



UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal

Rafael Fernandes Abreu de Souza

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, ÍNDICES E RELAÇÃO ECOLÓGICA DE
ARTRÓPODES COMO BIOINDICADORES EM PLANTAS DE *Sapindus saponaria* L.
(SAPINDALES: SAPINDACEA) PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA**

Diamantina
2023

Rafael Fernandes Abreu de Souza

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, ÍNDICES E RELAÇÃO ECOLÓGICA DE
ARTRÓPODES COMO BIOINDICADORES EM PLANTAS DE *Sapindus saponaria* L.
(SAPINDALES: SAPINDACEA) PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Biologia Animal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, área de concentração Biodiversidade, para obtenção do título de MESTRE EM BIOLOGIA ANIMAL.

Orientador: Prof. Dr. Germano Leão Demolin Leite
Coorientador: Prof. Dr. Marcus Alvarenga Soares

Catalogação na fonte - Sisbi/UFVJM

R136 Fernandes Abreu de Souza, Rafael
 2023 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, ÍNDICES E RELAÇÃO ECOLÓGICA DE
 ARTRÓPODES COMO BIOINDICADORES EM PLANTAS DE *Sapindus*
saponaria L. (SAPINDALES: SAPINDACEA) PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA
 DEGRADADA [manuscrito] / Rafael Fernandes Abreu de Souza. --
 Diamantina, 2023.
 33 p.

Orientador: Prof. Germano Leão Demolin Leite.
 Coorientador: Prof. Marcus Alvarenga Soares.

Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) -- Universidade
 Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-
 Graduação em Biologia Animal, Diamantina, 2023.

1. Áreas degradadas. 2. Bioindicadores. 3. Biodiversidade.
 4. Distribuição espacial. 5. Índices ecológicos. I. Leão
 Demolin Leite, Germano. II. Alvarenga Soares, Marcus. III.
 Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. IV.
 Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFVJM com os
 dados fornecidos pelo(a) autor(a).
 Este produto é resultado do trabalho conjunto entre o bibliotecário Rodrigo Martins Cruz/CRB6-
 2886
 e a equipe do setor Portal/Diretoria de Comunicação Social da UFVJM

RAFAEL FERNANDES ABREU DE SOUZA

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, ÍNDICES E RELAÇÃO ECOLÓGICA DE
ARTRÓPODES COMO BIOINDICADORES EM PLANTAS DE *Sapindus
saponaria* L. (SAPINDALES: SAPINDACEA) PARA RECUPERAÇÃO DE
ÁREA DEGRADADA**

Dissertação apresentada ao
MESTRADO EM BIOLOGIA ANIMAL,
nível de MESTRADO como parte dos
requisitos para obtenção do título de
MESTRE EM BIOLOGIA ANIMAL

Orientador (a): Prof. Dr. Germano Leão
Demolin Leite

Data da aprovação : 07/07/2023

Prof.Dr. GERMANO LEÃO DEMOLIN LEITE - UFVJM

Prof.Dr. MARCUS ALVARENGA SOARES - UFVJM

Documento assinado digitalmente
 MARCUS ALVARENGA SOARES
Data: 27/07/2023 10:36:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.Dr.^a CONCEIÇÃO APARECIDA DOS SANTOS - UFVJM

Documento assinado digitalmente
 CONCEIÇÃO APARECIDA DOS SANTOS
Data: 27/07/2023 20:08:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
 GERMANO LEAO DEMOLIN LEITE
Data: 24/07/2023 04:46:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

DIAMANTINA

*Dedico aos meus
Familiares e amigos.*

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradeço aos amigos e familiares pelo apoio durante todo processo, de fato colaboraram muito para que essa etapa fosse concluída.

Aos meus avós, Zisca (*In memoriam*), e Nizio que sempre se esforçaram para que eu tivesse contato com ensino de qualidade e que eu crescesse em ambiente saudável, afetivo e acolhedor. Sem dúvidas, são a base da minha formação tanto pessoal quanto profissional. A minha irmã Naiara pelo carinho, proteção e por desejar sempre meu progresso.

A Kelly pelo companheirismo e cumplicidade durante todos esses anos, fundamental para superar os momentos difíceis e para desfrutar os mais felizes.

Agradeço as novas amizades formadas por membros dos programas de Pós-Graduação em Biologia Animal e Produção Vegetal.

Sou muito grato ao orientador Prof. Dr. Germano Leão Demolin Leite e coorientador Prof. Dr. Marcus Alvarenga Soares por acreditarem em mim e por compartilharem suas experiências e ensinamentos.

Aos coordenadores e professores dos programas de Pós-Graduação em Biologia Animal e Produção Vegetal, que contribuíram imensamente com conhecimento e orientações durante todo processo. Assim como professores das instituições UFRGS e UFV que abriram as portas para que eu pudesse fazer parte também de suas aulas.

Agradeço à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo suporte.

Em suma, agradeço a todos que contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Muito obrigado!

“Life is like riding a bicycle. To keep your balance, you must keep
moving”
(ALBERT EINSTEIN)

RESUMO

Sapindus saponaria L. (*Sapindaceae*) é uma espécie pioneira que consegue colonizar áreas com condições pouco favoráveis. Essa espécie é utilizada em programas de recuperação de áreas degradadas, pois possui características reprodutivas eficientes, como uma alta taxa de produção de sementes, que lhes permitem colonizar rapidamente áreas com poucos recursos naturais. Também auxiliam no controle de alguns insetos pragas devido à composição de tripsina e saponina em suas folhas. Além disso, esses componentes químicos têm importância para a produção de produtos farmacêuticos. O objetivo foi avaliar o impacto da distribuição espacial, índices e relações ecológicas de artrópodes nas folhas de *S. saponaria*, a fim de preservar o equilíbrio da biodiversidade. Observou-se distribuição agregada; os números de artrópodes fitófagos foram maiores na face adaxial da folha do que na parte abaxial. Apenas indivíduos de Aleyrodidae (Hemiptera), tiveram maior presença na face abaxial das folhas, em mudas de *S. saponaria*. Abundância, diversidade e riqueza de espécies de inimigos naturais correlacionaram-se positivamente com insetos fitófagos e polinizadores. Por outro lado, o número de minas de *Liriomyza* sp. correlacionou-se negativamente com o de *Pseudomyrmex termitarius* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). Todas essas informações podem ser usadas para auxiliar e orientar programas de manejo integrado de pragas.

Palavras-chave: Áreas degradadas, diversidade, predadores, bioindicadores.

ABSTRACT

Sapindus saponaria L. (Sapindaceae) is a pioneer species that are able to colonize áreas with unfavorable conditions. This species is used in programs for recovery of degraded areas, as it has efficient reproductive characteristics, such as high seed production rate, which allows them to quickly colonize areas with low natural resources. The trees also assist in the pest control of some insects due to the composition of trypsin and saponin on their leaves. In addition, these chemical components have importance to the production of pharmaceutical products. The objective was to evaluate the impact of spatial distribution, indices and ecological relationship of arthropods on *S. saponaria* leaves to preserve the balance of biodiversity. Aggregated distribution of arthropods was observed; the numbers of phytophagous arthropods were higher on the adaxial leaf face than on the abaxial part. Only Aleyrodidae (Hemiptera) had a higher presence on the abaxial leaf face of *S. saponaria* saplings. Abundance, diversity, and species richness of natural enemies correlated positively with phytophagous and pollinators insects. On the other hand, the number of *Liriomyza* sp. mines correlated negatively with *Pseudomyrmex termitarius* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). All this information can assist and guide integrated pest management programs.

Keywords: Degraded areas, diversity, predators, bioindicators

LISTA DE TABELAS

Table 1- Aggregated (Ag.), random (Ra.), or regular (Reg.) distribution (D.) of arthropods on <i>Sapindus saponaria</i> /saplings	29
Table 2 - Number and ecological indices (average $\pm$ SE) of arthropods in the leaf face on <i>Sapindus saponaria</i> (Sapindaceae)/saplings.....	30
Table 3 - Relationships between abundance (Ab.), diversity (D.), and species richness (S.R.) of phytophagous (Phy.) and pollinators insects (Pol.), natural enemies (N.E.), number of Araneidae (Ara.), Dolichopodidae (Dolic.), Salticidae (Salt.), <i>Cycloneda sanguinea</i> (C.sang.), <i>Phenacoccus</i> sp. (Phen.), <i>Polybia</i> sp. (Poly.), <i>Liriomyza</i> sp. mines (Liriomyza.), and <i>Pseudomyrmex. termitarius</i> (P.ter.) on <i>Sapindus saponaria</i> (Sapindaceae) saplings	31
Supplementary material I - Aggregated (Ag.), random (Ra.), or regular (Reg.) distribution (D.) of arthropods on <i>Sapindus saponaria</i> /saplings	32

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	144
ARTIGO CIENTÍFICO.....	16
RESUMO.....	16
ABSTRACT	177
1 INTRODUCTION	188
2 MATERIAL AND METHODS	199
3 RESULTS.....	211
4 DISCUSSION.....	222
6 ACKNOWLEDGMENT	244
REFERENCES	255
CONCLUSÕES GERAIS	33

INTRODUÇÃO GERAL

A falta de planejamento das atividades humanas associada ao uso excessivo dos recursos naturais e áreas destinadas à agricultura, pecuária ou mineração ocasionam degradação de ecossistemas. Fator que se intensifica ao longo do tempo devido ao crescimento econômico e populacional (GARCÍA-ORTH & MARTÍNEZ-RAMOS, 2011). Sendo assim, a adoção de práticas que auxiliam a recuperação dessas áreas é de extrema importância para manutenção e preservação da biodiversidade (AMARAL et al., 2013; REIS et al., 2015).

Sapindus saponaria L. (Sapindales: Sapindaceae) é uma espécie predominantemente encontrada nas regiões tropical e subtropical (FRAZÃO & SOMNER, 2016). Possui porte arbóreo e é popularmente conhecida como fruta de sabão ou saboneteira com vasta distribuição desde a região norte ao sul do Brasil (SOARES et al., 2021). Essa espécie ocorre em florestas pluviais e semidecíduas e tem sido muito utilizada em paisagismo e em modelos de recuperação de áreas degradadas (PAOLI & SANTOS, 1998). Ainda se destaca na fabricação de sabões e cosméticos, usufruídas, em maior escala, pelas indústrias farmacêuticas, por conter em suas raízes, cascas, folhas e frutos uma substância denominada saponina, derivada de metabólitos secundários, compostos orgânicos produzidos que não estão diretamente envolvidos em seus processos metabólicos primários, como crescimento, desenvolvimento e reprodução. A saponina apresenta atividade adstringente, antiulcerativa e antineoplástica (SILVA et al., 2018). Além disso, esse composto químico possui importância no controle de pragas, com composição tóxica para vários insetos, gerando assim ação inseticida (CHAIEB, 2010).

Utilizar espécies florestais nativas como a saboneteira é uma prática que favorece a restauração de áreas degradadas, pois auxiliam na recuperação de ecossistemas que foram exacerbadamente antropizados ou deteriorados com pouca estabilidade, capacidade de retenção de água e nutrientes. (SANTOS et al., 2012). Porém, esse vegetal é atacado por alguns insetos herbívoros, tais como: *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (LIMA, 2012) e *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) (MARSARO JUNIOR et al, 2018). Para entender melhor a interação entre plantas e insetos de modo geral, são necessárias análises de fatores, tais como: distribuição na face foliar, tipo de ataque, índices ecológicos e interações ecológicas (SILVA et al, 2021).

Conhecer a diversidade de espécies e o seu padrão de distribuição espacial é de extrema importância porque com isso, pode-se aplicar técnicas para favorecer o controle de pragas e minimizar os danos causados às plantas. Dentre as formas de distribuição espacial na natureza

temos: distribuição aleatória ou casual, distribuição agregada ou contagiosa e distribuição regular ou uniforme (NICKELE et al., 2010).

Os índices ecológicos são indicadores que servem de ferramenta para o manejo de espécies, já que diz respeito à abundância, diversidade e riqueza das espécies (SILVA et al., 2021). Tais índices servem para determinar o quão homogêneo e equilibrado se distribuem as espécies, o que favorece uma melhor avaliação situacional no panorama encontrado (LIMA NETO et al., 2021). Por meio desses índices será possível observar a prevalência, espécies e hábitos de insetos e aracnídeos e, como se relacionam com a espécie *S. saponaria*.

As questões ecológicas perpassam por uma intensa relação trófica entre comunidades onde ocorrem inúmeras interações entre organismos fundamentais para o funcionamento de um ecossistema. (DEL-CLARO & TOREZAN-SILINGARDI, 2009). Plantas, insetos e aracnídeos apresentam intensa interdependência, que geram relações extremamente especializadas ou mais generalistas (BARÔNIO et al., 2016). De forma harmônica, podemos destacar interações mutualísticas como polinização, dispersão de sementes e mutualismo defensivo (LEAL et al., 2018) e, de forma desarmônica tem-se predatismo, parasitismo e herbivoria (CORREA et al., 2008) que se relacionam amplamente com os insetos e aracnídeos.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi utilizar plantas de *S. saponaria* para estudar interações e relações ecológicas de insetos e aranhas como bioindicadores na recuperação de área degradada em um período de 24 meses.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, W.G., AMARAL, C.S., PEREIRA, I.M., MACHADO, E.L.M. and RABELO, L.D.O., 2013. Dynamics of the shrub and tree vegetation colonizing an area degraded by gold mined in Diamantina, Minas Gerais State. **Ciência Florestal**, vol. 23, no. 4, pp. 713-725. <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/index>
- BARÔNIO, G., PIRES, A.C.V., and AOKI, C., 2012. *Trigona branneri* (Hymenoptera: Apidae) as a collector of honeydew from *Aethalion reticulatum* (Hemiptera: Aethalionidae) on *Bauhinia forficata* (Fabaceae: Caesalpinoideae) in a Brazilian Savanna. **Sociobiology**, vol. 59, no. 2, pp. 407-414. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v59i2.603>
- CHAIÉB, I., 2010. Saponins as insecticides: a review. **Tunisian journal of plant protection**, v. 5, n. 1, p. 39-50,
- CORREA, P.G., PIMENTEL, R.M.M., CORTEZ, J.S.A. and XAVIER, H.S., 2008. Herbivoria e anatomia foliar em plantas tropicais brasileiras. **Ciência e Cultura**. Vol. 60, no. 3, pp. 54-57. http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000967252008000300017&lng=en.
- DEL-CLARO, K and TOREZAN-SILINGARDI, H.M., 2009. Insect-plant interactions: new pathways to a better comprehension of ecological communities in neotropical savannas. **Neotropical Entomology**, vol. 38, no. 2, pp. 159-164. <http://dx.doi.org/10.1590/s1519-566x2009000200001>
- FRAZÃO, A., and SOMNER, G., 2016. Sapindaceae em um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual no município de Engenheiro Paulo de Frontin, RJ, Brasil. **Hoehnea**, vol. 43, no. 3, pp. 437-459. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-11/2016>.
- GARCIA, A., RHODEN, S.A., RUBIN, C.J., NAKAMURA, C.V. and PAMPHILE, J.A., 2012. Diversity of foliar endophytic fungi from the medicinal plant *Sapindus saponaria* L. and their localization by scanning electron microscopy. **Biological Research**, vol. 45, pp. 139-148. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-97602012000200006>
- LEAL, I. R., LOPES, A.V., MACHADO, I.C. and TABARELLI, M., 2018. Interações planta-animal na Caatinga: visão geral e perspectivas futuras. **Ciência e Cultura**, vol. 70, no. 4, pp. 35-40. <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602018000400011>.
- LIMA NETO, E.M., BIONDI, D., PINHEIRO, F.A.P., CONDÉ, T.M., DIAS, L. and GONÇALVES, M.P.M., 2021. Índices ecológicos para a gestão da arborização de ruas de Boa Vista-RR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, vol. 16, no. 1, pp. 21-35. <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v16i1.77163>.
- LIMA, G.P.G., 2012. Purificação, caracterização bioquímica e atividade biológica in vitro contra insetos praga de um novo inibidor de tripsina isolado de sementes de *sapindus saponaria* L. (Sapindaceae). 123 f. **Dissertação (Mestrado)** - Curso de Bioquímica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012. 123pp

MARSARO JÚNIOR, A.L., PANIZZI, A.R. and LUCINI, T., 2018. Biology of a Neotropical Harlequin Stink Bug, *Runibia perspicua* (F.). **Neotropical Entomology**, vol. 47, no. 6, pp. 828-834. <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0572-5>.

NICKELE, M., OLIVEIRA, E.B., REIS FILHO, W., IEDE, E.T. and RIBEIRO, R.D., 2010. Distribuição espacial de formigueiros de *Acromyrmex crassispinus* (Forel) (Hymenoptera: Formicidae) em plantios de *Pinus taeda*. **Neotropical Entomology**, , vol. 39, no. 6, pp. 862-872. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000600003>

SILVA, L.F., SILVA, F.W.S., LEITE, G.L.D., SOARES, M.A., LEMES, P.G. and ZANUNCIO, J.C., 2021. Distribution pattern of arthropods on the leaf surfaces of *Acacia auriculiformis* saplings. **Brazilian Journal of Biology**, vol. 83, no. 8pp <https://doi.org/10.1590/1519-6984.243651>

SILVA, R.S., ALVES, E.U., BRUNO, R.L.A., SANTOS-MOURA, S.S., CRUZ, F.R.S. and URSULINO, M.M., 2018. Superação da dormência de sementes de *Sapindus saponaria* L. **Ciência Florestal**, vol. 28, no. 3, pp. 987. <https://doi.org/10.5902/1980509833376>

SOARES, D.C.O., LIMA, S.F., LIMA, A.P.L. and PAULA, J.A.F., 2021. Uso do biochar e de bioestimulante na produção e qualidade de mudas de *Sapindus saponaria* L. **Ciência Florestal**, vol. 31, no. 1, pp. 106-122. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509828677>

PAOLI, A.A.S. and SANTOS, M.R.O. 1998. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Sapindus saponaria* L. (sapindaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 20, no. 2, pp. 147-153.

ARTIGO CIENTÍFICO

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, ÍNDICES E RELAÇÃO ECOLÓGICA DE ARTRÓPODES EM FOLHAS DE *Sapindus saponaria* (SAPINDACEA)

RESUMO

Sapindus saponaria L. (Sapindaceae) é uma espécie pioneira que consegue colonizar áreas com condições pouco favoráveis. Essa espécie é utilizada em programas de recuperação de áreas degradadas, pois possui características reprodutivas eficientes, como uma alta taxa de produção de sementes, que lhes permitem colonizar rapidamente áreas com poucos recursos naturais. Também auxiliam no controle de alguns insetos pragas devido à composição de tripsina e saponina em suas folhas. Além disso, esses componentes químicos têm importância para a produção de produtos farmacêuticos. O objetivo foi avaliar o impacto da distribuição espacial, índices e relações ecológicas de artrópodes nas folhas de *S. saponaria*, a fim de preservar o equilíbrio da biodiversidade. Observou-se distribuição agregada; os números de artrópodes fitófagos foram maiores na face adaxial da folha do que na parte abaxial. Apenas indivíduos de Aleyrodidae (Hemiptera), tiveram maior presença na face abaxial das folhas, em mudas de *S. saponaria*. Abundância, diversidade e riqueza de espécies de inimigos naturais correlacionaram-se positivamente com insetos fitófagos e polinizadores. Por outro lado, o número de minas de *Liriomyza* sp. correlacionou-se negativamente com o de *Pseudomyrmex termitarius* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). Todas essas informações podem ser usadas para auxiliar e orientar programas de manejo integrado de pragas.

Palavras-chave: Áreas degradadas, diversidade, predadores, bioindicadores.

**SPATIAL DISTRIBUTION, INDICES, AND ECOLOGICAL RELATIONSHIP OF
ARTHROPODS ON *Sapindus saponaria* (SAPINDACEA) LEAVES**

ABSTRACT

Sapindus saponaria L. (Sapindaceae) is a pioneer species that are able to colonize areas with unfavorable conditions. This species is used in programs for the recovery of degraded areas, as it has efficient reproductive characteristics, such as a high seed production rate, which allows them to quickly colonize areas with low natural resources. The trees also assist in the pest control of some insects due to the composition of trypsin and saponin on their leaves. In addition, these chemical components have importance to the production of pharmaceutical products. The objective was to evaluate the impact of spatial distribution, indices and ecological relationship of arthropods on *S. saponaria* leaves to preserve the balance of biodiversity. Aggregated distribution of arthropods was observed; the numbers of phytophagous arthropods were higher on the adaxial leaf face than on the abaxial part. Only Aleyrodidae (Hemiptera) had a higher presence on the abaxial leaf face of *S. saponaria* saplings. Abundance, diversity, and species richness of natural enemies correlated positively with phytophagous and pollinators insects. On the other hand, the number of *Liriomyza* sp. mines correlated negatively with *Pseudomyrmex termitarius* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). All this information can assist and guide integrated pest management programs.

Keywords: Degraded areas, diversity, predators, bioindicators

1 INTRODUCTION

Sapindus saponaria Linnaeus (Sapindaceae) can be found in tropical and subtropical areas (Frazão and Somner, 2016). Trees can reach from eight to nine meters in height. The leaves of *S. saponaria* are compound and alternate, imparipinnate and petiolate. The branches have a whitish color and short hairiness. Its fruits, yellow when ripe, generally ripen between September and October; fruits have single carpels and are multiglobose (Lorenzi, 1992). This species occurs in semi-deciduous rainforests and is used to control pest insect growth due to biochemical compounds on leaves, branches and fruits with an insecticidal effect.

Biomolecules from *S. saponaria*, such as tannins, trypsins and saponins, provide larvicidal action in several species of arthropods (Fernandes et al., 2005). The application of oils, and extracts of plants with insecticidal activities, has been used as an alternative to controlling several insect pests with fast degradation in nature, low toxicity, and slow development of insect resistance (Martins et al., 2022). Over time, excessive use of synthetic insecticides leads to the uncontrolled growth of resistant populations that can happen due to a combination of factors, including the genetics of the insects, continuous exposure to insecticides and the pressure exerted by the use of these products. Therefore, it is important to diversify the insect pest control methods (Cavalcanti et al., 2010).

Sapindus saponaria still stands out in the manufacture of soaps and cosmetics, used on a large scale by the pharmaceutical industries because of the substance called saponin. This secondary metabolite has astringent, anxiolytic and antineoplastic activity (Silva et al., 2018). It also combats cough and throat irritation and helps heal wounds. In addition, the extract taken from the fruit has fungicidal action (Garcia et al., 2012).

The *S. saponaria* has been widely used also in landscaping and models of recovering degraded areas (Paoli and Santos, 1998). It is a pioneer species with characteristics providing advantages in its adaptability, especially in pioneer plantations and areas near the rivers. Considering the plant's location and conditions, it will be most successful in adapting when it is similar to native sources (Santos et al., 2012). The use of native forest species such as *S. saponaria* is a practice that favors the restoration of degraded areas. It helps recover ecosystems that have been excessively anthropized or deteriorated, reduces costs and eliminates the seedling production phase in nurseries (Santos et al., 2012). To better understand the interactions between plants and insects, it is necessary to analyze distribution on the leaf surface, type of attack, ecological indices and ecological interactions (Silva et al., 2021).

The purpose of this research was to study ecological relationships on *S. saponaria*, their indices (abundance, diversity, and species richness) per leaf face (adaxial and abaxial), and arthropod distribution (aggregated, random, or regular), for 24 months, in a degraded area.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1. Experimental site

The work was established in a degraded area of the “Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFGM)” in Montes Claros, Minas Gerais state, Brazil (latitude 16° 51' 38" S, longitude 44° 55' 00" W, altitude 620 m) from (April 2020 to March 2022). The climate of this area, according to the Köppen climate classification, is tropical dry, with annual precipitation between 1000 and 1300 mm, dry winter and average annual temperature ≥ 26 °C. The soil is Neosol Litolic with an Alic horizon (Silva et al., 2020).

2.2. Experimental design

In March 2019, 48 *S. saponaria* seedlings were prepared in a nursery in plastic bags (16 x 24 cm) with reactive natural phosphate mixed with the substrate at a dosage of 160 g. After that, they were planted in the final location in September of the same year. All of them were planted in holes (40 × 40 × 40 cm) when they were 30 cm high, with a 2-meter spacing between them. The soil was corrected with dolomitic limestone, increasing base saturation to 50%, natural phosphate, gypsum, FTE (Fried Trace Elements), potassium chloride and micronutrients equivalent to the need determined in the soil analysis. A total of 20 liters of dehydrated sewage sludge, in a single dose, was placed in each and the biochemical characteristics of this fertilizer have been reported (Silva et al., 2020). The seedlings were irrigated twice a week until the beginning of the rainy season (October). The design was completely randomized with 48 replications (one sapling each) with the adaxial and abaxial leaf surfaces as the treatments.

2.3. Counting the arthropods

All insects and spiders were counted, between 7:00 A.M. and 11:00 A.M., by visual observation, every two weeks on the adaxial and abaxial surfaces of the first 12 leaves expanded, per sapling. These leaves were assessed, randomly, on branches (one leaf per position) in the basal, middle and apical parts of the canopy, vertical axis (0 to 33%, 33 to 66%, and 66 to 100% of total sapling height, respectively) and in the north, south, east and west directions horizontal axis. A total of 12 leaves/sapling/evaluation were observed on 48 *S. saponaria* saplings starting six months after transplantation during 24 months (27,648 total

leaves), covering the entire sapling (vertical and horizontal axis), capturing the highest possible number of arthropods (insects and spiders), especially the rarest ones. The evaluator approached, carefully, firstly assessing the adaxial leaf surface and, if it was not possible to visualize the abaxial one, with a delicate and slow movement, lifting the leaf to visualize it. Insects with greater mobility (e.g., Orthoptera), that flew, on approach, were counted as long as they were recognized (e.g., Order). The arthropods (insects and spiders) were not removed from the saplings during the evaluation.

A few arthropod specimens (up to 3 individuals) per species were collected using an aspirator (two hours per week), at the beginning of the study (between transplantation and first evaluation, six months after), stored in flasks with 70% alcohol, separated into morphospecies, and sent to specialists for identification (see acknowledgments). Any visible arthropod, not yet computed in previous evaluations, was collected, coded and sent to a taxonomist of its group.

2. 4. Statistic of the ecological indices

Each replication is the total of individuals collected on 12 leaves (three heights and four sides of the sapling). The type of arthropod distribution was defined by the Chi-square test using the BioDiversity Professional, version 2 (© 1997) (Krebs, 1998). The ecological indices (abundance, diversity, and species richness) were calculated per group (phytophagous insects, pollinators, and natural enemies) and treatments (adaxial and abaxial surfaces) using the aforementioned program. Abundance and species richness were the total number of individuals and species (Begon et al., 2007), respectively, per sapling. Diversity was calculated using the Hill' formula (1st order): $N1 = \exp(H')$, where H' is the Shannon-Weaver diversity index, calculating the diversity with the actual species number (Hill, 1973).

The data for abundance, diversity and species richness of phytophagous insects, pollinators and natural enemies were subjected to a non-parametric statistical hypothesis, the Wilcoxon signed rank test (p-value < 0.05) (Wilcoxon, 1945) using the Statistics and Genetics Analysis (SAEG) program, version 9.1 (Saeg, 2007) (Supplier: "Universidade Federal de Viçosa", Brazil). The data were subjected to second-degree regression or principal component regression (PCR), when linear (p-value < 0.05) to verify the possible interactions (e.g. protocoooperation) between groups of arthropods (phytophagous insects, pollinators and natural enemies, including spiders).

Simple equations were selected based on the criteria: i) distribution of the data in the figures (linear or quadratic response), ii) the parameters used in these regressions were the most significant ones (p-value < 0.05), iii) p-value < 0.05 and F of the Analysis of Variance of these regressions, and iv) the determination coefficient of these equations (R^2). The PCR model uses

principal component analysis, to obtain the regression based on a covariance matrix. These reduce the dimensions of the regression, excluding those that contribute to collinearity, that is, linear relations between the independent variables (Bair et al., 2006). The parameters used in these equations were all significant (p-value <0.05), according to the selection of the variables by the “Stepwise” method using the statistical program mentioned. The data presented are the significant ones (p-value <0.05) (Tables 1-3) and the others are in the supplementary material I.

3 RESULTS

Aggregated distributions of phytophagous arthropods: *Charidotis* sp., *Stereoma anchoralis* (Lacordaire), and *Walterianela* sp. (Coleoptera: Chrysomelidae), *Liriomyza* sp. (Diptera: Agromyzidae), *Phenacoccus* sp. (Hemiptera: Pseudococcidae), Tettigoniidae (Orthoptera); pollinators: *Trigona spinipes* (Fabricius) (Hymenoptera: Apidae); natural enemies: *Leucauge* sp. (Araneae: Tetragnathidae), Salticidae (Araneae), Dolichopodidae (Diptera), *Brachymyrmex* sp., *Camponotus* sp., *Ectatoma* sp., *Pheidole* sp. and *Pseudomyrmex termitarius* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae), *Polybia* sp. (Hymenoptera: Vespidae), and *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) were observed in *S. saponaria* leaves (Table 1).

The number of phytophagous arthropods: *Cerotoma* sp. (Coleoptera: Chrysomelidae) and *S. anchoralis*, Curculionidae (Coleoptera), *Liriomyza* sp., *Balclutha hebe* (Kirkaldy) (Hemiptera: Cicadellidae), *Quesada gigas* (Olivier) (Hemiptera: Cicadidae), Pentatomidae (Hemiptera), Tettigoniidae, and *Tropidacris collaris* (Stoll) (Orthoptera: Romaleidae), their ecological indices (diversity and species richness); natural enemies: Araneidae (Araneae), *Quemedice* sp. (Araneae: Sparassidae), *Leucauge* sp., *Camponotus* sp., *Ectatoma* sp., *Pheidole* sp., and *Polybia* sp., and their ecological indices (abundance, diversity, and species richness) were higher on adaxial leaf face. On the other hand, Aleyrodidae (Hemiptera) had higher presence on abaxial leaf face compared to adaxial portion on *S. saponaria* saplings (Table 2).

Abundance, diversity, and species richness of natural enemies were correlated positively with phytophagous and pollinators insects. The number of Araneidae correlated positively with Dolichopodidae, Salticidae, *Cycloneda sanguinea* Linnaeus (Coleoptera: Coccinellidae), *Phenacoccus* sp., *Polybia* sp., and *Liriomyza* sp. However, the number of *Liriomyza* sp. mines correlated negatively, with the ant *P. termitarius* (Table 3).

4 DISCUSSION

The aggregated distribution of phytophagous arthropods on *S. saponaria* saplings was similar to other insects, such as *Aethalion reticulatum* Linnaeus (Hemiptera: Aethalionidae) and *Camponotus* sp. on *Bauhinia forficata* Linnaeus (Fabaceae), Acrididae (Orthoptera) in several plants, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) on *Capsicum annuum* Linnaeus (Solanaceae), *Dendroctonus ponderosae* (Hopkins) (Coleoptera: Curculionidae) on pine, and *T. spinipes* on cucurbits (Bashir & Hassanali, 2010; Serra & Campos, 2010; Barônio et al., 2012; Goodsman et al., 2016; Kim et al., 2017). Aggregated distribution can increase the local population density of these arthropods (Goff et al., 2009), thus facilitating the acquisition of food, sexual partners, and protection against predators; however, it can also result in conflicts (e.g., competition) between them (Goff et al., 2009; Boulay et al., 2019). The aggregation behavior of arthropods (e.g., Aleyrodidae) on *S. saponaria* saplings favors the control of potential pests of this plant.

The highest numbers of phytophagous arthropods (e.g. *S. anchoralis*) and natural enemies (e.g. Araneidae), increasing their respective ecological indices (e.g. species richness), in the adaxial leaf face on *S. saponaria* saplings, which is probably due to the lower force applied by these arthropods to remain on this face compared to the abaxial one (Salerno et al., 2018). The *S. saponaria* compound leaves (10-16 cm long × 3-4 cm wide) with seven leaflets, without trichomes, are imparipinnate (Lorenzi, 1992), thus, are probably an example of a surface with low contact for insects to fix themselves on, which may have affected the number of arthropods on the adaxial leaf face.

Factors such as wax content, hairiness, roughness, regular shape or not and the type and number of veins in the leaves of host plants can affect the ability of insects to walk, opting for the leaf surface (adaxial or abaxial) that requires lower force applied to the movement (Peeters, 2002; Gorb et al., 2008; Gorb & Gorb, 2009; Prüm et al., 2012; Salerno et al., 2018). Among the phytophagous insects, Aleyrodidae showed the highest numbers on *S. saponaria* saplings, and this insect can be a problem being polyphagous and pest in several cultures: e.g., *B. argentifolii* attacks *Cucumis melo* Linnaeus (Cucurbitaceae), *Glycine max* (L.) Merrill and *Phaseolus vulgaris* Linnaeus (Fabaceae), and *Solanum lycopersicum* Linnaeus (Solanaceae), due to suck sap, injecting toxins, viruses and to promote the development of sooty mold (Zhang et al., 2004; Espinel et al., 2008; Mansaray & Sundufu, 2009).

The positive correlation between ecological indices (e.g. abundance) of natural enemies with phytophagous and pollinators insects on *S. saponaria* saplings is, probably, due to predators following their prey, as observed on *Caryocar brasiliense* Cambess (Caryocaraceae), *Leucaena leucocephala* (Lamark) (Fabaceae), and *Pistacia lentiscus* Linnaeus (Anacardiaceae) trees (Auslander et al., 2003; Damascena et al., 2017; Leite et al., 2017).

The increase of spider numbers (e.g. Araneidae) with other predators (e.g. Dolichopodidae) on *S. saponaria* saplings is due to spiders prey on arthropods, pests or not, in natural and agricultural systems (Venturino et al., 2008; Leite et al., 2012; 2016). The positive correlation between the predator *C. sanguinea* and *Phenacoccus* sp. on *S. saponaria* saplings is also related to others species: *Hyperaspis polita* Weise (Coleoptera: Coccinellidae) and *Phenacoccus solenopsis* (Tinsley) (Hemiptera: Pseudococcidae) on *Hibiscus rosasinensis* Linnaeus (Malvaceae) plants (Seyfollahi et al., 2019), *Cheilomenes propinqua* (Mulsant) and *Hyperaspis vinciguerrae* (Capra) (Coleoptera: Coccinellidae); *H. polita* and *Exochomus nigripennis* (Erichson), *Parascymnus varius* (Kirsch) and *Scymnus flagellisiphonatus* (Fursch) (Coleoptera: Coccinellidae), with *P. solenopsis*, on *C. annuum*, *Gossypium hirsutum* Linnaeus (Malvaceae), *Hibiscus* sp., *Lantana* sp. (Lamiales: Verbenaceae), *Ocimum basilicum* Linnaeus (Lamiaceae), and *S. lycopersicon* (Spodek et al., 2018), respectively, and *Platynaspidium maculosus* (Weise) (Coleoptera: Coccinellidae) and *Aphis spiraecola* (Patch), *Aphis gossypii* (Glover) and *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy) (Hemiptera: Aphididae) on *Citrus* sp. (Rutaceae) plants (Wäckers et al., 2017).

The increase in the *Polybia* sp. number with *Liriomyza* sp. mines on *S. saponaria* saplings shows its importance in the biological control as related in *Brassica campestris* Linnaeus and *B. oleracea* Linnaeus var. *acephala* DC (Brassicaceae), *Coffea arabica* Linnaeus (Rubiaceae), and *S. lycopersicon* (Miranda et al., 1998; Picanço et al., 1998; Leite et al., 2001; Picanço et al., 2012). The higher number of *P. termitarius* reduced *Liriomyza* sp. mines on *S. saponaria* saplings, indicates that this ants, among others tending ants (Hymenoptera: Formicidae), is important in the biological control of chewing and miner insects (e.g. Coleoptera and Lepidoptera) (Gonthier et al., 2013; Lima-Junior et al., 2013).

Numbers of *Crematogaster* sp. and *P. termitarius* reduced defoliation by Coleoptera and Lepidoptera and mines (Lepidoptera) on *C. brasiliense* trees (Leite et al., 2012). Those of *Pheidole* sp.2 and *Odontomachus troglodytes* Santschi (Hymenoptera: Formicidae) reduced *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae) on *Musa paradisiaca* Linnaeus (Musaceae) plants (Abera-Kalibata et al., 2008), *Solenopsis invicta* (Buren) eggs, small

caterpillars, and pupa of the *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on *G. hirsutum* plants (Ruberson et al., 1994), and those of 13 and 16 phytophagous taxa on *G. max* plants and *G. hirsutum*, respectively (Eubanks, 2001). In addition, *Solenopsis geminate* (Fabricius) (Hymenoptera: Formicidae) reduced *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera: Delphacidae) on *Oryza sativa* Linnaeus (Poaceae) plants (Way et al., 2002).

The greatest number of arthropods (e.g. phytophagous) in the adaxial leaf face on *S. saponaria* saplings is probably due to the lesser effort when walking on this face. It favors the control of those, potentially, pests (e.g. Aleyrodidae). Among the natural enemies, tending ants showed the highest numbers and can reduce *Liriomyza* sp. mines.

6 ACKNOWLEDGMENT

We wish to thank the taxonomists Dr. Antônio Domingos Brescovit (Butantan Institute, São Paulo state, Brazil - Arachnida), Dr. Ayr de Moura Bello (Oswaldo Cruz Foundation, Rio de Janeiro state, Brazil - Coleoptera), Dr. Carlos Matrangolo (University of Montes Claros, Minas Gerais state, Brazil - Formicidae), Dr. Ivan Cardoso Nascimento (EMBRAPA-ILHÉUS Cocoa Research Center, CEPLAC, Itabuna, Bahia state, Brazil - Formicidae), Dr. Luci Boa Nova Coelho (Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro state, Brazil - Cicadellidae) and Dr. Paulo Sérgio Fiuza Ferreira (Federal University of Viçosa, Minas Gerais state, Brazil - Hemiptera) for the identification of specimens. The voucher numbers are 1595/02 and 1597/02 (CDZOO, Federal University of Paraná, Paraná state, Brazil). The study was financially supported by the following Brazilian agencies “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)”, “Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG)”, and “Programa Cooperativo sobre Proteção Florestal (PROTEF) do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF)”.

REFERENCES

- AUSLANDER, M., NEVO, E. and INBAR, M., 2003. The effects of slope orientation on plant growth, developmental instability and susceptibility to herbivores. **Journal of Arid Environments**, vol. 55, no. 3, pp. 405–416. [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(02\)00281-1](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(02)00281-1)
- BAIR, E., HASTIE, T., PAUL, D. and TIBSHIRANI, R., 2006. Prediction by supervised principal components. **Journal of the American Statistical Association** vol. 101, no. 473, pp. 119–137. <https://doi.org/10.1198/0162145050000000628>
- BARÔNIO, G., PIRES, A.C.V. and AOKI, C., 2012. *Trigona branneri* (Hymenoptera: Apidae) as a collector of honeydew from *Aethalion reticulatum* (Hemiptera: Aethalionidae) on *Bauhinia forficata* (Fabaceae: Caesalpinoideae) in a Brazilian Savanna. **Sociobiology**, vol. 59, no. 2, pp. 407–414. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v59i2.603>
- BASHIR, M.O. and HASSANALI, A., 2010. Novel cross-stage solitarising effect of gregarious-phase adult desert locust (*Schistocerca gregaria* (Forskål)) pheromone on hoppers. **Journal of Insect Physiology**, vol. 56, no. 6, pp. 640–645. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2010.01.012>
- BEGON, M., TOWNSEND, C.R. and HARPER, J.L., 2007. Ecologia: de indivíduos a ecossistemas. 4nd ed. Porto Alegre: Artmed
- BOULAY, J., AUBERNON, C., RUXTON, G. D., EDOUIN, V.H., DENEUBOURG, J.L. and CHARABIDZE, D., 2019. Mixed-species aggregations in arthropods. **Insect Science**, vol. 26, no. 1, pp. 2–19. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12502>
- BREDA, M.O., OLIVEIRA, J.V., MARQUES, E.J., FERREIRA, R.G. and SANTANA, M.F., 2011. Inseticidas botânicos aplicados sobre *Aphis gossypii* e seu predador *Cycloneda sanguinea* em algodão - colorido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, p. 1424-1431. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001100002>
- CAVALCANTI, S.C.H., NICULAU, E.S., BLANK, A.F., CÂMARA, C.A.G., ARAÚJO, I.N., ALVES, P.B., 2010. Composition and acaricidal activity of *Lippia sidoides* essential oil against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). **Bioresource Technology**, vol. 101, p. 829-832. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2009.08.053>
- CHAIEB, Ikb. Saponins as insecticides: a review. **Tunisian journal of plant protection**, v. 5, n. 1, p. 39-50, 2010.
- DAMASCENA, J.G., LEITE, G.L.D., SILVA, F.W.S., SOARES, M.A., GUANABENS, R.E.M., SAMPAIO, R.A. and ZANUNCIO, J.C., 2017. Spatial distribution of phytophagous insects, natural enemies, and pollinators on *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) trees in the

Cerrado. **Florida Entomologist**, vol. 100, no. 3, pp. 558–565. <https://doi.org/10.1653/024.100.0311>

FRAZÃO, A. and SOMNER, G., 2016. Sapindaceae em um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual no município de Engenheiro Paulo de Frontin, RJ, Brasil. **Hoehnea**, vol. 43, no. 3, pp. 437–459. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-11/2016>.

FERNANDES, F.F., FREITAS, E.P.S., COSTA, A.C. and SILVA, I.G., 2005. Larvicidal potential of *Sapindus saponaria* to control the cattle tick *Boophilus microplus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 40, p.1243-1245, <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005001200013>

GARCIA, A., RHODEN, S.A., RUBIN, C.J., NAKAMURA, C.V. and PAMPHILE, J. A., 2012. Diversity of foliar endophytic fungi from the medicinal plant *Sapindus saponaria* L. and their localization by scanning electron microscopy. **Biological Research**, vol. 45, pp. 139–148. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-97602012000200006>

GOODSMAN, D.W., KOCH, D., WHITEHOUSE, C., EVENDEN, M. L., COOKE, B. J. and LEWIS, M. A., 2016. Aggregation and a strong allee effect in a cooperative outbreak insect. **Ecological Applications**, vol. 26, no. 8, pp. 2621–2634. <https://doi.org/10.1002/eap.1404>

GOFF, G.L., MAILLEUX, A.C., DETRAIN, C., DENEUBOURG, J.L., CLOTUCHE, G. and HANCE, T., 2009. Spatial distribution and inbreeding in *Tetranychus urticae*. **Comptes Rendus Biologies**, vol. 332, no. 10, pp. 927–933. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2009.06.002>

GORB, E., VOIGT, D., EIGENBRODE, S. D. and GORB, S., 2008. Attachment force of the beetle *Cryptolaemus montrouzieri* (Coleoptera, Coccinellidae) on leaflet surfaces of mutants of the pea *Pisum sativum* (Fabaceae) with regular and reduced wax coverage. **Arthropod-Plant Interactions**, vol. 2, no. 4, pp. 247–259. <https://doi.org/10.1007/s11829-008-9049-0>

GORB, E. and GORB, S., 2009. Effects of surface topography and chemistry of *Rumex obtusifolius* leaves on the attachment of the beetle *Gastrophysa viridula*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, vol. 130, no. 3, pp. 222–228. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2008.00806.x>

HILL, M.O., 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, vol. 54, no. 2, pp. 427–432. <https://doi.org/10.2307/1934352>.

KIM, S., JUNG, M., SONG, Y. J., KANG, C., KIM, B. Y., CHOI, I. J., KIM, H. G. and LEE, D. H., 2017. Evaluating the potential of the extract of *Perilla* sp. as a natural insecticide for *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on sweet peppers. **Entomological Research**, vol. 47, no. 3, pp. 208–216. <https://doi.org/10.1111/1748-5967.12211>

KREBS, C.J., 1998. Bray-Curtis cluster analysis. Available from: <http://biodiversity-pro.software.informer.com>

LEITE, G.L.D., VELOSO, R.V.S., ZANUNCIO, J.C., ALMEIDA, C.I.M., FERREIRA, P.S. F., FERNANDES, G.W. and SOARES, M.A., 2012. Habitat complexity and *Caryocar brasiliense* herbivores (Insecta: Arachnida: Araneae). **Florida Entomologist**, vol. 95, no. 4, pp. 819–830. <https://doi.org/10.1653/024.095.0402>

- LEITE, G.L.D., VELOSO, R.V.S., ZANUNCIO, J.C., ALONSO, J., FERREIRA, P.S.F., ALMEIDA, C.L.M., FERNANDES, G.W. and SERRÃO, J.E., 2016. Diversity of Hemiptera (Arthropoda: Insecta) and their natural enemies on *Caryocar brasiliense* (Malpighiales: Caryocaraceae) trees in the Brazilian Cerrado. **Florida Entomologist**, vol. 99, no. 2, pp. 239–247. <https://doi.org/10.1653/024.099.0213>
- LEITE, G.L.D., VELOSO, R.V.S., ZANUNCIO, J.C., AZEVEDO, A.M., SILVA, J.L., WILCKEN, C.F. and SOARES, M.A., 2017. Architectural diversity and galling insects on *Caryocar brasiliense* trees. **Scientific Reports**, vol. 7, 16677. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-16954-6>
- LORENZI, H. 1992. Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: **Plantarum**, p. 368.
- PAOLI, A.A.S. and SANTOS, M.R.O. 1998. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Sapindus saponaria* L. (sapindaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 20, no. 2, pp. 147-153.
- PEETERS, P.J., 2002. Correlations between leaf structural traits and the densities of herbivorous insect guilds. **Journal of The Linnean Society**, vol. 77, no. 1, pp. 43–65. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8312.2002.00091.x>
- PRÜM, B., SEIDEL, R., BOHN, H. F. and SPECK, T., 2012. Plant surfaces with cuticular folds are slippery for beetles. **Journal of the Royal Society Interface**, vol. 9, no. 66, pp. 127–135. <https://doi.org/10.1098/rsif.2011.0202>
- SAEG - Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, 2007. Version 9.1. Available from: <http://arquivo.ufv.br/saeg/>
- SALERNO, G., REBORA, M., GORB, E. and GORB, S., 2018. Attachment ability of the polyphagous bug *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) to different host plant surfaces. **Scientific Reports**, vol. 8, no. 1, 10975. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29175-2>
- SERRA, B.D.V and CAMPOS, L.A.O., 2010. Polinização entomófila de abobrinha, *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). **Neotropical Entomology**, vol. 39, no. 2, pp. 153–159. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000200002>
- SILVA, J.L., LEITE, G.L.D., TAVARES, W.S., SILVA, F.W.S., SAMPAIO, R.A., AZEVEDO, A.M., SERRÃO, J.E. and ZANUNCIO, J.C., 2020. Diversity of arthropods on *Acacia mangium* (Fabaceae) and production of this plant with dehydrated sewage sludge in degraded area. **Royal Society Open Science**, vol. 7, no. 11p. 191-196. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.191196>
- SILVA, L.F., SILVA, F.W.S., LEITE, G.L.D., SOARES, M.A., LEMES, P.G., ZANUNCIO, J.C. 2021. Distribution pattern of arthropods on the leaf surfaces of *Acacia auriculiformis* saplings. **Brazilian Journal of Biology**, vol. 83, no. X pp. XX-XX. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.243651>

SILVA, R.S., ALVES, E.U., BRUNO, R.L.A., SANTOS-MOURA, S.S., CRUZ, F.R.S. and URSULINO, M.M., 2018. Superação da dormência de sementes de *Sapindus saponaria* L. **Ciência Florestal**, vol. 28, no. 3, pp. 987. <https://doi.org/10.5902/1980509833376>

VENTURINO, E., ISAIA, M., BONA, F., CHATTERJEE, S. and BADINO, G., 2008. Biological controls of intensive agroecosystems: Wanderer spiders in the *Langa astigiana*. *Ecological Complexity*, vol. 5, no. 2, pp. 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2007.10.03>

WILCOXON, F., 1945. Individual comparisons by ranking methods. **Biometrics Bulletin** vol. 1, no. 6, pp. 80–83. <https://doi.org/10.2307/3001968>

Table 1 Aggregated (Ag.), random (Ra.), or regular (Reg.) distribution (D.) of arthropods on *Sapindus saponaria*/saplings.

Arthropods	Chi-square test				
	Var. [£]	M. [§]	Chi-sq	P	D.
Acari: Tetranychidae	1461.18	8.66	13831.40	0.00	Ag.
Araneae: Araneidae	1.00	0.39	211.81	0.00	Ag.
Salticidae	0.20	0.15	112.50	0.01	Ag.
Tetragnathidae, <i>Leucauge</i> sp.	1.23	0.16	644.62	0.00	Ag.
Coleoptera: Chrysomelidae, <i>Charidotis</i> sp.	0.07	0.05	120.55	0.00	Ag.
<i>Stereoma anchoralis</i>	0.13	0.06	177.6	0.00	Ag.
<i>Walterianella</i> sp.	0.05	0.02	164.00	0.00	Ag.
Diptera: Agromyzidae, <i>Liriomyza</i> sp.	141.34	5.75	2016.65	0.00	Ag.
Dolichopodidae	0.20	0.11	147.78	0.00	Ag.
Hemiptera: Aleyrodidae	3130.33	27.84	9218.96	0.00	Ag.
Fulgoridae	0.06	0.04	135.33	0.00	Ag.
Pseudococcidae, <i>Phenacoccus</i> sp.	5.97	0.36	1353.33	0.00	Ag.
Hymenoptera: Apidae, <i>Trigona spinipes</i>	0.30	0.06	410.00	0.00	Ag.
Formicidae: <i>Brachymyrmex</i> sp.	25.13	2.16	955.64	0.00	Ag.
<i>Camponotus</i> sp.	4.77	0.99	395.76	0.00	Ag.
<i>Ectatoma</i> sp.	0.48	0.19	201.88	0.00	Ag.
<i>Pheidole</i> sp.	4.90	0.83	483.13	0.00	Ag.
<i>Pseudomyrmex termitarius</i>	5.88	1.08	444.89	0.00	Ag.
Vespidae, <i>Polybia</i> sp.	0.14	0.07	160.00	0.00	Ag.
Neuroptera: Chrysopidae, <i>Chrysoperla</i> sp.	0.06	0.04	135.33	0.00	Ag.
Orthoptera: Tettigoniidae	0.93	0.57	134.89	0.00	Ag.

[£]Var.= variance. [§]M. = Median. *fd*= 82.

Table 2. Number and ecological indices (average $\pm$ SE) of arthropods in the leaf face on *Sapindus saponaria* (Sapindaceae)/saplings.

Arthropods	Leaf face		TW*	
	Adaxial	Abaxial	VT [‡]	P
Aleyrodidae	6.38 $\pm$ 2.33	41.77 $\pm$ 9.94	2.58	0.01
Araneidae	0.52 $\pm$ 0.17	0.15 $\pm$ 0.05	2.42	0.01
<i>Balclutha hebe</i>	0.17 $\pm$ 0.06	0.00 $\pm$ 0.00	2.73	0.00
<i>Brachymyrmex</i> sp.	2.25 $\pm$ 0.76	1.48 $\pm$ 0.58	1.29	0.09
<i>Camponotus</i> sp.	1.52 $\pm$ 0.39	0.19 $\pm$ 0.06	3.56	0.00
<i>Cerotoma</i> sp.	0.08 $\pm$ 0.04	0.00 $\pm$ 0.00	2.03	0.02
<i>Charidotis</i> sp.	0.04 $\pm$ 0.02	0.04 $\pm$ 0.04	0.56	0.29
<i>Chrysoperla</i> sp.	0.06 $\pm$ 0.04	0.00 $\pm$ 0.00	1.42	0.07
Curculionidae	0.06 $\pm$ 0.03	0.00 $\pm$ 0.00	1.75	0.04
Dolichopodidae	0.19 $\pm$ 0.08	0.00 $\pm$ 0.00	2.52	0.01
<i>Ectatoma</i> sp.	0.31 $\pm$ 0.12	0.02 $\pm$ 0.02	2.67	0.00
Fulgoridae	0.06 $\pm$ 0.04	0.00 $\pm$ 0.00	1.42	0.07
<i>Leucauge</i> sp.	0.27 $\pm$ 0.20	0.00 $\pm$ 0.00	2.03	0.02
<i>Liriomyza</i> sp.	9.19 $\pm$ 2.10	0.75 $\pm$ 0.33	4.42	0.00
<i>Pseudomyrmex termitarius</i>	1.06 $\pm$ 0.27	0.81 $\pm$ 0.37	2.11	1.01
Pentatomidae	0.10 $\pm$ 0.04	0.00 $\pm$ 0.00	2.29	0.01
<i>Pheidole</i> sp.	1.35 $\pm$ 0.40	0.08 $\pm$ 0.06	4.00	0.00
<i>Phenacoccus</i> sp.	0.00 $\pm$ 0.00	0.63 $\pm$ 0.46	1.42	0.07
<i>Polybia</i> sp.	0.13 $\pm$ 0.07	0.00 $\pm$ 0.00	2.03	0.02
<i>Quesada gigas</i>	0.06 $\pm$ 0.03	0.00 $\pm$ 0.00	1.75	0.04
<i>Quemedice</i> sp.	0.06 $\pm$ 0.03	0.00 $\pm$ 0.00	1.75	0.04
<i>Stereoma anchoralis</i>	0.10 $\pm$ 0.06	0.00 $\pm$ 0.00	1.75	0.04
Salticidae	0.19 $\pm$ 0.07	0.06 $\pm$ 0.03	1.35	0.08
<i>Tropidacris collaris</i>	0.38 $\pm$ 0.09	0.00 $\pm$ 0.00	4.19	0.00
<i>Trigona spinipes</i>	0.10 $\pm$ 0.10	0.00 $\pm$ 0.00	1.00	0.15
Tetranychidae	1.85 $\pm$ 1.61	13.13 $\pm$ 7.03	0.81	0.20
Tettigoniidae	0.92 $\pm$ 0.16	0.06 $\pm$ 0.03	5.02	0.00
<i>Walterianela</i> sp.	0.04 $\pm$ 0.04	0.00 $\pm$ 0.00	1.00	0.15
Abundance of phytophagous	19.81 $\pm$ 4.44	56.58 $\pm$ 12.10	0.51	0.30
Diversity of phytophagous	3.99 $\pm$ 0.52	1.51 $\pm$ 0.22	3.08	0.00
Species richness of phytophagous	2.92 $\pm$ 0.26	1.19 $\pm$ 0.14	4.86	0.00
Abundance of pollinators	0.13 $\pm$ 0.10	0.02 $\pm$ 0.02	0.59	0.28
Diversity of pollinators	0.03 $\pm$ 0.03	0.03 $\pm$ 0.03	0.00	0.50
Species richness of pollinators	0.04 $\pm$ 0.02	0.02 $\pm$ 0.02	0.58	0.28
Abundance of natural enemies	8.52 $\pm$ 1.22	3.19 $\pm$ 0.80	4.16	0.00
Diversity of natural enemies	4.59 $\pm$ 0.81	1.83 $\pm$ 0.34	1.69	0.04
Species richness of natural enemies	3.17 $\pm$ 0.33	1.13 $\pm$ 0.19	4.57	0.00

*TW= Test of Wilcoxon. [‡]VT= Value of test. n= 48 per treatment.

Table 3. Relationships between abundance (Ab.), diversity (D.), and species richness (S.R.) of phytophagous (Phy.) and pollinators insects (Pol.), natural enemies (N.E.), number of Araneidae (Ara.), Dolichopodidae (Dolic.), Salticidae (Salt.), *C. sanguinea* (C.sang.), *Phenacoccus* sp. (Phen.), *Polybia* sp. (Poly.), *Liriomyza* sp. mines (Liri.), and *P. termitarius* (P.ter.) on *Sapindus saponaria* (Sapindaceae) saplings.

Principal component regressions	R²	F	P
Ab.N.E.= 4.57 + 2.94 x Ab.Pol. + 0.03xAb.Phy.	0.10	4.93	0.01
D.N.E.= 0.92 + 0.83 x D.Phy.	0.31	42.45	0.00
S.R.N.E.= 0.39 + 1.85 x S.R.Pol.+ 0.83 x S.R.Phy.	0.49	44.72	0.00
Ara.= 0.22 + 1.24 x Dolic.	0.30	39.73	0.00
Salt.= 0.08 + 1.59 x C.sang.	0.45	75.70	0.00
C.sang.= 0.02 + 0.04 x Phen.	0.26	32.15	0.00
Poly.= 0.01 + 0.01 x Liri.	0.19	22.61	0.00
Second degree regression			
Liri. = 2.56 + 4.55 x P.ter.- 0.31 x P.ter. ²	0.18	10.15	0.00

n= 48.

Supplementary material I. Aggregated (Ag.), random (Ra.), or regular (Reg.) distribution (D.) of arthropods on *Sapindus saponaria*/saplings. (Aggregated, random, or regular)

Arthoropods	Chi-square test				
	Var. [£]	M. [§]	Chi-	P	D.
Araneae: Anyphaenidae, <i>Teudis</i> sp.	0.04	0.04	80.00	0.54	Ra.
Oxyopidae	0.17	0.18	79.07	0.57	Ra.
<i>Oxyopes salticus</i>	0.01	0.01	82.00	0.48	Ra.
Salticidae, <i>Aphirape uncifera</i>	0.04	0.04	80.00	0.54	Ra.
<i>Uspachus</i> sp.	0.05	0.05	79.00	0.57	Ra.
Sparassidae, <i>Quemedice</i> sp.	0.04	0.04	80.00	0.54	Ra.
Thomisidae, <i>Aphantochilus rogersi</i>	0.05	0.05	79.00	0.57	Ra.
<i>Tmarus</i> sp.	0.02	0.02	81.00	0.51	Ra.
Coleoptera: Chrysomelidae, <i>Alagoasa</i> sp.	0.06	0.06	78.00	0.61	Ra.
<i>Cerotoma</i> sp.	0.05	0.05	79.00	0.57	Ra.
<i>Diabrotica speciosa</i>	0.02	0.02	81.00	0.51	Ra.
<i>Eumolpus</i> sp.	0.02	0.02	81.00	0.51	Ra.
<i>Lamprosoma</i> sp.	0.02	0.02	81.00	0.51	Ra.
<i>Parasyphraea</i> sp.	0.01	0.01	82.00	0.48	Ra.
Coccinellidae, <i>Cycloneda sanguinea</i>	0.04	0.04	80.00	0.54	Ra.
<i>Wanderbiltiana</i> sp.	0.01	0.01	82.00	0.48	Ra.
Curculionidae	0.04	0.04	80.00	0.54	Ra.
<i>Lordops</i> sp.	0.04	0.04	80.00	0.54	Ra.
Tenebrionidae, <i>Epitragus</i> sp.	0.01	0.01	82.00	0.48	Ra.
Diptera: Otitidae, <i>Euxesta</i> sp.	0.02	0.02	81.00	0.51	Ra.
Syrphidae, <i>Syrphus</i> sp.	0.02	0.02	81.00	0.51	Ra.
Tephritidae, <i>Anastrepha</i> sp.	0.05	0.05	79.00	0.57	Ra.
Hemiptera: Cicadellidae, <i>Balclutha hebe</i>	0.11	0.10	95.75	0.14	Ra.
Cicadidae, <i>Quesada gigas</i>	0.04	0.04	80.00	0.54	Ra.
Pentatomidae	0.06	0.06	78.00	0.60	Ra.
Scutelleridae, <i>Pachycoris torridus</i>	0.01	0.01	82.00	0.48	Ra.
Hymenoptera: Apidae, <i>Tetragonisca angustula</i>	0.02	0.02	81.00	0.51	Ra.
Lepidoptera	0.02	0.02	81.00	0.51	Ra.
Mantodea: Mantidae, <i>Mantis religiosa</i>	0.12	0.13	72.00	0.78	Ra.
Orthoptera: Gryllidae	0.01	0.01	82.00	0.48	Ra.
Proscopiidae, <i>Cephalocoema</i> sp.	0.01	0.01	82.00	0.48	Ra.
Romaleidae, <i>Tropidacris collaris</i>	0.27	0.22	101.8	0.07	Ra.

[£]Var. = variance. [§]M. = Median. *fd* = 82.

CONCLUSÕES GERAIS

Neste estudo observou-se maior incidência de artrópodes fitófagos na parte adaxial das folhas de *Sapindus saponaria* isso ocorre por existir menor esforço para locomoção neste local. Diante disso, as interações ecológicas ocorreram em maior frequência nesta área, tais indivíduos, potencialmente pragas, poderão ser mais facilmente controlados por estarem mais expostos. O tipo de distribuição predominante foi a agregada, disposição a qual os insetos estão em sua maioria concentrados em locais específicos, facilitando assim o manejo. Em relação aos inimigos naturais, as formigas cuidadoras apresentaram maior frequência, e sua presença pode minimizar impactos por *Liriomyza* sp. Tal redução ocorre devido ao fato de que as formigas se alimentam das larvas criadas por indivíduos do grupo dos dípteros, diminuindo assim, a densidade populacional de *Liriomyza* sp. em folhas de *S. saponaria*.

