadas em ambientes que sofreram ação antropogênica (ANGULO et al., 2016; GUTPERLET et al., 2017; LEMES et al., 2017; ALI et al., 2019; DIMITRIOU et al., 2020)

Os principais resultados das pesquisas de campo/experimentais sobre a macrofauna edáfica e mirmecofauna estão destacados nos seguintes itens:

(I) *Macrofauna edáfica (capítulos 6 e 7)* – Na composição taxonômica: (a) o táxon Formicidae foi o mais abundante; o período chuvoso é mais expressivo em número de grupos taxonômicos e de indivíduos; (b) a riqueza de organismos edáficos não variou entre os ambientes porém ocorreu variação na abundância; (Capítulo 6). Na composição funcional: (c) os predadores apresentaram maior número de táxons, e cada grupo funcional um táxon predominante; (d) os engenheiros dos ecossistemas são mais abundantes no período seco e nos ambientes Eucalipto e Pastagem em relação ao Cerradão; (e) os invertebrados onívoros são mais abundantes no período chuvoso, e nos ambientes de Eucalipto e Pastagem em relação ao Cerradão, Mata dos Cocais, Corte e Queima; (f) os fitófagos foram menos abundantes na Pastagem que no Eucalipto; (g) as categorias funcionais fitófagos, saprófagos, predadores são mais abundantes no período chuvoso (Capítulo 7).

(II) *Mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) (capítulos 8 a 10)*: os resultados demonstraram que: (a) o gênero *Solenopsis* é o mais abundante; (b) o ambiente de Pastagem tem maior abundância de formicídeos em relação aos demais ambientes; (c) o período de transição é o que apresenta mais diferenças significativas em relação aos outros períodos sazonais; (d) os gêneros *Brachymyrmex*, *Crematogaster* e *Pheidole* são indicadores de estiagem, *Megalomyrmex* e *Pheidole* indicaram período de transição, e *Crematogaster* indicou período chuvoso; (e) os gêneros *Camponotus*, *Ectatomma*, *Dinoponera*, *Mayaponera*, *Myrmelachista* e *Odontomachus* são indicadores de ambientes naturais (Cerradão e Mata dos Cocais); (f) *Megalomyrmex* e *Dorymyrmex* são indicadores de Pastagem (Capítulo 8). **Quanto à composição funcional:** (g) Predadores generalistas ocorreram em maior número de gêneros; (h) Cortadeiras de Folhas podem ser encontradas em áreas naturais e antropizadas durante os períodos seco e chuvoso; (i) Dolichoderineas Pequenas de Recrutamento Massivo são indicadoras da Pastagem; (j) Especialistas Mínimas de Vegetação tem ocorrência em todos os ambientes os períodos sazonais; (k) Formigas arbóreas de alimentação de pólen são indicadoras do Cerradão; (l) Formigas Legionárias são encontradas no Eucalipto e na Mata dos

Cocais nos três períodos sazonais; (m) Forrageiras Generalistas ocorrem em ambientes naturais e antrópicos, e nos três períodos de coleta; (n) Mirmicíneas Agressivas ocorrem durante os períodos seco e chuvoso, nos cinco ambientes de coleta; (o) Mirmicíneas Generalistas foram encontradas em todos os ambientes representada pelo gênero *Pheidole*; (p) formigas Patrulheiras são indicadoras do Cerradão e do Corte e Queima; (q) para a beta diversidade os maiores valores foram de substituição entre os ambientes, nos diferentes períodos sazonais (Capítulo 9); (r) a espécie *Dinoponera gigantea* foi indicadora de integridade ambiental (Capítulo 10).

Os resultados demonstraram uma redução da riqueza e abundância de comunidades de invertebrados/formicídeos em áreas de perturbação antrópica. Esses distúrbios antropogênicos podem modificar a composição taxonômica dos invertebrados edáficos que implica no desequilíbrio nas teias alimentares. Em contrapartida, tanto os grupos funcionais da macrofauna edáfica como da mirmecofauna realizam diversas atividades nos ambientes que regulam os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no solo, promovendo equilíbrio ecológico nessas áreas.

Um dado relevante desta tese é a relação da sazonalidade com a composição das comunidades da fauna edáfica e dos formicídeos. Os resultados indicaram que a sazonalidade é um elemento importante num ecossistema e deve ser considerado quando se pretende avaliar a biodiversidade. Dessa forma as informações sazonais podem ser utilizadas para determinar o momento ideal de amostragem para o estudo de grupos específicos (taxonômicos e funcionais) da macrofauna edáfica e mirmecofauna. Além disso, o conhecimento sobre sazonalidade é um fator relevante para avaliar os impactos gerados na fauna nativa, e que pode resultar no deslocamento de invertebrados nativos que fazem parte de mesmo gênero e/ou grupo funcional (ANDREW; HUGHES, 2005; MBAU et al., 2015; HILL et al., 2016; FERREIRA et al., 2019). Assim conhecer os padrões sazonais da macrofauna edáfica e da mirmecofauna são fundamentais para tomar decisões pontuais quanto ao manejo e a recuperação de ecossistemas ameaçados ou degradados.

Desafios e Limitações

Estudos ecológicos da macrofauna edáfica e mirmecofauna no bioma Cerrado são desafiadores, devido à complexidade dos grupos taxonômicos quando associados ao monitoramento de ambientes naturais e antrópicos. Nesse sentido, a partir das informações desta tese evidenciam-se alguns desafios:

(I) De ordem taxonômica: tanto a macrofauna edáfica como a mirmecofauna tem comprovada relevância nos estudos ecológicos, no entanto ainda existe um entrave quanto aos estudos sistemáticos / história natural. A ausência de estudos taxonômicos e chaves taxonômicas para identificação de espécies ainda é muito comum, principalmente ao considerar a regionalidade neotropical, onde esta pesquisa foi desenvolvida.

(II) Quanto aos protocolos de amostragem: poucos experimentos foram conduzidos no Cerrado Nordeste do Brasil, sobre macrofauna/mirmecofauna em diferentes épocas do ano, sendo ausentes protocolos gerais cientificamente testados que atentam a complexidade neotropical da região. Diversos estudos com invertebrados do solo apresentaram limitações quanto amostragem, principalmente nos estudos de biodiversidade (HAMER; HILL, 2004; FROUZ, 2019; LONGINO; BRANSTETTER; WARD; ZHONG et al., 2020). Assim, necessita-se de estudos mais consistentes que visam entender a relação entre macrofauna edáfica/mirmecofauna e ecossistemas terrestres, com intuito de gerar conhecimento sobre a utilização de invertebrados edáficos como indicadores ecológicos, a fim de serem utilizados no monitoramento e avaliação de ambientes.

Prioridades e Recomendações

Esta tese apresenta informações relevantes quanto às respostas da macrofauna edáfica e mirmecofauna em relação aos ambientes naturais e antrópicos, criando caminhos para futuros trabalhos que contribuirão para o uso de invertebrados do solo como indicadores da integridade ambiental. Assim, consideram-se alguns estudos prioritários a serem realizados:

(I) Ampliação das áreas de amostragem: a coleta da macrofauna e mirmecofauna deve ser conduzida em outras paisagens do bioma Cerrado, com intuito de gerar conclusões mais gerais e aplicáveis à especificidade de cada ambiente.

(II) Expansão dos métodos de coleta: em próximos estudos da macrofauna edáfica podem incluir como metodologia adicional armadilhas dos métodos de Tretzel, Provid e TSFB (Tropical Soil Biology and Fertility) (TRETZEL, 1952; ANDERSON; INGRAM, 1993; AQUINO, 2001; ANTONIOLLI et al., 2006). Nos estudos futuros da mirmecofauna é possível utilizar: (a) métodos passivos como armadilhas de solo tipo *pitfall* com solução conservante, outras iscas atrativas (além de sardinha, e pão com mel) e gabarito quadrante; (b) métodos ativos: amostragem direta e intensa; (c) método ativo e passivo: Extrator de Winkler e/ ou Funil de Berlese (BESTELMEYER et al., 2000; BOSCARDIN et al., 2013).

(III) Elaboração de chaves de identificação para espécies da macrofauna e mirmecofauna que ocorrem no bioma Cerrado: tendo em vista a vasta extensão territorial do desse bioma e elevada biodiversidade existente, pode-se firmar parcerias com instituições de ensino e pesquisa, como também agências de fomento para viabilizar estudos e projetos futuros visando a sustentabilidade regional.

Referências

ALI, Q. M. *et al.* Community structure and seasonal distribution of intertidal macrofauna from two rocky shores of karachi coast. **Pakistan Journal of Marine Sciences**, v. 28, n. 2, p. 137-154, 2019.

ANGULO, E. *et al.* Anthropogenic impacts in protected areas: assessing the efficiency of conservation efforts using Mediterranean ant communities. **PeerJ**, v. 4, p. e2773, 2016.

ANDREW, N. R.; HUGHES, L. Diversity and assemblage structure of phytophagous Hemiptera along a latitudinal gradient: predicting the potential impacts of climate

change. **Global Ecology and Biogeography**, v. 14, p. 249-262, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1466-822x.2005.00149.x>

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2ed. Wallingford: CAB International, 1993.

ANTONIOLLI, Z. I. *et al.* Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 4, p. 407-417, 2006.

AQUINO, A. M. **Manual para coleta de macrofauna do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001.

BOSCARDIN, J. *et al.* Métodos de captura para formigas em pré-plantio de *Eucalyptus grandis*. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 3, p. 361-370, 2013.

BRANDL, S. J. *et al.* Extreme environmental conditions reduce coral reef fish biodiversity and productivity. **Nature communications**, v. 11, n. 1, p. 1-14, 2020.

DIMITRIOU, P. D.; CHATZINIKOLAOU, E.; ARVANITIDIS, C. Ecological status assessment based on benthic macrofauna of three Mediterranean ports: Comparisons across seasons, activities and regions. **Marine Pollution Bulletin**, v. 153, p. 110997, 2020.

FERREIRA, C. R. *et al.* 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: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n2p599>

FROUZ, J. Effects of soil macro- and mesofauna on litter decomposition and soil organic matter stabilization. **Geoderma**, v. 332, p. 161-172, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.08.039>

GARDNER, T.A. *et al.* Predicting the uncertain future of tropical forest species in a data vacuum. **Biotropica**, v. 39, p. 25-30, 2007.

GUTPERLET, R. *et al.* Relationships between spatial patterns of macrofauna communities, sediments and hydroacoustic backscatter data in a highly heterogeneous and anthropogenic altered environment. **Journal of Sea Research**, v. 121, p. 33-46, 2017.

HILL, M.J.; WOOD, P.J.; SAYER, C.D. When is the best time to sample aquatic macroinvertebrates in ponds for biodiversity assessment? **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 188-194, 2016.

KITAMURA, A. E. *et al.* Soil macrofauna as bioindicator of the recovery of degraded Cerrado soil. **Ciência Rural**, v. 50, n. 8, 2020.

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>

LEMES, J. R. A. *et al.* Contribution of anthropogenic environments as habitats for soil ants from Deciduous Seasonal Forest in Southern Brazil. **EntomoBrasilis**, v. 10, n. 2, p. 69-75, 2017.

LONGINO, J. T.; BRANSTETTER, M. G.; WARD, P. S. Ant diversity patterns across tropical elevation gradients: effects of sampling method and subcommunity. **Ecosphere**, v. 10, n. 8, 2019.

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>

ROCHA, W. O. *et al.* Formigas (Hymenoptera: Formicidae) Bioindicadoras de degradação ambiental em Poxoréu, Mato Grosso, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v.22, n. 1, p. 88-98, 2015.

ROUSSEAU, L. *et al.* Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. **Ecological Indicators**, v. 27, p. 71-82, 2013.

SARDO, P. M. L.; LIMA, J. S. Edaphic Macrofauna as a Recovery Indicator of Abandoned Areas of *Corymbia citriodora* in the Southeastern Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 4, 2019.

ŠAVRAK, A.-L.; REMM, L.; LÕHMUS, A. Retention trees can benefit biodiversity without significant long-term reduction in stand regeneration in Estonian mixed forests. **European Journal of Forest Research**, v. 138, n. 3, p. 513-525, 2019.

SWEETMAN, A. K. *et al.* Impeded Macrofaunal Colonization and Recovery Following Marine Deposition of Inert and Organically Modified Mine-Tailings. **Frontiers in Marine Science**, v. 7, p. 649, 2020.

TRETZEL, E. Technik und bedeutung des fallenfanges für oekologische untersuchungen. *Zoology Anz.*, Jena, n.155, p. 276-287, 1952.

ZHONG, X.; QIU, B.; LIU, X. Functional diversity patterns of macrofauna in the adjacent waters of the Yangtze River Estuary. **Marine Pollution Bulletin**, v. 154, p. 111032, 2020.

APÊNDICES

Página inicial dos artigos publicados

Publicação referente ao capítulo 02

Revista Querubim – revista eletrônica de trabalhos científicos nas áreas de Letras, Ciências Humanas e Ciências Sociais – Ano 15 Seção Especial - Coletânea – 2019 ISSN 1809-3264

Página 39 de 87

BIOMA CERRADO: CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS E AS FITOFISIONOMIAS DE FORMAÇÃO FLORESTAL, SAVÂNICA E CAMPESTRE

Charlyan de Sousa Lima²²
Eduardo Périco²³
Edison Fernandes da Silva²⁴
Marina Schmidt Dalzochio²⁵

Resumo

Objetivou-se apresentar as principais características do bioma Cerrado e as suas fitofisionomias de formação florestal, savânica e campestre. O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, que apresenta características peculiares quanto ao solo, clima e vegetação. É constituído por 11 fitofisionomias com formações: Florestais, Savânicas e Campestres. Conclui-se que o conhecimento sobre as principais características do bioma Cerrado, no que se refere a abrangência, as condições edafoclimáticas, e a distribuição das fitofisionomias, são essenciais para reconhecer a importância de sua preservação e conservação, além de subsidiar no processo de diferenciação entre os demais biomas brasileiros.

Palavras-chave: clima; solo; vegetação.

Abstract

This study aimed to present the main characteristics of the Cerrado biome and its physiognomy of forest, savanna and campestrial formation. The Cerrado is the second biggest biome in Brazil, which presents peculiar characteristics such as soil, climate and vegetation. Constituted by 11 physiognomy with formations: Forest, Savannas and Campestrial. Concluded that knowledge about the main characteristics of the Cerrado biome, in terms of its range, soil and climatic conditions, and the distribution of physiognomy, are essential to recognize the importance of its preservation and conservation, besides subsidizing the differentiation process among other Brazilian biomes.

Keywords: climate; soil; vegetation.

Introdução

O Bioma é uma subdivisão biológica, formada por comunidade biótica e geográfica, constituída principalmente por características fisionômicas e ecológicas da vegetação. Apresentam clima bem definido, e um conjunto de organismos que interagem entre si, e com os indivíduos que constituem o ambiente, além de interagirem com a vegetação onde estão inseridos (COUTINHO, 2006; SOUZA, 2017).

O Cerrado pode ser compreendido como um agrupamento vegetacional que reuni várias relações fisionômicas e ecológicas (RIBEIRO; WALTER, 2008). Geralmente é constituído por arbustos com troncos retorcidos revestidos por casca com densa espessura. Apresenta vasta diversidade de fauna e flora, com suas peculiaridades.

²² Doutorando em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. Professor da Rede Pública Estadual do Maranhão e Rede Municipal de Chapadinha-MA. E-mail: charlyansl@yahoo.com.br

²³ Professor titular do Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES.

²⁴ Professor adjunto do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

²⁵ Doutora em Biologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Publicação referente ao capítulo 03

Revista Querubim – revista eletrônica de trabalhos científicos nas áreas de Letras, Ciências Humanas e Ciências Sociais – Ano 15 Seção Especial - Coletânea – 2019 ISSN 1809-3264

Página 48 de 87

GRUPOS TAXONÔMICOS DA MACROFAUNA EDÁFICA DOMINANTES EM AMBIENTES NATURAIS E EM AMBIENTES ANTRÓPICOS

Charlyan de Sousa Lima²⁶
Eduardo Périco²⁷
Edison Fernandes da Silva²⁸
Marina Schmidt Dalzochio²⁹

Resumo

Objetivou-se reconhecer a importância de grupos taxonômicos da macrofauna edáfica em ambientes naturais e em ambientes antrópicos. Realizou-se pesquisa bibliográfica em dezembro de 2018, com uso das bases de dados: <<https://www.sciencedirect.com>> e <<https://scholar.google.com.br/>>. Os descritores utilizados na consulta na base de dados foram os termos: soil macrofauna, taxonomic group, natural e anthropic environment. Estudos sobre grupos taxonômicos da macrofauna edáfica em ambientes naturais e ambientes antrópicos são fundamentais para reformular estratégias de conservação ambiental, tornando-se princípio básico para avaliar as interações ecológicas que ocorrem em diversos ecossistemas terrestres, principalmente naqueles que correm o risco de serem afetados pela invasão antrópica.

Palavras-chave: diversidade; invertebrados; solo.

Abstract

This study aimed to recognize the importance of taxonomic groups of edaphic macrofauna in natural environments and in anthropic environments. A bibliographic search was carried out in December 2018, using databases: <<https://www.sciencedirect.com>> and <<https://scholar.google.com.br/>>. The descriptor used in the query in the data base were the terms: soil macrofauna, taxonomic group, natural and anthropic environment. Studies on taxonomic groups of edaphic macrofauna in natural environments and anthropic environments are fundamental to reformulate strategies of environmental conservation, becoming basic principle to evaluate the ecological interactions that occur in diverse terrestrial eco systems, mainly in those that are at risk of being affected by the invasion anthropic.

Keywords: diversity; invertebrates; soil.

Introdução

O solo é considerado um recurso natural constituído por corpos fundidos e sistemas abertos, por onde entram matéria e energia, que são acondicionadas e podem sair de acordo com imposição dos elementos bióticos e abióticos (SANGLADE, 2015). Entre os elementos bióticos, existem vários invertebrados que residem constantemente no solo ou em um período determinado, realizando uma ou mais etapas de seu ciclo de vida, sendo denominados de macrofauna edáfica.

A macrofauna edáfica é formada por minhocas, cupins, formigas, tatuzinhos e diplópodes, além de outros indivíduos. Sua atuação está relacionada com o equilíbrio nos ecossistemas, e com a

²⁶ Doutorando em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. Professor da Rede Pública Estadual do Maranhão e Rede Municipal de Chapadina-MA. E-mail: charlyansl@yahoo.com.br

²⁷ Professor titular do Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES.

²⁸ Professor adjunto do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

²⁹ Doutora em Biologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Publicação referente ao capítulo 04

Revista Querubim – revista eletrônica de trabalhos científicos nas áreas de Letras, Ciências Humanas e Ciências Sociais – Ano 14 Nº36 vol. 01 – 2018 ISSN 1809-3264

Página 90 de 102

CLASSIFICAÇÃO DA MACROFAUNA EDÁFICA COM BASE NA FUNCIONALIDADE DOS PRINCIPAIS GRUPOS TAXONÔMICOS

Charlyan de Sousa Lima⁴⁹

Eduardo Périco⁵⁰

Edison Fernandes da Silva⁵¹

Resumo

Objetivou-se descrever a macrofauna edáfica com base na funcionalidade dos principais grupos taxonômicos. O procedimento técnico utilizado foi de pesquisa bibliográfica. Observou-se que os organismos da macrofauna edáfica podem ser classificados de acordo com os grupos funcionais, alimentando-se de tecidos vivos de plantas, matéria orgânica de origem vegetal e animal, de solo e húmus, de raízes de plantas, organismos vivos e organismos hospedeiros; sendo ainda classificados como engenheiros do ecossistema, transformadores de serapilheira, atuando na fragmentação de resíduos vegetais. Conclui-se que funcionalidade da macrofauna edáfica influencia na identificação de áreas preservadas e/ou antropizadas.

Palavras-chaves: ambiente, hábito alimentar, invertebrados, solo.

Abstract

The objective was to describe the edaphic macrofauna based on functionality of the main taxonomic groups. The technical procedure used was bibliographic research. It was observed that the edaphic macrofauna organisms can be classified according to the functional groups, feeding on living tissues of plants, organic matter of plant and animal origin, soil and humus, plant roots, living organisms and organisms hosts; being still classified as ecosystem engineers, transformers of litter, acting in the fragmentation of vegetal residues. It is concluded that the functionality of the edaphic macrofauna influences the identification of preserved and / or anthropized areas.

Keywords: environment, food habit, invertebrates, soil.

Introdução

A macrofauna edáfica refere-se aos organismos invertebrados que habitam o solo permanentemente ou vivem nele pelo menos em uma de suas fases de desenvolvimento, com comprimento e diâmetro superior a 2mm, sendo visíveis a olho nu, podendo ser representado por mais de 20 grupos taxonômicos (BARETTA, 2011; SILVA, 2012).

Os organismos da macrofauna edáfica por apresentarem hábito escavatório, são capazes de criar estruturas biogênicas (nichos, câmaras e galerias), que alteram as propriedades física do solo, produzem bolotas fecais, que influenciam a estrutura e a fertilidade do solo. Com a formação das galerias, auxiliam na infiltração de água que percorre as camadas do solo, chegando às raízes das plantas. Atuam nos processos de ciclagem e distribuição de nutrientes do solo, fragmentando resíduos vegetais, adicionando partículas orgânicas e minerais, favorecendo a humificação e controlando a população de microrganismos (BARETTA, 2011; SILVA, 2012; MACHADO, 2016).

⁴⁹ Doutorando em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES.

⁵⁰ Professor titular do Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES.

⁵¹ Professor adjunto do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

Publicação referente ao capítulo 05

Revista Querubim – Revista Eletrônica de Trabalhos Científicos nas áreas de Letras, Ciências Humanas e Ciências Sociais – Ano 16 – Coletânea – Junho – 2020 – ISSN: 1809 -3264

Página 45 de 53

ESPÉCIES DE FORMICÍDEOS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM AMBIENTES PRESERVADOS E EM ÁREAS DEGRADADAS

Charlyan de Sousa Lima⁴
Edison Fernandes da Silva⁵
Eduardo Périco⁶

Resumo:

Objetivou-se identificar as espécies de formicídeos que podem ser bioindicadoras de preservação e degradação ambiental. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados Capes Periódicos e Google acadêmico. Observou-se que Myrmicinae foi a subfamília que apresentou maior número de espécies, tanto como bioindicadoras de preservação e degradação. Paraponerinae e Pseudomyrmecinae bioindicaram exclusivamente preservação. Os gêneros mais representativos, quanto a preservação foram: *Crematogaster* e *Camponotus*; e quanto a degradação foram: *Camponotus*, *Tetramorium* e *Monomorium*. Conclui-se que as espécies exclusivamente bioindicadoras de integridade ambiental foram: *Paraponera clavata*, *Pseudomyrmex pupa* e *Pseudomyrmex tenuis*.

Palavras-chave: bioindicador; formiga; paisagem.

Abstract:

This work aimed to identify species of formicids that can be bioindicators of environmental preservation and degradation. A bibliographic search was carried out in the Capes Periódicos and Google Academic databases. Was observed that Myrmicinae was the subfamily that presented the largest number of species, both as bioindicators of preservation and degradation. Paraponerinae and Pseudomyrmecinae exclusively indicated preservation. The most representative genera for preservation were: *Crematogaster* and *Camponotus*; and those that indicated degradation were: *Camponotus*, *Tetramorium* and *Monomorium*. It is concluded that the species exclusively bioindicators of environmental integrity were: *Paraponera clavata*, *Pseudomyrmex pupa* and *Pseudomyrmex tenuis*.

Keywords: bioindicator, formiga, landscape.

Introdução

As formigas manifestam diversas funções nos ecossistemas, atuando como engenheiros ecológicos construindo estruturas biogênicas que viabilizam a infiltração da água no solo e melhoram a ciclagem de nutrientes, de modo que, podem modificar positivamente a dinâmica das paisagens, propiciando ainda a ocupação de outros organismos ao ambiente (HASTINGS et al., 2007; SEGAT et al., 2017).

Algumas espécies de formicídeos são consideradas perturbadoras, como por exemplo *Eciton burcbelli* (Subfamília: Dorylinae) que originando novos nichos em uma comunidade (THOMAS et al., 2014). Outras atuam na dispersão de sementes, como a *Linepithema humile* (Subfamília: Dolichoderinae), que é capaz de eliminar formigas nativas, podendo ser considerada uma praga, devido causar alterações ao ambiente (SUAREZ; HOLWAY; TSUTSUI; 2008).

Desse modo, as formigas podem ser consideradas bioindicadores nos ecossistemas terrestres, por apresentar algumas peculiares, como: diversidade e abundância elevada em diferentes paisagens, acentuada dominância em número e biomassa, além de participar de diversas interações ecológicas

⁴ Doutorando em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade do Vale do Taquari – Univates. Professor da Rede Pública Estadual do Maranhão e Rede Municipal de Chapadinha-MA. Email: charlyansl@y

⁵ Professor adjunto do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

⁶ Professor titular do Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Taquari – Univates. Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, Univates.



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-Secco' e 'MDC-Secco', demonstrou diferenças em relação aos demais ambientes. Concluiu-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 his 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 season. 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 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

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

Edison Fernandes da Silva
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3962858158135882>
<http://orcid.org/0000-0002-2195-0051>
edibocaliua@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



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0001

Referencing this:

LIMA, C. S.; DALZUCHIO, 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>



©2020

*Companhia Brasileira de Produção Científica. All rights reserved.



Composição funcional e sazonalidade da macrofauna edáfica em diferentes usos do solo, Bioma Cerrado, Brasil

A macrofauna edáfica é representada por organismos invertebrados que ocupam o solo e podem ser distribuídos em grupos funcionais que desempenham funções específicas nos ambientes. Este trabalho objetivou-se analisar a composição funcional da macrofauna edáfica e sazonalidade em diferentes usos do solo, do bioma Cerrado. A pesquisa foi realizada em ambientes que reúnem características naturais (Cerradão e Mata dos Cocais) e formações florestais que sofreram perturbações antrópicas (Corte e Queima, Eucalipto e Pastagem), em Chapadinha, Maranhão, Brasil. Os invertebrados edáficos foram coletados no período chuvoso e no período seco, e identificados em nível de ordem e/ou família. Foram coletados 2149 indivíduos da macrofauna edáfica, pertencentes a 16 grupos taxonômicos, distribuídos em cinco grupos funcionais: engenheiros dos ecossistemas, saprófagos, predadores, onívoros e fitófagos; sendo que os predadores reuniram o maior número de táxons. Foi calculada a beta diversidade da macrofauna edáfica particionada em substituição (betasim) e aninhamento (betasne) tanto em ambientes naturais como antrópicos. Observou-se que todos os valores de substituição foram maiores que os valores de aninhamento em todos os ambientes e períodos. O teste da PERMANOVA verificou alterações significativas na composição dos grupos funcionais da macrofauna edáfica para a interação dos fatores: período sazonal e ambiente. Foi observado sobreposição entre ambientes quanto nos eixos 1 e 2 do NMDS envolvendo os cinco grupos funcionais. Conclui-se que os grupos funcionais da macrofauna edáfica (engenheiros dos ecossistemas, saprófagos, predadores, onívoros, fitófagos) desempenham atividades que regulam muitos processos físicos, químico e biológicos que ocorrem no solo do bioma Cerrado, além de promover o seu equilíbrio e o funcionamento habitual.

Palavras-chave: Invertebrados; Funcionalidade; Hábito alimentar; Paisagem.

Functional composition and seasonality of soil macrofauna in different soil uses, Cerrado Biome, Brazil

The edaphic macrofauna is represented by invertebrate organisms that occupy the soil and can be distributed in functional groups that realize specific functions in the environments. The objective of this study was to analyze the functional composition of the edaphic macrofauna and seasonality in different uses of the soil. The research was carried out in environments that combine natural characteristics (Cerradão and Mata dos Cocais) and forest formations that suffered anthropic disturbances (Cut and Burn, Eucalyptus and Pasture), in Chapadinha, Brazil. The edaphic invertebrates were collected in the rainy period and in the dry period, and identified at the level of order and/or family. Was found 2149 individuals from the edaphic macrofauna, belonging to 16 taxonomic groups, distributed in five functional groups: ecosystem engineers, saprophages, predators, omnivores and phytophages; predators gathered the largest number of táxons. Was observed the beta diversity of the edaphic macrofauna partitioned in substitution (betasim) and nesting (betasne) as in natural as anthropic environments. Observed that all substitution values were greater than nesting values in all environments and periods. The PERMANOVA test found significant changes in the composition of the functional groups of the edaphic macrofauna for the interaction of the factors: seasonal period and environment. Superposition was observed between environments and in axes 1 and 2 of the NMDS involving the five functional groups. It is concluded that the functional groups of the edaphic macrofauna (ecosystem engineers, saprophages, predators, omnivores, phytophages) perform activities that regulate many physical, chemical and biological processes that occur in the soil of the Cerrado biome, in addition to promoting their balance and usual operation.

Keywords: Invertebrates; Functionality; Food habit; Landscape.

Topic: Ciências do Solo

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Received: 02/10/2020

Approved: 20/11/2020

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

Marina Schmidt Dalzochio 
Universidade do Vale do Taquari, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8400882066099257>
<http://orcid.org/0000-0001-9241-921X>
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

Eduardo Périco 
Universidade de São Paulo, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4494244221645524>
<http://orcid.org/0000-0002-2926-6246>
perico@univates.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.006.0004

Referencing this:

LIMA, C. S.; DALZUCHIO, M. S.; SILVA, E. F.; PÉRICO, E.. Composição funcional e sazonalidade da macrofauna edáfica em diferentes usos do solo, Bioma Cerrado, Brasil. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n.6, p.33-48, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.006.0004>



© 2020

® Companhia Brasileira de Produção Científica. All rights reserved.

Publicação referente ao capítulo 10

Revista Querubim – revista eletrônica de trabalhos científicos nas áreas de Letras, Ciências Humanas e Ciências Sociais – Ano 16 Nº42 vol. 6 – Ciências – 2020 – ISSN 1809-3264

Página 20 de 103

SAZONALIDADE E COBERTURA DO SOLO AFETAM A DISTRIBUIÇÃO DE *DINOPONERA GIGANTEA* PERTY, 1833 NO BIOMA CERRADO?

Charlyan de Sousa Lima⁶
Lucas Gabriel Pereira Viana⁷
Edison Fernandes da Silva⁸
Eduardo Périco⁹

Resumo

Objetivou-se investigar se a sazonalidade e a qualidade ambiental dos sistemas de uso do solo afetam a distribuição espacial de *D. gigantea* no bioma Cerrado. A pesquisa foi realizada em cinco áreas do Cerrado: Cerradão (CER), Mata dos Cocais (MDC), Corte e Queima (CEQ), Eucalipto (EUC) e Pastagem (PAS) em Chapadinha, Brasil. Foram encontrados 45 indivíduos de *D. gigantea*, sendo 30 no período chuvoso (PC), e 15 no período seco (PS). Observou-se a ocorrência da espécie *D. gigantea* somente na MDC e no CER. Observou-se que a espécie *D. gigantea* foi mais frequente no PC do que no PS. Na MDC a *D. gigantea* não teve variação entre PC e PS, enquanto que CER essa espécie apresentou maior número de indivíduos no PC. Conclui-se que *D. gigantea* é encontrada exclusivamente em ambientes de características naturais, tais como Mata dos Cocais e Cerradão, tornando-se uma espécie bioindicadora da qualidade ambiental no bioma Cerrado.

Palavras chave: conservação, ecologia, formiga.

Abstract

The objective was to investigate whether seasonality and the environmental quality of land use systems affect the spatial distribution of *D. gigantea* in the Cerrado biome. The research was carried out in five areas of the Cerrado: Cerradão (CER), Mata dos Cocais (MDC), Cut and Burn (CEQ), Eucalyptus (EUC) and Pasture (PAS) in Chapadinha, Brazil. 45 individuals of *D. gigantea* were found, 30 in the rainy season (PC), and 15 in the dry season (PS). The occurrence of the species *D. gigantea* was observed only in MDC and CER. It was observed that the species *D. gigantea* was more frequent in PC than in PS. In the MDC, *D. gigantea* had no variation between PC and PS, while CER this species had a higher number of individuals in the PC. It is concluded that *D. gigantea* is found exclusively in environments with natural characteristics, such as Mata dos Cocais and Cerradão, becoming a bioindicator species of environmental quality in the Cerrado biome.

Keywords: conservation, ecology, ant.

⁶ Doutorando em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade do Vale do Taquari – Univates. Professor da Rede Pública Estadual do Maranhão e Rede Municipal de Chapadinha-MA.

⁷ Graduando em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

⁸ Professor adjunto do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

⁹ Professor titular do Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Taquari – Univates.