



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

RAYANA GUIMARÃES DE OLIVEIRA

**OCORRÊNCIA DE GALHAS ENTOMÓGENAS EM UMA REGIÃO DE BREJO DE
ALTITUDE: CARACTERIZAÇÃO E MORFOANATOMIA**

Recife
2023

RAYANA GUIMARÃES DE OLIVEIRA

**OCORRÊNCIA DE GALHAS ENTOMÓGENAS EM UMA REGIÃO DE BREJO DE
ALTITUDE: CARACTERIZAÇÃO E MORFOANATOMIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra Jarcilene Silva de Almeida

Recife
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Oliveira, Rayana Guimarães de.

Ocorrência de galhas entomógenas em uma região de brejo de altitude:
caracterização e morfoanatomia / Rayana Guimarães de Oliveira. - Recife, 2023.
63 : il., tab.

Orientador(a): Jarcilene Silva de Almeida

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas - Bacharelado, 2023.

1. anatomia vegetal. 2. herbivoria. 3. interação inseto-planta. 4. plantas
hospedeiras. 5. riqueza de espécies. I. Almeida, Jarcilene Silva de. (Orientação).

II. Título.

580 CDD (22.ed.)

RAYANA GUIMARÃES DE OLIVEIRA

**OCORRÊNCIA DE GALHAS ENTOMÓGENAS EM UMA REGIÃO DE BREJO DE
ALTITUDE: CARACTERIZAÇÃO E MORFOANATOMIA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado
em Ciências Biológicas da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito
parcial para obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 25/08/2023

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Jarcilene Silva de Almeida (Orientadora)

Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Isabela Vieira dos Santos Mendonça (Examinador Externo)

Instituto Federal do Maranhão

MSc. Edinalva Alves Vital dos Santos (Examinador Externo)

Universidade Federal Rural de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por nunca ter me abandonado e por ter me ajudado até aqui.

Agradeço aos meus pais que sempre tiveram paciência comigo, me apoiaram independente das minhas escolhas e que me inspiram a ser uma pessoa melhor.

Aos meus avós maternos e a minha tia Arleide, pelos conselhos e atitudes de apoio.

Aos meus irmãos, Ruthe e Davi, que são meus companheiros de todos os dias e que fazem a minha vida mais agitada.

Agradeço à minha orientadora, professora Jarcilene Silva de Almeida, por ter me aceitado no laboratório e me dado a oportunidade de conhecer o mundo das galhas, obrigada pelos ensinamentos e pela paciência.

A minha amiga, Maria Carolina, que compartilhou esse caminho comigo e fez parte de cada momento.

Aos meus amigos, que me acompanharam mais de perto durante essa jornada e dividiram o peso comigo, tornando tudo mais leve: Lucas Matheus, Natacha Paixão, Celine Cecília, Marta Laís, Isolda, Pedro Henrique, Márjori Thays, Luiza, Emilly Mel, Gabi, Mari, Ed, Naylla, Marcos, Ágata e Maria Bonilla.

Agradeço a Universidade Federal de Pernambuco e aos professores, pelos ensinamentos e por ter preenchido meus dias nos últimos anos.

Ao Laboratório de Interações Multitróficas, por todos os ensinamentos e experiências adquiridas junto aos meus colegas de laboratório, em especial a Juliana Luna Moreira de Ferreira, obrigada por toda ajuda e apoio.

Agradeço a professora Emília Cristina Pereira de Arruda, por ter disponibilizado o Laboratório de Anatomia Vegetal e me ajudado em todos os processos da morfoanatomia deste trabalho, obrigada pela paciência e compreensão.

Ao CNPq pelo financiamento do meu projeto de iniciação científica.

“E um dia os homens descobrirão que esses discos voadores, estavam apenas observando a vida dos Insetos.” (Mario Quintana)

RESUMO

As galhas entomógenas são estruturas que surgem como resultado da interação entre uma planta hospedeira e um inseto indutor. O processo de desenvolvimento da galha resulta em uma série de alterações morfogênicas que beneficiarão o desenvolvimento da prole do indutor dentro dos tecidos da planta, fornecendo alimentação e proteção contra predadores e variações ambientais. O objetivo do estudo é realizar um inventário de galhas entomógenas presente em uma unidade de Conservação de brejo de altitude, caracterizar o padrão de distribuição nos órgãos da planta hospedeira e analisar morfoanatômica. Para isto, foram realizadas duas coletas no Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros, Pernambuco, o qual buscou-se caracterizar as galhas quanto aos seus aspectos principais, como órgão de ocorrência, morfotipo, cor e dentre outras características, posteriormente o material botânico foi submetido à análises morfoanatômicas. Foram encontradas oito espécies de plantas hospedeiras portadoras de onze diferentes tipos de galhas. A maioria das plantas hospedeiras eram de hábitos arbustivos e as galhas estavam presentes principalmente nas folhas, com maior concentração na região mediana. Galhas verdes, fusiformes, glabras, isoladas e uniloculares foram as mais frequentes. O tipo de galha com maior abundância registrada foi a galha foliar de *Aspidosperma cuspa*. A primeira coleta se mostrou mais diversa do que a segunda, com um índice de Shannon de 1,401 e 0,721 respectivamente, e índice de similaridade de Jaccard com valor de 0,545. Através das análises morfoanatômicas dos cortes de galhas formadas em diferentes órgãos vegetais, como folhas, caules e frutos, observou-se que as galhas são formadas pelo espessamento dos tecidos, a neoformação de feixes vasculares ocorreu na maioria delas, além da presença de células com paredes espessadas e esclereídes, que provavelmente atuam na sustentação, resistência e isolamento das galhas.

Palavras-chave: anatomia vegetal; herbivoria; interação inseto-planta; plantas hospedeiras; riqueza de espécies.

ABSTRACT

Entomogenous galls are structures that appear as a result of the interaction between a host plant and an inducing insect. The process of gall development results in a series of morphogenetic changes that will benefit the development of the inducer's offspring within the plant's tissues, providing food and protection against predators and environmental variations. The aim of this study was to carry out an inventory of entomogenous galls present in a highland wetland conservation unit, characterize their distribution pattern on the host plant organs and carry out a morpho-anatomical analysis. To this end, two collections were made in the Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros, Pernambuco, in order to characterize the galls in terms of their main aspects, such as organ of occurrence, morphotype, color and other characteristics, afterwards the botanical material was subjected to morpho-anatomical analysis. Eight species of host plants were found to have eleven different types of galls. Most of the host plants were shrubs and the galls were mainly present on the leaves, with a higher concentration in the middle region. Green, fusiform, glabrous, isolated and unilocular galls were the most frequent. The most abundant type of gall recorded was the leaf gall of *Aspidosperma cuspa*. The first collection proved to be more diverse than the second, with a Shannon index of 1.401 and 0.721 respectively, and a Jaccard similarity index of 0.545. The morpho-anatomical analysis of the sections of galls formed on different plant organs, such as leaves, stems and fruit, showed that the galls are formed by the thickening of the tissues, the neoformation of vascular bundles occurred in most of them, as well as the presence of cells with thickened walls and sclereids, which probably act to support, resist and insulate the galls.

Keywords: plant anatomy; herbivory; insect-plant interaction; host plants; species richness.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Localização do Parque Ecológico da Serra Negra, município de Bezerros, estado de Pernambuco, Brasil. 23
- Figura 2 – Trilha do Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros, Pernambuco. 24
- Gráfico 1 – Riqueza de galhas entomógenas por órgão vegetal acometido, em uma região de brejo de altitude no Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros, Pernambuco. 27
- Gráfico 2 – Riqueza de galhas entomógenas encontradas quanto a cor em uma região de brejo de altitude no Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros, Pernambuco. 28
- Gráfico 3 – Riqueza dos morfotipos de galhas encontradas em uma região de brejo de altitude no Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros, Pernambuco. 28
- Gráfico 4 – Abundância dos tipos de galhas encontradas em uma região de brejo de altitude no Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros, Pernambuco. 29
- Figura 3 – Tipos de galhas entomógenas encontradas no Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros, Pernambuco. 31
- Figura 4 – Diagrama de Venn construído com base na variedade de galhas exclusivas e compartilhadas entre os meses de janeiro e abril de 2023, coletadas em uma região de brejo de altitude no Parque Ecológico da Serra Negra, município de Bezerros, Pernambuco. 34
- Figura 5 – Secções transversais de galhas foliares de *Ouratea* sp. e morfotipo sp. 2. 37

- Figura 6 – Secções transversais da galha foliar de *Aspidosperma cuspa*. 39
- Figura 7 – Secções transversais da folha não galhada de *Aspidosperma cuspa*. 40
- Figura 8 – Secções transversais das galhas caulinares do morfotipo sp. 2 e *Erythroxylum* sp. 42
- Figura 9 – Secções transversais das galhas foliares de Myrtaceae sp. 44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização das galhas entomógenas encontradas no Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros, Pernambuco, 2023.	32
Tabela 2 – Insetos indutores e fauna associada encontrados no Parque Ecológico da Serra Negra, Pernambuco, Brasil.	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	<i>Objetivo Geral</i>	15
2.2	<i>Objetivos específicos</i>	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	<i>Herbivoria</i>	16
3.2	<i>Galhas</i>	17
3.2.1	<i>Desenvolvimento de galhas entomógenas</i>	18
3.2.2	<i>Diversidade e evolução</i>	19
3.3	<i>Brejos de altitude</i>	20
4	METODOLOGIA	23
4.1	<i>Área de estudo</i>	23
4.2	<i>Coleta das galhas</i>	24
4.3	<i>Caracterização</i>	24
4.4	<i>Morfoanatomia</i>	25
4.5	<i>Análise dos dados</i>	25
5	RESULTADOS	27
5.1	<i>Caracterização</i>	27
5.2	<i>Morfoanatomia</i>	35
6	DISCUSSÃO	45
6.1	<i>Caracterização</i>	45
6.2	<i>Morfoanatomia</i>	47
7	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

Insetos indutores de galhas são considerados herbívoros altamente especializados, o mecanismo de indução da galha se dá por um processo extremamente íntimo entre a planta hospedeira e o indutor, desta forma, grande parte insetos cecidógenos são capazes de induzir galhas em apenas uma única espécie de planta hospedeira (Nyman, 2000; Stone & Schönrogge, 2003; Fernandes et al., 2004; Carneiro et al., 2009).

Galhas entomógenas são estruturas tridimensionais formadas nos tecidos vegetais como resultado da interação entre uma planta hospedeira e um inseto indutor de galha (Mani, 1964). As galhas são consideradas tumores vegetais e o seu crescimento se dá por meio de alterações na morfologia e na anatomia da planta causando um aumento anormal do volume celular (hipertrofia) e/ou número de células (hiperplasia), de órgãos e tecidos das plantas hospedeiras (Mani, 1964; Fernandes & Negreiros, 2001).

Dentre as regiões do globo, o neotrópico destaca-se pela sua alta diversidade de galhas, sua morfologia pode variar em formas, características e cores (Mani, 1964; Abrahamson & Weis, 1997; Isaias et al., 2013). Essas estruturas podem ocorrer em todos os órgãos vegetais, como folhas, caules, flores, botões florais, frutos ou raízes (Takeda et al., 2021). Também chamadas de cecídias, elas podem ocorrer em praticamente todos os grupos de plantas, mas na região neotropical são registradas principalmente em folhas de angiospermas (Monteiro et al., 2004).

O processo de indução da galha é responsável por formar uma nova estrutura que se difere dos demais órgãos da planta, sendo considerada como um fenótipo estendido da espécie indutora, desenvolvendo assim, uma alta especificidade com a sua planta hospedeira (Mani, 1964; Dawkins, 1982). Os insetos galhadores exploram o recurso da planta hospedeira ao mesmo tempo que originam a estrutura que será usada para o desenvolvimento da sua prole, fornecendo alimentação e proteção contra inimigos naturais e fatores abióticos do ambiente (Mani, 1964; Redfern & Askew, 1992; Sopow et al., 2003; Raman, 2007).

Diante do exposto, as modificações causadas pela presença de galhas nas plantas hospedeiras, são acompanhadas de mudanças químicas e estruturais, afetando a planta em níveis celulares e teciduais, além de alterar concentrações de

compostos químicos do metabolismo primário e secundário da planta hospedeira (Hartley, 1998; Kraus et al., 2003).

Insetos galhadores são abundantes, contudo, são pouco conhecidos para ciência em termos taxonômicos, havendo um pequeno número de espécies descritas (Espírito-Santo & Fernandes, 2007). Estima-se que o número médio de espécies de insetos indutores de galhas no mundo seja por volta de 132.930, destas apenas 13.000 espécies foram descritas (Stone & Schönrogge, 2003; Espírito-Santo & Fernandes, 2007).

A maioria dos estudos com insetos galhadores no Brasil foram realizados no domínio do Cerrado, outros domínios como a Caatinga, Amazônia e Mata Atlântica, detém uma quantidade consideravelmente menor de estudos (Fernandes & Carneiro, 2009). Com isso, a maioria das espécies de insetos galhadores brasileiros ainda são desconhecidos, assim como as suas plantas hospedeiras e inimigos naturais (Fernandes & Carneiro, 2009). As galhas dos brejos de altitude são pouco conhecidas, havendo, provavelmente, apenas um estudo com galhas entomógenas nessas regiões, cujo foi realizado por Santos, Almeida-Cortez & Fernandes (2011).

Deste modo, o presente trabalho tem como principal objetivo realizar um inventário de galhas entomógenas de uma região de brejo de altitude localizada no município de Bezerros, Pernambuco, além de analisar seu padrão de distribuição e identificar as principais alterações estruturais dos seus tecidos consequentes da interação inseto-planta.

A justificativa deste trabalho reside na necessidade de mais estudos que busquem investigar a riqueza e diversidade de galhas e suas plantas hospedeiras em regiões de brejo de altitude, além disso, as descrições morfoanatômicas das galhas contribuirão para melhor entendimento da complexidade dessas interações.

2 OBJETIVOS

2.1 *Objetivo geral*

- Realizar um inventário de galhas entomógenas presente em uma região de brejo de altitude, além de analisar seu padrão de distribuição e identificar suas principais alterações estruturais.

2.2 *Objetivos específicos*

- Caracterizar os morfotipos de galhas e descrever suas principais características;
- Analisar a distribuição das galhas no órgão, a fim de identificar o sítio de preferência do inseto indutor da galha;
- Determinar no menor nível de ordem e família da composição de espécies hospedeiras, espécies indutoras e entomofauna associada às galhas;
- Definir e comparar a riqueza, abundância, diversidade e similaridade das galhas encontradas entre as coletas;
- Descrever a anatomia das galhas coletadas destacando as suas principais organizações estruturais resultantes da interação entre a planta hospedeira e o inseto indutor.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 *Herbivoria*

Uma interação ocorre quando um sistema está ligado a outro formando uma cadeia, de acordo com Putman (1994), desempenhando diversas funções no ecossistema, de tal forma que os seres envolvidos nessa dinâmica são afetados mutuamente (Del-Claro, 1998).

As plantas e os insetos são considerados como os grupos de organismos multicelulares mais diversificados do ambiente terrestre, além de comporem a maior taxa de biomassa entre os organismos (Ehrlich & Raven, 1964; Schoonhoven, Jermy & Loon, 1998).

As interações ocorrentes entre inseto-planta é um excelente modelo de consumidor-recurso, pois são responsáveis por distribuir a energia entre os níveis tróficos, basais e superiores (Dáttilo & Rico-Gray, 2018). Todos os seres podem ser consumidos ou consumidores (Marquis, 1984), porém, tais ações podem influenciar diretamente uma enorme cadeia, promovendo assim, um efeito em “cascata” que são transmitidos dos níveis superiores até os produtores (efeito *Top-down*), ou o seu inverso, quando os produtores irão afetar os consumidores (efeito *Bottom-up*) (Terborgh & Estes, 2010).

A herbivoria é um tipo de interação planta-animal onde o animal pode se alimentar de partes ou de todo o vegetal, também considerada como uma interação antagonista, onde uma população é beneficiada, enquanto causa efeitos negativos para outra (Begon et al., 1996; Krebs, 2001). Dentre os organismos considerados herbívoros encontram-se diversos grupos de animais, havendo desde vertebrados, como de mamíferos, roedores e aves, a invertebrados, como nematóides, moluscos e principalmente os insetos (Crawley, 1997; Sevegnani, 2007).

A interação entre planta-animal acontece principalmente devido a gama de recursos que os organismos vegetais podem fornecer, a grande maioria dos animais terrestres dependem das plantas para sua alimentação, abrigo e proteção indireta contra predadores e parasitas, sendo as plantas um elemento necessário na sobrevivência dos animais (Herrera, 2002).

Os insetos possuem a maior riqueza de espécies dentro do reino animal, contabilizando mais de 1.1000.000 espécies, sendo metade delas fitófagas, que são insetos que se nutrem de matéria vegetal para sobreviver (Schaller, 2008; Del-Claro & Torezansilingardi, 2012).

O consumo do recurso vegetal por insetos herbívoros se dá de maneiras distintas, eles podem se alimentar externamente, sugando seiva, escavando órgãos internamente ou formando galhas (Strong, Lawton & Southwood, 1984). Insetos galhadores são considerados herbívoros altamente especializados devido a sua estrita relação com a planta hospedeira (Fernandes et al., 2004; Carneiro et al., 2009).

O hábito de se alimentar dentro de tecidos vegetais, endofagia, parece ter sido uma vantagem seletiva durante o processo evolutivo de insetos como minadores e galhadores (Stone & Schönrogge, 2003). Os primeiros insetos que passaram a se alimentar dentro dos vegetais podem ter tido uma vantagem protetiva contra predadores quando comparados com espécies que se alimentam externamente, o que conseqüentemente pode ter diminuído a mortalidade dentro das populações com hábito endofítico, fator possivelmente favoreceu a evolução da endofagia (Price, Fernandes & Waring, 1987; Connor & Taverner, 1997; Stone & Schönrogge, 2003).

3.2 Galhas

Galhas são estruturas atípicas formadas em tecidos vegetais, o seu desenvolvimento a partir da atividade de outros organismos (Redfern et al., 2002). A ação do organismo no tecido causa hipertrofia (aumento de tamanho) e/ou hiperplasia (proliferação) das células vegetais, ocasionando o crescimento anormal dos tecidos. A indução de galhas pode ocorrer por organismos pertencentes a diferentes grupos, como fungos, bactérias, nematóides, ácaros e insetos (Mani, 1964).

Cecidologia é o nome dado para o estudo das galhas induzidas por insetos. Galhas entomógenas, ou cecídias, são novas estruturas que surgem na planta como resultado de uma relação interespecífica entre a planta hospedeira e o inseto indutor (Fernandes, Tameirão & Martins, 1998;). Essas estruturas apresentam um crescimento semelhante à de um tumor e podem se apresentar com grande

diversidade de formas e características (Fernandes, Tameirão, Martins, 1998). Apesar de uma galha poder se assemelhar com frutos ou botões florais, as suas características se diferem dos órgãos da sua planta hospedeira, sendo considerada, ainda, como um fenótipo estendido do inseto indutor (Abrahamson & Weis, 1997; Fernandes, Tameirão & Martins, 1998).

Diferente dos herbívoros generalistas de vida livre, os insetos galhadores vivem a maior parte do seu ciclo de vida obrigatoriamente dentro da galha induzida na espécie hospedeira (Weis, Walton & Crego, 1988; Fonseca et al., 2006). Embora a galha seja formada a partir dos tecidos da sua planta hospedeira, o seu desenvolvimento é controlado pelos genes do inseto envolvido na indução, a nova estrutura formada possuirá características individualizantes da espécie de inseto que induziu o seu desenvolvimento, tendo como uma das principais funções garantir ao animal um habitat isolado do mundo externo. As galhas possuem diversas formas e atributos que as tornam distinguíveis visualmente dos outros órgãos da planta, como tricomas, cores vibrantes, projeções e formas (Stone & Schönrogge, 2003; Isaias et al., 2013).

3.2.1 *Desenvolvimento de galhas entomógenas*

Galhas induzidas por insetos são consideradas como a interação mais complexa existente entre plantas e insetos no mundo natural (Raman, Schaefer & Withers, 2005; Shorthouse, Wool & Raman, 2005). Os insetos galhadores são conhecidos pela sua seletividade, a hipótese da preferência-performance prediz que fêmeas de insetos onde a fase imatura é sésil ou com baixa mobilidade, selecionam locais com boas condições que poderiam potencializar o desenvolvimento e sobrevivência da sua prole, sendo assim, os galhadores podem ter algumas preferências relacionadas à folha ao fazer a oviposição, como maturidade, face e posição da folha (Gripenberg et al., 2010).

Para induzir a formação da galha, o inseto precisa alterar a maquinaria celular da planta hospedeira a fim de manipular a sua fisiologia, mas ainda é desconhecida a forma de como todo o sistema funciona, não tendo uma identificação detalhada das substâncias que desencadeiam o processo, acredita-se que o processo envolve um sinal químico que seja transmitido do inseto para a planta (Sopow et al., 2003).

Alterações estruturais e químicas desempenham um papel fundamental na manutenção do ciclo de vida e sobrevivência dos insetos galhadores, algumas espécies manipulam a fisiologia da planta para a formação de um tecido com uma composição nutricional superior aos outros tecidos (Mani, 1964; Bronner, 1992; Fernandes & Carneiro, 2009). As células desses tecidos se caracterizam por comportarem uma alta concentração de glicose, lipídios e aminoácidos, além de possuírem baixas concentrações de metabólitos secundários que atuam na defesa das plantas (Bronner, 1992; Nyman & Julkunen-tiitto, 2000). Ademais, as plantas hospedeiras podem acumular alguns prejuízos durante a interação, como a perda de substâncias, desvios do crescimento, alteração no fluxo de seiva, dentre outras alterações (Mani, 1964).

3.2.2 *Diversidade e evolução*

Estima-se que a riqueza de insetos galhadores no mundo seja em torno de 21.000 a 211.000 espécies, com uma média de 132.930 espécies, sendo a maioria delas ocorrentes na região Neotropical (Espírito-santo & Fernandes, 2007). O número estimado de espécies de insetos galhadores na América Latina é de 15.407, sendo o Brasil com cerca 5.540 espécies (Grandez-Rios et al., 2015).

Dentre as famílias de espécies de plantas hospedeiras, as famílias Fabaceae e Asteraceae se destacam por possuírem o maior número de espécies (Grandez-Rios et al., 2015). Outras famílias que também se destacam são: Euphorbiaceae, Myrtaceae, Melastomataceae, Nyctaginaceae, Rubiaceae e Solanaceae (Mendonça et al., 2014).

Geralmente, galhas induzidas por insetos possuem formas simétricas, podendo se apresentar com simetria radial ou bilateral, apesar das galhas serem bastante diversificadas, os morfotipos apresentam padrões estruturais que se repetem, não havendo muitas alterações em termos morfogenéticos (Raman, 2007).

Devido à diversidade estrutural que as galhas podem apresentar, existe uma ampla variedade de termos referentes à suas formas na literatura. Por esta razão, Isaías et al. (2013) buscaram padronizar uma extensa lista de terminologias utilizadas para caracterizar os morfotipos das galhas, reduzindo a grande variedade de termos para doze, os quais são: clavada, cônica, cilíndrica, fusiforme, globóide,

lenticular, em roseta, em concha, em chifre, de dobramento, enrolamento e em bolso.

Insetos indutores de galhas são encontrados em praticamente todas as ordens de insetos herbívoros, como Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera e Thysanoptera, apenas com exceção da ordem Orthoptera (Fernandes & Carneiro, 2009). A família com maior número de espécies indutoras de galhas é a Cecidomyiidae (Diptera), de onde vem o nome cecídia, com cerca de 5.451 espécies descritas no mundo, as quais são pertencentes a 598 gêneros (Gagné, 2004).

As galhas são microhabitats que servem de abrigo para comunidades relativamente fechadas de organismos especializados, no qual, como já mencionado, a maioria das espécies de galhadores são específicas para determinada espécie de planta hospedeira, que por possuírem características morfológicas que as difere uma das outras e geralmente se instalam em apenas um tipo órgão de uma determinada espécie de planta, tornam possível a distinção e identificação do número de espécies indutoras apenas utilizando como base a morfologia externa, mesmo que a espécie ainda não tenha sido descrita (Fernandes & Price, 1992; Fernandes et al., 1994; Stone & Schönrogge, 2003).

Esta associação pode ser um possível bioindicador, uma vez que os indutores podem ser sensíveis à variações ambientais, com isso, variações na abundância e riqueza desses insetos podem indicar perda de espécies vegetais (Oliveira, 2009). Ainda, existem espécies de plantas hospedeiras que podem suportar uma alta riqueza de galhas, sendo consideradas como “super-hospedeiras” (Espírito-Santo & Fernandes, 2007).

Uma das principais vantagens de se utilizar galhas como “organismos modelos” para estudos ecológicos, é que por estarem fixas em organismos sésseis, são fáceis de serem coletadas, se tornando ótimos modelos para estudos sobre dinâmicas populacionais e comunidades, podendo facilmente estimar-se diversidade, riqueza e abundância de insetos indutores de uma determinada área (Fernandes & Price, 1992; Fernandes et al., 1994; Stone & Schönrogge, 2003).

3.3 *Brejos de altitude*

A Caatinga é um domínio exclusivamente brasileiro, se apresenta com vegetação do tipo xerófila com variadas fisionomias e composições florísticas, contendo um elevado número de táxons endêmicos (Andrade-Lima, 1981). A vegetação da Caatinga é caracterizada por possuir porte médio a baixo, habitualmente decídua (Sales, Mayo & Rodal, 1988). Apesar de toda a sua riqueza e diversidade, a Caatinga foi por muito tempo negligenciada, sendo considerada como um dos domínios fitogeográficos menos conhecidos do Brasil (Giulietti et al., 2004).

A Caatinga se divide em duas subzonas, sendo elas Agreste e Sertão. Dentro da subzona do agreste, ocorrem florestas úmidas denominadas como “brejos de altitude”, “brejos nordestinos” ou “matas serranas” (Andrade-Lima, 1960; 1982).

Brejos de altitude ou matas serranas, podem ser identificadas como uma divisão da floresta tropical perenifólia, onde, muitas vezes, formam um gradiente com a Caatinga circundante nas regiões mais baixas. Os brejos são definidos por possuírem altitudes superiores a 500 m, podendo chegar até 1.100 m (Andrade-Lima, 1960; 1966).

Provavelmente, as matas serranas tiveram seu início nos períodos interglaciais durante o Terciário e Quaternário, o qual o clima costumava ser mais úmido, o que permitiu a amplificação dos domínios atlântico e amazônico para o nordeste oriental, que com a alteração do clima, que passou a ser mais seco nos períodos glaciais, a vegetação mais seca se expandiu à medida que as outras diminuíram, isolando algumas manchas de vegetação úmida em locais elevados ou em topos de serras, formando refúgios vegetacionais (Bigarella, 1975).

Locais elevados, como os brejos pernambucanos, ou serras isoladas possuem temperaturas mais baixas e maior índice de precipitação, uma vez que o fator da altitude e exposição à massas de ar úmidas são responsáveis por formarem um microclima nesses locais (Andrade & Lins, 1965).

Por serem uma exceção dentro do clima do semiárido, os brejos se tornaram regiões de interesse da população pernambucana desde o período de colonização, principalmente porque esses locais apresentam condições propícias para agricultura (Sales, Mayo & Rodal, 1988). Dessa forma, as áreas de floresta serranas primárias foram diminuindo de acordo com o progresso da ocupação desses locais pela crescente população de Pernambuco, estima-se que a área dessas florestas atualmente seja apenas de 5% do que costuma ser a sua extensão original (Sales, Mayo & Rodal, 1988).

Até o ano de 2004, apenas 0,54% da área coberta por brejos eram protegidas por unidades de conservação (Siqueira-Filho et al., 2004). Pernambuco e Paraíba são os estados do nordeste que abrigam o maior número de regiões de brejo de altitude, sendo Pernambuco com pelo menos 23 regiões principais (Sobrinho, 1971).

De acordo com Siqueira-Filho et al. (2004) as unidades de conservação criadas em regiões de brejo de altitude de pernambuco são: Serra Negra de Floresta (Floresta, Inajá e Tacaratu), Serra Negra de Bezerros (Bezerros), Parque Ecológico Professor João Vasconcelos Sobrinho (Caruaru), Reserva Ecológica Municipal (Bonito), Mata do Estado (São Vicente Férrer) e Bituri (Brejo da Madre de Deus) (Siqueira-Filho et al., 2004). Segundo a Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH), o estado ganhou pelo menos mais duas unidades de conservação: Cabeceiras do Capibaribe (Jataúba e Poção) e Mata do Bitury (Belo Jardim e Brejo da Madre de Deus).

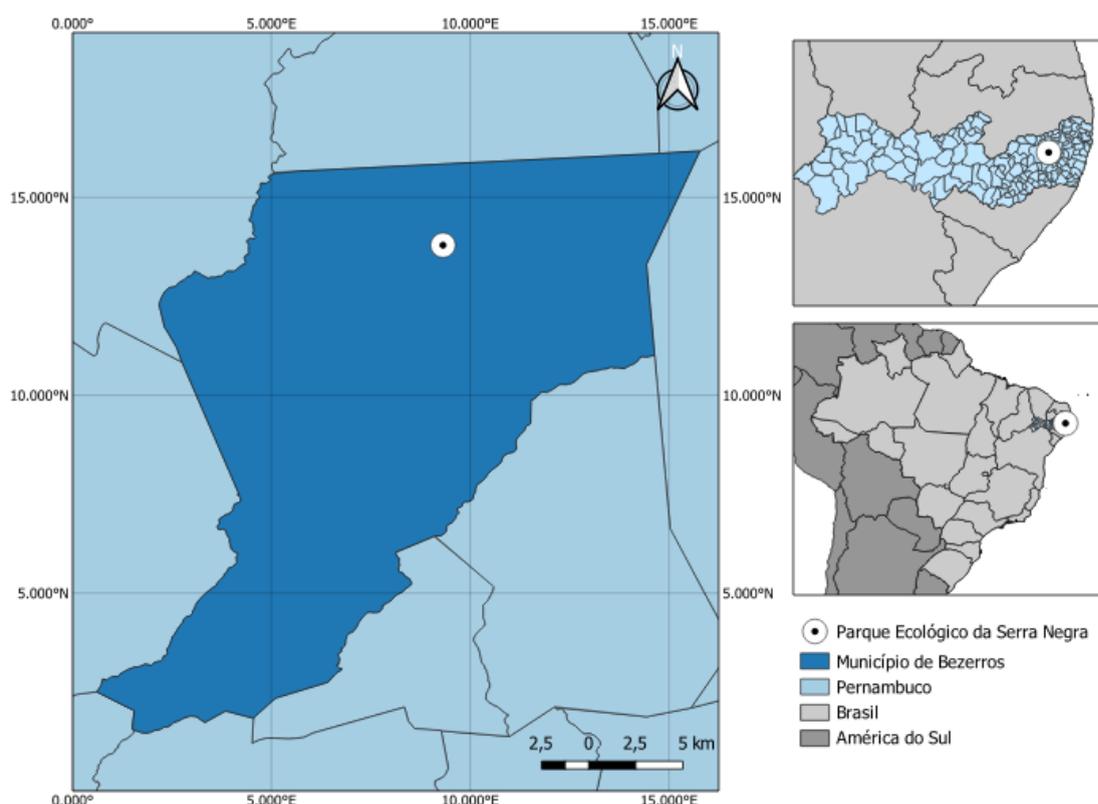
4 METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

As coletas foram realizadas no Parque Ecológico da Serra Negra, uma região de brejo de altitude localizada no município de Bezerros, estado de Pernambuco (Figura 1). O município de Bezerros fica a 102 km da capital do estado, presente na microrregião do Vale do Ipojuca, Agreste de Pernambuco (Xavier & Barros, 2003). O Parque é uma unidade de conservação municipal integral que foi instituído no ano de 1989 pelo Decreto Municipal 036/1989 (Díaz et al., 2017).

A região do Parque Ecológico da Serra Negra apresenta grande variação ambiental, com a presença de afloramentos rochosos. A vegetação original do local é do tipo subcaducifólia, caducifólia e caducifólia com áreas de transição com a caatinga hipoxerófila (Rodrigues et al., 2008). O período chuvoso na região ocorre de março a julho e a média térmica anual é de 22,6°C (Díaz et al., 2017).

Figura 1 – Localização do Parque Ecológico da Serra Negra, município de Bezerros, estado de Pernambuco, Brasil.

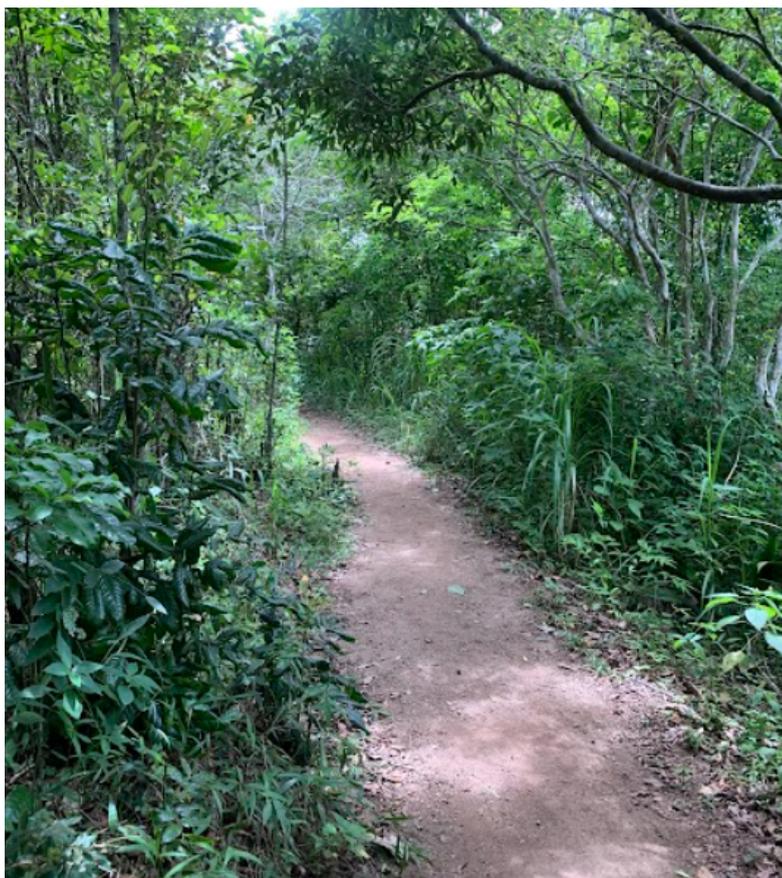


Fonte: A autora (2023).

4.2 Coleta das galhas

Ao total foram realizadas duas coletas nos meses de janeiro e abril do ano de 2023. As coletas foram realizadas ao longo da trilha principal do Parque Ecológico da Serra Negra (Figura 2) com um esforço amostral de 3 horas para cada coleta, totalizando, aproximadamente, seis horas de esforço amostral. Todos os tipos arquitetônicos de plantas de até dois metros de altura foram vistoriadas, incluindo árvores, arbustos, lianas e herbáceas. Todas as plantas contendo galhas foram fotografadas e tiveram partes coletadas, incluindo flores e frutos, quando presentes, armazenadas em sacos plásticos e levadas para triagem no Laboratório de Interações Multitróficas (LIM-UFPE).

Figura 2 – Trilha do Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros, Pernambuco.



Fonte: A autora (2023).

4.3 Caracterização

No laboratório, realizou-se a caracterização das galhas, desde a identificação dos morfotipos até outros caracteres, como cor, órgão que estavam inseridas, pubescência e ocorrência, além da localização das galhas na folha, as quais podem estar inseridas na região basal, medial e/ou apical. A caracterização do morfotipo foi realizada com base em Isaias et al. (2013).

Subseqüentemente, os órgãos galhados foram armazenados individualmente no laboratório em sacos plásticos com vedação, do tipo Ziploc, os quais foram etiquetados e separados em morfoespécies. O material ficou nos sacos Ziploc por alguns dias para a obtenção dos insetos indutores ou fauna associada, as galhas foram dissecadas e os organismos obtidos foram colocados em tubos de Eppendorf com álcool 70%, estes foram etiquetados e serão enviados uma para posterior identificação por um especialista.

4.4 *Morfoanatomia*

O material botânico coletado foi destinado às análises morfoanatômicas realizadas no Laboratório de Anatomia Vegetal (Laveg-UFPE), o qual foi fixado em FAA 50 (formaldeído, ácido acético e álcool etílico) por 48 horas e preservado em etanol 70% (Johansen, 1940).

O material fixado e armazenado em etanol 70%, foi submetido à cortes transversais à mão com auxílio de giletes, na região mediana das galhas, os quais foram clarificados com hipoclorito de sódio (água sanitária), lavados em água destilada três vezes e em seguida foram neutralizados em uma solução de ácido acético 2% e, por fim, corados com safranina e azul de Alcian (Bukatsch, 1972, modificado). Tais cortes foram montados em lâminas semi-permanentes com glicerina 50% (Purvis, Collier & WallS, 1964). Essa técnica foi utilizada para análise geral da estrutura morfoanatômica e descrição das galhas.

4.5 *Análise dos dados*

A partir da obtenção dos dados de riqueza e abundância da área amostrada durante os meses de janeiro e abril, calculou-se o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') e o índice de similaridade de Jaccard. Para isso foi utilizado o software R versão 4.3.1.

Para ilustrar a sobreposição dos tipos de galhas durante os meses analisados, foi elaborado um diagrama de Venn (Magurran, 2011).

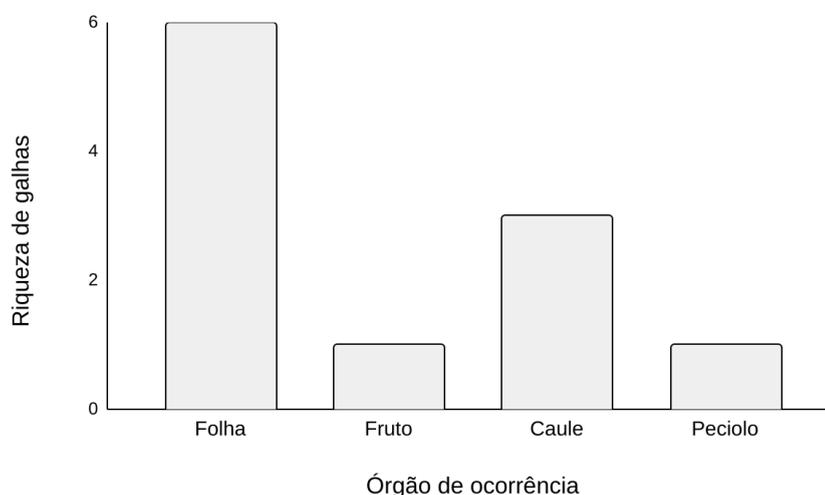
5 RESULTADOS

5.1 Caracterização

Foram coletadas 2.608 galhas no total, distribuídas em onze tipos de galhas, coletadas em oito espécies de plantas hospedeiras classificadas em seis famílias botânicas identificadas (Tabela 1). Devido a ausência de frutos e flores da maioria das plantas hospedeiras no momento das coletas, não foi possível a identificação de todas elas a nível de espécie.

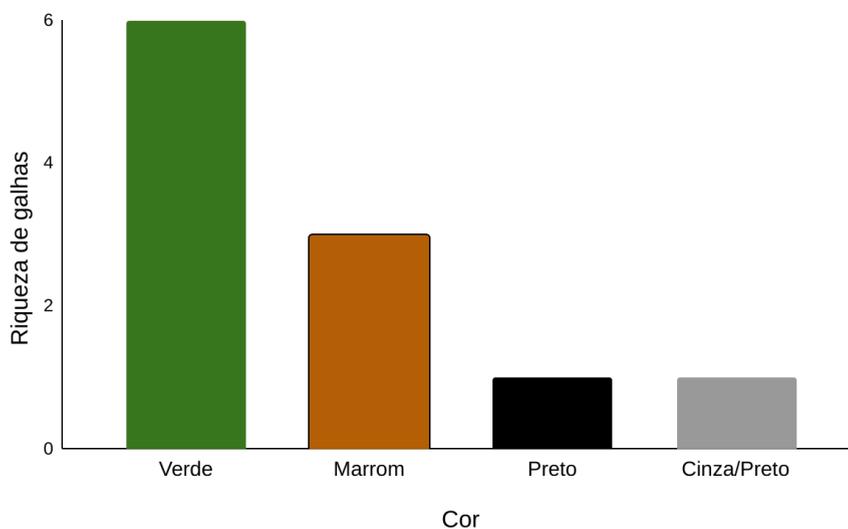
Metade das plantas hospedeiras eram arbustivas (50%), sendo o restante árvores (25%) e herbáceas (25%). As galhas coletadas, estavam em diferentes estágios de desenvolvimento, havendo galhas abertas ou fechadas, pertencentes a quatro diferentes morfotipos: fusiforme, globóide, lenticular e cônica. A maior parte das galhas ocorreram em folhas (54,5%), seguidas por galhas em caules (27,3%), pecíolos (9,1%) e frutos (9,1%), (Gráfico 1). Quanto à cor (Gráfico 2), a maioria eram verdes (54,5%) e marrons (27,3%), as menos frequentes foram de cor preta e cinza/preto, as quais juntas totalizaram 18,2%. A maioria das galhas eram de ocorrência isolada (63,6%) e não apresentaram pubescência (90,9%). Os morfotipos mais frequentes foram (Gráfico 3) fusiforme (45,5%) e globóide (36,4%), enquanto que os menos comuns foram os morfotipos lenticular (9,1%) e cônico (9,1%). Quanto à quantidade de lóculos, a grande maioria apresentou apenas um.

Gráfico 1 – Riqueza de galhas entomógenas por órgão vegetal acometido, em uma região de brejo de altitude no Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros, Pernambuco.



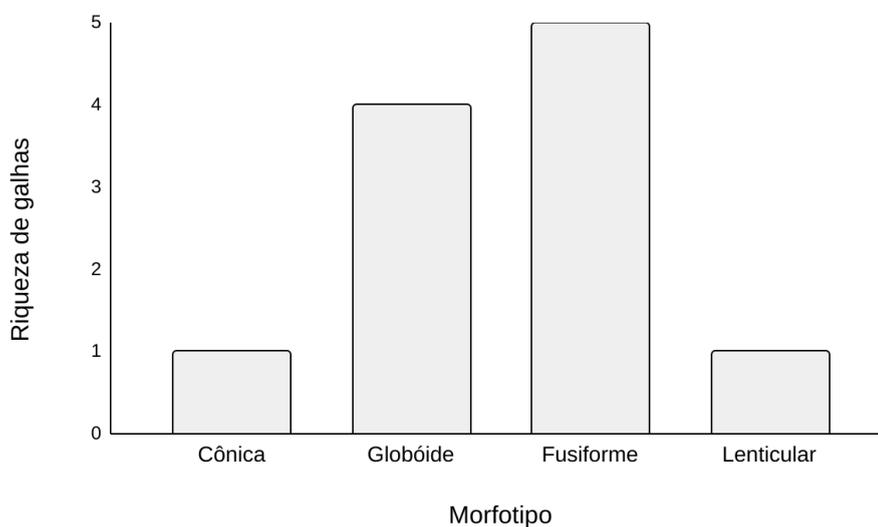
Fonte: A autora (2023).

Gráfico 2 – Riqueza de galhas entomógenas encontradas quanto a cor em uma região de brejo de altitude no Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros, Pernambuco.



Fonte: A autora (2023).

Gráfico 3 – Riqueza dos morfotipos de galhas encontradas em uma região de brejo de altitude no Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros, Pernambuco.

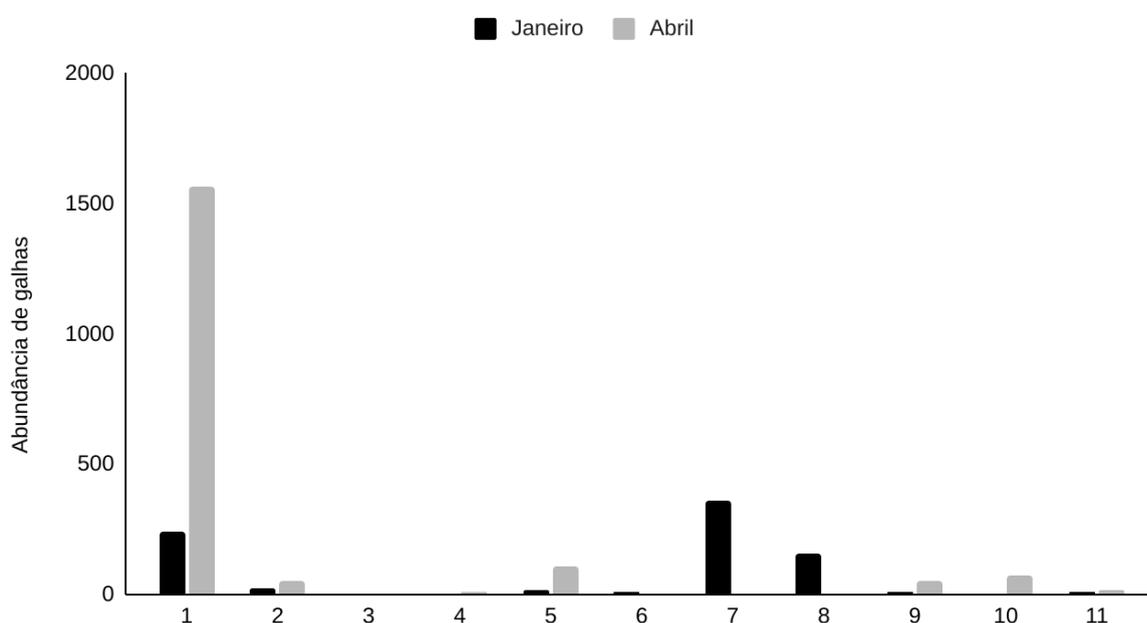


Fonte: A autora (2023).

As galhas foliares de *Aspidosperma cuspa* (Kunth) S. F. Blake (Figura 3.2) tiveram a maior abundância dentre as demais (Gráfico 4), totalizando 1.801 galhas, com uma maior abundância registrada na segunda coleta, mês de abril, o qual contabilizou-se 1.562 galhas. A menor abundância foi registrada nas galhas

caulinares de *Vernonia* sp. (Figura 3.1) com apenas três galhas caulinares coletadas no total.

Gráfico 4 – Abundância dos tipos de galhas encontradas em uma região de brejo de altitude no Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros, Pernambuco. Legenda eixo x: 1) *Aspidosperma cuspa* GF; 2) *Aspidosperma cuspa* GR; 3) *Vernonia* sp. GC; 4) Bromeliaceae sp. 1 GF; 5) *Erythroxylum* sp. GC; 6) Myrtaceae sp. 1 GF; 7) *Ouratea* sp. GF; 8) Não identificada sp. 1 GF; 9) Não identificada sp. 2 GF; 10) Não identificada sp. 2 GC; 11) Não identificada sp. 2 GP. GF-galha foliar, GR-Galha de órgão reprodutivo (fruto), GC-galha caular e GP-galha peciolar.



Fonte: A autora (2023).

A espécie que apresentou a maior abundância de galhas por folha dentre as oito espécies até a presente data não foi identificada (morfotipo sp. 1), aguardando material reprodutivo para enviar a especialista (Figura 3.11), onde com apenas sete folhas contendo galhas coletadas, foram contabilizadas o total de 157, tendo uma média de 22,42 galhas por folha, seguida da *Ouratea* sp. (Figura 3.10) com uma média de 11,34 galhas por folha.

Em relação a distribuição das galhas no limbo foliar, a fim de analisar o sítio de preferência do inseto indutor, todas as espécies com galhas foliares tiveram uma maior concentração de galhas na região medial da folha. Em *Aspidosperma cuspa* (Figura 3.2), a maioria das galhas, cerca de 66,8%, estavam na região medial, a

região apical e basal tiveram 16,7 e 16,5, respectivamente, observou-se também que as galhas ocorriam em cima das nervação das folhas. *Ouratea* sp. (Figura 3.10) teve o total de 261 galhas, 50,95% na região medial, 30,65% na apical e 18,40% na basal. O morfotipo sp. 1 (Figura 3.11) teve 42,04% das galhas ocorrendo na região medial, 36,94% na basal e 21,02% na apical. Quanto às galhas foliares do morfotipo sp. 2 (Figura 3.12), houve uma maior concentração de galhas na região medial (71,4%), seguido da região basal (21,4%) e uma menor quantidade na região apical (7,1%), a grande maioria das galhas ocorreram na nervura central da folha. As demais espécies de plantas hospedeiras com a presença de galhas foliares, Bromeliaceae sp. 1 (Figura 3.4) e Myrtaceae sp. 1 (Figura 3.7), não tiveram material suficiente para analisar a distribuição das galhas ao longo do limbo foliar.

Figura 3 – 1-15. Tipos de galhas entomógenas encontradas no Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros, Pernambuco. 1) *Vernonia* sp.; 2) *Aspidosperma cuspa*; 3) *Aspidosperma cuspa*; 4) Bromeliaceae sp. 1 face abaxial; 5) Bromeliaceae sp. 1 face adaxial; 6) *Erythroxylum* sp.; 7) Myrtaceae sp. 1 face abaxial; 8) *Ouratea* sp. face adaxial; 9-10) *Ouratea* sp. face abaxial; 11) Não identificada sp. 1 face abaxial; 12) Não identificada sp. 2 face abaxial; 13) Não identificada sp. 2; 14) Não identificada sp. 2; 15) Não identificada sp. 2. Fotos 6, 7, 8 e 9 tiradas com aumento de um estereomicroscópio.



Fonte: A autora (2023).

Tabela 1 – Caracterização das galhas entomógenas e plantas hospedeiras encontradas em uma região de brejo de altitude localizada no Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros, Pernambuco, 2023.

Planta hospedeira			Morfologia da galha						
Família	Espécie	Arquitetura	Órgão	Cor	Morfotipo	Pubescência	Ocorrência	Lóculos	Figura
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cuspa</i> (Kunth) S. F. Blake	Árvore	Folha	Verde	Lenticular	Glabra	Isolada	Unilocular	3.2
			Fruto	Marron	Fusiforme	Glabra	Agrupada	Unilocular	3.3
Asteraceae	<i>Vernonia</i> sp. Schreb.	Herbácea	Caule	Verde	Fusiforme	Glabra	Isolada	Unilocular	3.1
Bromeliaceae	Bromeliaceae sp. 1	Herbácea	Folha	Marron	Globóide	Glabra	Isolada	-	3.4-5
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i> sp. P. Browne	Arbusto	Caule	Verde	Globóide	Glabra	Isolada	Unilocular	3.6
Myrtaceae	Myrtaceae sp. 1	Arbusto	Folha	Preto	Globóide	Glabra	Isolada	Unilocular	3.7
Ochnaceae	<i>Ouratea</i> sp. Aubl.	Arbusto	Folha	Verde	Cônica	Glabra	Agrupada	Unilocular	3.8-10
Não identificada	Não identificada sp. 1	Arbusto	Folha	Cinza/ Preto	Globóide	Pilosa	Isolada	Unilocular	3.11
Não identificada	Não identificada sp. 2	Árvore	Folha	Verde	Fusiforme	Glabra	Agrupada	Unilocular	3.12
			Caule	Marron	Fusiforme	Glabra	Agrupada	Multilocular	3.14

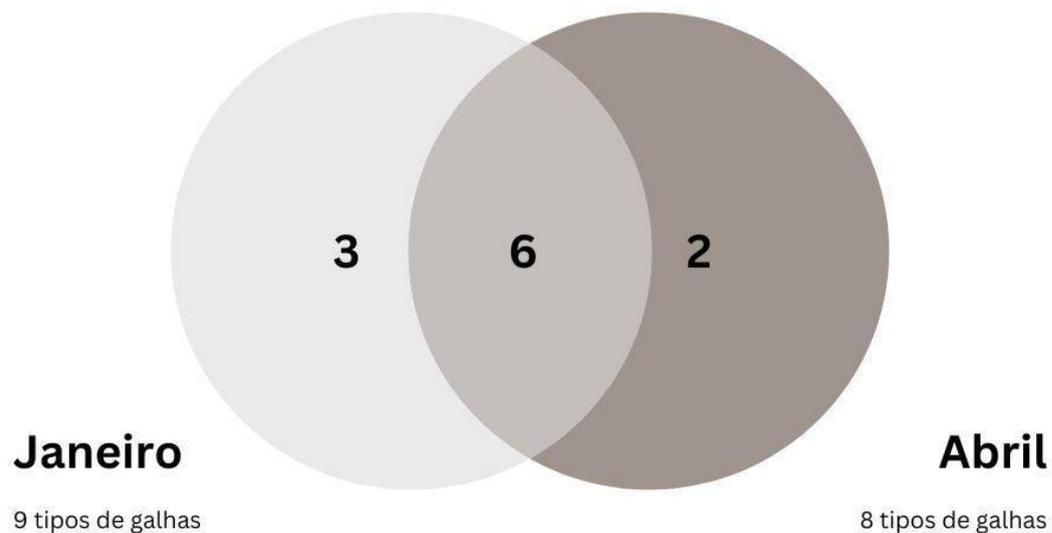
Planta hospedeira	Morfologia da galha					
	Pecíolo	Verde	Fusiforme	Glabra	Isolada	Unilocular 3.13;3.15

Fonte: A autora (2023).

A diversidade de galhas foi maior no mês de janeiro, com um índice de Shannon de 1,401, já na coleta realizada em abril, a diversidade foi bem menor, com um índice de 0,721, uma vez que a abundância de galhas foliares de *Aspidosperma cuspa* registrou um valor muito alto em relação às outras espécies.

Quanto à riqueza de galhas entre as coletas (Figura 4), no mês de janeiro encontraram-se nove tipos diferentes de galhas, sendo três dessas exclusivas, as quais foram Myrtaceae sp. 1 (Figura 3.7), *Ouratea* sp. 2 (Figura 3.10) e morfotipo sp.1 (Figura 3.11). Em Abril, a contagem foi semelhante, dentre os oito tipos de galhas encontradas, seis estavam presentes no mês de janeiro, sendo apenas duas exclusivas, as galhas caulinares do morfotipo (sp.2) não identificada (Figura 3.14) e *Vernonia* sp. (Figura 3.1). Ao calcular o índice de Jaccard obteve-se o resultado de 0,545, o que significa que 54,5% dos tipos de galhas são comuns em ambos os meses.

Figura 4 – Diagrama de Venn construído com base na variedade de galhas exclusivas e compartilhadas entre os meses de janeiro e abril de 2023, coletadas em uma região de brejo de altitude no Parque Ecológico da Serra Negra, município de Bezerros, Pernambuco.



Fonte: A autora (2023).

Apenas três, dos onze tipos galhas, tiveram a provável ordem do inseto indutor identificada (Tabela 2), isso ocorreu devido a maioria das galhas coletadas já

estarem vazias ou com a presença do indutor ainda em fase larval, o que dificulta a identificação, com isso, as ordens identificadas foram as quais o indutor ou fauna associada à galha se encontrava praticamente desenvolvidos.

Tabela 2 – Insetos indutores e fauna associada encontrados no Parque Ecológico da Serra Negra, Pernambuco, Brasil.

Planta hospedeira	Órgão	Indutor provável	Fauna Associada
<i>Aspidosperma cuspa</i> (Kunth) S.F.	Folha	Cecidomyiidae	-
Blake	Fruto	Cecidomyiidae	Membracidae
<i>Vernonia</i> sp. Schreb.	Caule	Lepidoptera	-
Bromeliaceae sp. 1	Folha	-	-
<i>Erythroxylum</i> sp. P. Browne	Caule	Não identificado	Hymenoptera
Myrtaceae sp. 1	Folha	-	-
<i>Ouratea</i> sp. Aubl.	Folha	Não identificado	-
Não identificada sp. 1	Folha	-	Hymenoptera
	Folha	Não identificado	-
Não identificada sp. 2	Caule	Não identificado	Formicidae
	Pecíolo	Não identificado	-

Fonte: A autora (2023).

5.2 Morfoanatomia

Devido a quantidade limitante de material botânico de algumas galhas, apenas sete tipos tiveram as estruturas dos seus tecidos descritas a partir das análises morfoanatômicas. As análises realizadas através dos cortes possibilitaram identificar que as galhas foliares de *Ouratea* sp. e do morfotipo sp. 2. Essas galhas apresentaram-se constituídas por tecidos, em sua maioria, com paredes espessadas (Figs. 5A-F). O sistema de revestimento dessas galhas é formado por uma epiderme unisseriada revestida por uma cutícula visualmente espessa, enquanto a periferia que inclui a região cortical e as camadas adjacentes à câmara larval, são formadas

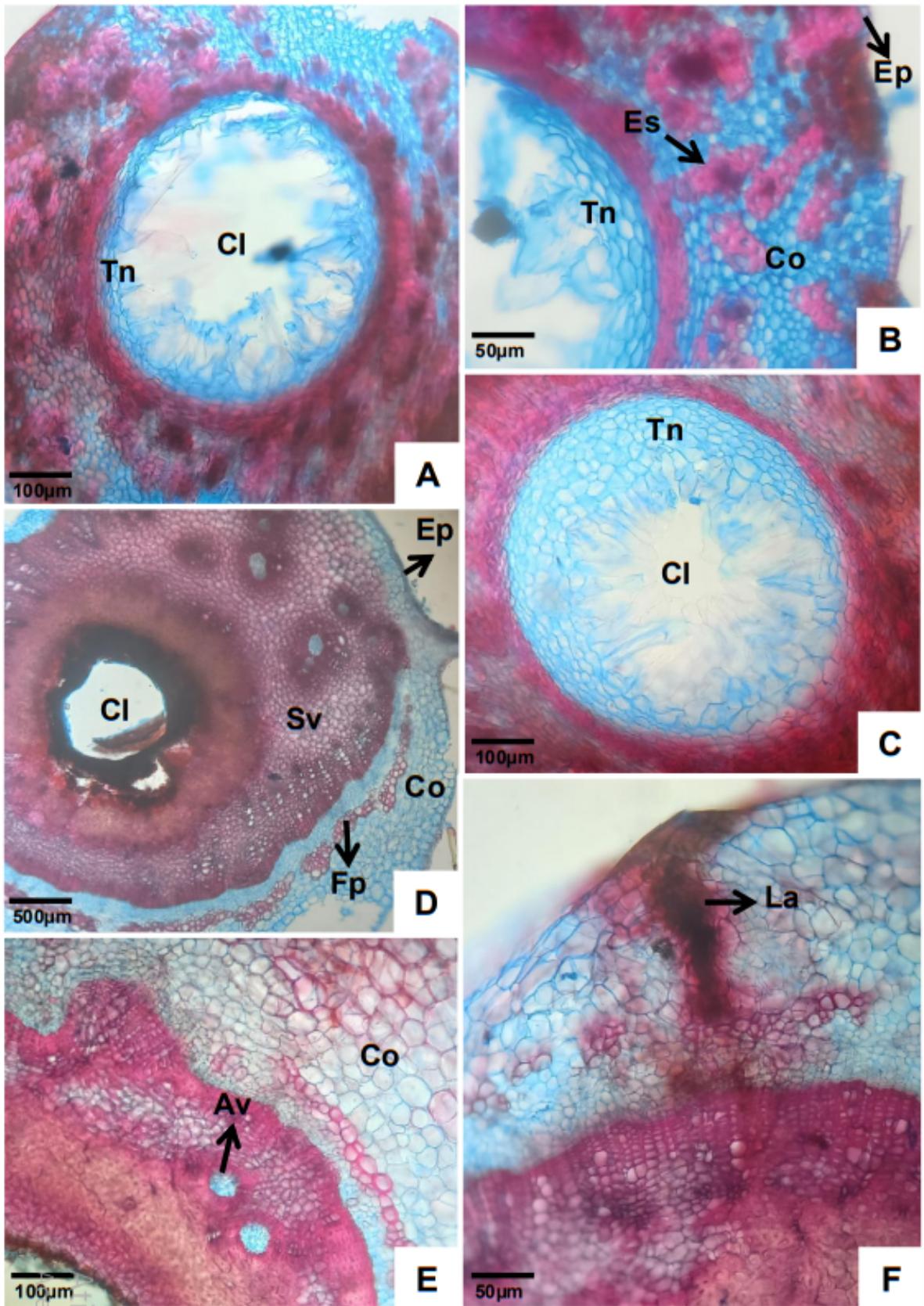
por esclereídes que se encontram em maior número nos estágios mais avançados do desenvolvimento (Figs. 5B, 5D). Feixes vasculares colaterais também foram encontrados nessa região em *Ouratea* sp., enquanto em morfotipo sp. 2, inicialmente, se observa um sistema vascular cilíndrico semelhante ao que se observa em nos anéis de crescimento de muitas eudicotiledôneas com crescimento secundário (Figs. 5B, 5D-F).

Em *Ouratea* sp. foi verificada a ocorrência de diversos estágios de desenvolvimento da galha sendo notadas modificações no tecido parenquimático presente na câmara larval, que se degenera indicando ser este o tecido nutritivo que é utilizado pelo animal durante seu desenvolvimento ou permanência na estrutura (Figs. 5A-C). Já no morfotipo sp. 2, a galha que se origina, em sua maioria, na nervura principal das folhas, apresentou locais que indicam o possível acesso do animal indutor à estrutura vegetal, as quais se estendem da periferia ao centro da galha (câmara larval), sendo observadas alterações nos tecidos vasculares da galha, com a formação de possíveis feixes anfigasais (Fig. 5E). Além disso, as células adjacentes à câmara larval sofrem morte celular e adquirem aspecto similar à periderme formada pelo felogênio em caules e raízes (Fig. 5D).

Figura 5 – A-F. Secções transversais de galhas foliares de *Ouratea* sp. (A-C) e morfotipo sp. 2 (D-F).

A-C. Destacando o aumento da quantidade de esclereídes (Es) e o desenvolvimento do tecido nutritivo (Tn). D-F. Evidencia a ocorrência dos tecidos com o surgimento de feixes anfigasais (Av), além da presença de locais de acesso do animal (La) ao interior da galha e da câmara larval (Cl).

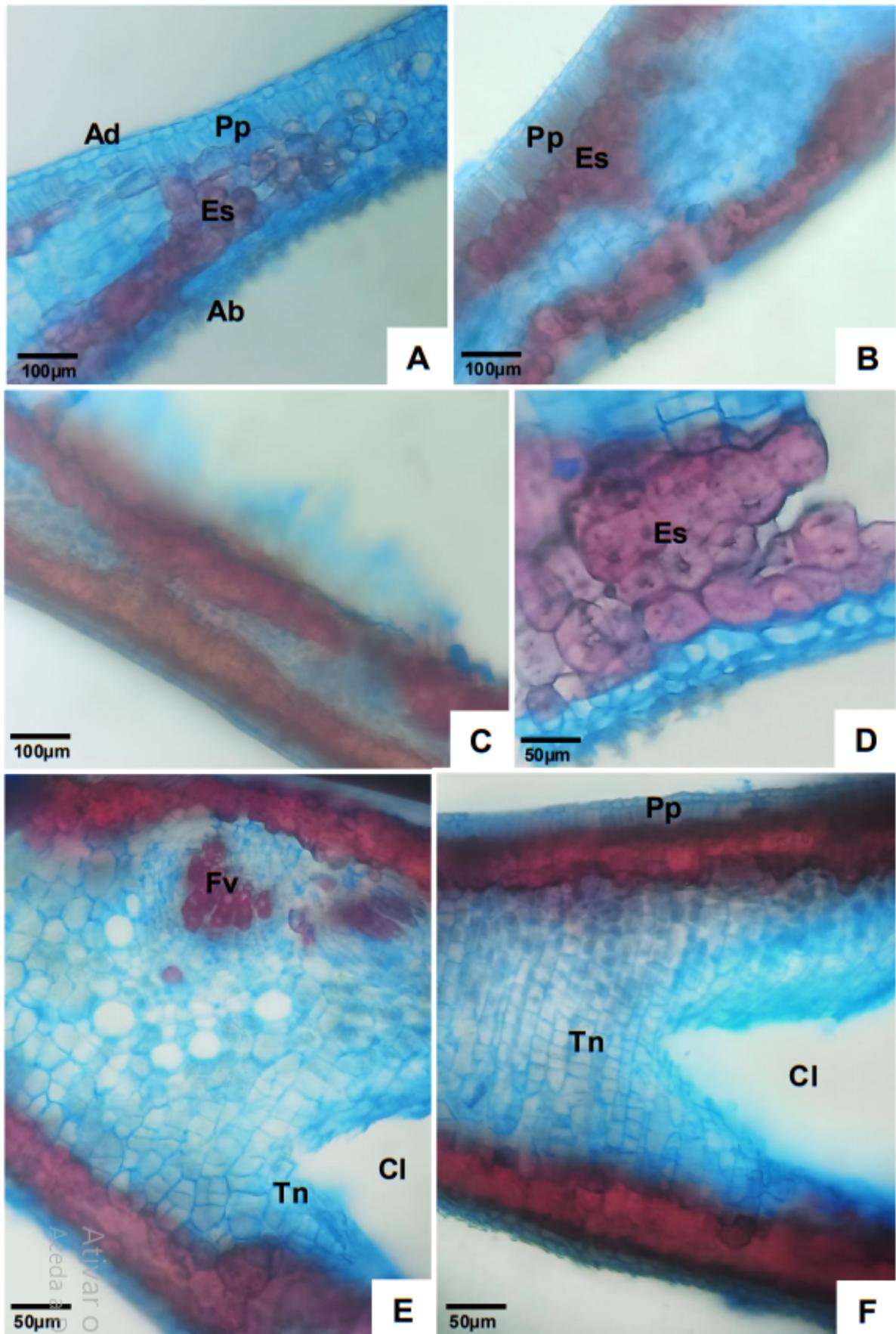
Co-Córtex; Es-Esclereídes Células; Ep-Epiderme; Fp-Fibras pericíclicas; Sv-Sistema vascular.



Fonte: A autora (2023).

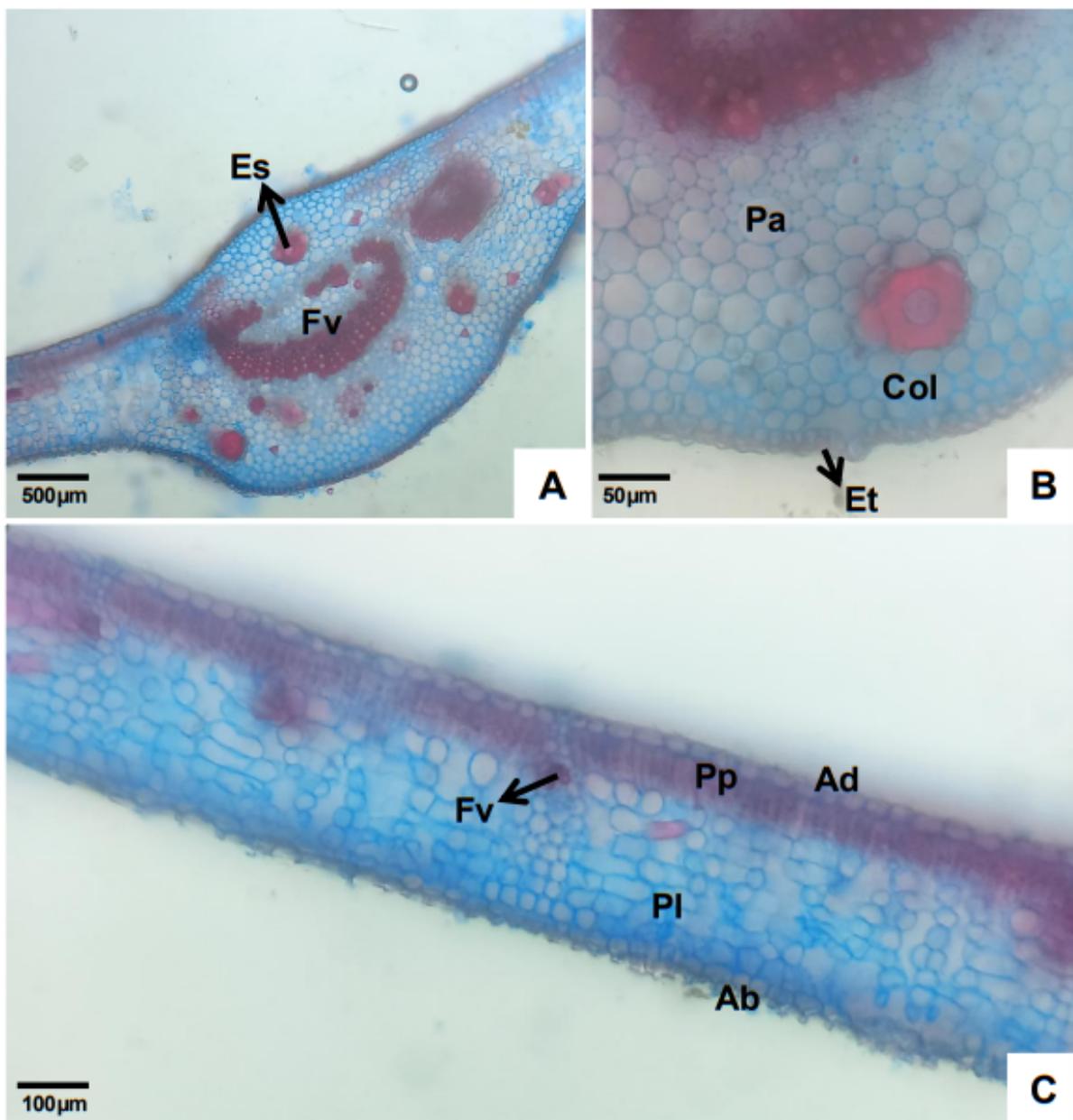
A anatomia da galha foliar de *Aspidosperma cuspa*, mostrou que a interação planta-animal induz modificações na estrutura foliar produzindo a galha a partir do parênquima clorofiliano da folha (Figs. 6-7). Esse tecido torna-se espessado e contém esclereídes em sua periferia, enquanto que a região central da galha, a câmara larval, surge por separação de células formando a respectiva cavidade que permanece com células não espessadas onde foi encontrado o animal em diversos cortes (Figs. 6A-F). A folha não galhada, por sua vez, é hipoestomática e apresenta epiderme unisseriada, revestida por uma cutícula espessa, nervura contendo colênquima e feixe vascular em arco semiaberto, presença de esclereídes, mesofilo dorsiventral com uma camada de parênquima paliçádico e 5-6 de parênquima lacunoso (Figs. 7A-C).

Figura 6 – A-F. Secções transversais da galha foliar de *Aspidosperma cuspa*, destacando o desenvolvimento da câmara larval (Cl) e as modificações foliares com o surgimento de esclereídes (Es) ao longo de toda a lâmina foliar. Notar o desenvolvimento das esclereídes (Es) imediatamente abaixo do parênquima paliçádico (Pp). Ab-Face abaxial; Ad-Face adaxial; Fv-Feixe vascular; Pl-Parênquima lacunoso; Tn-Tecido nutritivo.



Fonte: A autora (2023).

Figura 7 – A-C. Secções transversais da folha não galhada de *Aspidosperma cuspa*. A. Nervura central destacando a presença de feixe vascular semiaberto (Fv). B. Detalhe da nervura central mostrando o colênquima (Col), células de parênquima (Pa) e um estômato (Et). Ab-Face abaxial; Ad-Face adaxial; Es-Esclerênquima; Fv-Feixe vascular; Pl-Parênquima lacunoso.

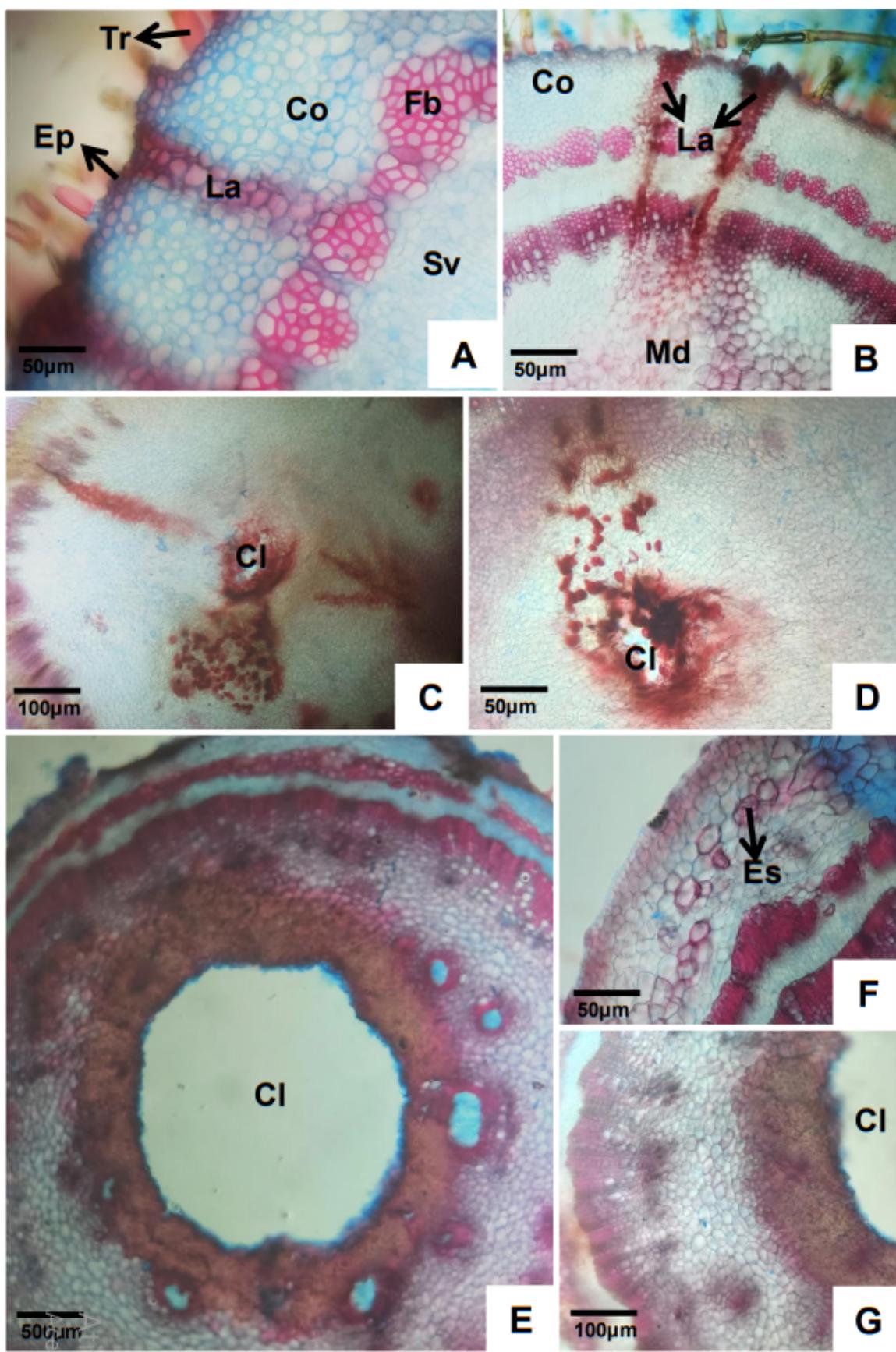


Fonte: A autora (2023).

Já as galhas caulinares do morfotipo sp. 2 e *Erythroxylum* sp. apresentam processo de formação bastante similar àquele visto na galha foliar da não identificada sp. 2, onde são identificados locais de acesso do animal que perpassam os tecidos da periferia da estrutura ao centro do caule (Figs. 8A-G). O processo de

formação dessas galhas, utilizam os tecidos caulinares constituindo regiões de proteção e nutrição através da modificação de uma pequena porção caulinar para produzir a câmara larval (Figs. 8A-D). Tanto os caules do morfotipo sp. 2 como *Erythroxyllum* sp. apresentam uma estrutura bastante jovem, com uma epiderme unisseriada contendo inúmeros tricomas não secretores no morfotipo sp. 2 e pouco em *Erythroxyllum* sp., uma região cortical parenquimática, camadas de fibras pericíclicas e um sistema vascular organizado em um cilindro vascular (Figs. 8A e 8F). Quando são galhados, o caule do morfotipo sp. 2 apresenta leves modificações no parênquima medular, formando a câmara larval que contém células mortas (Figs. 8C-D), enquanto que *Erythroxyllum* sp. apresenta maiores modificações no parênquima cortical e medular que se tornam altamente espessados contendo esclereídes (Figs. 8E-G).

Figura 8 – A-G. Secções transversais das galhas caulinares da espécie morfotipo sp. 2 e *Erythroxyllum* sp. A-C. Estrutura anatômica caulinar da galha da espécie não identificada sp. 2 destacando a presença da epiderme unisseriada (Ep) contendo tricomas (Tr), córtex (Co) formado por parênquima onde se observam locais de acesso do animal (La) ao caule e a câmara larval (Cl). E-G. *Erythroxyllum* sp. mostrando a estrutura caulinar modificada pela presença do animal destacando o aumento da presença de esclereídes (vermelhas, Lg). Fb-Fibras pericíclicas; Md-Região medular; Sv-Sistema vascular.

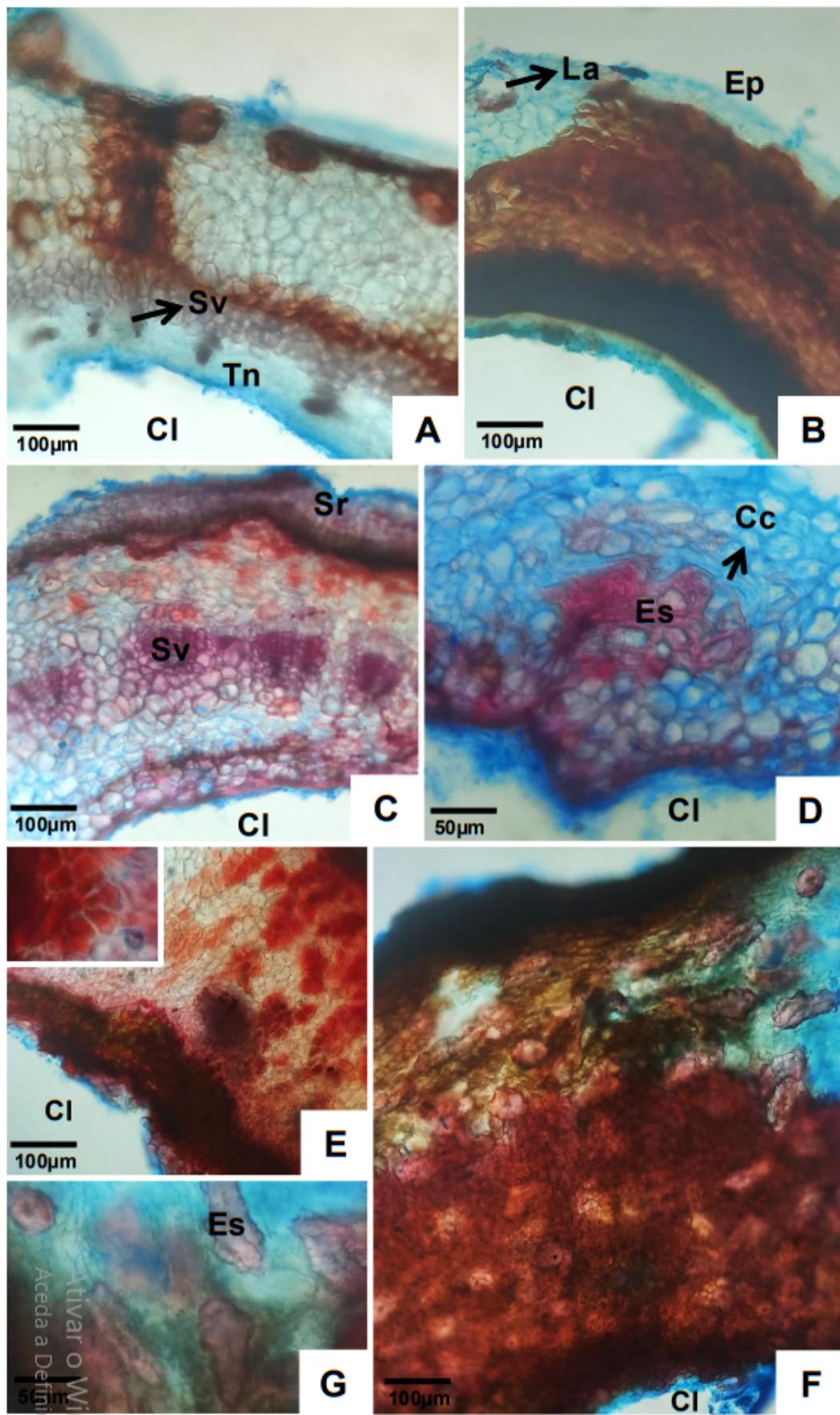


Fonte: A autora (2023).

As galhas foliares de *Myrtaceae* sp., apresentaram estrutura anatômica bem parecida às do morfotipo sp. 2 e *Erythroxylum* sp., porém foram verificadas cavidades na periferia que indicam locais de acesso do animal aos tecidos internos na da estrutura, além disso, os tecidos adjacentes à câmara larval não se tornam espessos e mortos, ao contrário é um tecido parenquimático similar àquele observado na galha foliar de *Ouratea* sp. (Figs. 9A-B).

A única galha presente em órgão reprodutivo avaliada, foi observada em *Aspidosperma cuspa*, certamente constitui um estágio avançado de desenvolvimento – senescência – já que é possível constatar a ocorrência de grande quantidade de células colapsadas desde a periferia ao centro da estrutura, nela nota-se a presença de um tecido de revestimento semelhante a uma periderme (Figs. 9C-F). O córtex é formado por células de parênquima contendo idioblastos, bem como inúmeras células espessadas similares às esclereídes que se estendem à câmara larval que se encontrava vazia em todos os cortes realizados (Figs. 9C-F). O sistema vascular formado por feixes colaterais (Fig. 9C).

Figura 9 – A-B. Secções transversais das galhas foliares de *Myrtaceae* sp. C-F. Cortes transversais das galhas reprodutivas (fruto) de *Aspidosperma cuspa*. C. Sistema de revestimento, (Sr) tecido nutritivo (Tn) e sistema vascular formado por feixes colaterais (Sv). E. Tecidos parenquimáticos ricos em idioblastos. D-F. Notar a ocorrência de células colapsadas (Cc) e a evolução do aumento do número de esclereídes (Es). Cl-Câmara larval; Ep-Epiderme.



Fonte: A autora (2023).

6 DISCUSSÃO

6.1 Caracterização

O presente estudo é o primeiro a ser realizado com galhas entomógenas que não visam apenas fazer um inventário das espécies hospedeiras que ocorrem em brejos, mas analisa e descreve a morfoanatomia. O primeiro trabalho foi publicado por Santos, Almeida-Cortez e Fernandez (2011), no qual além da Serra Negra de Bezerros, estudou-se também outras seis regiões de brejos de altitude. A riqueza de insetos galhadores para o Brejo de Serra Negra encontrada por eles foi de oito espécies, considerando que o número de tipos de galhas possa ser representativo da riqueza de insetos galhadores, o presente estudo apresenta um número semelhante, com o total de onze tipos diferentes de galhas amostradas.

A riqueza de galhas foi baixa quando comparada com estudos em outras regiões (Araújo et al., 2012; Carvalho-Fernandez, Almeida-Cortez & Ferreira, 2012; Rodrigues, Silva & Maia, 2021). O resultado do estudo pode estar associado com diferenças na metodologia, esforço amostral e extensão da área de estudo. Segundo Lemos (2020) a Serra Negra de Bezerros sofreu uma série de ações antrópicas nos últimos anos, no qual a região passou por um grande aumento nas atividades turísticas que tiveram o seu início efetivo entre 1990-2000, intensificando as atividades do setor imobiliário que passou a investir em construções como pousadas, casas de veraneio, chalés e construções que visam a atração de turistas, como restaurantes e locais de eventos, atividades estas que resultou a diminuição da cobertura vegetal da região.

Das galhas inventariadas neste estudo, todas as famílias e gêneros já haviam registros de ocorrência de galhas. As famílias Asteraceae, Erythroxylaceae e Myrtaceae se destacam entre as plantas com a maior riqueza de galhas (Monteiro et al., 1994; Monteiro et al., 2004; ; Santos, Almeida-Cortez & Fernandez, 2011; Mendonça et al., 2014; Grandez-Rios et al., 2015). Apesar de haver estudos que registram a ocorrência de galhas em espécies de *Aspidosperma*, nenhum trabalho relacionado à galhas em *Aspidosperma cuspa* foi encontrado (Christiano, 2002; Formiga et al., 2009; Isaias et al., 2012; Martini et al., 2017).

Com base no inventário realizado por Santos, Almeida-Cortez e Fernandez (2011) em regiões de brejos de altitude, apenas as galhas de Bromeliaceae sp.

possuem semelhança com uma das galhas fotografadas por eles da mesma família, mas sem identificação do indutor.

Assim como em outros estudos, as galhas ocorreram predominantemente nas folhas das suas plantas hospedeiras (Fernandes, Tameirão & Martins, 1988; Carvalho-Fernandez, Almeida-Cortez & Ferreira, 2012). De acordo com Mani (1964), na América do Sul, aproximadamente 70% das galhas são registradas em folhas. Os morfotipos fusiforme e globóides foram os mais frequentes neste estudo, conforme Isaias et al. (2013), o morfotipo globóide é o mais predominante nos inventários de galhas realizados para as regiões neotropicais. A preferência de oviposição na região média da folha coincidiu com os resultados de alguns outros estudos (Santos-Mendonça et al, 2007; Malta, 2010; Almeida, 2013).

O maior número de plantas hospedeiras de galhas de hábito arbustivo, seguido por herbáceo e arbóreo, que contabilizaram o mesmo número, corrobora com resultados de estudos anteriores (Gonçalves-Alvim & Fernandes, 2001; Brito et al., 2018). Essa tendência pode estar ligada a estrutura da planta, plantas com estruturas mais complexas são muito variáveis quanto a sua anatomia e composição química, com isso, os insetos herbívoros podem ter diferentes possibilidades de micro-habitats (Fernandes & Price, 1988).

Quanto à cor, a maioria se apresentou nas cores verde e marrom, a maior parte das galhas verdes correspondiam a cor dos órgãos vegetais as quais estavam inseridas, como folhas e caules (Santos & Araújo, 2010; Santos, Almeida-Cortez & Fernandez, 2011). O predomínio de galhas sem pubescência coincide com outros estudos, onde a presença de tricomas revestindo a superfície da galha é uma característica presente na minoria dos morfotipos (Araújo et al., 2007; Carvalho-Fernandez, Almeida-Cortez & Ferreira, 2012). O desenvolvimento de tricomas pode atuar como um mecanismo de defesa das galhas contra inimigos naturais, além de serem adaptáveis a variações ambientais (Kraus et al., 2003).

A maioria ocorreram isoladas, assim como no estudo realizado por Santos, Almeida-Cortez e Fernandez (2011). A forma de ocorrência das galhas, isoladas ou agrupadas, depende do padrão de oviposição da fêmea (Gagné, 1994). Provavelmente, galhas agrupadas podem ser importantes no papel protetivo das galhas, minimizando a ação de inimigos naturais (Urso-Guimarães & Scareli-Santos, 2006). Todas as galhas possuíam apenas um lóculo, o que coincide com um estudo realizado por Fernandes et al. (2009) em uma região de Mata Atlântica.

Embora a quantidade de coletas tenha sido limitante para uma investigação mais precisa, o aumento da abundância de galhas de algumas espécies na coleta realizada no mês de abril, principalmente da galha foliar de *Aspidosperma cuspa*, pode estar associado aos diferentes níveis de precipitação entre os meses de coleta. Segundo os dados de monitoramento pluviométrico da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), o mês de janeiro registrou um cumulativo menor de precipitação quando comparado ao mês de abril, com valores de 40,2 mm e 90,8 mm respectivamente. Um outro estudo correlacionou o aumento da precipitação com o aumento dos danos por insetos herbívoros especializados, como galhadores e minadores (Leckey et al., 2014). No entanto, esses resultados não corroboram com uma série de outros estudos que demonstram que insetos galhadores são mais ricos e abundantes em ambientes xéricos (Fernandes & Price, 1992; Price et al., 1998; Cuevas-Reyes et al., 2004).

Apesar do baixo número de inseto indutores identificados em nível de ordem, quando se trata de estudos realizados com galhas, a ordem Diptera se destaca como a mais prevalente dentre os insetos indutores de galhas, principalmente pelos representantes da família Cecidomyiidae (Santos, Almeida-Cortez & Fernandes, 2012; Urso-Guimarães & Scareli-Santos, 2006; Maia & Siqueira, 2020).

Segundo Fernandes & Carneiro (2009), galhas possuem tecidos ricos em nutrientes e, muitas vezes, não possuem aleloquímicos, as tornando atraentes para parasitóides, inquilinos e predadores. A ocorrência de hymenoptera é bastante comum em galhas entomógenas, maioria considerados como parasitóides, os himenópteros são uma das principais causa de mortalidade nas populações de insetos indutores de galhas (Maia & Azevedo, 2009; Carvalho-Fernandez, Almeida-Cortez & Ferreira, 2012).

Os inquilinos foram representados por membros da família Formicidae (Hymenoptera) presentes em galhas caulinares do morfotipo sp. 2. Outros estudos também descreveram a presença de formicídeos no interior de galhas, atuando como inquilinos (Bregonci, Polycarpo & Maia, 2010; Fernandes, 2010).

Os membracídeos (Hemiptera) estavam associados a galhas de fruto abandonadas de *Aspidosperma cuspa*, as quais já estavam em um estágio de senescência avançado como evidenciado na anatomia, dessa forma, foram considerados como sucessores (Santos, 2018). Apesar de haver estudos que registram a presença de membracídeos como inquilinos, não foi encontrado nenhum

que mencione membros desta família atuando como sucessores de galhas entomógenas em estudos realizados no Brasil (Maia, Magenta, & Martins, 2008; Bregonci, Polycarpo & Maia, 2010).

6.2 *Morfoanatomia*

Durante o processo de desenvolvimento da galha, as plantas hospedeiras passam por uma série de modificações nos tecidos onde a cecídea foi induzida, a morfogênese da nova estrutura, formada a partir de diferentes tipos de células vegetais, produz uma série de benefícios direcionados para o desenvolvimento da espécie indutora (Kraus, 2009). As mudanças na conformação das células ao redor da câmara larval é algo observado em estudos com galhas de diferentes órgãos vegetais (Shorthouse, 1986; Kraus, Montenegro & Kim, 1993; Arduin & Kraus, 2001).

Observou-se a presença de células espessadas em algumas das estruturas das galhas analisadas, o surgimento dessas células está associado com a resistência e sustentação das galhas, processo este amplamente observado em estudos anteriores (Arduin & Kraus, 2001; Carmo, Guimarães & Vieira, 2008; Jara-Chiquito et al., 2021).

Além das células espessadas, notou-se também a presença de esclereídes em praticamente todas as galhas, essas células também foram descritas em outros estudos de morfoanatomia de galhas entomógenas (Arduin & Kraus, 1995; Kraus, Sugiura & Cutrupi, 1996). As galhas induzem uma série de modificações, o surgimento de células mortas lignificadas nos arredores da câmara larval, tecidos adjacentes, ou principalmente em camadas mais externas, que circundam a estrutura da galha, as conferem maior rigidez, o que é fundamental na proteção contra ameaças e variações externas do ambiente (Oliveira et al., 2008).

Com base nos cortes analisados, notou-se a formação de novos feixes em praticamente todas as galhas, independente do órgão de ocorrência. As alterações do sistema vascular, como formação de novos feixes vasculares ao redor das estruturas internas da galha, é algo amplamente descrito, certamente são modificações necessárias devido ao aumento da demanda de nutrientes exigidos para o desenvolvimento do cecidógeno no interior da câmara larval (Arduin & Kraus, 1995; Stone & Schönrogge, 2003; Silva & Silva, 2014).

Feixes vasculares anfigvasais foram observados em outros estudos com galhas localizadas em pecíolos e nervuras centrais, assim como nas galhas foliares do morfotipo sp. 2 (Álvares et al., 2020; Jara-Chiquito et al., 2021). Um estudo realizado por Macêdo et al. (2021) também registrou a presença de feixes colaterais em uma espécie de *Ouratea*.

O tecido nutritivo presente na galha *Ouratea* sp. destacou-se mais do que os das outras espécies, o qual não esteve presente em todas as espécies analisadas. É comum a presença de um tecido nutritivo em galhas entomógenas quando o indutor começa a se alimentar, este tecido, que reveste a câmara larval, habitualmente apresenta citoplasma denso e acumula substância que serão utilizadas na nutrição do animal (Bronner 1992; Arduin & Kraus, 1995). Não é regra que o tecido nutritivo esteja presente em todas as galhas, em várias delas, os insetos indutores se alimentam da seiva (Arduin & Kraus, 2001). A presença do tecido nutritivo também pode estar relacionada com a fase do desenvolvimento ontogenético da galha, como representado em um estudo feito por Arduin e Kraus (1995).

Os locais de acesso são, provavelmente, canais que foram abertos pelo indutor para fazer a oviposição, ou então, em casos de galhas em em estágios mais avançados, esses locais podem ter sido abertos pelo inseto, que consomem os tecidos e formam canais de saída (Arduin & Kraus, 1995; Scareli-Santos & Varanda, 2007).

As galhas caulinares do morfotipo sp. 2 foram as que apresentaram o menor número de alterações, aparentemente, por estarem localizadas em tecidos resistentes, não seria necessário que o indutor investisse em muitas modificações que busquem garantir resistência e sustentação da estrutura da galha, já que os tecidos do caule já as garantiriam rigidez e proteção mecânica, além de um ótimo isolamento de variações ambientais. Os tricomas presentes não foram considerados alterações induzidas pelo processo de desenvolvimento da galha, uma vez que já estavam presentes por toda superfície do caule da planta hospedeira.

A caracterização morfoanatômica das folhas não galhadas de *Aspidosperma cuspa* convergiram com dados apresentados em estudos anteriores realizados com outras espécies do gênero *Aspidosperma*, as quais algumas espécies possuem atributos como epiderme unisseriada em ambas as faces da folha, presença de parênquima paliçádico abaixo da epiderme da face adaxial e parênquima lacunoso

na sequência (Isaias, 2012; Reis, Potiguara & Reis, 2013). A presença de uma cutícula espessa foi observada nas folhas galhadas e não galhadas, de modo geral, as ceras epicuticulares também podem garantir algumas vantagens para os insetos galhadores, podendo funcionar como um filtro solar ou garantir proteção mecânica, e dependendo da sua composição química, elas podem atuar como inibidores de herbívoros e parasitoides (Fernandes, 1994).

7 CONCLUSÃO

Apesar da baixa riqueza de galhas encontradas na área de estudo, este trabalho mostrou que certos tipos de galhas possuíam uma alta variação na abundância entre as coletas realizadas em diferentes épocas do ano, além de contribuir com descrições das galhas da região, as quais são praticamente desconhecidas para a literatura. Este é segundo estudo realizado com galhas entomógenas de brejo de altitude, essas regiões sofrem intensamente por ações antrópicas, e grande parte da sua área já foi devastada por atividades humanas, com isso, é necessário que essas regiões tenham a sua conservação priorizadas antes que os insetos galhadores e as suas plantas hospedeiras sejam extintas sem ao menos serem conhecidas para a ciência, o que também dificulta a elaboração de estratégias de conservação.

Para melhor entendimento da ecologia dos insetos indutores de galha do local, torna-se necessária a realização de mais estudos na região em intervalos de tempo menores entre uma coleta e outra e acompanhamento anual, bem como utilizando outros tipos de metodologias para obtenção de dados mais robustos, para que se tenha uma representação mais próxima da diversidade de galhas da área de estudo, assim como outras análises para melhor entendimento do ciclo dos insetos e dos fatores intrínsecos e extrínsecos que possam influenciar na riqueza e abundância das espécies dessa região.

Este estudo foi o primeiro que descreveu a morfoanatomia de galhas entomógenas ocorrendo em plantas hospedeiras de uma unidade de conservação em Brejo de altitude. As análises morfo-anatômicas reforçam que os indutores são capazes de modificar os tecidos da planta hospedeira para benefício próprio, induzindo alterações que os confere proteção e nutrição, fatores que evidenciam o quão complexa e íntima é este tipo de interação.

REFERÊNCIAS

ABRAHAMSON, W. G.; WEIS, Arthur E. **Evolutionary Ecology Across Three Trophic Levels**. In: *Evolut* Princeton University Press, 1997.

AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (CPRH). **Unidades de Conservação**. Disponível em: <<https://www2.cprh.pe.gov.br/fauna-e-flora/unidades-de-conservacao/>> Acesso em: 17 ago, 2023.

ALMEIDA, M. F. B. Interações ecológicas entre insetos galhadores e outros artrópodes em *Eremanthus erythropappus* (Asteraceae), 2013.

ÁLVAREZ, R. et al. Microscopic study of nine galls induced in *Populus nigra* by aphids of the Iberian Peninsula. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 14, n. 6, p. 799-809, 2020.

ANDRADE, G.O.; LINS, R.C. Introdução à Morfoclimatologia do Nordeste do Brasil. **Arquivos do Instituto de Pesquisa Agronômicas**, 3-4: 17-28, 1965

ANDRADE-LIMA, D. Estudos fitogeográficos de Pernambuco. **Arquivos do Instituto de Pesquisa Agronômicas**, v. 5, p. 305-341, 1960

ANDRADE-LIMA, D. Esboço fitoecológico de alguns “brejos” de Pernambuco. **Boletim Técnico do Instituto de Pesquisa Agronômicas de Pernambuco**, v. 8, p. 3-10, 1966.

ANDRADE-LIMA, D. The caatinga dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, v.4, p. 149-153, 1981.

ANDRADE-LIMA, D. Present-Day Forest refuges in northeastern Brazil. In: PRANCE, G.T. (Ed.). **Biological diversification in tropics**, pp. 245-251, 1982.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). **Monitoramento Pluviométrico**. Disponível em:

<<http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>> Acesso em: 13 set, 2023.

ARAÚJO, W. S. et al. Galhas entomógenas associadas à vegetação do Parque Estadual da Serra dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 45-47, 2007.

ARAÚJO, W. S. et al. Plantas hospedeiras e galhas entomógenas em sub-bosques de florestas tropicais do Pará, Brasil. **INSULA Revista de Botânica**, n. 41, p. 59-72, 2012.

ARDUIN, M.; KRAUS, J. E. Anatomia e ontogenia de galhas foliares de *Piptadenia gonoacantha* (Fabales, Mimosaceae). **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, p. 109-130, 1995.

ARDUIN, M.; KRAUS, J. E. Anatomia de galhas de ambrosia em folhas de *Baccharis concinna* e *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae). **Brazilian Journal of Botany**, v. 24, p. 63-72, 2001.

BEGON, M.; MORTIMER, M.; THOMPSON, D. J. **Population Ecology: A Unified Study of Animals and Plants**. 3ed. Blackwell Science Ltd, Oxford, 1996.

BIGARELLA, J. J. Considerações a respeito das mudanças paleoambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais no Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 47, p. 411-464, 1975.

BREGONCI, J. M.; POLYCARPO, P. V.; MAIA, V. C. Galhas de insetos do Parque Estadual Paulo César Vinha (Guarapari, ES, Brasil). **Biota Neotropica**, v. 10, p. 265-274, 2010.

BRITO, G. P. *et al.* Riqueza de galhas de insetos em áreas de Caatinga com diferentes graus de antropização do estado da Bahia, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 108, p. e2018003, 2018.

BRONNER, R. The role of nutritive cells in the nutrition of cynipids and cecidomyiids. **Biology of insect-induced galls**. Oxford: Oxford University, p. 118-140, 1992.

CARMO, J. B. M.; GUIMARÃES, A. L. A.; VIEIRA, A. C. M. Ocorrência de galhas entomógenas nas raízes de *Monstera adansonii* Schott (ARACEAE). Rev. **Biol. Neotrop.** v. 5, n. 1, p. 31-39, 2008

CARNEIRO, M. A. A. et al. Are gall midge species (Diptera, Cecidomyiidae) host-plant specialists?. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, p. 365-378, 2009

CARVALHO-FERNANDES, S. P.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S. de; FERREIRA, A. L. N. Riqueza de galhas entomógenas em áreas antropizadas e preservadas de Caatinga. **Revista Árvore**, v. 36, p. 269-277, 2012.

CHRISTIANO, J. C. S. **Respostas cecidogênicas no modelo *Aspidosperma australe* (Apocynaceae) – *Pseudophacopteron* sp. (Homoptera: Phacopteronidae)**. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

CONNOR, E. F.; TAVERNER, M. P. The evolution and adaptive significance of the leaf-mining habit. **Oikos**, p. 6-25, 1997.

CRAWLEY, M. J. Plant-Herbivores dynamics. **Plant Ecology**. 2 ed. Oxford: Blackwell Science, p.401-474, 1997.

CUEVAS-REYES, Pablo et al. Diversity of gall-inducing insects in a Mexican tropical dry forest: the importance of plant species richness, life-forms, host plant age and plant density. **Journal of Ecology**, p. 707-716, 2004.

DÁTTILO, W.; RICO-GRAY, V.. Ecological networks in the tropics. **Cham, Switzerland: Springer**, 2018.

DAWKINS, R. **The extended phenotype**. Oxford: Oxford University, 313 p, 1982.

DEL-CLARO, K. A importância do comportamento de formigas em interações: formigas e tripes em *Peixotoa tomentosa* (Malpighiaceae) no cerrado. **Revista de Etologia**, v. 1, n. 1, p. 3-10, 1998.

DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. Ecologia das interações plantas-animais: Uma abordagem ecológico-evolutiva. **Technical Books Editora**, 2012.

DIAZ, C. C. F. *et al.* Diagnóstico ambiental do Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros-PE. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 1181-1192, 2017.

EHRlich, P. R.; RAVEN, P. H. Butterflies and plants: a study in coevolution. **Evolution**, p. 586-608, 1964.

ESPÍRITO-SANTO, M. M.; FERNANDES, G. W. How Many Species of gall-inducing insects are there on earth, and where are they?. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 100, n. 2, p. 95-99, 2007.

FERNANDES, G. W. A.; TAMEIRÃO, E. N.; MARTINS, R. P.. Ocorrência e caracterização de galhas entomógenas na vegetação do campus Pampulha da Universidade Federal de Minas Gerais. **Revista Brasileira de zoologia**, v. 5, p. 11-29, 1988.

FERNANDES, G. W.; PRICE, P. W. The adaptive significance of insect gall distribution: survivorship of species in xeric and mesic habitats. **Oecologia**, v. 90, p. 14-20, 1992

FERNANDES, G. W. *et al.* Effects of hygrothermal stress, plant richness, and architecture on mining insect diversity. **Biotropica**, v. 36, 240-247, 2004.

FERNANDES, G.W. *et al.* The geography of the galling insects and their mechanisms that result in patterns. **The ecology and evolution of gall-forming insects**. St. Paul Forest Service, U.S. Department of Agriculture, p. 42-48, 1994.

FERNANDES, G. W.; CARNEIRO, M. A. A. Insetos galhadores. **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**, p. 597-639, 2009.

FERNANDES, G. W.; NEGREIROS, D. The occurrence and effectiveness of hypersensitive reaction against galling herbivores across host taxa. **Ecological Entomology**, v. 26, n. 1, p. 46-55, 2001.

FERNANDES, S. P. C. Insetos galhadores associados à família Burseraceae da reserva florestal Ducke, Manaus, Amazonas. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA, 2010.

FONSECA, C. R.; FLECK, T.; FERNANDES, G.W. Processes Driving Ontogenetic Succession of Galls in a Canopy Tree 1. **Biotropica**, v. 38, n. 4, p. 514-521, 2006.

FORMIGA, A. T. *et al.* Relações entre o teor de fenóis totais e o ciclo das galhas de Cecidomyiidae em *Aspidosperma spruceanum*Müll. Arg.(Apocynaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, p. 93-99, 2009.

GAGNÉ, R. J. **The gall midges of the Neotropical region**. Cornell, Cornell University Press, 360p, 1994.

GIULIETTI, A. M. *et al.* Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**, 2004.

GONÇALVES-ALVIM, S. J.; FERNANDES, G. W. Biodiversity of galling insects: historical, community and habitat effects in four neotropical savannas. **Biodiversity & Conservation**, v. 10, p. 79-98, 2001.

GRANDEZ-RIOS, J. M.; GARCÍA-VILLACORTA, R.; CUEVAS-REYES, P.; DE ARAÚJO, W. S. Insectos inductores de Agallas en América Latina: Ecología, Importancia y Nuevas Perspectivas. **Revista de Biología Neotropical / Journal of Neotropical Biology**, Goiânia, v. 12, n. 2, p. 92–103, 2016

GRIPENBERG, S. et al. A meta-analysis of preference–performance relationships in phytophagous insects. **Ecologyletters**, v. 13, n. 3, p. 383-393, 2010.

HARTLEY, S. E. The chemical composition of plant galls: are levels of nutrients and secondary compounds controlled by the gall-former?. **Oecologia**, v. 113, p. 492-501, 1998.

HERRERA, C. M. Seed dispersal by vertebrates. **Plant–animal interactions: an evolutionary approach**, p. 185-208, 2002.

ISAIAS, R. M. dos S. et al. Análise comparativa entre as defesas mecânicas e químicas de *Aspidosperma australe* Müell. Arg. e *Aspidosperma cylindrocarpon* Müell. Arg. (Apocynaceae) contra herbivoria. **Floresta e Ambiente**, v. 7, n. único, p. 19-30, 2012.

ISAIAS, R. M. dos S. et al. Illustrated and annotated checklist of Braziliangallmorphotypes. **Neotropical Entomology**, v. 42, p. 230-239, 2013.

JARA-CHIQUITO, J. et al. Histological changes induced by the cynipid wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in leaves of the chestnut *Castanea sativa* (Fagaceae): Mechanisms of galling impact on host vigor. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 15, n. 2, p. 223-233, 2021.

JOHANSEN, D. **Plant microtechnic**. New York: McGraw Hill Book Company, Inc., 1940.

KRAUS, J. E.; MONTENEGRO, G.; KIM, A. J. Morphological studies on entomogenous stem galls of *Microgramma squamulosa* (Kauf.) Sota (Polypodiaceae). **American Fern Journal**, v. 83, n. 4, p. 120-128, 1993.

KRAUS, J. E.; SUGIURA, H. C.; CUTRUPI, S. Morfologia e ontogenia em galhas entomógenas de *Guarea macrophylla* subsp. *tuberculata* (Meliaceae). **Fitopatologia Brasileira**, v. 21, n. 3, p. 349-356, 1996.

KRAUS, J. E. *et al.* Structure of insect galls on two sympatric subspecies of *Chrysothamnus nauseosus* (Pall. ex Pursh) Britton (Asteraceae). **Boletim de Botânica da universidade de São Paulo**, p. 251-263, 2003.

KRAUS, J. E. 2009. Galhas: morfogênese, relações ecológicas e importância econômica. In: Tissot-Squalli, M. L. **Interações ecológicas & biodiversidade**, p. 109-139, 2009

KREBS, C. J. **Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance**. 5ed. San Francisco, Benjamin Cummings, 2001.

LECKEY, E. H. *et al.* Oak-insect herbivore interactions along a temperature and precipitation gradient. **Acta Oecologica**, v. 61, p. 1-8, 2014.

LEMONS, J. E. *et al.* **Avaliação das mudanças socioambientais decorrentes da atividade turística em Serra Negra–Bezerros/PE–pelo método GTP**. Dissertação de mestrado. Repositório Institucional da UFPB, 2020.

LINS, R.C. As áreas de exceção do agreste de Pernambuco. **SUDENE/PSU/SER. Série Estudos Regionais**. Recife. p. 402, 1989.

MAIA, V. C.; AZEVEDO, M. A. P. Micro-himenópteros associados com galhas de Cecidomyiidae (Diptera) em Restingas do Estado do Rio de Janeiro (Brasil). **Biota Neotrópica**, v. 9, p. 151-164, 2009.

MAIA, V. C.; MAGENTA, M. A. G.; MARTINS, S. E. Ocorrência e caracterização de galhas de insetos em áreas de restinga de Bertioga (São Paulo, Brasil). **Biota Neotropica**, v. 8, p. 167-197, 2008.

MAIA, V. C.; SIQUEIRA, E. de S. Insect Galls of the Reserva Biológica União, Rio de Janeiro, Brazil. **Biota Neotrópica**, São Paulo, Brasil, v. 20, n. 1, 2020.

MALTA, G. G. D. **Galhas de *Calophya* aff. *duvauae* Scott (Hemiptera: Calophyidae) em *Schinus polygamus* (Cav.) *Cabrera* (Anacardiaceae): alterações químicas e estruturais e interações com parasitóides e inquilinos.** Dissertação de mestrado. Repositório Institucional Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

MAGURRAN, A. E. Medindo a diversidade ecológica. Tradução Dana Moiana Vianna. Curitiba: **Ed. da UFPR**. 261 p., 2011.

MANI, M. S. **Ecology of plant galls**. Springer, 1964.

MARQUIS, R. J. Leaf herbivores decrease fitness of a tropical plant. **Science**, v. 226, n. 4674, p. 537-539, 1984.

MARTINI, V. C. et al. Gradientes funcionais em galhas induzidas por *Pseudo Phacopteron Longicaudatum* (HEMIPTERA) em *Aspidosperma Tomentosum* Mart. (APOCYNACEAE): Composição da parede celular e metabólitos, 2017.

MENDONÇA, M. S.; TOMA, T. S. P.; SILVA, J. S. Galls and Gallling Arthropods of Southern Brazil, p. 221-256, 2014.

MONTEIRO, R. F. et al. Galhas entomógenas em restingas: uma abordagem preliminar. **An. ACIESP**, v. 3, n. 87, p. 210-220, 1994.

MONTEIRO, R. F. et al. Galhas: diversidade, especificidade e distribuição. **Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação**, v. 1, p. 127-141, 2004.

NYMAN, T. Phylogeny And Ecological Evolution of gall-inducingsawflies (Hymenoptera: Tenthredinidae). **University of Joensuu**, 2000.

NYMAN, T.; JULKUNEN-TIITTO, R. Manipulation of the phenolic chemistry of willows by gall-inducing sawflies. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 97, n. 24, p. 13184-13187, 2000.

OLIVEIRA, J. C. **Viabilidade de espécies galhadoras (Diptera, Cecidomyiidae) e parasitóides (Hymenoptera) associadas à Guapira opposita (Vell.)(Nyctaginaceae) como bioindicadores da qualidade ambiental.** Tese de Doutorado. Dissertação de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

PRICE, P. W.; FERNANDES, G. W.; WARING, G. L. Adaptive Nature of insect galls. **Environmental entomology**, v. 16, n. 1, p. 15-24, 1987.

PRICE, Peter W. et al. Global patterns in local number of insect galling species. **Journal of biogeography**, v. 25, n. 3, p. 581-591, 1998.

PURVIS, M.; COLLIER, D.; WALLS, D. **Laboratory Techniques in botany.** Butterworths, London, 1964.

PUTMAN, R. **Community ecology.** Springer Science & Business Media, 1994.

RAMAN, A.; SCHAEFER, C. W.; WITHERS, T. M. Biology, ecology, and evolution of gall-inducing arthropods. **New Hampshire: Science**, v. 2, 2005.

RAMAN, A. Insect-induced plant galls of India: unresolved questions. **Current Science**, p. 748-757, 2007.

REDFERN, M.; ASKEW, R. R. *Plant galls.* **Richmond Publishing**, 1992

REDFERN, M. et al. British plant galls: identification of galls on plants and fungi. **FSC publications**, 2002.

REIS, A. R.; POTIGUARA, R.; REIS, L. Anatomia foliar de *Aspidosperma* Mart. & Zucc.(Apocynaceae). **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, 2013.

RODRIGUES, A.; SILVA, S.; MAIA, V. Comparação Da Riqueza De Galhas Entomógenas Em Duas Unidades De Conservação Na Serra Do Mendanha (RIO DE JANEIRO-RJ). **Anais da Semana de Biologia da UFES de Vitória**, v. 2, p. 26-26, 2021.

RODRIGUES, P. C. G. et al. Ecologia dos Brejos de Altitude do agreste pernambucano. **Revista de Geografia**, v. 25, n. 3, p. 20-34, 2008.

SALES, M. F.; MAYO, S. J. & RODAL, M. J .N. Plantas vasculares das Florestas Serranas de Pernambuco: um Checklist da Flora Ameaçada dos Brejos de Altitude, Pernambuco, Brasil Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, **Imprensa Universitária**, 1998.

SANTOS, B. B.; FERREIRA, H. D. & ARAÚJO, W. S. Ocorrência e caracterização de galhas entomógenas em uma área de floresta estacional semidecídua em Goiânia, Goiás, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 1, p. 243-249, 2010.

SANTOS-MENDONÇA, I. V. et al. Caracterização e distribuição espacial de galhas em *Clusia nemorosa* G. Mey (Clusiaceae) em uma área de Floresta Atlântica, Igarassu, PE. **Lundiana: International Journal of Biodiversity**, v. 8, n. 1, p. 49-52, 2007.

SANTOS, J. C.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; FERNANDES, G. W. Diversity of gall-inducing insects in the high altitude wetlands forests in Pernambuco, Northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, p. 47-56, 2011.

SANTOS, J. C.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; FERNANDES, Geraldo Wilson. Gall-inducing insects from Atlantic forest of Pernambuco, Northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 12, p. 196-212, 2012.

SANTOS, I. M. et al. Insect Galls in three species of *Copaifera* L.(Leguminosae, Caesalpinioideae) occurring sympatrically in a Cerrado area (Bahia, Brazil). **Biota Neotropica**, v. 18, 2018.

SEVEGNANI, L. A herbivoria como limitador do desenvolvimento e sobrevivência das plantas na floresta. **Rego, GM; Negrelle, RRB and Morellato, LPC Fenologia:**

ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos. Embrapa Florestas, Colombo, PR, p. 25-36, 2007.

SCHALLER, A. Induced plant resistance to herbivory. Stuttgart. **University of Hohenheim Press**, 2008.

SCARELI-SANTOS, C.; VARANDA, E. M.. Estudo Morfológico das Galhas Foliares de *Byrsonima sericea* DC.(Malpighiaceae). **Revista Brasileira de Biociência. Porto Alegre**, v. 5, n. supl 1, p. 735-737, 2007.

SCHOONHOVEN, L. M.; JERMY, T.; LOON, J. J. A. Host-plant selection: how to find a host plant. **Insect-plant biology**, p. 121-153, 1998.

SILVA, L. T. P.; SILVA, A. G. Reações morfoanatômicas em folhas de *Myrciaria floribunda* (Myrtaceae) sob a influência de galhas. **Natureza on-line**, v. 12, n. 1, p. 41-44, 2014.

SIQUEIRA-FILHO, J. A. et al. As bromélias nos Brejos de Altitude em Pernambuco: riqueza de espécies e status de conservação. **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: História Natural, Ecologia e Conservação. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente**, p. 99-110, 2004.

SHORTHOUSE, J. D. Significance of nutritive cell in insect galls. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, 1986.

SHORTHOUSE, J. D.; WOOL, D.; RAMAN, A. Gall-inducing insects–Nature's Most Sophisticated Herbivores. **Basic and Applied Ecology**, v. 6, n. 5, p. 407-411, 2005.

SOBRINHO, J. V. **As regiões naturais do Nordeste, o meio a civilização.** Conselho do Desenvolvimento de Pernambuco, 1971.

SOPOW, S. L. et al. Evidence for long-distance, chemical gallinduction by an insect. **Ecology Letters**, v. 6, n. 2, p. 102-105, 2003.

STONE, G. N.; SCHÖNROGGE, K. The adaptive significance of insect gall morphology. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 18, n. 10, p. 512-522, 2003.

STRONG, D. R.; LAWTON, J. H.; SOUTHWOOD, T. R. E. Insect On Plants Community Patterns And Mechanism. **Cambridge: Massachusetts Harvard University**. p.313, 1984.

TAKEDA, S. et al. Recent Progress Regarding the molecular aspects of insect gall formation. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 17, p. 9424, 2021.

TERBORGH, J.; ESTES, J. A. eds. Trophic cascades: predators, prey, and the changing dynamics of nature. Island Press, 2010.

URSO-GUIMARÃES, M. V. & SCARELI-SANTOS, C. Galls and Gall Makers in plants from the Pé-de-Gigante Cerrado Reserve, Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil. **Braz. J. Biol.** v. 66(1b), p. 357–369, 2006.

VIEIRA, A. C. M. et al. Estudo morfológico e anatômico de galhas foliares induzidas por Cecidomyiidae em espécies da restinga de Maricá–Rj. **Biologia: Ensino, Pesquisa e Extensão**, p. 113-128, 2021.

WEIS, A. E.; WALTON, R.; CREGO, C. L. Reactive Plant Tissue sites and the population biology of gall makers. **Annual Review of Entomology**, v.33, p. 467-486, 1988.

XAVIER, S.R; BARROS, I. C L. Pteridófitas ocorrentes em fragmentos de Floresta Serrana no estado de Pernambuco, no Brasil. **Rodriguésia**, v. 54, n. 83, p. 13-21, 2003.