

ANDRÉ PORTUGAL SANTANA

**GALHAS DO
PARQUE ESTADUAL
SERRA VERDE:**

**PRODUÇÃO DE CONHECIMENTO
E ESTRATÉGIAS DE
INTERPRETAÇÃO AMBIENTAL**



Dissertação de Mestrado
Orientadora: Dr^a Rosy Mary dos Santos Isaias

BELO HORIZONTE – MG

2014



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Departamento de Botânica

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal



ANDRÉ PORTUGAL SANTANA

GALHAS DO PARQUE ESTADUAL SERRA VERDE:

PRODUÇÃO DE CONHECIMENTO E ESTRATÉGIAS

DE INTERPRETAÇÃO AMBIENTAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Departamento de Botânica do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Área de Concentração: Morfologia, Sistemática e Diversidade Vegetal

Orientadora: Prof^ª.Dr^ª Rosy Mary dos Santos Isaias
Universidade Federal de Minas Gerais

BELO HORIZONTE – MG

2014

Dedico esta dissertação a pessoa que sempre me
inspirou e sempre acreditou em meu potencial.

Dedico a você, Rosy, por apostar tudo nesta bela
parceria que formamos.

Dedico a quem posso chamar, antes de tudo, de amiga.
Antes mesmo de orientadora!

Agradecimentos

À profa. Dra. Rosy Mary dos Santos Isaias, que conheço desde meus primeiros passos na biologia e sempre acreditou em meu potencial. Começamos esta amizade e parceria acadêmica há tempos quando era ainda apenas mais um monitor da disciplina de anatomia vegetal. Obrigado por me apresentar a botânica de uma forma tão fascinante e apaixonante.

Aos meus pais, Márcio Antônio Santana e Maria da Conceição Portugal Santana, que sempre me apoiaram e, de certa forma, sonharam com esta realização. Desde criança frequento os corredores do ICB, pois também foram grandes professores desta Universidade por anos e, mesmo que indiretamente, me criaram para um dia chegar até este ponto. Obrigado por tudo.

Ao João Paulo de Souza Lima, por tanto apoio e companheirismo. São anos de parceria que pretendo que dure eternamente. Obrigado pela paciência e por me entender mesmo quando não entendia do que estava falando.

Aos meus irmãos Patrícia, Márcia, Márcio, Mariana e Marcelo, além de todos os agregados e sobrinhas pela união familiar, por respeitarem meus momentos de sufoco e entenderem minhas ausências em momentos que queriam minha presença.

À Maria Anita, pelo amor incondicional, pelos cafezinhos, bolinhos e outros mimos que suavizaram momentos tensos durante a escrita da dissertação. E ao Patrick e Muriel, por estarem sempre do meu lado me fazendo rir e descontraír nas horas que mais precisei, sem cobrarem nada em troca.

Aos “irmãos de mestrado” Bruno Garcia Ferreira e Cristiane Trindade Teixeira, que passaram estes dois anos juntos, seja no laboratório, seja nas disciplinas de campo até o norte de Minas.

À família Grupo Galhas: Renê Gonçalves da Silva Carneiro, Thiago Alves Magalhães, Cibele Bedetti, Anete Formiga, Ariane Chagas de Castro, Aline Suzuki e Gracielle Bragança, por todas as conversas de laboratório, momentos de descontração e estudos e por dividirem comigo o mundo fantástico das galhas!

Ao Wagner A. Rocha, Thiago Magalhães, Aline Suzuki e Cibele Bedetti pelas horas no confocal e ensinamentos passados sobre as rotinas de laboratório.

Ao meu amigo Vinícius Coelho Kuster pelas aulas de Corel, conversas de corredor, risadas e boa vontade, sempre!

Aos “primos” do laboratório: Carolina Oliveira, Patrícia Gonçalves, Rafaella Ribeiro, Vinícius Kuster, Vinícius Morais, Lucimara Souza, Advânio Silva, Poliana Fernandes, Camila Magalhães, Caroline Marques, Narah Vitarelli, Deborah Soares, Maria Tereza, Luciana Seabra, Sarah Reis, por excelentes momentos de trabalho e risadas no laboratório mais movimentado do ICB.

À melhor equipe de parque já existente: Miguel, Moisés, Lúcio, Renilson, Nelson, Arlindo e Sérgio do Parque Estadual Serra Verde, que cobriram minhas ausências com excelência, me tranquilizando e acreditando que tudo estava correndo muito bem.

À Profa. Dra. Paulina Maia do Departamento de Biologia Geral, pela amizade e por me co-orientar nas questões de educação ambiental no Capítulo 3.

Ao colega Tiago Shizen Toma por toda contribuição durante meu trabalho, em especial no capítulo 1 sobre levantamento de galhas.

Aos cientistas botânicos Prof. Dr. João Renato Stehmann, Prof. Dr. Ary Oliveira Filho, Pedro Miranda e Mariana Bünger e demais do Laboratório de Sistemática Botânica da UFMG, por todo apoio no levantamento e identificação dos exemplares botânicos com tanta disposição.

Aos cientistas Prof. Dra. Valéria Cid Maia, Adriano Cavalleri e Prof. Dr. Paul Hanson, pela identificação dos insetos com tanta dedicação.

Ao meu querido tio Afonso A. Duque Portugal e ao colega Renê Carneiro pela revisão em inglês do capítulo 1.

À minha prima Thabata Lessa e ao colega Filipe Medeiros pela diagramação de alguns dispositivos de interpretação ambiental do capítulo 3.

Às minhas estagiárias temporárias, Maria Theresa de Paula e Karolina Alvarenga, pela ajuda nas coletas de campo e montagem das exsicatas do levantamento.

Aos membros da banca, profa. Dra. Valéria Cid Maia e profa. Dra. Anete Formiga, e aos suplentes, prof. Dr. Geraldo W. Fernandes e profa. Dra. Maria Zabelê Moura, por terem aceitado ler e dar suas importantes contribuições a este trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, ao Instituto de Ciências Biológicas e à Universidade Federal de Minas Gerais, por permitir a realização desse trabalho.

Ao Instituto Estadual de Florestas e ao Escritório Regional Centro-Sul, que permitiram que eu cumprisse esta etapa, sempre apoiando e incentivando, sabendo também que o retorno será benéfico para toda instituição.

Às instituições de incentivo a pesquisa FAPEMIG e CNPq pelo investimento neste estudo.

SUMÁRIO

Agradecimentos	3
Sumário	5
Resumo	6
Abstract	7
Introdução Geral	8
Capítulo I - Levantamento das Galhas do Parque Estadual Serra Verde, município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil	12
Resumo.....	13
Abstract	14
Introduction	15
Material and Methods.....	17
Results	19
Discussion	31
Acknowledgments	34
References	34
Capítulo II – Estrutura anatômica associada a padrões de distribuição de pectinas e proteínas em três morfotipos de galhas do Parque Estadual Serra Verde	39
Resumo.....	40
Introdução.....	41
Material e Métodos.....	42
Resultados	45
Discussão.....	62
Agradecimentos.....	68
Referências	68
Capítulo III – Interpretação ambiental como forma de disseminação de conhecimento sobre galhas do Parque Estadual Serra Verde	75
Resumo.....	76
Introdução.....	77
Material e Métodos.....	79
Agradecimentos.....	89
Referências	89
Anexos.....	91
Considerações finais	113

Resumo

Galhas são estruturas oriundas da interação planta hospedeira-organismo indutor, geralmente um inseto, com alta diversidade biológica em todo mundo e entre as famílias botânicas. Grande parte desta diversidade encontra-se ainda desconhecida para a ciência e estudos de levantamentos em diversas áreas aumentam o conhecimento científico destas intrigantes relações. A região neotropical é rica em espécies e unidades de conservação, como o Parque Estadual Serra Verde, o qual vem sendo área de estudos científicos no intuito de aumentar o conhecimento de sua biota e identificar o status de conservação da mesma. O levantamento de galhas do parque revelou 75 morfoespécies, considerada uma alta diversidade biológica quando comparada a outras áreas similares. Estas estruturas têm agentes indutores, em sua maioria, desconhecidos para a ciência. Outro importante aspecto revelado é a diversidade botânica moderada o que reforça sua importância conservacionista. A diversidade de galhas reflete a riqueza de plantas hospedeiras e indutores, e também a riqueza de formas geradas, os morfotipos. Estes morfotipos são definidos pela forma final da galha, a qual é resultado de alterações estruturais nos tecidos vegetais induzidas pela atividade alimentar dos indutores. Tal atividade gera alterações tanto em nível tecidual quanto subcelular. A distribuição e o grau de esterificação das pectinas na parede celular, bem como sua associação com proteínas são variáveis envolvidas nas mudanças estruturais e funcionais. A análise e descrição morfoanatômica de três morfotipos distintos de galhas e de seus órgãos hospedeiros, aliadas a estudos imunocitoquímicos com os anticorpos monoclonais JIM5, JIM7, LM1, LM2, LM5, e LM6 permitiu concluir que a distribuição de pectinas e proteínas apresentam padrões divergentes não sendo relacionados nem com a funcionalidade dos novos tecidos cecidogênicos nem com a forma final adquirida. Outro passo importante é a divulgação de todo este conhecimento científico para a sociedade, com o intuito de reforçar a importância da ciência e da conservação do parque. Esta unidade de conservação apresenta grande público potencial em seu entorno que usufrui de suas trilhas ecológicas. Os dispositivos de interpretação ambiental, trilha-trekking, pranchas de campo, artigo educativo e exposição de fotos, foram criados para traduzir o conhecimento científico permitindo sua divulgação. A interpretação ambiental aumenta a conscientização ambiental e, conseqüentemente, eleva o status de conservação do parque uma vez que este passa a ser mais respeitado e aceito pela sociedade. Os aspectos ecológicos, biológicos, anatômicos e educacionais deste estudo revelam a importância da existência e conservação do Parque Estadual Serra Verde utilizando como modelo o universo instigante e diverso das galhas.

Abstract

Galls are generated by the interaction of a host plant and a gall inducer, usually an insect, with a high biological diversity worldwide, and among the botanical families. A major part of this diversity is still unknown to science and inventories on various areas may increase the scientific knowledge about these intriguing interactions. The Neotropical region is rich in species and protected areas, such as the Parque Estadual Serra Verde, which has been used an area of studies to increase the scientific knowledge about its biota, as well of to identify its conservation status. Current inventory revealed 75 morphospecies of galls in the park, which can be considered a high biological diversity when compared to other similar areas. Moreover, mostly of the gall inducers are unknown to science. Another important aspect is the Park moderate botanical diversity, which strengthens its importance for biological conservation. The diversity of galls reveals the richness of host plants and gall inducers, and also that of the generated forms, the morphotypes. These morphotypes are defined by the final gall form, which is a result of structural changes in plant tissues induced by the feeding activity of the inducers. This activity generates changes both in tissue and subcellular levels. The distribution and the degree of esterification of the pectins in the cell wall, as well as its association with proteins are involved in the structural and functional changes. The analysis, and morphological and anatomical description of three distinct gall morphotypes and their host organs, together with immunocytochemical studies with monoclonal antibodies JIM5, JIM7, LM1, LM2, LM5, and LM6 showed that the distribution of pectins and proteins is not related to the functionality of the cecidogenous tissues or to the final gall form, but in a patterns divergent. Another important step is the assessment of all this scientific knowledge to the society, which reinforces the importance of science and of the conservation status of the park. This protected area has a large potential public around it, which enjoy its ecological trails. Devices for environmental interpretation, a trekking trail, photograph exhibition, identification charts and an article, were created to turn scientific knowledge into an accessible language enabling scientific popularization. The environmental interpretation increases environmental awareness and thus elevates the conservation status of the park, since it becomes more respected and accepted by the society. The ecological, biological, anatomical, and educational aspects of this study reveal the importance of the existence and preservation of the Parque Estadual Serra Verde as a model of study on the exciting and diverse universe of galls.

Introdução Geral

A diversidade de organismos no mundo é bastante elevada e a distribuição destes tem sido mais detalhadamente estudada a partir do século XIX. Sabe-se que quase todo o Planeta é habitado por algum tipo de organismo e que as adaptações dos mesmos ao seu habitat e recursos são bastante diversas. A forma como estes organismos interagem é fato surpreendente e as interações entre animais e plantas são variadas, sendo a herbivoria talvez a mais frequente. Dentre as formas de herbivoria possíveis, existem aquelas internas às plantas (hábito endofítico), como é o caso dos galhadores (Fernandes, Paula & Loyola-Júnior, 1995; Santos-Mendonça *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2011), os quais induzem estruturas denominadas galhas. A maioria dos estudos relacionados com galhas realizados no século XX baseava-se na caracterização e descrição do organismo causador ou do hospedeiro e quase sempre apresenta a identificação incompleta de um ou de ambos os organismos envolvidos (Fernandes & Martins, 1985). As linhas de estudo existentes naquele momento se prendiam a questões morfológicas ou ecológicas desta interação, e poucas vezes com a tentativa de aproximar estas duas linhas de pesquisa.

As galhas têm ampla diversidade e distribuição e vêm se mostrando como ótimos modelos para estudos científicos em diferentes áreas. Com base na correlação entre número de galhas e riqueza florística, estima-se uma diversidade de mais de 130.000 sistemas planta hospedeira – inseto galhador. Com isto, regiões megadiversas como os neotrópicos se tornam excelentes campos de estudo. O Parque Estadual Serra Verde (PESV) é uma Unidade de Conservação (UC) de proteção integral inserida em dois biomas de relevância para preservação devido à alta diversidade florística, Cerrado e Mata Atlântica. Esta UC apresenta características urbanas por se situar em meio à malha urbana da capital do Estado de Minas Gerais, a cidade de Belo Horizonte (IEF, 2010). Mesmo assim, necessita de pesquisas científicas que possam demonstrar suas potencialidades no âmbito conservacionista.

O ambiente metropolitano necessita cada vez mais de áreas verdes devido a acelerada urbanização e crescimento populacional. A manutenção de áreas verdes ou a conversão de áreas já pavimentadas em parques aumenta a qualidade ambiental da cidade e o acesso à natureza por parte dos habitantes das grandes cidades (Schauman & Salisbury, 1998). No entanto, estas melhorias só são efetivas quando se tem uma real conservação dos recursos naturais da área. Esta conservação requer a consciência ambiental dos cidadãos e depende diretamente da acessibilidade de informação sobre as vantagens existentes por parte da sociedade. Uma das melhores maneiras de se criar esta consciência ambiental e sensibilizar a população é através da interpretação ambiental.

A interpretação ambiental é uma forma de unir educação ambiental e comunicação, pois traduz a linguagem da natureza para a leitura que o público quer ou precisa receber. Ela pode ser baseada em conhecimentos de pouco acesso à população em geral, pois cumpre, com isto, a função de informar novidades e instigar o cidadão a buscar saber mais sobre o tema ofertado. O entorno do PESV é muito populoso e carente de áreas de recreação conjugadas a informações ambientais. A elaboração de dispositivos interpretativos que ampliem a divulgação da importância da UC para a qualidade de vida local e que cumpram a missão de ofertar educação ambiental e lazer é uma ótima alternativa a ser desenvolvida. A diversidade de galhas no PESV, acima do encontrado em outros levantamentos, faz desta UC uma área potencial para estudos biológicos. Nesta perspectiva e com o intuito de demonstrar o potencial do PESV também para a produção de conhecimento científico, alguns morfotipos de galhas do PESV foram escolhidos para estudos anatômicos e imunocitoquímicos, incorporando estes modelos a sistemas em estudo em outras UCs do estado de MG (*cf.* Formiga et al. 2013, Carneiro et al. 2013, Ferreira & Isaias 2013).

Os galhadores são parasitas e, portanto, diminuem a performance de suas plantas hospedeiras. Eles afetam o desenvolvimento das plantas e conseqüentemente suas características finais tais como porte, ao qual causam redução, e seu sucesso reprodutivo, quando comprometem, por exemplo, a produção de sementes (Silva *et al.*, 1995). As galhas, apesar de não muito conhecidas e difundidas na sociedade não científica, apresentam importância econômica e conservacionista. Tribos da Amazônia Peruana utilizam galhas na confecção de artesanato; na África Oriental são utilizadas na produção de tinta para tatuagem; na indústria farmacêutica; na produção de tintas; na extração de ácido tânico para comércio de curtume e na indústria de inseticidas. Além disso, possuem valor nutritivo tanto para o homem quanto para o gado; e podem ser usadas como agentes de controle biológico contra ervas daninhas na agricultura (Mani, 1992; Fernandes & Martins, 1985). Galhas são, portanto, relações parasíticas onde o indutor é o beneficiado e a planta hospedeira o ser que sofre o dano (Weis & Abrahamson, 1986; Felt, 2001).

O desenvolvimento das galhas é influenciado e coordenado pelo organismo galhador por meio de fatores ainda não elucidados que redirecionam as células para uma morfogênese característica. Este desenvolvimento é compreendido de quatro fases: iniciação, crescimento e desenvolvimento, maturação e senescência (Mani, 1964; Rohfritsch, 1992). Acredita-se que a variação das estruturas mais externas da galha esteja relacionada com defesa e as mais internas estariam ligadas ao suprimento de alimento para o galhador (Stone & Schönrogge, 2003), formando dois gradientes de complexidade que definem a alta diversidade morfológica das galhas, o macroscópico e o microscópico. A forma externa das galhas pode variar desde

estruturas mais rudimentares como enrolamentos de margem foliar e dobramentos de parte do órgão hospedeiro a estruturas complexas completamente fechadas nas quais a câmara larval está totalmente envolta em camadas especializadas de tecidos vegetais. Estes tecidos podem estar em um contínuo com as camadas teciduais pré-existentes no órgão parasitado ou ainda formarem múltiplas camadas formadas por rediferenciação celular estruturando neoformações. As galhas mais complexas são geralmente induzidas por Diptera: Cecidomyiidae e Hymenoptera: Cynipidae (Stone & Schönrogge, 2003).

As galhas constituem ótimos modelos para estudos de desenvolvimento por serem estruturas neoformadas, cuja duração e desenvolvimento são capazes de serem acompanhados ao longo de seus ciclos em associação ao ciclo de vida de seus indutores. Funcionam, desta forma, como microlaboratórios naturais que revelam passos citológicos essenciais durante o desenvolvimento do órgão (Oliveira & Isaias, 2010). Estes modelos vêm sendo úteis também para estudos imunocitoquímicos que buscam identificar a distribuição de pectinas e proteínas na parede celular, de modo a testar os aspectos funcionais propostos na literatura (*cf.* Formiga et al. 2013). Além do levantamento da diversidade e riqueza de galhas no PESV, esta dissertação trata da anatomia, da distribuição de pectinas e proteínas em galhas globoides de *Luehea candicans*, fusiformes em *Celtis pubescens* e de enrolamento foliar em *Myrcia splendens*. Os resultados obtidos serviram de base para a criação de dispositivos de interpretação ambiental que darão ao público frequentador do PESV retorno em termos de aquisição de conhecimento científico e de sensibilização quanto a importância do parque para a conservação da biodiversidade e da qualidade de vida.

Esta dissertação está organizada em três capítulos, organizados da seguinte maneira:

Capítulo 1 – Levantamento das Galhas do Parque Estadual Serra Verde, município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil;

Capítulo 2 – Estrutura anatômica associada a padrões de distribuição de pectinas e proteínas em três morfotipos de galhas do Parque Estadual Serra Verde; e

Capítulo 3 – Interpretação ambiental como forma de disseminação de conhecimento sobre galhas do Parque Estadual Serra Verde.

Referências Bibliográficas

- Carneiro, R.G.S., Burckhardt, D. & Isaias, R.M.S. 2013. Biology and systematics of gall-inducing triozids (Hemiptera: Psylloidea) associated with *Psidium spp.* (Myrtaceae). **Zootaxa**. 3620 (1): 129-146.
- Felt, E.P. 2001. **Plant galls and gall markers**. Agro-bios (India). p. 364.

- Fernandes, G.W. & Martins, R.P. 1985. As Galhas: tumores de plantas. **Ciência Hoje**, 4: 59-64.
- Fernandes, G.W.; Paula, A.S. & Loyola Júnior, R. 1995. Distribuição Diferencial de insetos galhadores entre habitats e seu possível uso como bioindicadores. **Vida Silvestre Neotropical**, 4(2): 133-139.
- Ferreira, B.G. & Isaias, R.M.S. 2013. Developmental stem anatomy and tissue redifferentiation induced by a galling lepidóptera on *Marcetia taxifolia* (Melastomataceae). **Botany**. 91: 752-760.
- Formiga, A.T.; Oliveira, D.C.; Ferreira, B.G.; Magalhães, T.A.; Castro, A.C.; Fernandes, G.W. & Isaias, R.M.S. 2013. The role of pectic composition of cell walls in the determination of the new shape-functional design in galls of *Baccharis reticularia* (Asteraceae). **Protoplasma**. 250: 899-908.
- IEF, 2010. **Plano de Manejo do Parque Estadual Serra Verde, PESV**: Encarte I, Encarte II e Resumo Executivo. Governo de Minas Gerais.
- Mani, M.S. 1992. Introduction to cecidology. In Shorthouse, J.D., Rohfritsch, O. (Eds.), **Biology of Insect-Induced Galls**. Oxford University Press, Oxford. P. 3-7.
- Oliveira, D.C.; Isaias, R.M.S. 2010. Redifferentiation of leaflets tissue during midrib gall development in *Copaifera Langsdorffii* (Fabaceae). **South African Journal of Botany**, 76:350-358.
- Rohfritsch, O. 1992. Patterns in gall development. P. 60-86 In Shorthouse, J.D., Rohfritsch, O. (Eds.), **Biology of Insect-Induced Galls**. Oxford University Press, Oxford.
- Santos-Mendonça, I.V.; Lucena, M.F.A.; Vasconcelos, S.F. & Almeida-Cortez, J.S. 2007. Caracterização e distribuição espacial de galhas em *Clusia nemorosa* G. Mey (Clusiaceae) em uma área de Floresta Atlântica, Igarassu, PE. **Lundiana** 8(1): 49-52.
- Silva, I.M.; Andrade, I & Fernandes, G.W. 1995. Os tumores vegetais e seu impacto nas plantas. **Ciência Hoje**, 18: 29-30.
- Silva, M.H.M; Costa-Filho, L.O.; Oliveira, A.F.M. & Almeida-Cortez, J.S. 2011. Ocorrência de Galhas em espécies de *Croton* no Parque Nacional Vale do Catimbau (PE). **Revista Brasileira de Geografia Física**, 3: 510-519.
- Schauman, S. & Salisbury, S. 1998. Restoring nature in the city: Puget Soud experiences. **Landscape and Urban Planning**. 42: 287-295.
- Stone, G.N. & Schonrögge, K. 2003. The adaptive significance of insect gall morphology. **Trends in Ecology and Evolution**, 18(10): 512-522.
- Weis, A.E.; Abrahamson, W.G. 1986. Evolution of host-plant manipulation by gall makers: ecological and genetic factors in the *Solidago-Eurosta* system. **The American Naturalist**. 127 (5): 681-695

Capítulo I

Galls from Parque Estadual Serra Verde – Belo Horizonte – Minas Gerais state - Brazil



* Este capítulo foi submetido à Revista Acta Botanica Brasilica

**ACTA
BOTANICA
BRASILICA**



RESUMO

Galhas são distribuídas em todo o mundo e entre as famílias botânicas. Uma vez inventariada, esta diversidade pode indicar o estado de conservação de uma área como um parque urbano. Estes inventários também ajudam a compreender os padrões existentes nas galhas, considerando sua forma, cor, famílias botânicas hospedeiras, indutores e órgãos galhados. Este estudo é um inventário de galhas no Parque Estadual Serra Verde, Brasil. Esta Unidade de Conservação é um parque urbano fortemente antropizado, em uma área de transição de Cerrado e Mata Atlântica. Galhas de quatro trilhas diferentes foram observadas e coletadas mensalmente durante um ano. As terminologias morfotipos e morfoespécies foram utilizadas para distinguir as galhas porque a identificação do indutor nem sempre é possível. Foram observadas 75 morfoespécies de galhas pertencentes a 43 espécies de plantas hospedeiras de 24 famílias, sendo a maioria das galhas induzida por Diptera: Cecidomyiidae, em Fabaceae e Myrtaceae. As características morfológicas mais comuns foram a forma globoide e cor verde. As folhas foram o órgão mais galhado, seguidas dos caules. Todas essas tendências já haviam sido observadas em outros inventários. Comparando estes resultados com outros estudos, podemos dizer que o Parque Estadual Serra Verde tem forte relevância para a conservação. As áreas urbanas estão sujeitas a alta perturbação e degradação, mas também aumentam a qualidade de vida ao seu redor. A diversidade de galhas no Parque Estadual Serra Verde reflete uma área com altos níveis de estresse, mas com diversidade florística moderada. Estas características tornam esta área protegida um local importante para a conservação ambiental e põe o Parque Estadual Serra Verde em destaque.

Palavras Chave

Biodiversidade, unidades de conservação, insetos galhadores, inventário galhas neotropicais.

ABSTRACT

Galls are well distributed across the World and among plant families. Their diversity can support the status of conservation of an area as an urban park, once inventories are presented. These inventories also help to understand the patterns of the galls, based on their most common shape, color, host botanical families, inducers and galled organs. This study is about an inventory of galls at Parque Estadual Serra Verde, Brazil. This conservation unit is an urban park strongly anthropized in a transition area of Cerrado and Mata Atlântica. Galls from four different trails were observed and collected monthly during one year. The terminology morphospecies was used to distinguish the galls because the identification of the inducer was not always possible. Seventy five morphospecies of galls belonging to 43 host plant species of 24 botanical families were observed. Mostly of the galls was induced by Diptera:Cecidomyiidae, in Fabaceae and Myrtaceae. The most common traits were the globoid shape and green color. The leaves were the most frequent galled organ and the stem the second one. All these tendencies had been already observed in other inventories. Comparing current results with other studies at similar areas, we can assume that this Parque Estadual Serra Verde is very important for conservation. Urban areas are subject to high disturbance and degradation but also increase the quality of life around them. The diversity of galls at Parque Estadual Serra Verde reflects an area with high levels of stress but with moderate botanical diversity. These features make this protected area an important site for the continuous environmental conservation and regeneration and highlight the value of Parque Estadual Serra Verde.

Keywords

Biodiversity, conservation unit, galling insects, inventory, neotropical galls.

Introduction

Galls are abnormal growths of plant tissues induced by several living organisms that maintain an intimate endophytic interaction with their host plants and organs (Mani 1964, Dreger-Jauffret & Shorthouse 1992). The galls can be induced by virus, bacteria, fungi, nematodes, mites, and mainly by insects, which are called entomogenous galls. These galls are distributed across wide biogeographical areas and among plant families (Fernandes & Martins 1985, Arduin & Kraus 2001). Based on the growing diversity of its inducers and the correlation between the number of galls and plant richness, Espírito-Santo & Fernandes (2007) estimated the existence of about 133,000 of galling insect species in the World. Among the botanical families, the most affected by these kind of interactions are the Fabaceae, Asteraceae, Myrtaceae, Malpighiaceae and Melastomataceae (Fernandes *et al.* 1997, Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001, Maia & Fernandes 2004).

Gall inducers are poorly known taxonomically, especially in the Neotropics, where most of the species are new to science. Consequently, expressions such as morphospecies or gall morphotypes are proposed and widely used based on their external morphology in combination with the host organ or host plant species (Price *et al.* 1998, Carneiro *et al.* 2009, Costa, Fagundes & Neves 2010). Among galling insects' families, the most prominent are the Cecidomyiidae (Diptera), which is a highly specialized group with the galling habit and Cynipidae (Hymenoptera). Moreover, some species of Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera and Thysanoptera are also reported as gall inducers (Fernandes *et al.* 1997, Araújo *et al.* 2007, Santos, Ferreira & Araújo 2010).

These insects are excellent models for studies on the ecological diversity and specificity due to their richness, abundance and sessile habit. They are easily collected, and have predictable responses to environmental changes, as well as possess a high specificity to their host plants (Fernandes *et al.* 2009). Apart from the gall inducers, other organisms may also be involved in the galling microenvironment such as the parasitoids, the predators and the inquilines (Maia & Fernandes 2004). These natural enemies coupled with the high diversity and characteristics of the host plants (chemical, physiological, anatomical, genetic), climatic conditions of the habitat, anthropogenic disturbances (urbanization), and biogeographic gradients (elevation, latitude, temperature and humidity) are the main factors that determine the diversity and distribution of galling herbivores (Fernandes 1992, Lara & Fernandes 1996, Fernandes *et al.* 1997).

Currently, the effect of habitat fragmentation over the species composition must be considered and has been widely investigated. Environments subject to greater nutritional and hygrothermal stresses are richer in species of galls (Fernandes & Price 1992). In addition, species composition and richness of galls are directly related to the local flora (Resende *et al.* 2002, Carneiro *et al.* 2009). The gall inducers are also good indicators of environmental conditions and biodiversity, especially where there is a mosaic of habitats established by water, heat and anthropogenic stresses (Fernandes & Price 1988, 1992, Fernandes, Paula & Loyola-Junior 1995, Resende *et al.* 2002, Moreira *et al.* 2007).

Lately, studies of galls in conservation units such as parks are being carried out in greater numbers. This is the case of Estação Ecológica de Pirapitinga (Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001), Parque Nacional da Serra do Cipó (Lara & Fernandes 1996, Coelho *et al.* 2009), Área de Proteção Ambiental da Serra de São José (Maia & Fernandes 2004), Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Bulcão (Fernandes & Negreiros 2006), Parque Nacional Vale do Catimbau (Silva *et al.* 2011), Refúgio Ecológico Charles Darwin (Santos-Mendonça *et al.* 2007), Parque Estadual Pireneus (Araújo, Gomes-Klein & Santos 2007), Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Maia & Oliveira, 2011), and a range of conservation units within the Serra do Espinhaço (Carneiro *et al.* 2009). In spite of the large amount of the academic work that has been carried out in this field, much remains to be done, regarding the ecology and biology of the organisms involved in galling habit.

Most of these conservation units are located in rural regions where urbanization initiatives have had little impact. However, there are some urban parks that have important conservation roles due to the fragmentation of natural vegetation covering, and consequently loss of life quality. In contrast, urban areas are characterized by intense human activity, strong presence of residential, industrial, and commercial centers and vestiges of native and/or modified vegetation. Thus, the study of the diversity of remaining organisms in these areas would provide good bioindicators of environmental changes. This would strongly apply to the galling insects, for they have a great sensitivity to environmental changes and a significant decrease of diversity has been observed, as urbanization increases (Julião *et al.* 2005).

How the green areas in urban regions are managed can greatly affect their species composition. The improvement of knowledge about these organisms and of their interactions may reinforce the importance of green areas for the cities, as they are good indicators of quality of life in an urban setup. Herein, we carried out an inventory on the diversity of galls of Parque Estadual Serra Verde as the first steps to demonstrate the conservation status of the

area and to set this urban park as a reference for scientific research and environmental interpretation for the benefit of the community of Belo Horizonte city. We also compare and contrast our data against other academic works searching for existing patterns within the main groups of host plants and gall inducers, identifying the main characteristics and detailing their diversity. It is proposed that these indicators will provide us with an effective benchmark regarding the conservation status of the Parque Estadual Serra Verde.

Material and Methods

1. Study Area

This research was carried out at the Parque Estadual Serra Verde (Serra Verde State Park) - henceforth PESV (19° 47'17.41" S and 43° 57'31.52" W), a conservation unit of 142 hectares located in Belo Horizonte municipality, Minas Gerais State, Brazil. The PESV was created by a State Decree of December 12th, 2007 and its area was augmented by the State Decree number 45,077 of March 30th, 2009, when it reached its present dimension. Since its inception, it has been managed by the Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF-MG). It is a transition ecoregion located between the threatened biomes of the Cerrado and the Mata Atlântica. It is strongly anthropized, except for some small spots where there are remnants of the original forest. Due to its location within an urban area, the park has suffered historical pressures from the subsequent urban sprawl and a high population growth. Its climate is classified as semi-humid with a dry season (Aw) from April to September. The annual mean temperature ranges from 15°C to 21.1°C; the rates of annual precipitation range from 190 mm to 1,515 mm, and the main soil types are red-yellow argisols and haplic cambisols, poor in nutrients for the plants (IEF 2010).

The PESV has several trails as detailed in its Management Plan in 2010. Four of these trails have been used for educational and recreational purposes by the community and the Park staff for environmental education. They are: the Trilha da Mata (considered in the management plan as part of the Trilha da Macaúba), the Trilha do Estacionamento (considered in the management plan as part of the Trilha da Comunidade), the Trilha do Pica-Pau, and the Trilha do Curiango (Fig. 1). All together, the length of these trails total approximately two kilometers.

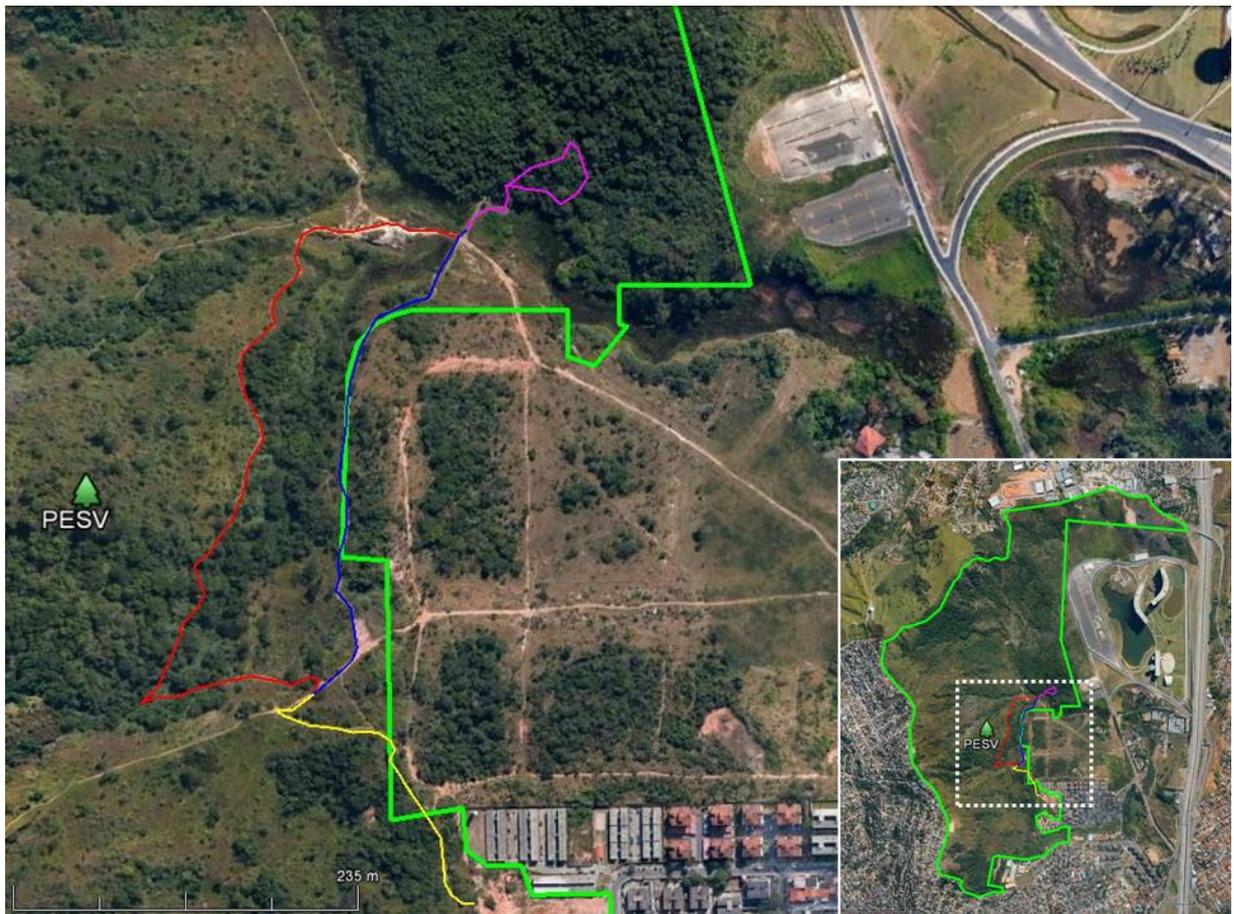


Figure 1 – Ecological trails of PESV: the Trilha do Curiango (red), the Trilha do Pica-Pau (blue), the Trilha da Mata (pink); the Trilha do Estacionamento (yellow); park boundaries (green). Extracted from Google Earth[®].

2. Data sampling

The richness and seasonality of gall morphospecies were surveyed once a month from September 2012 to August 2013. Each field survey lasted six hours for the four trails, amounting to 72 hours of observation. We took in consideration the gall shape/morphotype, the host plant and the inducer in order to classify the different morphospecies.

All gall morphospecies observed in the vegetation (epigeal part) up to two meters high received a temporary identification tag and was photographed. A sample of each gall morphospecies was then collected and placed in plastic bags for further identification and description in the laboratory. At the time of collection, data related to the morphospecies, their host species, and habitat were recorded. The categorization of the morphotypes and the descriptive items proposed by Isaias *et al.* (2013) were adopted. In the lab, part of the samples was packed in transparent plastic pots in an attempt to rear adult insects. Another part of the samples was sectioned under a stereomicroscope to gain access to the inducer as well as to describe some gall features. All inducers were preserved in 70% ethanol and some of them

were sent to specialists for identification. Furthermore, literature already mentioned in this article, especially the surveys, was also employed in the identification process.

Fertile branches of the host plants were used on the identification of the plants, and were deposited in the Herbarium BHCB (169399 to 169428). The classification of the host angiosperms followed the proposal of the Angiosperm Phylogeny Group III - APGIII (Chase & Reveal 2009).

Results

The 75 morphospecies of galls (Fig. 2-6) observed at the PESV belong to 43 host plant species of 24 botanical families (Table 1). The most common host plants belong to the Fabaceae (29%) with 22 morphospecies of galls, whose host plants belong to 10 species of eight genera, and Myrtaceae (13%) with 10 morphospecies of galls, whose host plants belong to five species of four genera (Fig. 07). Among the associated guild found in the galls, there was a predominance of Diptera: Cecidomyiidae (40%), Hymenoptera (17%), and Thysanoptera (11%) (Fig. 08). The months with the highest presence of the morphospecies were June with 57 morphospecies (76%), followed by May and October with 52 (69%) and 49 (65%) different morphospecies, respectively. The months with less than 50% of the morphospecies were September, January and March, when a homogeneous temporal distribution of galls was observed. The host plant species with the most homogeneous temporal distribution were *Celtis pubescens* (Cannabaceae), *Myrcia splendens* (Myrtaceae), *Lantana camara* (Verbenaceae), *Luehea candicans* (Malvaceae), *Byrsonima* sp. (Malpighiaceae), *Trichilia lepidota* (Meliaceae), *Miconia albicans* and *Miconia ibaguensis* (Melastomataceae). It is noteworthy that only four gall morphospecies were detected exclusively within one month, May (in *Bauhinia unguolata*), August (in *Copaifera langsdorffii*) and October (in *Platypodium ellegans*); all Fabaceae hosts.

The spatial distribution of gall morphospecies among the surveyed trails showed that the Trilha do Estacionamento had the lowest frequency (27%). Only seven plant species were sampled in at least three of the four trails: *Vernonanthura phosphorica* (Asteraceae), *Handroanthus ochraceus* (Bignoniaceae), *Celtis pubescens* (Cannabaceae); *Myrcia splendens* (Myrtaceae), *Abuta* sp. (Menispermaceae) and *Lantana camara* (Verbenaceae). Most morphospecies (68%) occurred in only one trail.

Galls were observed within four different plant organs: leaves (71%), stems (21%), buds (5%), and inflorescences (3%). Among the morphotypes suggested by Isaias *et al.* (2013), the globoid was the most frequent (35%), followed by the fusiform (17%), the lenticular (12%), the marginal roll (9%) and leaf fold (9%). The less common was the bivalve shaped (1%) and the cylindrical (1%). In regards to color, there was prevalence of green (58%) and brown (22%) galls.

Plant species that hosted the highest number of galls were *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae) containing five morphospecies, and *Celtis pubescens* (Cannabaceae), *Myrcia splendens* (Myrtaceae), *Machaerium nyctitans* (Fabaceae) and *Serjania* sp. (Sapindaceae) with four morphospecies each. *Luehea candicans* (Malvaceae), *Bauhinia unguolata* (Fabaceae), *Piptadenia gonoacantha* (Fabaceae), *Byrsonima* sp (Malpighiaceae), and *Eugenia florida* (Myrtaceae) had three different morphospecies, each.

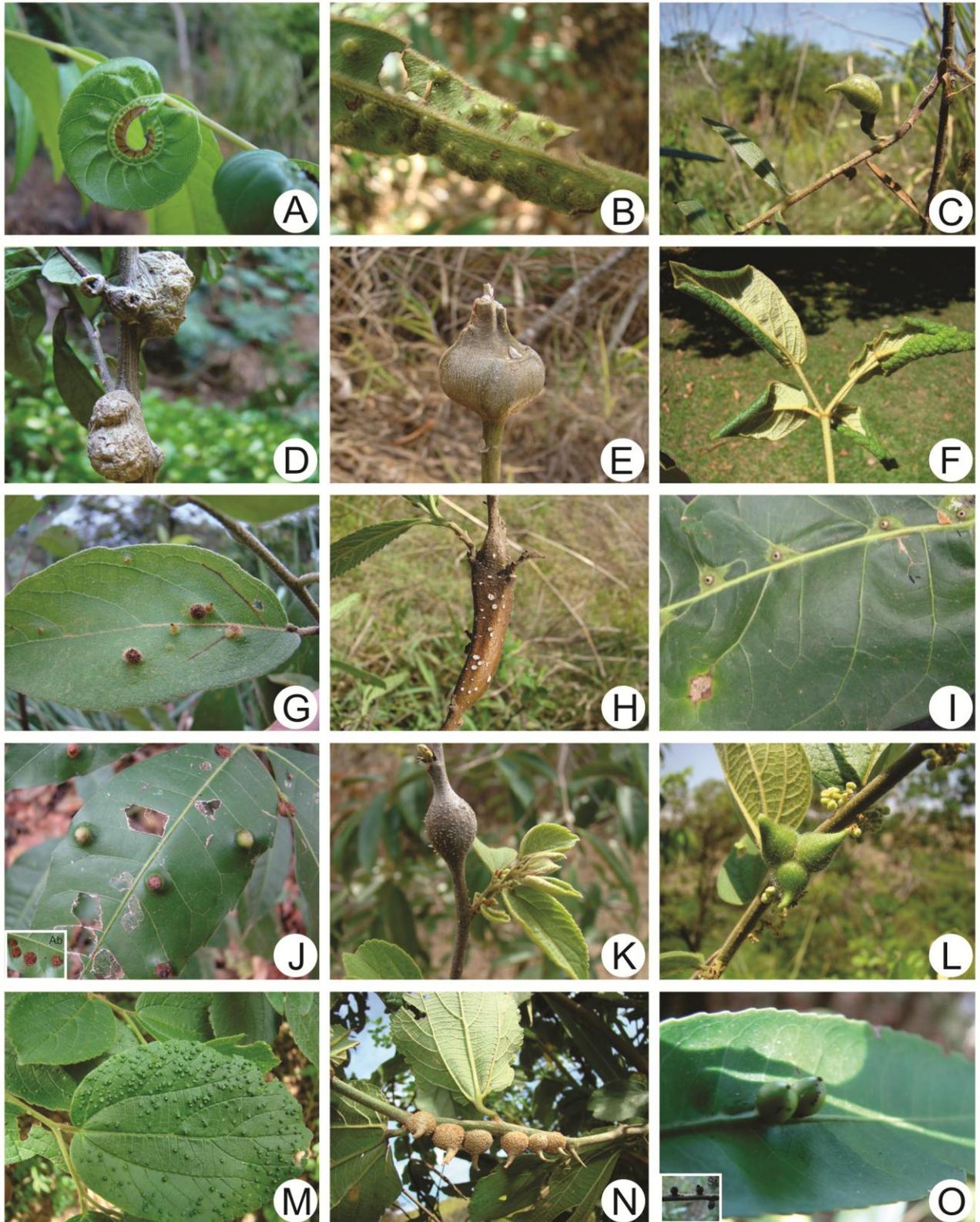


Figure 2. Morphospecies of galls of the ecological trails from PESV. A) *Astronium fraxinifolium* (Anacardiaceae), B) *Guatteria sellowiana* (Anonaceae), C) *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae), D-E) *Vernonantura phosphorica* (Asteraceae), F) *Handroanthus ochraceus* (Bignoniaceae), G) *Cordia sellowiana* (Boraginaceae), H) *Cordia verbenacia* (Boraginaceae), I-J) *Protium heptaphyllum* (Burseraceae), K-N) *Celtis pubescens* (Cannabaceae), O) *Maytenus salicifolia* (Celastraceae). Ad – adaxial side; St – stem.

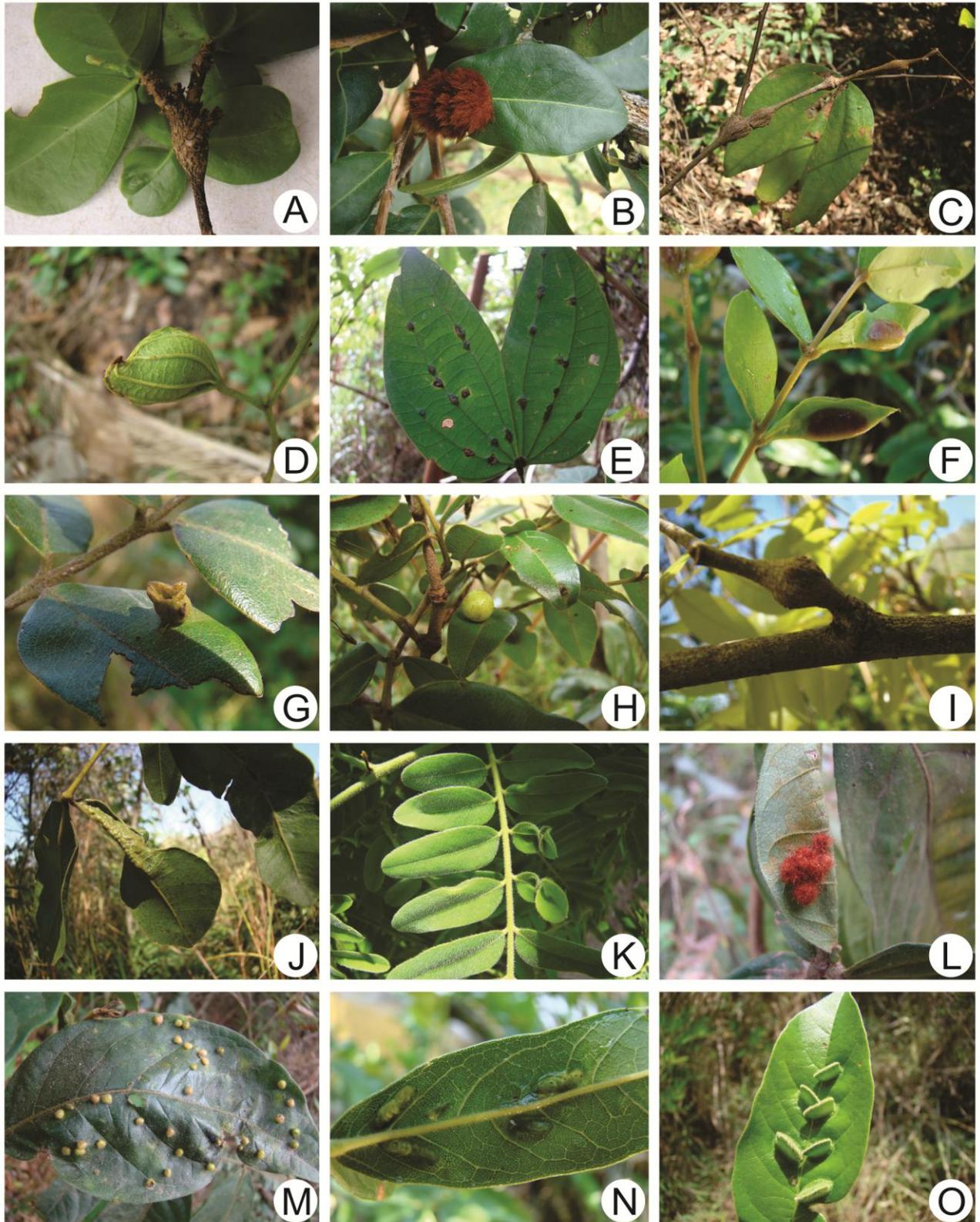


Figure 3. Morphospecies of galls of the ecological trails from PESV. A) *Erythroxyllum cuneifolium* (Erythroxyllaceae), B) *Erythroxyllum suberosum* (Erythroxyllaceae), C-E) *Bauhinia unguolata* (Fabaceae), F-J) *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), K) *Dalbergia villosa* (Fabaceae), L-M) *Inga ingoides* (Fabaceae), N) *Lonchocarpus cultratus* (Fabaceae), O) *Lonchocarpus muehlbergianus* (Fabaceae).

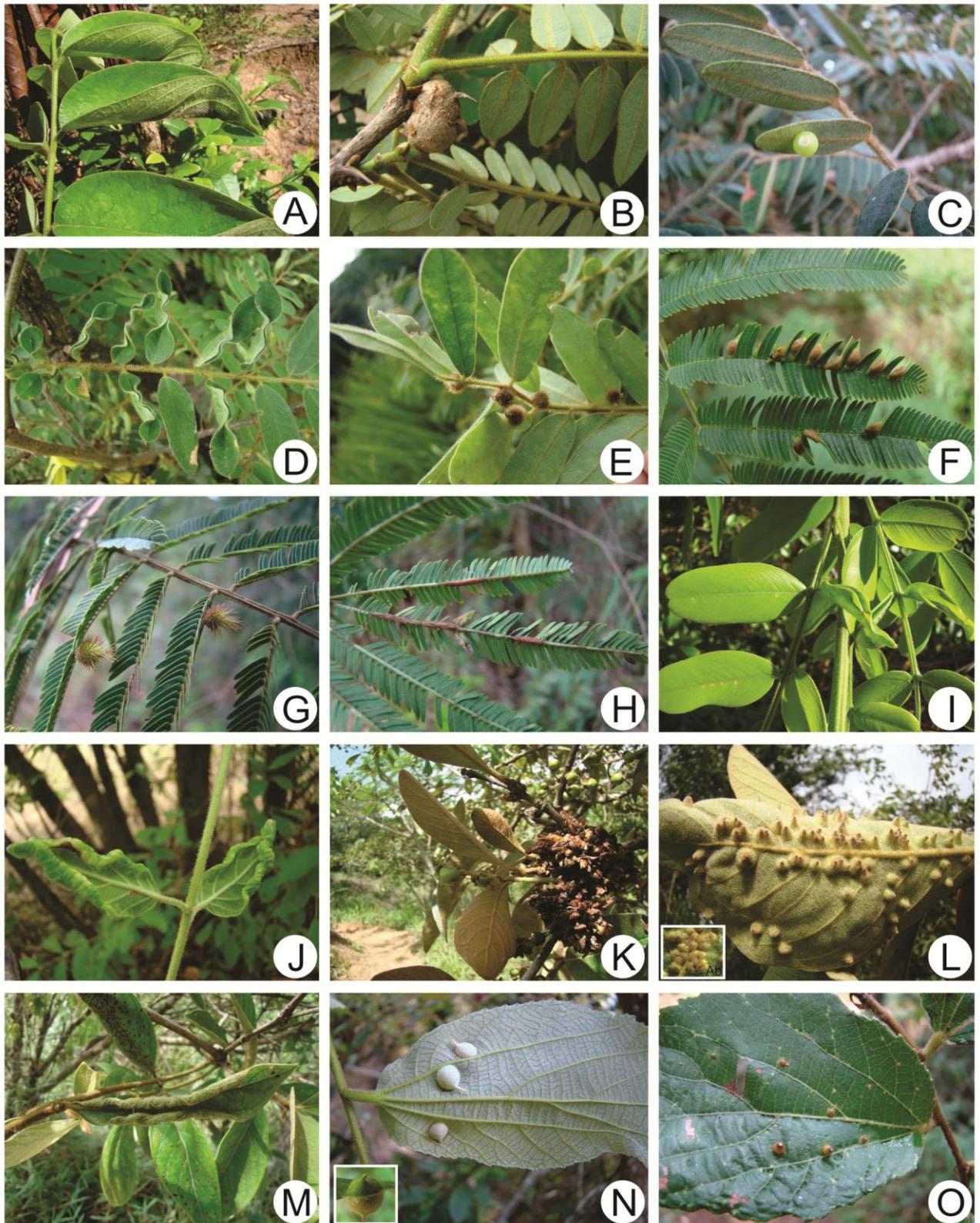


Figure 4. Morphospecies of galls of the ecological trails from PESV. A) *Machaerium dimorphandrum* (Fabaceae), B-E) *Machaerium nyctitans* (Fabaceae), F-H) *Piptadenia gonoacantha* (Fabaceae), I) *Platypodium ellegans* (Fabaceae); J) *Nectandra oppositifolia* (Lauraceae), K-M) *Byrsonima* sp. (Malpighiaceae), N-O) *Luehea candicans* (Malvaceae). Ad – adaxial side.

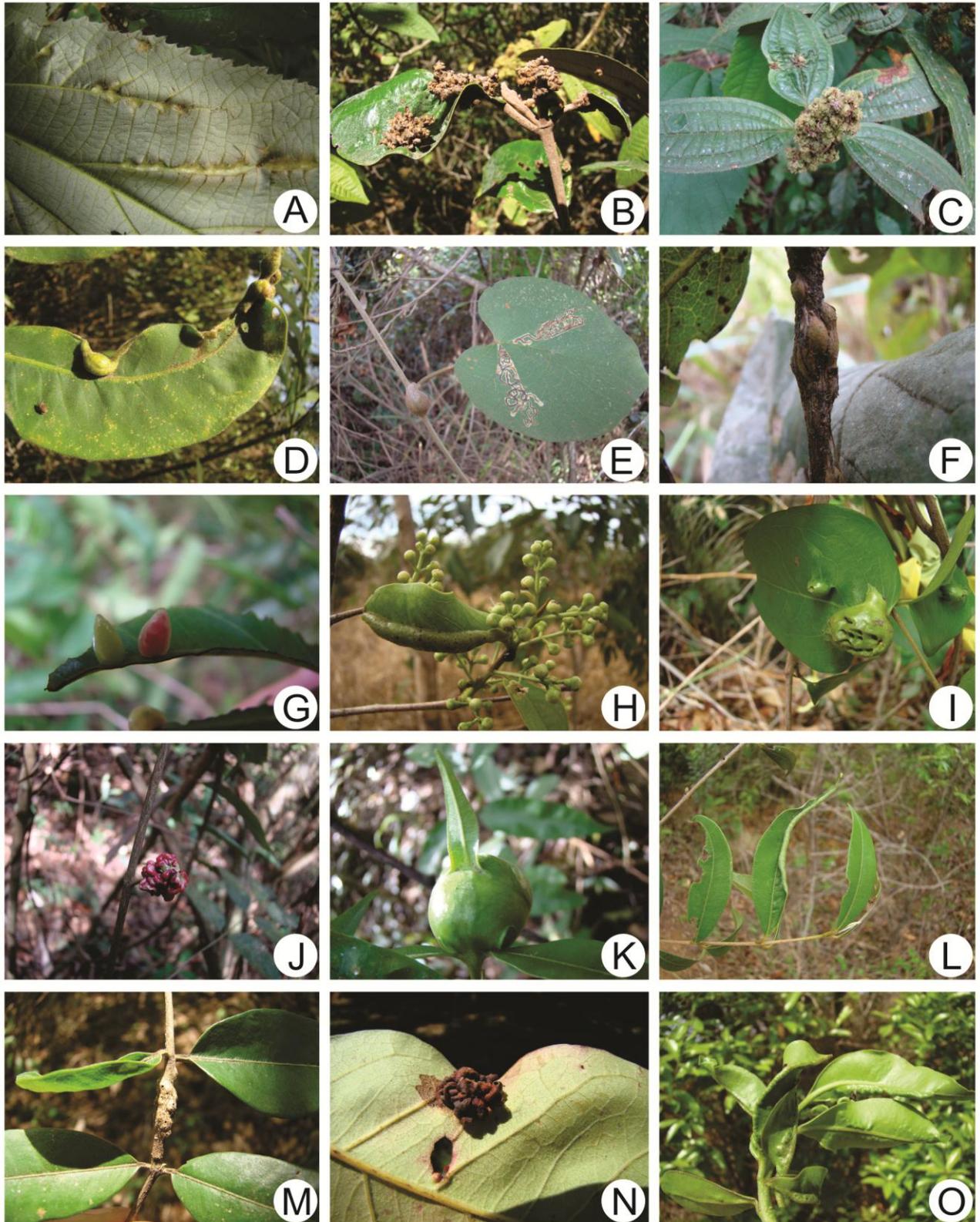


Figure 5. Morphospecies of galls of the ecological trails from PESV. A) *Luehea candicans* (Malvaceae), B) *Miconia albicans* (Melastomataceae), C) *Miconia ibaguensis* (Melastomataceae), D) *Trichilia lepidota* (Meliaceae), E) *Abuta* sp (Menispermaceae), F) *Campomanesia* sp. (Myrtaceae), G-I) *Eugenia florida* (Myrtaceae), J-M) *Myrcia splendens* (Myrtaceae), N) *Myrcia tomentosa* (Myrtaceae), O) *Myrciaria floribunda* (Myrtaceae).

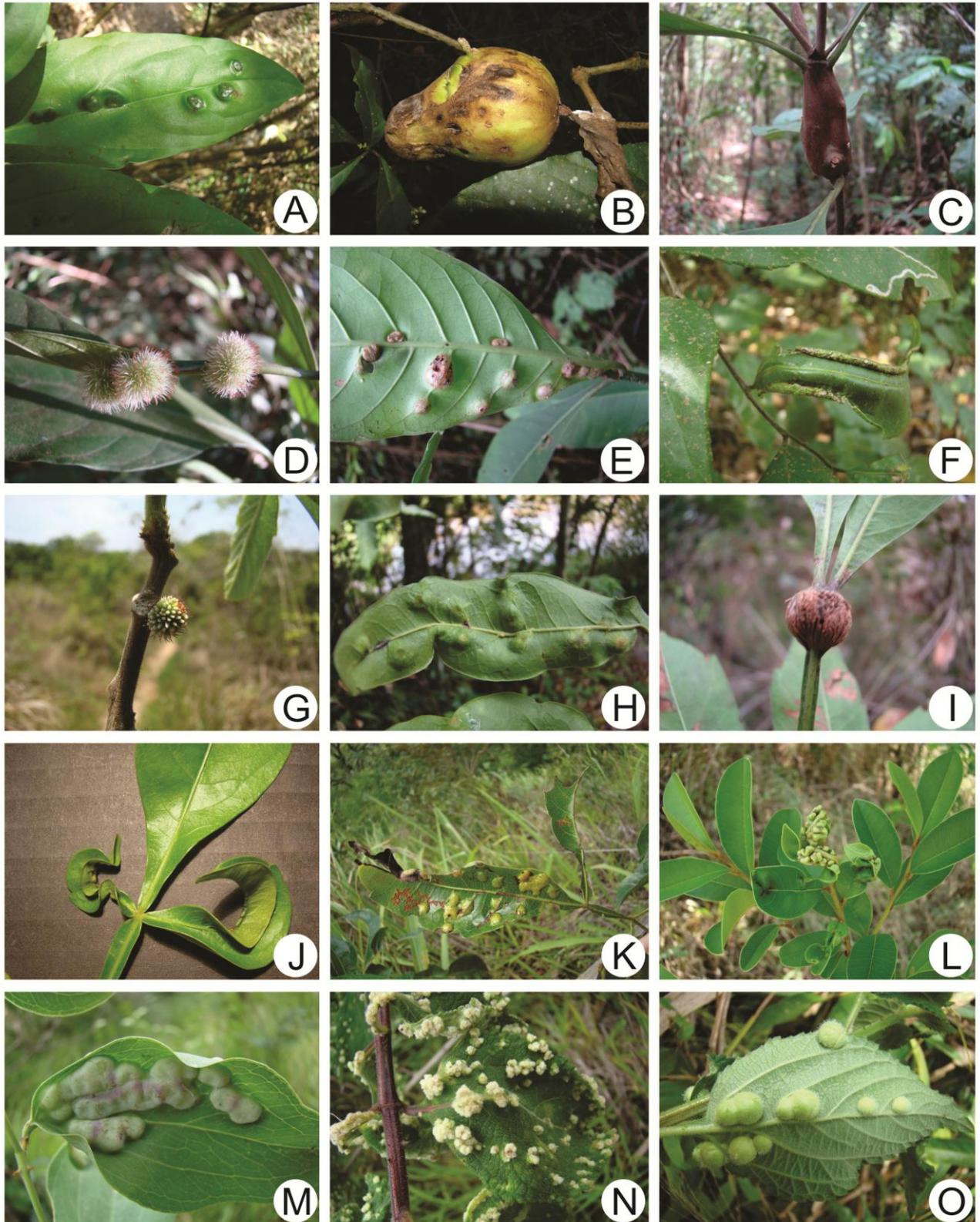


Figure 6. Morphospecies of galls of the ecological trails from PESV. A-B) *Piper arboreum* (Piperaceae), C-D) *Psychotria carthagenensis* (Rubiaceae), E) *Psychotria* sp. (Rubiaceae), F) *Casearia gossypiosperma* (Salicaceae), G) *Allophylus sericeus* (Sapindaceae), H) *Matayba* sp (Sapindaceae), I-K) *Serjania* sp (Sapindaceae), L) *Chrysophyllum marginatum* (Sapotaceae), M) *Smilax* sp (Smilacaceae), N-O) *Lantana camara* (Verbenaceae).

Table 1 – Galls from the ecological trails of Parque Estadual Serra Verde. Host plants, gall morphology and associated organisms. **1c**: one larval chamber; **Mc**: more than one larval chamber; **grouped**: galls can be grouped; **midrib**: occurs in the midrib of the leaf; **petiole**: occurs in the petiole of the leaf.

Host Plant	Morphology of the galls				Associated guild	Fig.
	Organ	Morphotype	Color	Other traits		
Anacardiaceae						
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott.	leaf	marginal roll	green			2A
Annonaceae						
<i>Guatteria sellowiana</i> Schltdl.	leaf	globoid	green	hairy		2B
Asteraceae						
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	leaf	leaf fold	green	glabrous; 1c	<i>Baccharopelma dracunculifoliae</i> (Hemiptera: Psyllidae)	2C
<i>Vernonantura phosphorica</i> Vell. (H. Rob.)	stem	globoid	brown	glabrous; 1c		2D
	stem	globoid	brown	glabrous	<i>Tomoplagia rudolphi</i> (Diptera: Tephritidae)	2E
Bignoniaceae						
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	leaf	marginal roll	green	hairy	Thysanoptera; Hemiptera	2F
Boraginaceae						
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	leaf	globoid	green	hairy; 1c	Diptera: Cecidomyiidae	2G
<i>Cordia verbenacia</i> DC.	stem	fusiform	brown	glabrous; 1c	Hymenoptera: Eulophidae; Diptera: Cecidomyiidae	2H
Burseraceae						
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	leaf	lenticular	green	glabrous		2I
	leaf	globoid	green /brown	hairy; 1c	Diptera: Cecidomyiidae	2J
Cannabaceae						
<i>Celtis pubescens</i> (Kunth) Spreng.	stem	fusiform	brown	glabrous; 1c	Diptera: Cecidomyiidae; Hymenoptera	2K
	stem	conical	green	grouped; hairy	Diptera: Cecidomyiidae	2L
	leaf	globoid	green	1c	Diptera: Cecidomyiidae	2M
	stem	conical	brown	glabrous; 1c	Diptera: Cecidomyiidae	2N
Celastraceae						
<i>Maytenus salicifolia</i> Reissek	leaf and stem	globoid	green e yellow	glabrous; adaxial	Hymenoptera	2O
Erythroxylaceae						
<i>Erythroxylum cuneifolium</i> (Mart.) O. E. Schulz.	stem	fusiform	brown	glabrous; 1c	Hymenoptera	3A
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	leaf	globoid	brown	hairy, 1c	<i>Dasineura</i> sp. (Diptera: Cecidomyiidae)	3B
Fabaceae						
<i>Bauhinia unguolata</i> L.	stem	fusiform	brown	glabrous	Diptera: Cecidomyiidae	3C
	leaf	leaf fold	green	hairy, 1c	Hymenoptera; Lepidoptera	3D

(cont.)

	leaf	lenticular	green	grouped; midrib; glabrous	Diptera: Cecidomyiidae; Hymenoptera: Pteromalidae	3E
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	leaf	leaf fold	red / green	hairy; 1c	Diptera: Cecidomyiidae	3F
	leaf	globoid	green	1c; cup-shaped; glabrous		3G
	leaf	globoid	red / green	glabrous	Diptera: Cecidomyiidae	3H
	stem	fusiform	brown	glabrous	Diptera: Cecidomyiidae	3I
	leaf	fusiform	green	midrib; glabrous		3J
<i>Dalbergia villosa</i> (Benth.) Benth.	stem	fusiform	green	midrib		3K
<i>Inga ingoides</i> Rich (Willd.)	leaf	globoid	red	abaxial	Diptera: Cecidomyiidae; Hymenoptera	3L
	leaf	globoid	green / yellow	adaxial	Hymenoptera; Thysanoptera	3M
<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) A.M.G. Azevedo & H.C. lima	leaf	cylindrical	green / brown	glabrous; 1c	Diptera: Cecidomyiidae	3N
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassl.	leaf	bivalve shaped	green	hairy; 1c; adaxial	<i>Euphalerus ostreoides</i> (Hemiptera: Psyllidae)	3O
<i>Machaerium dimorphandrum</i> Hoehne	leaf	leaf fold	green	1c	<i>Clinodiplosis</i> sp. (Diptera: Cecidomyiidae)	4A
<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	stem	globoid	brown	glabrous; 1c	Hymenoptera	4B
	leaf	globoid	green	abaxial		4C
	leaf	fusiform	green	hairy, 1c, midrib	Diptera: Cecidomyiidae	4D
	leaf	globoid	green	hairy, 1c, adaxial	Diptera: Cecidomyiidae	4E
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	leaf	lenticular	yellow / red	hairy; 1c	Diptera: Cecidomyiidae	4F
	leaf	globoid	green / red	hairy; 1c	Diptera: Cecidomyiidae	4G
	leaf	fusiform	brown	rachis		4H
<i>Platypodium ellegans</i> Vogel	leaf	leaf fold	green	1c		4I
Lauraceae						
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	leaf	marginal roll	green			4J
Malpighiaceae						
<i>Byrsonima</i> sp. Rich. Ex Kunth.	stem	amorphous	brown	gouped, hairy	mite	4K
	leaf	conical	green	hairy		4L
	leaf	marginal roll	green	hairy	Thysanoptera	4M
Malvaceae						
<i>Luehea candicans</i> Mart. & Zucc.	leaf	globoid	green	hairy, 1c		4N
	leaf	globoid	green	hairy; 1c; abaxial		4O
	leaf	lenticular	green	hairy; grouped; midrib		5A

(cont.)

Melastomataceae						
<i>Miconia albicans</i> (sw.) Triana	leaf / stem / inflorescence	amorphous	green	grouped; glabrous	Lepidoptera; Coleoptera; hymenoptera; spider; Nematode.	5B
<i>Miconia ibaguensis</i> (Bonpl.) Triana	leaf / stem / inflorescence	amorphous	green	grouped; glabrous	Nematode	5C
Meliaceae						
<i>Trichilia lepdota</i> Mart.	leaf	leaf fold	yellow	hairy; 1c		5D
Menispermaceae						
<i>Abuta</i> sp. Barrère ex Aubl.	stem	fusiform	brown	hairy; 1c		5E
Myrtaceae						
<i>Campomanesia</i> sp. Ruiz & Pav.	stem	fusiform	brown	hairy; grouped		5F
<i>Eugenia florida</i> DC.	leaf	conical	white / red	glabrous; mc; adaxial	<i>Bruggmannia</i> sp. (Diptera: Cecidomyiidae)	5G
	leaf	marginal roll	green	glabrous	Hemiptera / Thysanoptera	5H
	leaf	globoid	green		Hemiptera	5I
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	bud	pocket shaped	red	glabrous; 1c	Thysanoptera	5J
	leaf	globoid	green	glabrous	Hymenoptera	5K
	leaf	marginal roll	green	glabrous	<i>Holopothrips</i> sp. e <i>Ramphothrips</i> sp. (Thysanoptera)	5L
	stem	fusiform	brown	glabrous	Diptera: Cecidomyiidae	5M
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	stem	pocket shaped	red	glabrous; 1c		5N
<i>Myrciaria floribunda</i> (H. West ex Wild.) O. Berg	leaf	leaf fold	green	glabrous; 1c	Hemiptera / Thysanoptera	5O
Piperaceae						
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	leaf	lenticular	green	glabrous	Diptera: Cecidomyiidae; Hymenoptera: Eulophidae	6A
	bud	globoid	green	grouped; mc	<i>Zalepidota</i> sp. (Diptera: Cecidomyiidae); Lepidoptera	6B
Rubiaceae						
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	bud	fusiform	brown			6C
	leaf	globoid	green / red	grouped; hairy; 1c	Diptera: Cecidomyiidae	6D
<i>Psychotria sp1</i> Juss.	leaf	lenticular	green / brown	grouped/ 1c	Diptera: Cecidomyiidae	6E
Salicaceae						
<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	leaf	marginal roll	green			6F
Sapindaceae						
<i>Allophylus sericeus</i> (Cambess.) Radlk.	bud	globoid	green / white	hairy; 1c	Hymenoptera	6G
<i>Matayba</i> sp. Aubl.	leaf	lenticular	green	grouped		6H

(cont.)

<i>Serjania</i> sp. Mill.	leaf	globoid	brown	hairy; petiole		6I
	leaf	lenticular	green / yellow	midrib	Diptera: Cecidomyiidae	6J
	leaf	lenticular	yellow			6K
Sapotaceae						
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	leaf	pocket shaped	green	glabrous; 1c	Thysanoptera	6L
Smilacaceae						
<i>Smilax</i> sp. L.	leaf	globoid	green	grouped	Diptera: Cecidomyiidae	6M
Verbenaceae						
<i>Lantana camara</i> L.	leaf	pocket shaped	green / yellow	grouped; hairy; 1c	<i>Aceria lantanae</i> Cook (Acarina)	6N
	leaf	globoid	green	grouped; hairy; 1c	<i>Schimatodiplosis lantanae</i> (Diptera: Cecidomyiidae)	6O

1c: one larval chamber; **Mc:** more than one larval chamber; **grouped:** galls can be grouped; **midrib:** occurs in the midrib of the leaf; **petiole:** occurs in the petiole of the leaf.

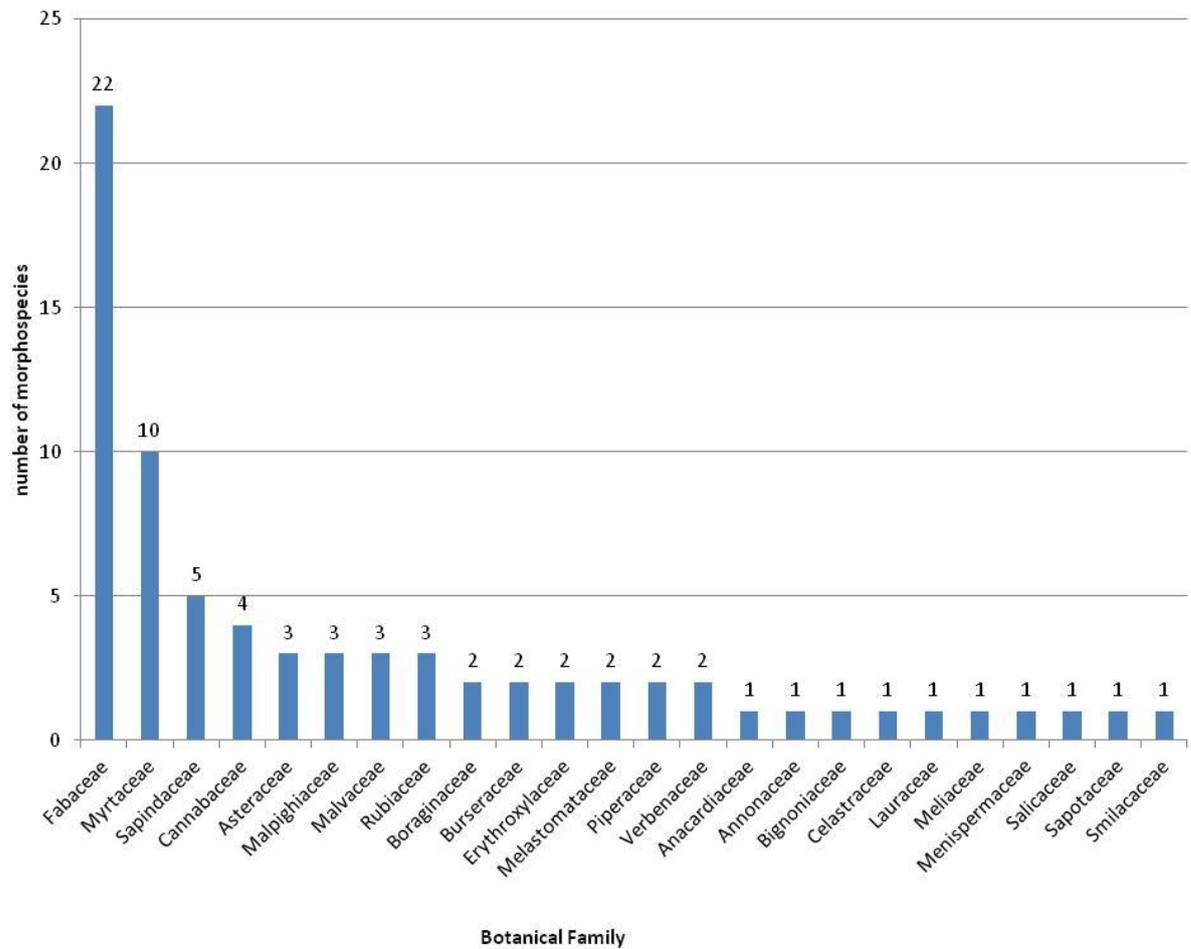


Figure 7. Distribution of morphospecies of galls by their host plant families.

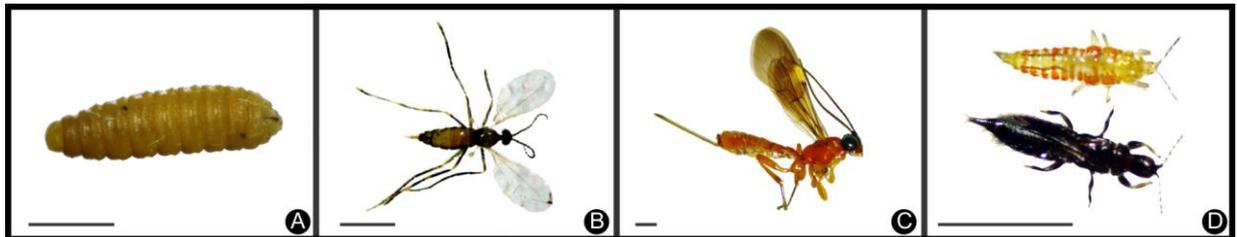


Figure 8. Main groups of galling insects at the PESV. a) Diptera: Cecidomyiidae larvae found in gall of *Machaerium nycitans*; b) Diptera: Cecidomyiidae adult found in gall of *Piper arboreum*; c) Hymenoptera found in gall of *Bauhinia unguolata* ; d) Thysanoptera found in gall of *Myrciaria floribunda*. (bar = 1 mm)

Discussion

The plant families with the largest number of species in a given area are usually those which also host a higher richness of galls. The Myrtaceae and the Fabaceae have the highest species richness at Parque Estadual Serra Verde. They were also the main hosts of galls, which confirm the pattern presented in the inventories in the Neotropical areas. This pattern was evidenced at several places in Serra do Espinhaço (Carneiro *et al.* 2009). Even though the Asteraceae and the Melastomataceae tend to host most of the galls within several surveyed areas (Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001), they were not widespread at the PESV, with only two species surveyed per family (IEF 2010). *Celtis pubescens*, the only species of the Cannabaceae occurring in the PESV, hosted up to four morphotypes, which could be attributed to its temporal and spatial distribution in the area.

Another trend observed in the study was the high diversity and richness of the Diptera: Cecidomyiidae and Thysanoptera as the main inducers of the recorded morphospecies. This corroborates most of the inventories on the diversity and richness of galls (Espírito-Santo & Fernandes 2007, Moreira *et al.* 2007, Coelho *et al.* 2009, Toma & Mendonça-Junior 2013). As these inducers are usually found to be new species to science, the PESV seems to be a good area for further studies on insect taxonomy.

The galls of these insects showed specific distribution along the trails, which can be explained by the trails' peculiarities such as vegetation type, their length, and level of disturbance. The Trilha do Curiango, the longest one (731 meters), and the Trilha do Pica-Pau (456 meters) had more gall morphospecies. These two longest trails are also the most similar in floristic composition and levels of environment impact such as those caused by fire, human activity and soil erosion; the latter being due mainly to the absence of vegetation cover in particular sections. Likewise, the more homogeneous and dense vegetation of the shorter trails hosts a reduced richness of galls due to the lack of potential host plants.

Similar to other inventories carried out in the Neotropics (Fernandes & Negreiros 2006, Toma & Mendonça-Junior 2013), there is a predominance of leaf galls at the PESV. Leaves are usually the most available plant organs and therefore the most susceptible to gall induction. These organs are also more abundant and easily observed, in contrast to the other plant organs; they are more plastic (Valladares, Sanchez-Gomez & Zavala 2006, Formiga *et al.* 2013), and have a larger potential to respond to galling stimuli.

Most recorded galls are greenish in color. In some reported cases, there was a graduation from green to red, brown or yellow through shades of orange and pink. This color variation has also been observed by Fernandes, Neto and Martins (1988), Inbar *et al.* (2010), and Dias *et al.* (2013). The green color of the galls reveals the existence of photosynthetic cells, which could be an advantage for host plants, because they increase the photosynthetic surface due to hyperplasia and hypertrophy of plant cells. These green galls may be good models for the study of photosynthesis and the cytological responses to galling stress, as recently investigated by Oliveira *et al.* (2011). Moreover, some studies in tropical areas have demonstrated that the photosynthesis in galls is not enough for the maintenance of their structure, and are employed instead as an accessory to the host plant machinery (Oliveira *et al.* 2011, Castro *et al.* 2012). It has also been proven that the change of colors of the galls may be of aposematic nature to the gall system, as reported for *Psidium myrtooides*-*Nothotrioza myrtooides* (Carneiro, Burckhardt & Isaias 2013); it can also be related to the presence or absence of gall inducers, inquilines and parasitoids as discovered by Dias *et al.* (2013) for *Schinus polygamous*-*Calophya duvauae*. Thus, color variation is another potential field of research to be explored in the galls of the PESV.

Despite some previous studies at similar areas have found the lenticular morphotype (also referred as discoid) as the most abundant morphotype in nature (Fernandes & Negreiros 2006, Araújo *et al.* 2007), in the PESV the prevalence was of the globoid and fusiform galls as pointed out by Isaias *et al.* (2013) in other nine inventories of Brazilian galls: Maia & Fernandes 2004, Maia *et al.* 2008, Carneiro *et al.* 2009, Maia & Oliveira 2010, Maia 2012, Santos *et al.* 2011a,b, Malves & Frieiro-Costa 2012, Santos *et al.* 2012. There was a direct relationship between these two shapes and the host organs. Most globoid galls were found on the leaves and the fusiform ones on branches and stems of the host plants. These new biomechanical designs may develop due to the morphogenetic constraints of their host organs, with the fusiform morphotypes obeying the elongation axis of the host's stems. The globoid morphotype should be representative of a developmental process equally distributed in all directions, with the blockage of the laminar shape. This morphotype also represents the shape which has the maximum and most efficient use of superficial area and total volume. These predominant gall shapes may confer best support, anchorage, and effective protection against environmental stresses.

The relationship of these shapes and how costly and/or effective they are for the host plants and galls alike has not been explored yet in any host plant-galling herbivore system.

This interaction could be interpreted as an adaptive response or a consequence of the plant physiology associated with the galling stress. Read and Stokes (2006) have proposed that the mechanics design from the scale of cellular anatomy to whole-plant architecture, is fundamental to plant survival but their properties are not easily measured, interpreted or predicted. Plant tissues are known to be more complex than most engineering structures, as they can timely respond to temporal and spatial fluctuations stresses through adjustment in their shape and structure (phenotypic plasticity). Thus, further studies of the forces that lead to the breaking of the patterns of plant response are required to be continued. These studies could than reveal how stressful this interaction can be for both organisms' life span: the host plant and the galling inducers.

This current study demonstrates that the richness of galls and hence of their inducing agents at the PESV are high, even considering that this area is influenced by human interference, with a history of degradation, and loss of natural resources. A survey conducted in an area with a high level of environmental degradation and low botanical diversity, with a sampling effort similar to this study (60h), reported only 29 morphospecies (Fernandes & Negreiros 2006). Accordingly, at the Estação Ecológica da Universidade Federal de Minas Gerais, a fragment of urban vegetation in the same city of this study (i.e. Belo Horizonte), only 37 morphotypes were identified (Fernandes, Neto & Martins 1988). On the other hand, in no urban areas such as Serra do Cipó and Serra de São José which are conservation units with high biodiversity 92 and 137 species of galls, respectively, were found (Coelho *et al.* 2009, Maia & Fernandes 2004).

Urban areas can be subject to elevated temperatures, soil compaction, nutrient deficiencies, water stress and invasion of exotic species; these are some of many other factors that do increase the expose of plants to high levels of herbivory (Fernandes *et al.* 2009 Julião *et al.* 2005). These factors affect the availability of nutrients and may potentially lower the production of secondary defensive compounds by the plants. Therefore, areas most affected by stresses exhibit more susceptibility to herbivores. On the other hand, Julião *et al.* (2005) demonstrated that green areas in the urban sites are important for sustaining a greater floristic diversity, which also reflects the diversity of galls. Given the higher biodiversity values of these green areas it is crucial that further studies are carried out and published accordingly as to make them accessible to the local and general communities. Thus, the high diversity of galls in the PESV is a reflection of an area with high levels of environmental stress but which has, nevertheless, a moderate botanical diversity. These features make this protected area an

important site for the continuous environmental conservation and regeneration. Current results, coupled with the hypothesis that galling insect diversity can be considered good bioindicator of environmental quality, highlight the value of Parque Estadual Serra Verde as an area of great importance for future scientific researches, an area of worth of conservation and most suitable for environmental education. These factors bring many benefits for the local and general communities, resulting, thus, in an improvement of life quality for all in the Greater Belo Horizonte.

Acknowledgments

We would like to thank Ary Oliveira Filho, Pedro Miranda, Mariana Büniger, João Renato Stehmann and the staff of Systematic Lab of UFMG for the identification of the plants; Valéria Cid Maia and Adriano Cavalleri for the identification of the gall inducers. We appreciate the cooperation of the Plant Anatomy Lab of UFMG, specially the Galls Group, the staff of Parque Estadual Serra Verde and IEF-MG for the field support and the scientific license; Tiago Toma for all the ideas and Renê Carneiro and Afonso Portugal for critical reading and the English revision of the manuscript. This study was supported by FAPEMIG and CNPq.

References

- Araújo, W.S.; Gomes-Klein, V.L. & Santos, B.B. 2007. Galhas Entomógenas Associadas à Vegetação do Parque Estadual da Serra dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências** 5(1): 45-47.
- Araújo, W.S.; Santos, B.B., Ferreira, H.D. & Lousa, T.C. 2007. Ocorrência de Galhas Entomógenas na Vegetação do *Campus* da UFG, em Goiânia, Goiás. **Revista Brasileira de Biociências**. 5(1):57-59.
- Arduin, M. & Kraus, J.E. 2001. Anatomia de galhas de ambrosia em folhas de *Baccharis concinna* e *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae). **Revista Brasileira Botânica**. 24(1): 63-72.
- Carneiro, M.A.A.; Borges, R.A.X.; Araújo, A.P.A. & Fernandes, G.W. 2009. Insetos indutores de galhas da porção sul da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 53(4): 570-592.

- Carneiro, R.G.S., Burckhardt, D. & Isaias, R.M.S. 2013. Biology and systematics of gall-inducing triozids (Hemiptera: Psylloidea) associated with *Psidium spp.* (Myrtaceae). **Zootaxa**, 3620 (1): 129-146.
- Castro, A.C.; Oliveira, D.C.; Moreira, A.S.F.P.; Lemos-Filho, J.P. & Isaias; R.M.S. 2012. Source-sink relationship and photosynthesis in the horn-shaped gall and its host plant *Copaifera lagsdorffii* Desf. (Fabaceae). **South African Journal of Botany**, 83: 121-126.
- Chase, M.W. & Reveal, J.L. 2009. A Phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 161: 122-127.
- Coelho, M.S.; Almada, E.D.; Fernandes, G.W.; Carneiro, M.A.A.; Santos, R.M.; Quintino, A.V. & Sanchez-Azofeifa, A. 2009. Gall inducing arthropods from a seasonally dry tropical Forest in Serra do Cipó, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 53(3): 404-414.
- Costa, F.V.; Fagundes, M. & Neves, F.S. 2010. Arquitetura da planta e diversidade de galhas associadas à *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). **Austral Ecology**. 20:9-17.
- Dias, G.G; Moreira, G.R.P; Ferreira, B.G. & Isaias, R.M.S. (2013). Why do the galls induced by *Calophya duvauae* Scott on *Schinus polygamus* (Cav.) Cabrera (Anacardiaceae) change colors? **Biochemical Systematics and Ecology**, 48: 111-122.
- Dreger-Jauffret, F.; Shorthouse, J.D. 1992. P. 8-33. *In*: Shorthouse, J.D., Rohfritsch, O. (Eds.), **Biology of Insect-Induced Galls**. Oxford University Press, Oxford.
- Espírito-Santo, M.M.; Fernandes, G.W. 2007. How many species of gall-inducing insects are there on earth, and where are they? **Annals of the Entomological Society of America**, 100(2): 95–99.
- Fernandes, G.W. & Martins, R.P. 1985. As Galhas: tumores de plantas. **Ciência Hoje**, 4: 59-64.
- Fernandes, G.W.; Neto, E.T.; Martins, R.P. 1988. Ocorrência e caracterização de galhas entomógenas na vegetação do *Campus* Pampulha da Universidade Federal de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zoologia**, 5(1): 11–29.
- Fernandes, G.W. & Price, P.W. 1988. Biogeographical gradients in galling species richness. **Oecologia**, 76: 161-167.

- Fernandes, G.W. 1992. Plant family size and age effects on insular gall-forming species richness. **Global Ecology and Biogeography**, 2: 71-74.
- Fernandes, G.W. & Price, P.W. 1992. The adaptive significance of insect gall distribution: survivorship of species in xeric and Mesic habitats. **Oecologia**, 90: 14-20.
- Fernandes, G.W.; Paula, A.S. & Loyola Júnior, R. 1995. Distribuição Diferencial de insetos galhadores entre habitats e seu possível uso como bioindicadores. **Vida Silvestre Neotropical**, 4(2):133-139.
- Fernandes, G.W.; Araújo, R.C.; Araújo, S.C.; Lombardi, J.A.; Paula, A.S.; Loyola Júnior, R. & Cornelissen, T.G. 1997. Insect Galls from Savanna and Rocky Fields of the Jequitinhonha Valley, Minas Gerais, Brazil. **Naturalia**, 22: 221-244.
- Fernandes, G.W. & Negreiros, D. 2006. A comunidade de insetos galhadores da RPPN Fazenda Bulcão, Aimorés, Minas Gerais, Brasil. **Lundiana**, 7(2): 111-120.
- Fernandes, S.P.C.; Castelo-Branco, B.P.; Albuquerque, F.A.; Ferreira, A.L.N.; Brito-Ramos, A.B.; Braga, D.V.V. & Almeida-Cortez, J. 2009. Galhas entomógenas em um fragmento urbano de Mata Atlântica no centro de endemismo de Pernambuco. **Revista Brasileira de Biociências**, 7(3): 240-244.
- Formiga, A.T.; Oliveira, D.C.; Ferreira, B.G; Magalhães, T.A.; Castro, A.C; Fernandes, G.W; Isaias, R.M.S. 2013. The role of pectic composition of cell walls in the determination of the new shape-functional design in galls of *Baccharis reticularia* (Asteraceae). **Protoplasma**, 250: 899-908.
- Gonçalves-Alvim, S.J. & Fernandes, G.W. 2001. Comunidades de insetos galhadores (Insecta) em diferentes fisionomias do cerrado em Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 18(1): 289-305.
- IEF, 2010. **Plano de Manejo do Parque Estadual Serra Verde, PESV**: Encarte I, Encarte II e Resumo Executivo. Governo de Minas Gerais.
- Inbar, M.; Izhaki, I.; Koplovich A.; Lupo, I.; Silanikove, N.; Glasser, T.; Gerchman, Y.; Perevolotsky, A. & Lev-Yadun, S. (2010). Why do many galls have conspicuous colors? A new hypothesis. **Arthropod Plant Interactions**, 4 (1):1-6.

- Isaias, R.M.S.; Carneiro, R.G.S.; Oliveira, D.C. & Santos, J.C. (2013). Illustrated and Annotated Checklist of Brazilian Gall Morphotypes. **Neotropical Entomology**, 42:230-239.
- Julião, G.R.; Fernandes, G.W.; Negreiros, D., Bedê, L. & Araújo, R.C. 2005. Insetos galhadores associados a duas espécies de plantas invasoras de áreas urbanas e peri-urbanas. **Revista Brasileira de Entomologia**, 49(1): 97-106.
- Lara, A.C.F. & Fernandes, G.W. 1996. The highest diversity of galling insects: Serra do Cipó, Brazil. **Biodiversity Letters**, 3: 111-114.
- Mani, M.S. 1964. **Ecology of plant galls**. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.
- Maia, V.C. & Fernandes, G.W. 2004. Insect galls from Serra de São José (Tiradentes, MG, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, 64(3A): 423–445.
- Maia, V.C.; Magenta, M.A.G. & Martins, S.E. 2008. Ocorrência e caracterização de galhas de insetos em áreas de restinga de Bertiooga (São Paulo, Brasil). **Biota Neotropica**, 8(1): 167-197.
- Maia, V.C. & Oliveira, K.C. 2010. Galhas de insetos da Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ). **Biota Neotropica**, 10(4): 227-238.
- Maia, V.C. 2012. Characterization of insect galls, galls makers, and associated fauna of Platô Bacaba (Porto de Trombetas, Pará, Brazil). **Biota Neotropica**, 11(4): 1-17.
- Malves, K. & Frieiro-Costa, F.A. 2012. Lista f plants with galls induced by insects from the UNILAVRAS/Boqueirão Biological Reserve, Ingaí, state of Minas Gerais, Brazil. **Checklist**, 8(3): 426-431.
- Moreira, R.G.; Fernandes, G.W.; Almada, E.D. & Santos, J.C. 2007. Gallling insects as bioindicators of land restoration in an area of Brazilian Atlantic Forest. **Lundiana**, 8(2): 107-112.
- Oliveira, D.C.; Isaias, R.M.S.; Moreira, A.S.F.P.; Magalhães, T.A. & Lemos-Filho, J.P. 2011. Is the oxidative stress caused by *Aspidosperma spp.* Galls capable of altering leaf photosynthesis? **Plant Science**, 180: 489-495.
- Price, P.W.; Fernandes, G.W.; Lara, A.C.F. & Brown, J. 1998. Global patterns in local number of insect galling species. **Journal of Biogeography**, 25: 581-591.

- Read, J. & Stokes, A. 2006. Plant biomechanics in an ecological context. **American Journal of Botany**, 93 (10): 1546-1565.
- Resende, D.C.; Teixeira, E.C.; Benavides, A.M.; Claro-Júnior, L.H. & Silveira, C.L. 2002. Diversidade de Galhas em Ambientes de Borda e de Interior da Mata. P. 90-92. *In* Zuanon, J. & Venticinque, E., **Ecologia da Floresta Amazônica** – Curso de Campo, 2ed., PDBFF - INPA.
- Santos, B.B.; Ferreira, H.D. & Araújo, W.S. 2010. Ocorrência e Caracterização de Galhas Entomógenas em uma Área de Floresta Estacional Semidecídua em Goiânia, Goiás, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 24(1): 243-249.
- Santos, J.C.; Almeida-Cortez, J.S. & Fernandes, G.W. 2011a. Diversity of gall-inducing insects in the high altitude wetland forests in Pernambuco, Northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 71(1): 47-56.
- Santos, J.C.; Almeida-Cortez, J.S. & Fernandes, G.W. 2011b. Richness of gall-inducing insects in the tropical dry forest (Caatinga) of Pernambuco. **Revista Brasileira de Entomologia**, 55(1): 45-54.
- Santos, J.C.; Almeida-Cortez, J.S. & Fernandes, G.W. 2012. Gall-inducing insects from Atlantic forest of Pernambuco, Northeastern Brazil. **Biota Neotropica**. 12(3): 197-213.
- Santos-Mendonça, I.V.; Lucena, M.F.A.; Vasconcelos, S.F. & Almeida-Cortez, J.S. 2007. Caracterização e distribuição espacial de galhas em *Clusia nemorosa* G. Mey (Clusiaceae) em uma área de Floresta Atlântica, Igarassu, PE. **Lundiana** 8(1): 49-52.
- Silva, M.H.M.; Costa-Filho, L.O.; Oliveira, A.F.M. & Almeida-Cortez, J.S. 2011. Ocorrência de galhas em espécies de *Croton* no Parque Nacional Vale do Catimbau (PE). **Revista Brasileira de Geografia Física**, 3: 510-519.
- Toma, T.S.P. & Mendonça-Júnior, M.S. 2013. Gall-inducing insects of an Araucaria Forest in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 57(2): 225-233.
- Valladares, F.; Sanchez-Gomez, D. & Zavala, M.A. 2006. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological. **Journal Ecology**, 94(6): 1103-1116.

Capítulo II

Estrutura anatômica associada a padrões de distribuição de pectinas e proteínas em três morfotipos de galhas do Parque Estadual Serra Verde



RESUMO

Os sistemas planta hospedeira–inseto galhador são espécie-específicos e possuem grande diversidade morfológica uma vez que seus indutores alteram, em diferentes níveis, os padrões anatômicos dos tecidos vegetais do hospedeiro. Os morfotipos produzidos são consequência desta íntima relação com o indutor e o controle exercido sobre as potencialidades morfogenéticas da planta hospedeira. Tendo em vista a forma assumida pelo novo órgão, a galha, modificações estruturais e a reorganização de componentes da parede celular são esperadas durante seu desenvolvimento das galhas. Dentre estes componentes, as pectinas e as proteínas se destacam pela abundância e por estarem diretamente envolvidas na expansão e alongamento celular, porosidade, flexibilidade e rigidez da parede celular. Ademais, a proporção e o grau de esterificação das moléculas pécticas alteram estas propriedades funcionais. Ao descrever anatomicamente galhas e caracterizar a distribuição das pectinas, procura-se determinar as relações entre funcionalidade dos tecidos cecidogênicos e o padrão de desenvolvimento dos morfotipos. Galhas de três morfotipos abundantes do Parque Estadual Serra Verde, globoide, fusiforme e enrolamento, foram analisadas. Cortes anatômicos foram realizados tanto nas galhas quanto nos órgãos hospedeiros não galhados e análises imunocitoquímicas utilizando anticorpos monoclonais foram realizadas para caracterização da distribuição das pectinas. Diferenças anatômicas entre os tecidos vegetais não galhados e os cecidogênicos são evidentes e relacionadas com as novas funções por eles desempenhadas. As maiores alterações foram notadas na galha globoide foliar de *Luehea candicans*, com formação de esclerênquima, aerênquima, feixes vasculares e tecido nutritivo. Nesta galha, observou-se também a concentricidade dos tecidos e a tendência a isodimetria. A galha fusiforme caulinar de *Celtis pubescens* apresentou nível de alteração intermediário às demais galhas com formação de novos tecidos vasculares e nutritivo. Além disso, observou-se uma tendência a isodimetria moldada pelo órgão que apresenta alta lignificação dos tecidos e eixo de crescimento bem determinado. A galha de enrolamento foliar em *Myrcia splendens* apresentou menores alterações como redução de cutícula. Com relação à distribuição péctica e proteica da parede, observaram-se padrões distintos não se conseguindo estabelecer relação com a forma ou com a função do tecido cecidogênico. Desta forma, pode se corroborar a hipótese de que os sistemas são únicos e que morfotipos distintos apresentam composição e distribuição péctica e proteica peculiar denotando padrões divergentes.

Palavras-chave:

Anatomia vegetal, imunocitoquímica, unidade de conservação.

Introdução

Cada sistema planta hospedeira-galhador, aqui referido como morfoespécie, é único (Dreger-Jauffret & Shorthouse, 1992; Rohfritsch, 1992; Stone & Schonrögge, 2003) sendo, portanto, relações espécie-específicas ou até mesmo órgão-específicas. Sua forma é reflexo do alto grau de especificidade de seus indutores e é nitidamente observada em super-hospedeiras. Nestas, mesmo o hospedeiro sendo o único, os morfotipos de galhas produzidos estão relacionados aos seus indutores e aos locais de indução (Stone & Cook, 1998; Crespi & Worobey, 1998; Nyman, 2000; Oliveira *et al.*, 2008).

Diversos fatores podem atuar na formação das galhas, tais como a idade do órgão no momento da indução, o sítio de ovoposição e o sexo do indutor (Arduin & Kraus, 1995; Gonçalves *et al.*, 2005; Oliveira & Isaias, 2009). Toda a diversidade morfológica observada se deve ao fato dos insetos galhadores alterarem, em diferentes níveis, o padrão anatômico do órgão vegetal hospedeiro (Oliveira *et al.*, 2008). Estudos da anatomia de galhas e sua ontogênese nos permitem compreender esta refinada interação entre organismos e as forças que levam a forma final da galha.

De modo geral, as alterações estruturais podem ser observadas em todos os sistemas de tecidos vegetais (revestimento, fundamental e vascular) envolvidos na formação e desenvolvimento dos estágios da galha. A caracterização das alterações, tais como hipertrofia e homogeneização de células parenquimáticas, acúmulo de substâncias fenólicas, amido, proteínas e lipídios e elevada lignificação, constitui uma forma de se estabelecer modelos morfogênicos de galhas (Rohfritsch, 1992; Arduin & Kraus, 1995; Isaias, 1998; Oliveira *et al.*, 2006; Oliveira & Isaias, 2010; Silva *et al.*, 2011).

As galhas podem ser consideradas órgãos vegetais neoformados, sendo que o alongamento e as divisões celulares bem como sua direção de expansão desempenham um papel importante na geração do morfotipo (Oliveira & Isaias, 2007; Isaias *et al.*, 2011; Magalhães *et al.*, no prelo). As alterações dos tecidos vegetais que acontecem durante o desenvolvimento dos órgãos vegetais são resultado das divisões celulares, das modificações estruturais e reorganização de componentes da parede celular (Meijer & Murray, 2001; Rose, 2003), sendo, portanto esperados no desenvolvimento de galhas. Destes componentes, as pectinas constituem a mais abundante classe de macromoléculas presentes na matriz da parede celular vegetal e na lamela média. Trata-se de um conjunto de polissacarídeos que regula a adesão intercelular além de estar envolvido no crescimento vegetal, desenvolvimento,

morfogênese, defesa, estrutura e porosidade da parede, sinalização e expansão celular (Ridley, O'Neil & Mohnen, 2001; Willats *et al.*, 2001). Seus polímeros pécticos são classificados dentro de três principais domínios: homogalacturonanos (HGA), ramnogalacturonanos I (RG-I) e ramnogalacturonanos II (RG-II) (Ridley, O'Neil & Mohnen, 2001).

A proporção destes polímeros pécticos e o grau de esterificação das moléculas estão relacionados com as propriedades funcionais da parede celular vegetal (Knox, 1997). Assim, a distribuição das pectinas são modelos ideais para estudos de desenvolvimento celular ligado a funcionalidade, pois sua presença, bem como as modificações em sua estrutura, estão associados ao estado metabólico do órgão. O uso de anticorpos monoclonais, principalmente para marcação de HGA, RG-I e RG-II, além de α -arabinogalactanos (AGP) e extensinas cujas variações influenciam na parede celular tanto no contexto estrutural quanto fisiológico, é indicado (Willats *et al.*, 2001). Diversos estudos imunocitoquímicos em espécies vegetais mostram modificações no grau de esterificação das pectinas e na presença de galactanos e arabinanos durante o crescimento e desenvolvimento vegetal (Willats *et al.*, 2001; Mastroberti & Mariath, 2008a, 2008b). Em galhas, Formiga *et al.* (2013) demonstraram que estas mesmas classes de moléculas têm variações para cada morfotipo e camadas de tecidos.

Este estudo objetiva descrever anatomicamente morfoespécies representativas de três morfotipos de galhas frequentes no Parque Estadual Serra Verde e caracterizar a distribuição de pectinas e proteínas das paredes celulares. Estas análises visam verificar se esta distribuição está ligada com funcionalidade dos tecidos neoformados gerando um padrão convergente e independente da forma final.

Material e Métodos

Área de Estudo

Os morfotipos de galhas analisados neste estudo foram coletadas no Parque Estadual Serra Verde (PESV), coordenadas: 19°47'17.41"S e 43°57'31.52"O. É uma Unidade de Conservação (UC) urbana de 142 hectares localizada na cidade de Belo Horizonte – MG. O Parque, criado pelo Decreto s/n de 12 de Dezembro de 2007, é administrado pelo Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF-MG). Está numa região de transição entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica e apresenta-se fortemente antropizado, salvo algumas pequenas manchas onde ocorrem remanescentes de floresta estacional semidecidual original. Como é um parque urbano, sofre constante pressão exercida pela ocupação desordenada e alto

crescimento populacional da região do entorno. Possui clima considerado semiúmido com período de chuva entre outubro e março, médias de temperaturas mínima e máxima de 15°C e 21,1°C, respectivamente e índices de precipitações anuais entre 190 mm e 1.515 mm (IEF, 2010).

Seleção das morfoespécies e amostragem de dados

O PESV apresenta trilhas ecológicas utilizadas pelos visitantes e equipe da UC, dentre elas as Trilhas do Curiango, Pica-Pau, Estacionamento e Mata. As amostras de plantas hospedeiras de galhas foram coletadas mensalmente ao longo destas trilhas no período de Agosto de 2012 a Setembro de 2013. Em decorrência do inventário de 75 morfoespécies de galhas do PESV (Portugal-Santana & Isaias, 2014 submetido), e da categorização dos morfotipos (Isaias *et al.*, 2013), observou-se a predominância de três morfotipos: globoide, fusiforme e enrolamento. Amostras de três sistemas plantas hospedeiras-insetos galhadores representativos de cada um destes morfotipos: a galha foliar globoide em *Luehea candicans* (Malvaceae), a galha caulinar fusiforme em *Celtis pubescens* (Cannabaceae), e a galha foliar de enrolamento em *Myrcia splendens* (Myrtaceae), foram coletadas.

Luehea candicans Mart. & Zucc., conhecida como açoita-cavalo ou mutamba-preta, é uma Malvaceae, nativa, não endêmica do Brasil que atinge de 8-12 m de altura. Ocorre do sul ao norte do país passando por Minas Gerais, sendo seus domínios fitogeográficos a Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal. Esta espécie apresenta folha simples com filotaxia alterna. A lâmina foliar é oval, discolor com nervação peninérvea, base obtusa e ápice agudo. Sua face adaxial é praticamente lisa e glabra e a face abaxial tomentosa de coloração verde-acinzentada. Atingem de 6 a 11 cm de comprimento, com pecíolo medindo cerca de seis centímetros e presença de estípulas (Lorenzi, 1992; Esteves, 2013).

Celtis pubescens (Kunth) Spreng., uma Cannabaceae conhecida como grão de galo ou cipó-espinho, sendo sinônimo heterotípico de *Celtis brasiliensis* (Gardner) Planch., é um arbusto nativo, endêmico do Brasil que atinge de 4-8 m de altura. Ocorre do sul ao nordeste do país passando por Minas Gerais, sendo seus domínios fitogeográficos a Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal. Esta espécie apresenta ramos longos e escandentes, com espinhos curtos e fortes, de tronco tortuoso e curto, de 20 a 25 cm de diâmetro, revestido por casca fina e áspera de cor pardo-acinzentada (Lorenzi, 2009; Romaniuc Neto, Torres & Santos, 2013).

Myrcia splendens (Sw.) DC. uma Myrtaceae, nativa, não endêmica do Brasil atinge de 4-8 m de altura. Possui 113 sinônimos heterotípicos como *Myrcia rostrata* (DC.). Ocorre praticamente em todo Brasil, excetuando-se Piauí, Maranhão e Distrito Federal. Portanto seus domínios fitogeográficos são Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal.

Apresenta folhas simples, cartáceas, glanduladas com filotaxia oposta. A lâmina foliar é lanceolada, com margens inteiras e nervação densamente reticulada-areolada. Ambas as faces são praticamente lisas e glabras e a coloração verde da face adaxial é mais escura que da face abaxial. Seu limbo pode atingir de 3-7 cm de comprimento (Lorenzi, 2002; Sobral *et al.*, 2013).

Coletas de indutores

Para obtenção dos indutores e guilda associada, amostras de galhas ($n \geq 10$) foram dissecadas sob estereomicroscópio (Zeiss Stemi 2000-C[®]) para a retirada dos insetos e fotografadas (Canon Power Shot A650[®]). Para capturar insetos em fase adulta, ramos ou folhas contendo galhas ($n \geq 10$) foram acondicionados em potes de vidro revestidos com tecido de malha fina até se obter a eclosão. Todos os insetos obtidos foram fixados em etanol 70% e alguns espécimes enviados para especialistas para a identificação dos mesmos no menor nível taxonômico possível.

Análise anatômica

Amostras de órgãos hospedeiros não galhados e das galhas na fase de maturação foram fixados em FAA₅₀ (formaldeído, ácido acético e etanol 50%, 1:1:18, v/v) (Johansen, 1940) ou em solução de Karnovsky (Karnovsky, 1965) por 48 horas. As amostras foram desidratadas em série butílica e infiltradas em Paraplast[®] (Kraus & Arduin, 1997). Posteriormente, este material foi seccionado a 12 μ m em micrótomo rotatório Leica[®] 2035-Biocut e fixado por adesivo de Bissing (Bissing, 1974) em lâmina de vidro. A desparafinização foi feita com acetato de butila e a desidratação em série etílica. A coloração foi feita pela mistura de azul de Astra e safranina (9:1, v/v) (Bukatsch, 1972 modificado para 0,5%) e as lâminas foram montadas com verniz vitral (Paiva *et al.*, 2006). Parte das amostras de *Celtis pubescens* foi emblocada em resina seguindo o protocolo do fabricante, seccionadas a 5 μ m em micrótomo rotatório Leica[®] Jung Biocut e coradas com azul de toluidina 0,05% em pH 6,8 (Feder & O'Brien, 1968). Após montagem, foram analisados sob microscópio óptico Zeiss Primo Star e fotografadas com câmera digital Canon Powershot A650.

Para obtenção de epidermes isoladas, amostras de órgãos hospedeiros não galhados e das galhas na fase de maturação foram imersos em hipoclorito de sódio (50%) em temperatura ambiente até dissociação completa da epiderme. Foram então lavados e corados com safranina (0,5) (Johansen, 1940). Foram montadas em gelatina glicerinada e observadas sob microscópio óptico.

Análise imunocitoquímica

Amostras de órgãos hospedeiros não galhados e dos três morfotipos de galhas em fase de maturação foram utilizadas para cortes transversais (12µm) obtidos em micrótomo rotatório Leica® 2035-Biocut e fixados com adesivo de Bissing (Bissing, 1974) em lâminas de vidro. No caso de *C. pubescens*, as secções de a 5µm foram obtidas em micrótomo rotatório Leica® Jung Biocut. As secções foram hidratadas em solução tampão fosfato-salino (PBS), pH 7,1, bloqueadas com solução a 3% de leite em pó (Molico®) por trinta minutos e incubadas com os anticorpos primários por duas horas em temperatura ambiente. Para controle, algumas secções não receberam os anticorpos primários. Os anticorpos monoclonais (MAbs) utilizados foram JIM5, JIM7, LM1, LM2, LM5, LM6 (Centre for Plant Science, University of Leeds – UK) e o reconhecimento dos epitopos foi realizado em semelhança com Formiga *et al.* (2013). Depois de lavadas com solução PBS, as secções foram incubadas com anticorpo secundário FITC (Sigma) em PBS por mais duas horas, em temperatura ambiente no escuro. Para montagem das lâminas utilizou-se glicerina 50% após lavagem das amostras com PBS. As observações foram feitas e fotografadas em microscópio Confocal Zeiss 510 META, com excitação de comprimento de onda de 488 e filtro de 505-530 nm de emissão.

Resultados

Folha não galhada de Luehea candicans

A folha de *L. candicans* apresenta filotaxia alterna, limbo com bordo denteado e nervuras de maior calibre com projeções convexas em ambas as superfícies (Figura 1A). Em secção transversal, o mesofilo é heterogêneo, assumindo disposição dorsiventral, a lâmina foliar é hipoestomática e pilosa na face abaxial. A epiderme unisseriada, apresenta células de mucilagem e células maiores na face adaxial do que na abaxial. O parênquima paliçádico possui uma camada de células onde são observados cristais e o parênquima lacunoso é constituído de 2 a 4 camadas de células isodiamétricas ou braciiformes, com grandes espaços intercelulares (Figura 1B).

A nervura mediana apresenta quebra no contínuo do parênquima paliçádico por 1 a 5 camadas de colênquima, subjacente a epiderme em ambas as faces. O sistema vascular da nervura mediana é formado por dois conjuntos vasculares colaterais, constituídos por xilema e floema e primários e secundários em arco. Na face adaxial, observa-se um feixe de dimensões

reduzidas onde o floema se encontra em posição invertida. O xilema apresenta raios parenquimáticos e fibras pericíclicas (Figura 1C).

Em corte paradérmico, observam-se células de paredes anticlinais retilíneas e idioblastos mucilaginosos e/ou cristais na face adaxial (Figura 1B e D). A face abaxial caracteriza-se pelo grande número de tricomas que encobrem as células epidérmicas comuns e os estômatos paracíticos (Figura 1E-F). Os tricomas podem ser uni ou pluricelulares, tectores, glandulares, longos ou curtos e pontiagudos (Figura 1G). Na face adaxial, foram identificados apenas tricomas tectores esparsos que podem assumir posição associada aos feixes vasculares. Os feixes de segunda e terceira ordem apresentam extensões da bainha que ocasionam partições transversais do mesofilo, e se comunicam com a epiderme (Figura H).

Galha foliar globoide de Luehea candicans

Esta galha é induzida por uma espécie não identificada na qual ocorre uma grande infestação de Hymenoptera: Eurytomidae parasitoides, do gênero *Tenuipetiolus*. É intralaminar, com coloração verde na face adaxial e verde-acinzentada na face abaxial, semelhante às faces da folha hospedeira. Em ambas as faces ou em apenas uma delas, há um longo apêndice aciculado, fazendo com que seja confundida com o morfotipo cônico. Este apêndice pode ser ereto e perpendicular à face da galha ou formar ângulos menores em posição pendente e tangencial (Figura 2A).

Em corte transversal, observam-se camadas teciduais distintas ao longo da parede da galha. As dimensões da galha são superiores às da lâmina foliar onde se desenvolve, ultrapassando inclusive o tamanho e volume da nervura mediana da folha (Figura 2B-C). Em hemisseção transversal nota-se a divisão deste complexo córtex em três principais regiões: córtex externo, mediano e interno (Figura 2D).

O sistema de revestimento é formado por epiderme uniestratificada com tricomas glandulares e tectores, principalmente visualizados na face abaxial. Suas células são isodiamétricas ou apresentam altura levemente maior que o diâmetro. O córtex externo é formado inicialmente de 1-5 camadas de parênquima e tecido esclerenquimático com 4 a 6 camadas de células alongadas periclinalmente. Em sua face adaxial, as primeiras camadas são o contínuo do tecido paliçádico, porém com dimensões menores que as presentes na região não galhada, e 1 a 2 camadas de células isodiamétricas compactas, com cristais esparsos (Figura 2E). Na sua face abaxial, estas primeiras camadas de células parenquimáticas do córtex externo são maiores e menos compactadas do que as da face adaxial (Figura 2F). Todo o córtex é hiperplásico.

O córtex mediano tem 10 a 30 camadas de células parenquimáticas subdividido em três regiões. A região externa é formada por células parenquimáticas compactas. A região mediana formada por células dispostas em trabéculas formando grandes espaços intercelulares, caracterizando um aerênquima. A região interna é formada por células parenquimáticas adensadas e feixes vasculares neoformados podem estar presentes (Figura 2G).

O córtex interno é delimitado por uma segunda camada de tecido esclerenquimático composta de 2 a 6 camadas de esclereídes isodiamétricas. Internamente, ocorrem 20 a 25 camadas de células parenquimáticas uniformes e de maiores dimensões (Figura 2H). A câmara larval tem dimensionamento simétrico e apresenta apenas um indutor (Figura 2I). Esta câmara não apresenta conexão direta com o meio externo, sendo completamente circundada de células parenquimáticas. Ostíolos estão presentes em uma ou ambas as faces da galha e se estendem do interior da galha até o córtex mediano, no aerênquima (Figura 2J).

Caule não galhado de Celtis pubescens

O caule de *C. pubescens* apresenta coloração marrom, diâmetro circular (Figura 3A). Em corte transversal, apresenta camadas distintas de tecidos vegetais com leves ondulações nos tecidos em seu formato circular (Figura 2B). Em maior aumento observa-se que o caule é dividido em um córtex multitecidual e é revestido por periderme descontínua. O estelo apresenta tecidos vasculares primários e secundários bem desenvolvidos e a medula é parenquimática (Figura 2C).

Abaixo da periderme, observa-se o felogênio descontínuo com produção de 2-4 camadas de súber, alternadas com porções de epiderme unisseriada e tricomas. O córtex é formado por 1-2 camadas de colênquima e 1-3 camadas de parênquima rico em cristais prismáticos e drusas, totalizando 3-6 fileiras de células isodiamétricas. Estas circundam um conjunto de fibras lignificadas, formando o esclerênquima (Figura 2D). A camada seguinte é formada por um anel contínuo de 4- 8 camadas de fibras gelatinosas que apresentam lignificação apenas na parede primária. Estas fibras envolvem todo o estelo e estão subjacentes ao floema (Figura 2E).

O câmbio vascular produz grande quantidade de floema e xilema. A região floemática é contínua e rica em idioblastos contendo drusas. O xilema é constituído de elementos de vasos, fibras e raios parenquimáticos. O protoxilema e o metaxilema estão dispostos em anel. A medula é parenquimática e composta por grandes células com conteúdo citoplasmático denso. Assim como já observado em outros tecidos deste órgão, registram-se cristais

prismáticos no parênquima da medula, xilema e no tecido esclerenquimático externo ao floema (Figura 2F).

Galha fusiforme caulinar em Celtis pubescens

Induzida por uma espécie de Diptera: Cecidomyiidae ainda não identificada, esta galha provoca um inchaço no órgão, deixando-o de 2 a 3 vezes maior em seu diâmetro e mantém coloração igual a da porção do órgão não galhado (Figura 4A). O desenvolvimento da galha foi observado em dois locais distintos, na medula parequimática e em meio aos elementos de xilema, após o primeiro anel de crescimento do órgão (Figura 4B-C).

Em corte transversal, observa-se que a galha é revestida por periderme com 2-4 camadas de súber. O córtex é formado por 3-6 camadas colenquimáticas e parenquimáticas, com células alongadas no sentido periclinal. As fibras gelatinosas mantêm sua posição entre o esclerênquima e a região floemática, e grupos de células de parênquimas são observados entre os grupos de fibras. Nas galhas que ocorrem na região da medula, o floema permanece como um anel contínuo e uniforme envolvendo toda região do xilema que também mantém sua forma e características similares àquelas da região não galhada (Figura 4D). A medula encontra-se dividida em três regiões distintas, além da câmara larval propriamente dita. A região externa é formada por células parenquimáticas grandes e com conteúdo citoplasmático denso (inclusive cristais) como observado no caule não galhado. Em seguida, há 3-5 camadas de células com paredes espessadas e lignificadas e feixes vasculares neoformados. A camada interna tem aproximadamente 20 camadas de células que circundam a câmara larval, onde o indutor se aloja, caracterizando o tecido nutritivo (Figura 4E).

Quando a galha é induzida no xilema secundário, as maiores diferenças se encontram no sistema vascular. Nos tecidos externos, desde a periderme até a região de fibras gelatinosas, as alterações são pouco marcantes. A câmara larval se situa em um dos lados da medula gerando uma estrutura assimétrica com modificações menos marcantes na extremidade oposta. Nesta região, tanto o floema quanto o xilema apresentam características semelhantes a do caule não galhado e das galhas induzidas na medula (Figura 4F). Na região de desenvolvimento da galha notam-se modificações a partir da região cambial com hiperplasia dos tecidos vasculares, como o floema (Figura 4G). Observa-se uma grande hiperplasia também do tecido xilemático com alongamento das células parenquimáticas radiais (Figura 4H). O tecido floemático, além da proliferação de suas células, apresenta alongamento das mesmas periclinalmente e formação de grandes conjuntos de fibras entre as células não lignificadas (Figura 4I). Ao redor da câmara larval, observa-se uma fina camada

de células não lignificadas, caracterizando o tecido nutritivo (Figura 4I-J), o qual tem dimensões maiores quando formado a partir das células da medula (Figura 4K).

Folha não galhada de Myrcia splendens

As folhas de *M. splendens* apresentam filotaxia oposta e limbo achatado dorsiventralmente (Figura 5A). A nervura principal é conspícua, com tricomas tectores esparsos em ambas as superfícies epidérmicas e 1-2 camadas de colênquima, subjacente a epiderme, interrompendo o parênquima paliçádico na região superior do mesofilo (Figura 5B). O sistema vascular da nervura mediana é bicolateral constituído por xilema primário e secundário ao centro e dois arcos de floema alinhados e de tamanhos diferentes. O arco superior de floema pode ser único ou dividido em duas áreas distintas. Fibras pericíclicas circundam os tecidos vasculares (Figura 5B-C).

Além dos raros tricomas, observam-se, em cortes paradérmicos, estômatos paracíticos na face abaxial da epiderme (Figura 5D). Suas células epidérmicas apresentam paredes anticlinais sinuosas em ambas as faces (Figura 5D-E). Em corte transversal, nota-se que a epiderme é unisseriada e apresenta cutícula espessa em ambas as superfícies. O mesofilo é dorsiventral com parênquima paliçádico constituído por uma camada de células ricas em cloroplastos e parênquima lacunoso constituído de 3 a 4 camadas de células isodiamétricas ou braciformes. Formam fileiras de 1 a 2 colunas de células envoltas em grandes espaços intracelulares no sentido dorsiventral (Figura 5F). Glândulas com conteúdo corado em vermelho pela safranina acham-se esparsas no mesofilo, principalmente na face adaxial da epiderme interrompendo o parênquima paliçádico. Os feixes vasculares de segunda e terceira ordem são evidentes, apresentam um pequeno número de células e podem apresentar fibras pericíclicas dependendo de seu calibre (Figura 5G).

Galha de enrolamento marginal em Myrcia splendens

Induzida por Thysanoptera do gênero *Holopothrips*, tendo como inquilinos indivíduos do gênero *Ramphothrips*, esta galha tem coloração semelhante à parte da folha que não se enrola e este enrolamento pode ocorrer em apenas um ou em ambos os bordos da folha (Figura 6A). Seu enrolamento é sempre em sentido à face adaxial, deixando exposta a face abaxial. O bordo foliar pode enrolar até três vezes, sem incluir a nervura mediana (Figura 6B). Em corte transversal, nota-se que o sistema vascular da nervura mediana tem arranjo bicolateral constituído por xilema primário e secundário ao centro e dois arcos de tamanhos

diferentes de floema. Observa-se conteúdo citoplasmático denso no floema, tanto na nervura mediana quanto nos feixes vasculares de menor calibre. Na região da nervura mediana, ocorrem 3-7 camadas de colênquima subjacente a epiderme em ambas as faces, interrompendo o parênquima paliçádico na região superior do mesofilo. Tricomas são detectados também em ambas as faces da epiderme (Figura 6C).

Observa-se que o sistema de revestimento é formado por epiderme uniestratificada com cutícula delgada. As células epidérmicas são isodiamétricas ou apresentam espessura levemente maior do que o diâmetro. Na região da nervura principal, as células epidérmicas assumem forma papiloide com maior espessamento de suas paredes celulares (Figura 6C-D). O mesofilo é dorsiventral, constituído de parênquima paliçádico com apenas uma camada de células, com densidade de cloroplastos reduzida e presença de cristais. O parênquima lacunoso é constituído de 3 a 5 camadas de células isodiamétricas compactadas (Figura 6E).

Feixes vasculares de segunda e terceira ordem são calibrosos e apresentam camadas de fibras pericíclicas que podem se estender até a epiderme. Eles estão distribuídos ao longo de todo o mesofilo (Figura 6E-F). Da mesma forma, glândulas secretoras se encontram distribuídos no mesofilo, inclusive na região que forma a câmara larval da galha. Tecido nutritivo não foi observado (Figura 6G).

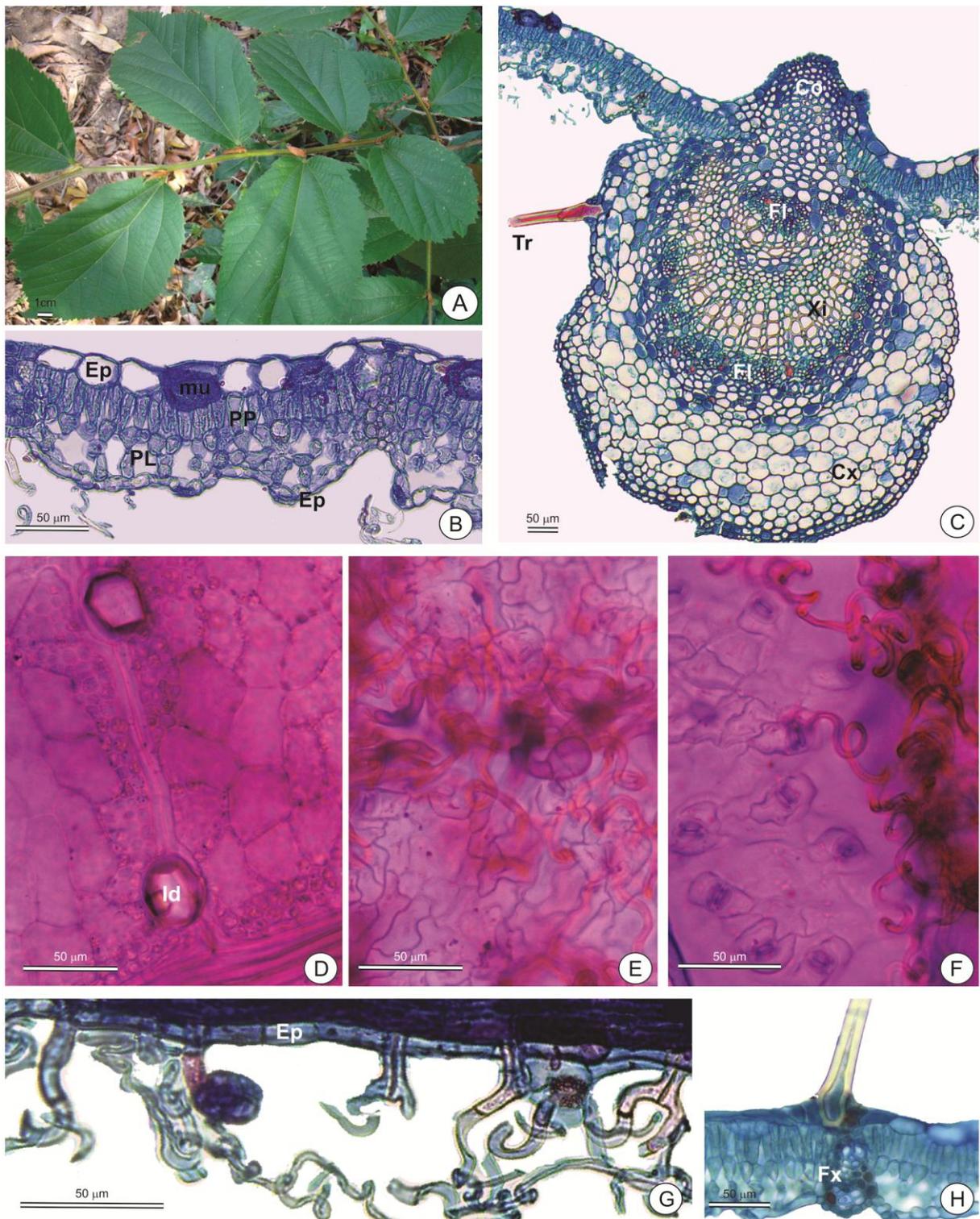
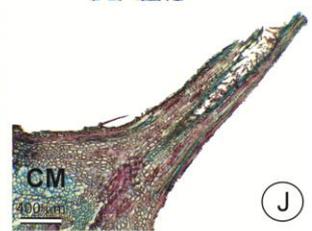
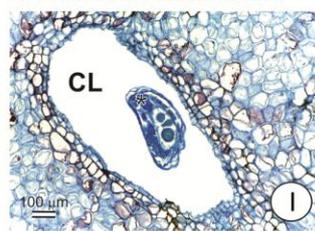
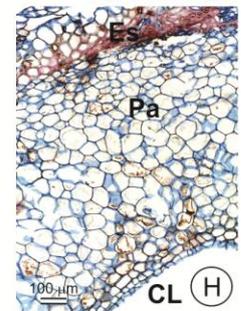
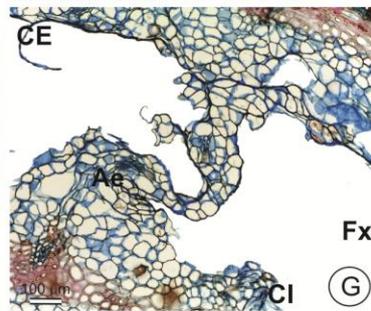
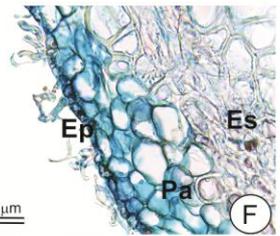
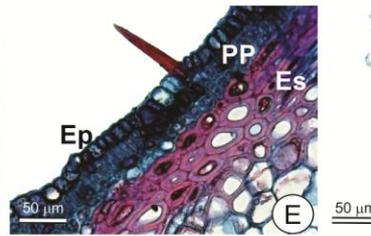
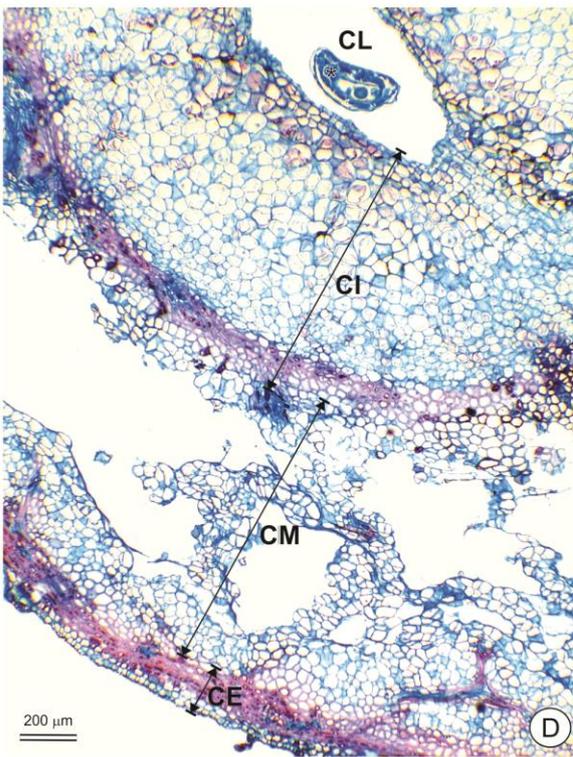
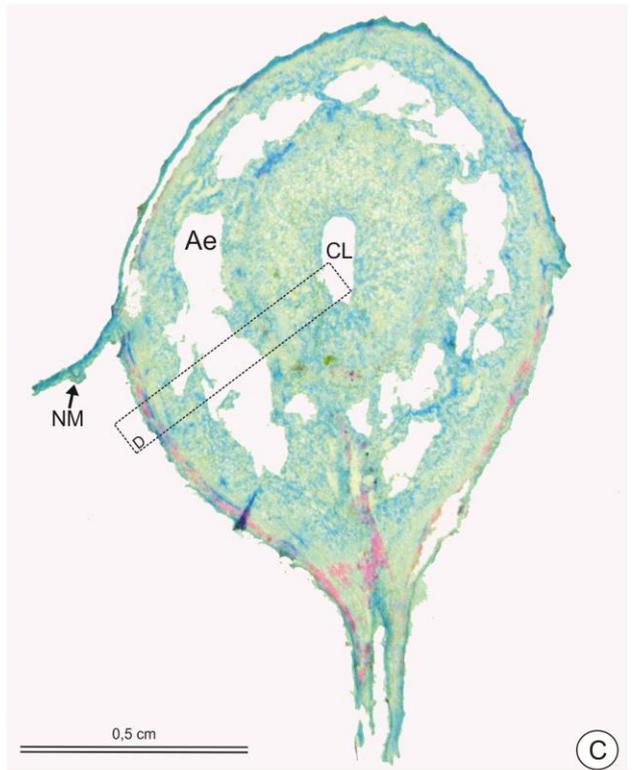
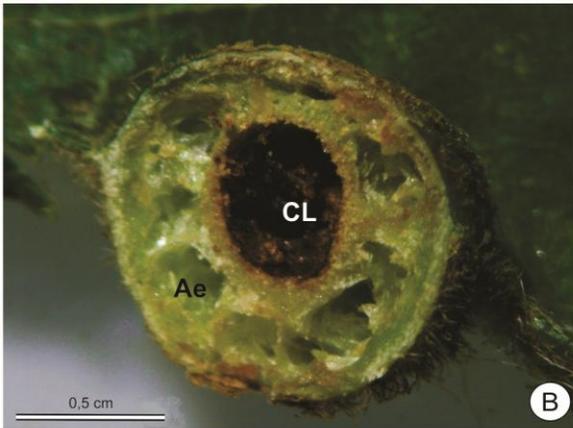


Figura 1 – Estrutura da folha de *Luehea candicans*. A) Ramo com folhas maduras. B) Lâminas foliar em seção transversal. C) Seção transversal da nervura mediana. D-F) Seções paradérmicas. D) Face adaxial da epiderme com destaque para idioblastos com drusas. E-F) Face abaxial exibindo células comuns com paredes sinuosas e tricomas (E) e estômatos paracíticos e tricomas glandulares e tectores (F). G) Seção transversal da porção abaxial do mesofilo evidenciando a diversidade de tricomas. H) Lâmina foliar em seção transversal com presença de tricoma adaxial e feixes vasculares de segunda ordem interrompendo o parênquima paliçádico. Co – colênquima, Xi – xilema, Fl – floema, Cx – parênquima cortical, Tr – tricoma, Ep – epiderme, PP – parênquima paliçádico, PL – parênquima lacunoso, Mu – mucilagem ; Id – idioblasto com cristais, Fx – feixe vascular.



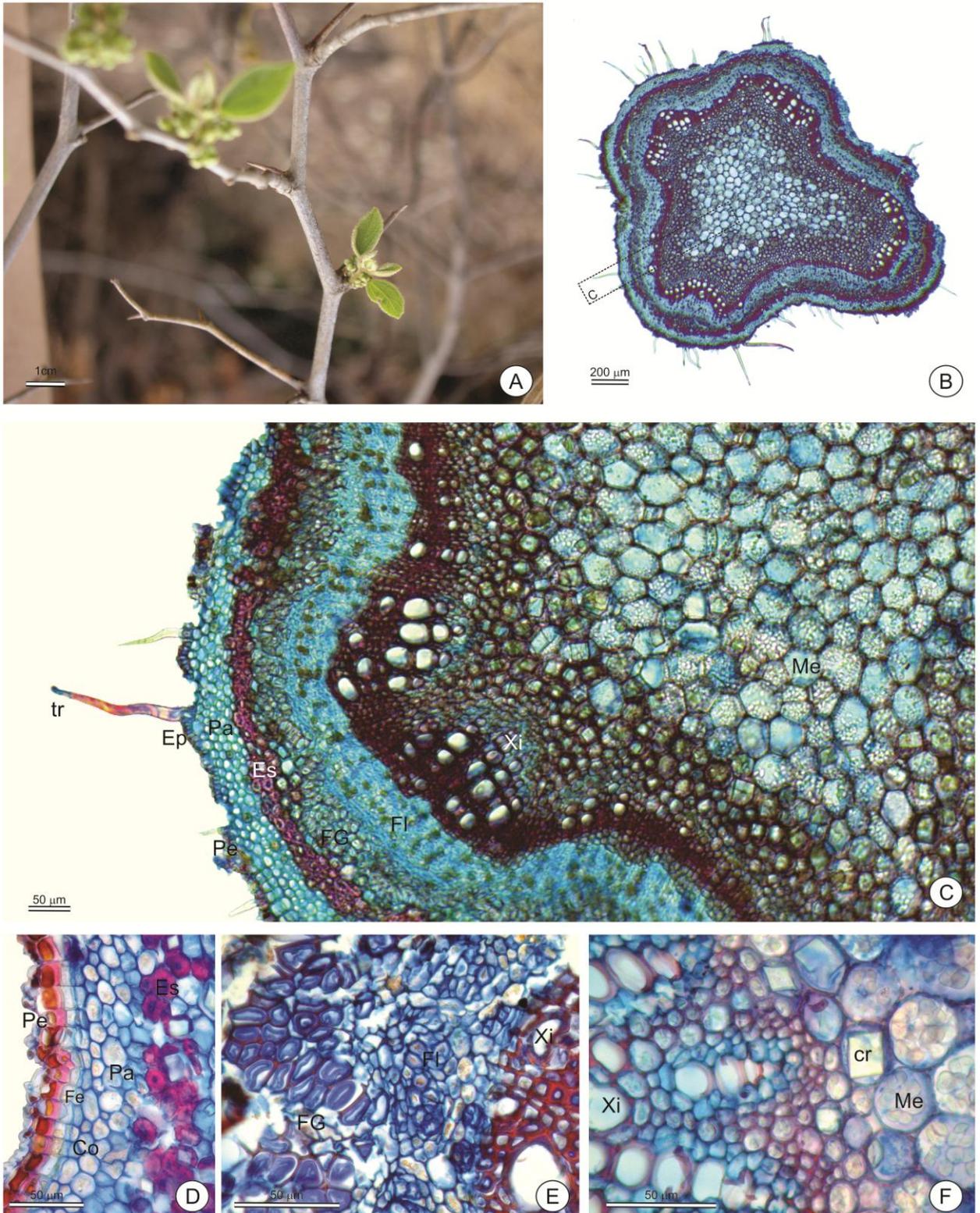


Figura 3 – Caule não galhado de *Celtis pubescens*. A) Ramo com folhas. B-F) Seções transversais. B) Aspecto geral. C) Hemisseção exibindo as diversas camadas de tecidos. Presença de periderme descontínua e porções de epiderme com tricomas. D) Camadas externas ressaltando a presença do felogênio. E) Região mediana do córtex onde se observa camada de fibras gelatinosas com lignificação apenas em sua parede primária e tecidos vasculares do estelo. F) Região central apresentando xilema e medula com grãos de amido e cristais. Tr – tricoma, Ep – epiderme, Pa – parênquima, Es – esclerênquima, FG – fibra gelatinosa, Fl – floema, Xi – xilema, Me – medula, Fe – felogênio, Co – colênquima, cr – cristais.

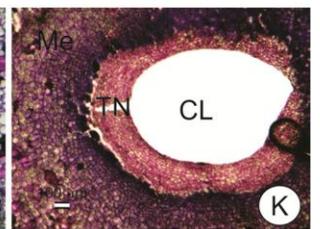
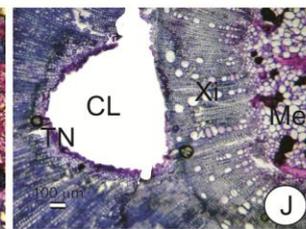
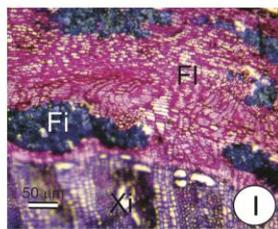
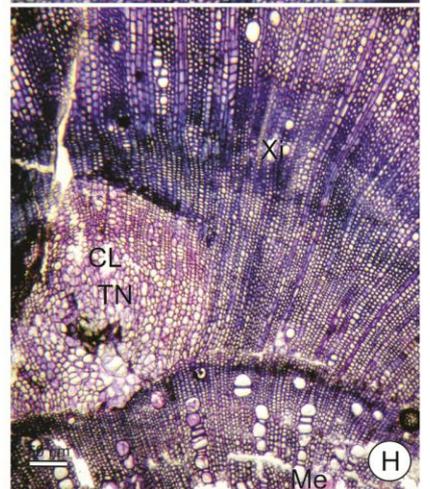
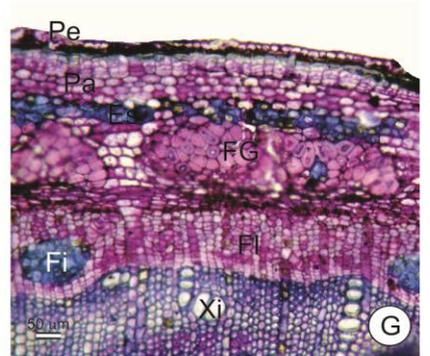
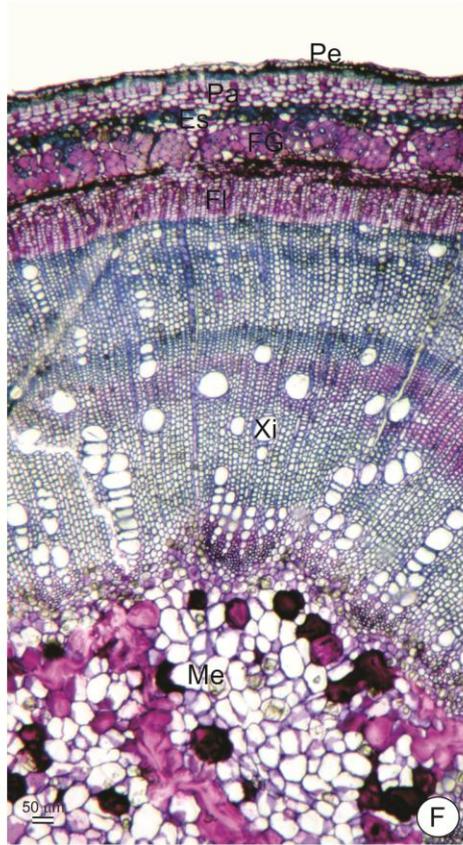
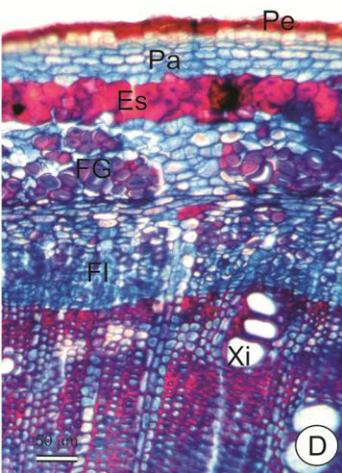




Figura 5 – Folha não galhada de *Myrcia splendens*. A) Ramo com folhas. B-C; F-G) Seções transversais. (B) Nervura mediana exibindo tricomas e colênquima em ambas as faces, e organização biclateral do sistema vascular. Feixe floemático em posição adaxial. C) Detalhe dos tecidos vasculares da nervura mediana apresentando disposição biclateral e fibras pericíclicas. D-E) Seções paradérmicas. (D) Superfície abaxial da epiderme exibindo estômatos paracíticos. E) Superfície adaxial da epiderme exibindo células de paredes anticlinais sinuosas. F) Mesofilo apresentando epiderme unisseriada recoberta por cutícula espessa, parênquima paliçádico unisseriado e lacunoso com 5-6 camadas de células com elevada densidade de cloroplastos e feixe vascular secundário. G) Bordo da folha apresentando epiderme unisseriada, presença de cutícula espessa, tecidos parenquimáticos com elevada densidade de cloroplastos, feixe vascular secundário e glândula na face adaxial. Co – colênquima, Fx – feixe vascular, Ep – epiderme, Cu – cutícula, PP – parênquima paliçádico, PL – parênquima lacunoso, Gd – glândula de óleo, Xi – xilema, Ff – floema, Fi – Fibras.

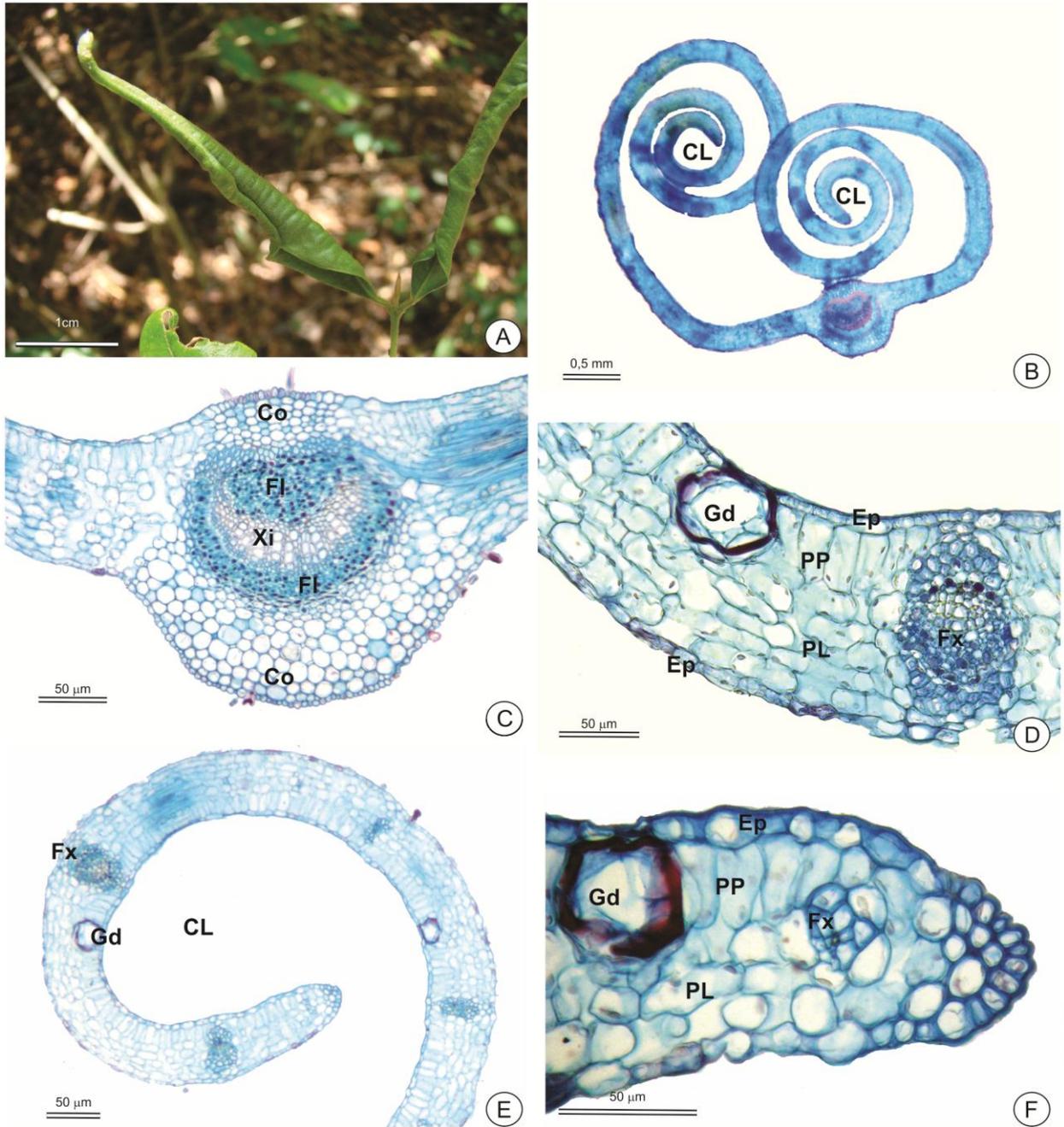


Figura 6 – Galha foliar de enrolamento de *M. splendens*. A) Ápice de ramos com duas galhas, destacando o enrolamento em ambas as margens da lâmina foliar. B-F) Seções transversais. (B) Aspecto geral da galha com enrolamentos dos bordos no sentido adaxial com formação de duas câmaras larvais. C) Nervura mediana com presença de colênquima, parênquima cortical, xilema e floema com conteúdo citoplasmático denso. D) Mesofilo com cutícula delgada, parênquima com baixa densidade de cloroplastos, presença de glândula de óleo e feixe vascular secundário com extensão de bainha atingindo a epiderme da superfície adaxial. E) Porção do enrolamento mais próxima à câmara larval com presença de tricomas, glândulas e feixes vasculares. F) Bordo da folha apresentando epiderme unisseriada, cutícula delgada, tecidos parenquimáticos com baixa densidade de cloroplastos, feixe vascular secundário e glândula de óleos essenciais na face adaxial com conteúdo citoplasmático. CL – câmara larval, Co – colênquima, Xi – xilema, Fl – floema, Fx – feixe vascular, Ep – epiderme, PP – parênquima paliçádico, PL – parênquima lacunoso, Gd – glândula de óleo.

Análise imunocitoquímica das galhas e dos órgãos não galhados

As pectinas, HGA, arabinanos e galactanos, e as proteínas analisadas, AGP e extensinas, foram detectadas tanto nos órgãos não galhados quanto nos três morfotipos de galhas, tendo variações quanto à ocorrência, localização e grau de intensidade (Tabela 1).

Em amostras de *L. candidans* os HGA com baixa metil-esterificação tiveram fraca marcação em tecidos parenquimáticos da folha não galhada e na epiderme da galha globoide, enquanto que os HGA de alta metil-esterificação já foram mais expressivos. Tiveram forte marcação em quase todos os tecidos (Figuras 7A-C), excetuando no parênquima paliçádico da folha não galhada que teve fraca detecção e ausência no xilema e nas duas camadas de esclerênquima da galha. Com relação à detecção das proteínas, notou-se que as extensinas foram marcadas na epiderme e aerênquima da galha. Já as AGP tiveram moderada marcação na epiderme, colênquima e floema da folha não galhada e fraca marcação na epiderme e parênquimas externo e mediano da galha. Os galactanos tiveram forte marcação nos esclerênquimas da galha (Figura 7D-E) assim como moderada detecção na epiderme e tecidos vasculares da folha. Além disso, uma fraca marcação foi notada em parênquima lacunoso da folha e parênquimas mediano e interno da galha. Os arabinanos apresentaram marcação bastante homogênea entre os tecidos de *L. candidans*. Uma moderada marcação foi detectada no mesofilo e tecidos vasculares da folha não galhada (Figura 7F), e uma fraca marcação foi detectada no colênquima e epiderme. Na galha, os arabinanos foram fracamente marcados em todos os tecidos excetuando uma ausência no parênquima mais interno e uma forte marcação no parênquima externo, constituído pelo parênquima lacunoso na face adaxial da galha (Figura 7G).

Os tecidos de *Celtis pubescens* foram os que apresentaram menor intensidade na marcação de pectinas e proteínas dentre as espécies analisadas. No caule não galhado, uma moderada marcação de arabinanos foi detectada apenas no floema e uma fraca detecção foi observada na medula para HGA de baixa metil-esterificação, AGP e arabinanos. Este último grupo foi marcado também no parênquima do córtex. A galha fusiforme caulinar se comportou de forma similar, pois teve forte marcação apenas para HGA de baixa metil-esterificação nas fibras gelatinosas (Figura 7H), moderada marcação no parênquima e esclerênquima e fraca marcação no floema e tecido nutritivo. Uma moderada marcação foi detectada no xilema secundário próximo à câmara larval para as extensinas (Figura 7I). Para os demais tecidos analisados a marcação foi considerada fraca. Os HGA de alta metil-esterificação foram marcados no tecido nutritivo e tecidos próximos como o xilema afetado e medula. O tecido nutritivo teve fraca marcação também para extensinas e AGP. Os galactanos

foram detectados no xilema afetado e floema, assim como os arabinanos foram marcados para o parênquima, fibras gelatinosas e floema.

Em *Myrcia splendens* os HGA de baixa metil-esterificação tiveram marcação fraca entre os tecidos apresentando moderada detecção no floema da folha não galhada e fraca nos tecidos vasculares da galha e glândula da folha não galhada. Os HGA de alta metil-esterificação apresentaram forte marcação nos tecidos parenquimáticos e floema da folha não galhada (Figura 7J) e na epiderme da galha de enrolamento. Notou-se também moderada marcação no colênquima e glândula da folha não galhada e no floema e glândulas da galha. Por fim, notou-se uma fraca marcação na epiderme, parênquima cortical e xilema da folha não galhada, assim como no colênquima e parênquima lacunoso da galha. Dentre as proteínas analisadas, apenas AGP tiveram marcação fraca na epiderme, parênquima lacunoso e glândula da folha e no colênquima da galha. Os galactanos foram moderadamente marcados apenas na folha não galhada no seu parênquima lacunoso (Figura 7K), colênquima e floema e fraca marcação na epiderme, parênquima cortical da folha e na epiderme, floema e parênquimas do mesofilo da galha (Figura 7L). Da mesma forma, os arabinanos foram pouco detectados, tendo fraca marcação apenas na epiderme, parênquima lacunoso, xilema e glândulas da folha e nestas mesmas e no colênquima da galha.

Tabela 1 – Distribuição dos epitopos de pectinas e proteínas estudadas nos tecidos das galhas estudadas e nos tecidos dos respectivos órgãos não galhados das plantas hospedeiras.

Epitopos	HGA↓	HGA↑	extensinas	AGP	galactanos	arabinanos
Anticorpos	JIM5	JIM7	LM1	LM2	LM5	LM6
Folha não galhada de						
<i>L. candicans</i>						
Epiderme	-	+++	-	++	++	+
Parênquima paliçádico	+	+	-	-	-	++
Parênquima lacunoso	+	++	-	-	+	++
Parênquima cortical	+	+++	-	-	-	-
Colênquima	-	+++	-	++	-	+
Xilema	-	-	-	-	++	++
Floema	-	+++	-	++	++	++
Galha globoide em						
<i>L. candicans</i>						
Epiderme	+	+++	+	+	-	+
Parênquima externo	-	+++	-	+	-	+++
Esclerênquima externo	-	-	-	-	+++	+
Parênquima mediano (aerênquima)	-	+++	+	+	+	+
Esclerênquima interno	-	-	-	-	+++	+
Parênquima interno	-	+++	-	-	+	-
Caule não galhado de						
<i>C. pubescens</i>						
Epiderme/Periderme	-	-	-	-	-	-
Parênquima	-	-	-	-	-	+
Esclerênquima	-	-	-	-	-	-
Fibras gelatinosas	-	-	-	-	-	-
Floema	-	-	-	-	-	++
Xilema	-	-	-	-	-	-
Medula	+	-	-	+	-	+

(Cont.)

Galha fusiforme em

C. pubescens

Epiderme/Periderme	-	-	-	-	-	-
Parênquima	++	-	-	-	-	+
Esclerênquima	++	-	-	-	-	-
Fibras gelatinosas	+++	-	-	-	-	+
Floema	+	-	-	-	+	+
Xilema	-	-	-	-	-	-
Medula	-	+	-	-	-	-
Tecido nutritivo	+	+	+	+	-	-
Xilema afetado	-	+	++	-	+	-
Floema afetado	+	-	-	-	-	-
Fibras afetadas	-	-	-	-	-	-

Folha não galhada de

M. splendens

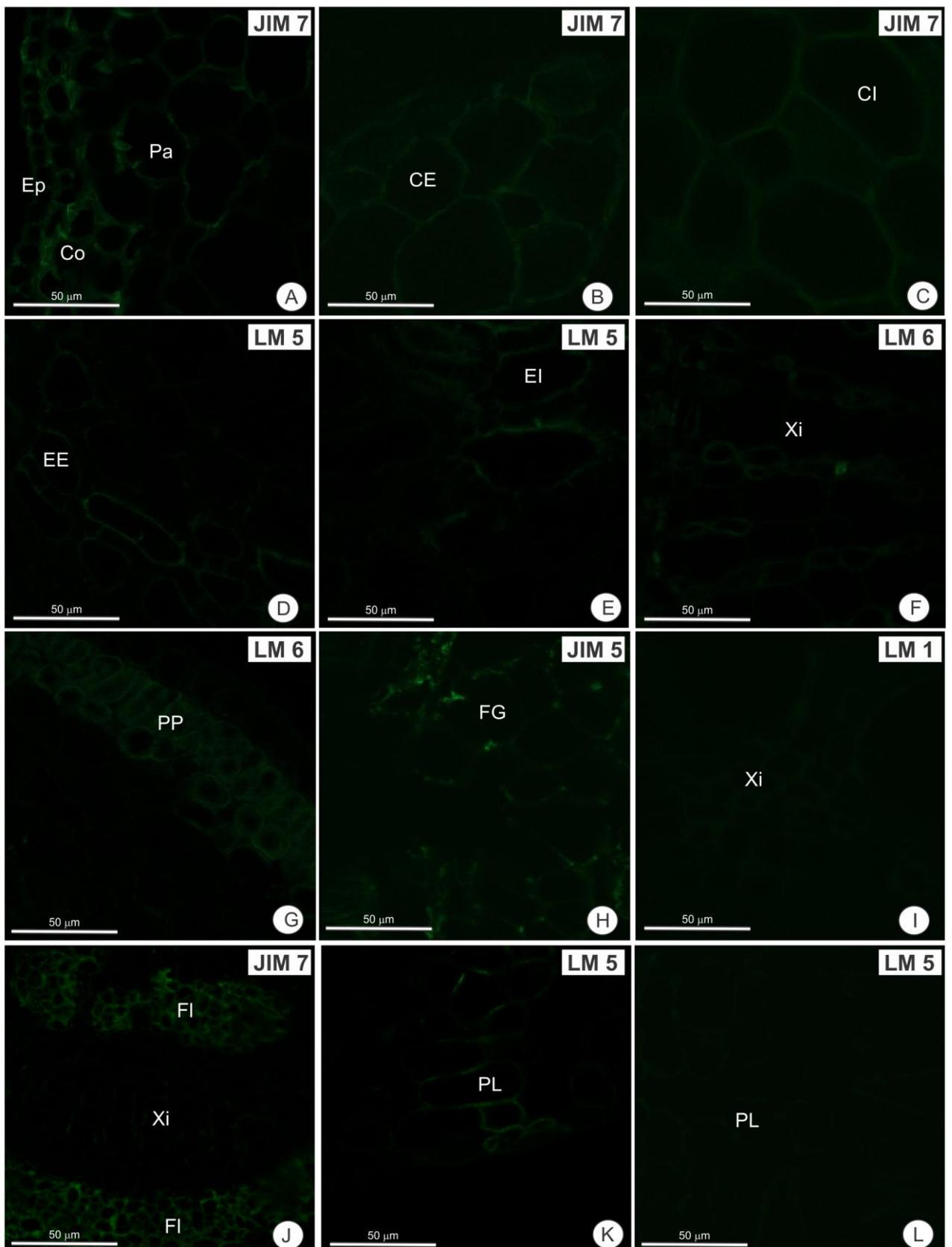
Epiderme	-	+	-	+	+	+
Parênquima paliçádico	-	+++	-	-	-	-
Parênquima lacunoso	-	+++	-	+	++	+
Parênquima cortical	-	+	-	-	+	-
Colênquima	-	++	-	-	++	-
Xilema	-	+	-	-	-	+
Floema	++	+++	-	-	++	-
Glândula	+	++	-	+	-	+

Galha enrolamento em

M. splendens

Epiderme	-	+++	-	-	+	-
Parênquima paliçádico	-	-	-	-	+	-
Parênquima lacunoso	-	+	-	-	+	-
Parênquima cortical	-	-	-	-	-	-
Colênquima	-	+	-	+	-	+
Xilema	+	-	-	-	-	-
Floema	+	++	-	-	+	-
Glândula	-	++	-	-	-	+

Legenda: ausência (-), fraco (+), moderado (++) e forte (+++).



Discussão

As Análises anatômicas e imunocitoquímicas demonstram que cada sistema planta hospedeira – inseto indutor das três galhas mais frequentes no PESV corroboram a proposta que cada sistema é único, com padrões que podem estar relacionados à estrutura ou à função de modo independente. Em termos estruturais, os três morfotipos escolhidos apresentam hiperplasia e hipertrofia celular evidentes. Logo, diferenciação celular, tecidual e estabelecimento de novas funções são características marcantes nos processos de formação independentemente do morfotipo descrito.

Padrões anatômicos

Os órgãos hospedeiros na condição não galhada de *Myrcia splendens*, *Luehea candicans* e *Celtis pubescens* apresentam aspectos anatômicos semelhantes aos já descritos para outras espécies destes mesmos gêneros tais como características epidérmicas, quantidade de camadas celulares nos tecidos paliádico e lacunoso, presença e disposição de cristais, glândulas e mucilagem (Walker *et al.*, 2008; Paula *et al.*, 2010; Donato & Morretes, 2011).

Na galha globoide analisada, observa-se claramente uma forte tendência a isodiametria celular em todos os tecidos neoformados além de aumento da pilosidade. Estas camadas definem zonas concêntricas de células diferenciadas, ao redor da câmara larval conforme reportado por Dreger-Jauffret e Shorthouse (1992) para galhas de Cynipidae. Há formação de tecidos esclerenquimáticos e de aerênquima no córtex mediano e marcante hiperplasia responsável pelo aumento de volume em relação à região adjacente do órgão galhado.

O aumento da pilosidade foi ressaltado por Mani (1964) para diversos sistemas. No presente estudo, o aumento da densidade de tricomas na epiderme da face adaxial de *L. candicans* no sítio de desenvolvimento da galha foliar globoide pode estar relacionado com maior proteção e defesa do inseto, conforme proposto por Woodman e Fernandes (1991) e Stone e Schönrogge (2003). Johnson (1975) relaciona a maior densidade de tricomas com a proteção contra predadores e contra a dessecação, favorecendo um micro-habitat adequado para que seu ciclo de vida se complete. A uniformização em termos de dimensões das células epidérmicas da galha globoide de *L. candicans*, possivelmente favorece o desenvolvimento da estrutura esférica no sítio antes determinado para uma formação laminar, ou seja, o limbo foliar. Neste padrão, as células tendem ao maior alongamento no sentido periclinal quando comparado ao anticlinal. A tendência a isodiametria é observada, na morfogênese foliar

padrão, em nervuras medianas, por exemplo, onde as células epidérmicas costumam ser também mais esféricas do que alongadas, acompanhando a forma semiesférica da estrutura. Logo, a isodiametria observada na galha globóide repete o padrão morfo genético das estruturas semiesféricas presente nas folhas.

A rediferenciação celular no sistema fundamental está direcionada a funções de proteção e nutrição do indutor. Tais alterações são divididas de acordo com a posição das células. As mais internas estão ligadas a alimentação do indutor, enquanto as camadas mais externas proporcionam proteção e formação de um microclima adequado para o sucesso da galha, conforme apontado por Stone e Schönrogge (2003). Em *L. candidans*, a tendência a isodiametria é similar tanto nas células parenquimáticas do mesofilo quanto nas células da epiderme. Segundo Mani (1964), ao se mudar a estrutura do sistema fundamental, as funções também mudam. A homogeneização e compactação do parênquima foram descritas anteriormente em *Alnus* spp. por Kane, Jones e Vuorisalo (1997), em *Lantana camara* por Moura *et al.* (2008), *Guapira opposita* por Araújo (2009) e *Copaifera langsdorffii* por Oliveira *et al.* (2010). A consequência da maior compactação das células parenquimáticas está ligada a perda da função fotossintetizante, e no caso da galha globoide de *L. candidans* a aeração dos tecidos foi mantida pela diferenciação de camadas de aerênquima.

O aerênquima diferenciado entre as duas camadas de esclerênquima acompanha a forma globoide da galha e está relacionado à formação de um microambiente favorável ao desenvolvimento do galhador. Na galha de *L. candidans*, além do aerênquima, há formação de um ou dois ostíolos que conectam o ambiente externo com a região do aerênquima e favorecem a aeração da galha, conforme proposto por Rohfritsch (1992). Além da aeração, a presença de um tecido com grandes espaços intercelulares pode interferir na condição hídrica da galha, pela perda excessiva d'água. No entanto, em *L. candidans*, a compactação das camadas corticais externas da galha associada às camadas isolantes como o esclerênquima, podem equilibrar esta perda e evitar o ressecamento. Esta relação funcional do esclerênquima foi discutida por Castro *et al.* (2012) em *C. langsdorffii*.

No córtex da galha globoide de *L. candidans* observa-se a formação de duas camadas de tecido lignificado em posições distintas. A formação de esclerênquima foi reportada em outros sistemas e está associada à indução por Diptera: Cecidomyiidae ou Hymenoptera: Cynipidae (Rohfritsch, 1992; Dreger-Jauffret & Shorthouse, 1992; Isaias *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2010; Formiga *et al.*, 2011). A camada externa, localizada logo abaixo das poucas camadas de parênquima cortical confere estabilidade mecânica à galha, necessária à estrutura com grande volume extralaminar em relação ao órgão hospedeiro, enquanto a camada mais interna é responsável pela proteção da câmara larval (Bronner, 1992; Rohfritsch, 1992; Stone

& Schönrogge, 2003). A esclerofilia está também relacionada à proteção e defesa, pois a herbivoria é reduzida quanto maior for à esclerofilia do órgão (Fernandes & Price, 1988; Read & Stokes, 2006).

As características anatômicas da galha de *L. candidans* culminam com sua forma globoide, a qual é um reflexo do total de pressões e tensões exercidas homoganeamente sobre toda superfície de uma dada estrutura. Tal padrão de crescimento não favorece um eixo ou plano de crescimento e gera a melhor razão área volume possível. Gleiser (2003) afirma ser a esfera a forma mais econômica que a natureza cria para driblar as tensões que existem sobre um elemento. A formação de um campo cecidogênico uniformemente distribuído somado à ausência de tecidos secundários do mesófilo e baixa esclerofilia permite o desenvolvimento dos tecidos neoformados em todas as direções.

A galha caulinar fusiforme de *C. pubescens* apresenta alterações evidentes no sistema vascular, nas proximidades do sítio de desenvolvimento da galha. O tecido mais afetado pelo desenvolvimento desta galha é o xilema secundário próximo à câmara larval, com grande hiperplasia e hipertrofia das células parenquimáticas. Além destas modificações, há aumento da região floemática com neoformação de pequenos feixes vasculares como relatado anteriormente para galhas de Cecidomyiidae por Rohfritsch (1992). Ilhotas de fibras gelatinosas em grande quantidade conferem maior sustentação a esta região, a qual em decorrência de hiperplasia atinge dimensões maiores que a porção não galhada do órgão hospedeiro. A formação de tecido nutritivo é outra característica marcante em galhas de Cecidomyiidae (Mani, 1964; Bronner, 1992; Oliveira *et al.*, 2010; 2011). Na galha caulinar de *C. pubescens*, a diferenciação de tecido nutritivo é mais evidente quando a galha se instala em meio à medula parenquimática que possui menor rigidez que o tecido xilemático secundário.

Os caules apresentam estrutura conservativa dentro dos grandes grupos de plantas vasculares, com eixo de crescimento determinado e quantidade elevada de tecidos secundários e lignificados o que lhe confere maior rigidez. A aquisição final da forma fusiforme em galhas de caule é bastante comum, sendo a forma fusiforme uma derivação da forma globoide, gerada pelo alongamento do eixo principal do órgão hospedeiro. Neste caso, a soma de todas as forças e tensões exercidas sobre o desenvolvimento da galha que tenderia a geração do globoide, se soma as forças de alongamento do órgão hospedeiro. A polaridade e a simetria dos tecidos cecidogênicos estão relacionados com os estímulos advindos da câmara larval, principalmente do tecido nutritivo (Rohfritsch, 1992). No entanto, podem ser moldados devido a barreiras e limitações encontradas nos órgãos hospedeiros como a forte lignificação de alguns tecidos como o xilema secundário de um caule.

Nas galhas de enrolamento foliar em *M. splendens* as alterações anatômicas são menos conspícuas com parca rediferenciação e hipertrofia celulares, neoformações e geração de sítios hiperplásicos. São galhas geralmente mais simples do que as desenvolvidas por Diptera e Hymenoptera e mantêm estrutura similar ao órgão hospedeiro (Ananthakrishnan, 1992). Apesar do resultado final da forma de uma galha de enrolamento ser macroscopicamente notado, ao se analisar o mesofilo observam-se poucas alterações, tais como redução da camada de cutícula e compactação do parênquima lacunoso. A redução da síntese de cutina e deposição da cutícula facilita o acesso do indutor às células vegetais em toda porção adaxial da folha enrolada, facilitando a sua alimentação. O tecido nutritivo em galhas de Thysanoptera ocorre em forma de manchas esparsas onde os indutores se alimentam aleatoriamente (Raman & Ananthakrishnan, 1983), sendo, pois de difícil visualização em cortes anatômicos. O enrolamento da folha ocorre de forma uniforme envolvendo toda a lâmina foliar. Segundo Ananthakrishnan (1992), galhas de Thysanoptera têm o grau de enrolamento das margens foliares dependente da idade do órgão, tempo de ataque àquele órgão e do número de indivíduos por área de alimentação. Este número de indivíduos pode variar ao longo do desenvolvimento, uma vez que esta ordem de insetos pode formar microcomunidades.

Além disso, a galha de enrolamento é considerada uma das formas mais arcaicas de galhas encontradas na natureza (Nyman 2000). Tendo as galhas surgido como produto da interação de organismos de diversos níveis tróficos com plantas hospedeiras mais de uma vez na história evolutiva dos organismos associados, as formas em bolso e globoides seriam derivadas destas galhas mais simples (Price, 1992; Nyman, 2000). Estas formas mantêm aberturas naturais com o meio externo o que favorece a entrada de inimigos naturais e inquilinos, porém são necessárias também para saída de indivíduos adultos da espécie indutora após seu completo desenvolvimento (Rohfritsch, 1992).

Os três morfotipos de galhas mais frequentes no PESV, globoide, fusiforme e enrolamento, podem ser alinhados pelo grau de complexidade ligado aos aspectos morfogenéticos e funcionais de seus tecidos. A forma mais frequente, a globoide, ocorre especialmente em órgãos com grande variação de formas, como as folhas e tecidos meristemáticos como reportado por Isaias *et al.* (2013). Este sítio de indução permite o crescimento em todas as direções, devido à falta de pressões e tensões específicas que limitariam o seu desenvolvimento. O desenvolvimento da galha globoide rompe o padrão laminar imposto pelo limbo foliar e repete, até certo ponto, o comportamento ocorrido em estruturas como as nervuras de maior calibre que atingem formas semiesféricas, muitas vezes, relacionadas com maior aporte hídrico e de nutrientes. Além disso, a posição da câmara larval

geralmente central envolta por camadas de tecidos concêntricos e distribuídos uniformemente confere maior proteção mecânica e diminui estresses higrotérmicos. O segundo tipo considerado mais complexo é o fusiforme que apesar da tendência ao formato globoide, se desenvolve sobre a pressão de alongamento do órgão hospedeiro, o caule. Devido a sua instalação em um órgão hospedeiro com estrutura mais conservativa, a galha fica também restrita a uma diferenciação menor de seus tecidos. A galha de enrolamento, considerada como mais rudimentar e simples, tem alterações morfogênicas e funcionais de seus tecidos menos conspícuas com o indutor na posição extralaminar o que confere uma vida semilivre.

Roskam (1992) afirma que o hábito galhador surgiu inúmeras vezes na linhagem dos insetos. O hábito alimentar ancestral seria o detritívoro e a partir deste, alguns migrariam diretamente para o galhador como os Cecidomyiidae. Já Thysanoptera e Hymenoptera: Cynipidae precisariam passar por uma fase anterior sendo zoofagos parasitoides ou fitófagos de pólen e esporos, respectivamente. A diversidade fenotípica em galhas pode também estar relacionada com diversos outros fatores tais como o número de indivíduos presentes nas câmaras larvais, à diversidade de seus indutores e a forma de alimentação dos mesmos (Moura *et al.*, 2008).

Padrões imunocitoquímicos

O estresse biótico, como o causado pelo desenvolvimento de uma galha, pode desencadear uma série de mudanças na composição da parede celular (Formiga *et al.*, 2013; Magalhães *et al.*, no prelo). Estas alterações teciduais podem ser advindas do hábito alimentar do herbívoro ou do estresse oxidativo que ele gera e afetam a forma final da galha (Oliveira, & Isaias, 2010; Formiga *et al.*, 2011). Outra característica que também afeta a forma final é a composição pectínica da parede celular, pois influencia na adesão, expansão, porosidade e rigidez desta (Oliveira & Isaias, 2010; Isaias *et al.*, 2011; Magalhães *et al.*, no prelo).

Nas análises imunocitoquímicas realizadas observa-se que cada sistema estudado apresenta diferenças nos padrões e intensidade de expressão dos elementos pesquisados. Segundo Willats *et al.* (2001), há microdomínios de pectinas com alta e baixa metil esterificação na parede celular e a marcação destes pode ocorrer de forma simultânea. Este fenômeno foi demonstrado neste estudo assim como em galhas de *Baccharis reticularia* por Formiga *et al.* (2013). A marcação de HGA de alta metil esterificação na epiderme da galha foliar globoide de *L. candidans* denota o potencial de resposta das paredes às pressões de turgescência dos vacúolos, gerando hipertrofia e extensão celular, contribuindo para a extensibilidade e alcance das dimensões finais. A marcação da composição pectínica das

paredes celulares, como na maioria dos tecidos da galha foliar globoide de *L.candicans* e também em tecidos mais flexíveis da nervura mediana das folhas amostradas reforçam a tendência a extensibilidade destes tecidos.

Os HGAs de baixa metil-esterificação, por sua vez, estão relacionados com rigidez e estão presentes em tecidos maduros. Dentre as amostras analisadas, caule de *C. pubescens* não apresentou HGA de baixa metil esterificação, mas este grupo foi marcado em tecidos de sua galha. Este resultado demonstra que o estímulo ao desenvolvimento da galha pode promover alterações em toda sua composição pécica em alguns sistemas. Por outro lado, em *M. splendens* observa-se similaridade morfológica e anatômica entre o órgão hospedeiro e a galha, e o mesmo pode ser dito para suas composições pécicas que se mantêm equilibradas independente do desenvolvimento da galha.

Outros componentes da parede celular que podem ocorrer simultaneamente são os galactanos e arabinanos. O balanço entre os sítios de deposição destes componentes é responsável pela relação de rigidez e expansão celular. Os galactanos estão diretamente ligados à estabilidade da estrutura, enquanto que os arabinanos conferem flexibilidade necessária ao alongamento celular. A redução dos galactanos na epiderme da folha não galhada e da galha de *L. candicans*, e dos tecidos parenquimáticos e colenquimáticos da folha e da galha de *M. splendens* indicam potencial para expansão devido à baixa estabilidade mecânica. Tal relação funcional é reforçada pela maior detecção de galactanos exatamente nos tecidos que garantem maior estabilidade e rigidez, como as camadas de esclerênquima neoformadas na galha globoide. Rohfritsch (1992) ao descrever modelos de galhas de Cecidomyiidae afirma que pode haver camadas esclerenquimáticas entre o tecido nutritivo e os tecidos vasculares. Quando este fenômeno ocorre, estas células do esclerênquima se mantêm ativas e similares às do tecido nutritivo no intuito de funcionar como um tecido de transporte de solutos e água, sendo ricas em plasmodesmos. Assim, mesmo sendo tecidos lignificados, estes apresentam características de tecidos ativos, inclusive com alto índice de proteínas e pectinas na parede celular. Da mesma forma, a detecção de galactanos e arabinanos em tecidos xilemáticos pode ser justificada uma vez que os sítios de expressão são as células parenquimáticas existentes no xilema.

As extensinas tiveram fraca marcação nas paredes de tecidos menos rígidos tais como a epiderme e o aerênquima da galha de *L. candicans*, e o tecido nutritivo oriundo do xilema e o próprio xilema modificado e hipertrofiado da galha fusiforme de *C. pubescens*. A ocorrência das extensinas está relacionada com reforço de parede observadas no final da expansão celular, conferindo a forma final ao órgão vegetal (Cassab, 1998). A fraca detecção de extensinas confere às galhas um potencial de flexibilidade e a possibilidade de alterações que

ainda estão por vir antes de atingir o estágio final destes tecidos, a senescência. Outras proteínas de parede que auxiliam a manutenção de flexibilidade, elasticidade e expansão celular são as AGP e sua presença é geralmente confirmada em tecidos novos (Willats & Knox, 1996; Cassab, 1998; Formiga *et al.*, 2013). Nas amostras em estudo, a maleabilidade dos tecidos foi confirmada na marcação de AGP aliada aos níveis de arabinanos e HGA de alta metil-esterificação.

As análises realizadas nos três morfotipos de galhas permitem concluir que cada sistema planta-hospedeira indutor é único e morfotipos distintos de galhas apresentam composição e distribuição pécica e proteica peculiar denotando padrões divergentes. Cada sistema, portanto, tem um comportamento celular que não se restringe a forma ou as funções previamente reportadas de nutrição, proteção e estabilidade que conferem valor adaptativo à galha. Tal fato demonstra que as galhas são modelos intrigantes para estudo de dinâmicas celulares configurando sistemas potenciais para revelar aspectos funcionais ainda desconhecidos e manipulados pelos insetos durante o desenvolvimento das estruturas.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio de todos do Laboratório de Anatomia Vegetal da UFMG, em especial ao Grupo Galhas e ao técnico Wagner Rocha. Gostaríamos de agradecer também aos pesquisadores V. Maia, A. Cavalleri e P. Hanson pela identificação dos insetos, à equipe do Parque Estadual Serra Verde, IEF-MG, CAPI, FAPEMIG e CNPq.

Referências Bibliográficas

- Ananthakrishnan, T.N. 1992. Unique aspects in the biology of thrips-induced galls. P. 185-195. *In* Shorthouse, J.D., Rohfritsch, O. (Eds.), **Biology of Insect-Induced Galls**. Oxford University Press, Oxford.
- Araújo, G.F.C. 2009. Reações estruturais, histoquímicas e fotossintéticas de *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (Nyctaginaceae) a Cecidomyiidae galhadores. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Arduin, M. & Kraus, J.E. 1995. Anatomia e ontogenia de galhas foliares de *Piptadenia gonoacantha* (Fabales, Mimosaceae). **Boletim de Botânica**. 14: 109-114.
- Bissing, D.R. 1974. Haupt's gelatina adhesive mixed with formalina for affixing paraffin sections to slides. **Stain technology**, 49:116-117.

- Bronner, R. 1992. The role of nutritive cells in the nutrition of cynipids and cecidomyiids. p. 118-140. *In* Shorthouse, J.D. & Rohfritsch, O. (Eds.), **Biology of insect induced galls**. Oxford University, Oxford.
- Bukatsch, F. 1972. Bemerkungen zur Doppelfärbung Astrablau-Safranin. **Mikrokosmos**, 61:255.
- Cassab, G.I. 1998. Plant cell wall proteins. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 49: 281-309.
- Castro, A.C.; Oliveira, D.C.; Moreira, A.S.F.P; Lemos-Filho, J.P; Isaias, R.M.S. 2012. Source-sink relationship and photosynthesis in the horn-shaped gall and its host plant *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae). **South African Journal of Botany**, 83: 121-126.
- Crespi, B. & Worobey, M. 1998. Comparative analysis of gall morphology in Australian gall thrips: the evolution of extended phenotypes. **Evolution**, 52 (6): 1686-1696.
- Donato, A.M. & Morretes, B.L. 2011. Morfo-anatomia foliar de *Myrcia multiflora* (Lam.) DC. – Myrtaceae. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 13(1): 43-51.
- Dreger-Jauffret, F.; Shorthouse, J.D. 1992. P. 8-33. *In* Shorthouse, J.D., Rohfritsch, O. (Eds.), **Biology of Insect-Induced Galls**, Oxford University Press, Oxford.
- Esteves, G. *Luehea* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB9092>>. Acesso em: 05 Dezembro de 2013.
- Feder, N.; O'Brien, T.P. 1968. Plant microtechnique: some principles and new methods. **American Journal of Botany**, 55: 123.
- Fernandes, G.W. & Price, P.W. 1988. Biogeographical gradients in galling species richness. **Oecologia**, 76: 161-167.
- Formiga, A.T.; Soares, G.L.G. & Isaias, R.M.S. 2011. Responses of the host plant tissues to gall induction in *Aspidosperma spruceanum* Müell. Arg. (Apocynaceae). **American Journal of Plant Sciences**, 2: 823-834.
- Formiga, A.T.; Oliveira, D.C.; Ferreira, B.G.; Magalhães, T.A.; Castro, A.C.; Fernandes, G.W. & Isaias, R.M.S. 2013. The role of pectic composition of cell walls in the

- determination of the new shape-functional design in galls of *Baccharis reticularia* (Asteraceae). **Protoplasma**, 250: 899-908.
- Gleiser, M. 2003. Sobre Gotas e Esferas. **Folha de São Paulo – Ciência**. Disponível em; <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=13330>. Acessado em: 08/01/2014.
- Gonçalves, S.J.M.R.; Isaias, R.M.S.; Vale, F.H.A. & Fernandes, G.W. 2005. Sexual dimorphism of *Pseudotectococcus rollinae* Hodgson & Gonçalves 2004 (Hemiptera Coccoidea Eriococcidae) influences gall morphology on *Rollinia laurifolia* Schlttdl. (Annonaceae). **Tropical Zoology**, 18:161-169.
- IEF, 2010. **Plano de Manejo do Parque Estadual Serra Verde, PESV**: Encarte I, Encarte II e Resumo Executivo. Governo de Minas Gerais.
- Isaias, R.M.S. 1998. Galhas Entomógenas em *Machaerium* (Leguminosae-Papilionoidae): anatomia e histoquímica. **Tese de Doutorado**, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Isaias R.M.S.; Soares, G.L.G.; Christiano, J.C.S. Gonçalves, S.J.M.R. 2000. Análises comparativas entre as defesas mecânicas e químicas de *Aspidosperma australe* e *Aspidosperma cylindorcarpon* Müell. Arg. (Apocynaceae) contra herbivoria. **Floresta e Ambiente**, 7: 11-18.
- Isaias, R.M.S.; Oliveira, D.C. & Carneiro, R.G.S. 2011. Role of *Euphalerus ostreoides* (Hemiptera: Psylloidea) in manipulating leaflet ontogenesis of *Lonchocarpus muehlbergianus* (Fabaceae). **Botany**, 89: 581-592.
- Isaias, R.M.S.; Carneiro, R.G.S.; Oliveira, D.C. & Santos, J.C. 2013. Illustrated and Annotated Checklist of Brazilian Gall Morphotypes. *Ecology, Behavior and Bionomics*, 42:230-239.
- Johansen, D.A. 1940. **Plant microtechnique**. McGraw-Hill Book, New York.
- Johnson, H.B. 1975. Plant pubescence: an ecological perspective. **Botanical Review**, 41:233-258.
- Kane, N.A.; Jones C.S. & Vourisalo, T. (1997). Development of galls on leaves of *Alnus glutinosa* and *Alnus incana* (Betulaceae) caused by the *Eryophyes laevis* (Nalepa). **International Journal of Plant Sciences**, 158: 13-23.

- Karnovski, M.J. 1965. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolarity for use in electron microscopy. **Journal of Cellular Biology**, 27:137-138.
- Kraus, J.E.; Arduin, M. 1997. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- Knox, J.P. 1997. The use of antibodies to study the architecture and developmental regulation of plant cell walls. **International Review of Cytology**, 171:79-120.
- Lorenzi, H. 1992. **Árvores Brasileiras** – manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Editora Plantarum. Nova Odessa – SP.
- Lorenzi, H. 2002. **Árvores Brasileiras** – manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil – Volume 2. 2ªed. Editora Plantarum. Nova Odessa – SP.
- Lorenzi, H. 2009. **Árvores Brasileiras** – manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil – Volume 3. Editora Plantarum. Nova Odessa – SP.
- Magalhães, T.A.; Oliveira, D.C.; Suzuki, A.Y.M. & Isaias, R.M.S. no prelo. Patterns of cell elongation in the determination of the final shape in galls of *Baccharopelma dracunculifoliae* (Psyllidae) on *Baccharis dracunculifolia* DC (Asteraceae). **Protoplasma**, (online).
- Mani, M.S. 1964. **Ecology of plant galls**. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.
- Mastroberti, A.A. & Mariath, J.E.A. 2008a. Developmental of mucilage cells of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Protoplasma**, 232: 233-245.
- Mastroberti, A.A. & Mariath, J.E.A. 2008b. Imunocitochemistry of the mucilage cells of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae). **Revista Brasileira Botânica**, 31(1):1-13.
- Meijer, M. & Murray, J.A.H. 2001. Cells cycle controls and the development of plant form. **Current Opinion in Plant Biology**, 4:44-49.
- Moura M.Z.D.; Soares G.L.G.; Isaias R.M.S. 2008. Species-specific changes in tissue Morphogenesis induced by two arthropod leaf galls in *Lantana camara*L. (Verbenaceae). **Australian Journal of Botany**, 53:153-160.

- Nyman, T. 2000. Phylogeny and ecological evolution of gall-inducing sawflies (Hymenoptera: Tenthredinidae). **Dissertação em Ph.D. em Biologia**, 6: 6-27, University of Joensuu, Joensuu, Finlândia.
- Oliveira, D.C.; Christiano, J.C.S.; Soares, G.L.G.; Isaias, R.M.S. 2006. Reações de defesas químicas e estruturais de *Lonchocarpus muehlbergianus* Hassl. (Fabaceae) à ação do galhador *Euphalerus ostreoides* Crawf. (Hemiptera: Psyllidae). **Revista Brasileira de Botânica**, 29(4): 657–667.
- Oliveira, D.C., Isaias, R.M.S. 2007. Relações entre a ontogenia foliolar e idade dos tecidos para o valor adaptativo de galhas em *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae). **Dissertação de Mestrado**, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Oliveira, D.C.; Drummond, M.M.; Moreira, A.S.F.P.; Soares, G.L.G., Isaias, R.M.S. 2008. Potencialidades morfogênicas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae): super-hospedeira de herbívoros galhadores. **Revista de Biologia Neotropical**, 5(1): 31–39.
- Oliveira, D.C.; Isaias, R.M.S. 2009. Influence of leaflet age in anatomy and possible adaptive values of midrib gall of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae: Caesalpinoideae). **Revista de Biologia Tropical**, 57(1-2): 293–302.
- Oliveira, D.C.; Isaias, R.M.S. 2010. Cytological and histochemical gradients induced by a sucking insect in galls of *Aspidosperma austral* Arg. Muell (Apocynaceae). **Plant Science**, 178: 350-358.
- Oliveira, D.C.; Magalhães T.A.; Carneiro, R.G.S; Alvim, M.N. Isaias, R.M.S. 2010. Cecidomyiidae galls of *Aspidosperma spruceanum* (Apocynaceae) fit the pre-established cytological and histochemical patterns? **Protoplasma**, 242: 81–93.
- Oliveira, D.C.; Carneiro, R.G.S. Magalhães, T.A.; Isaias, R.M.S. 2011. Cytological and histochemical gradientes on two *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae)-Cecidomyiidae gall systems. **Protoplasma**, 248:829-837
- Paiva, J.G.A.; Fank-de-Carvalho, S.M.; Magalhães, M.P. & Graciano-Ribeiro, D. 2006. Verniz vitral incolor 500®: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. **Acta Botânica Brasilica**, 20(2): 257-264.

- Paula, M.A.; Couto, R.O.; Bara, M.T.F.; Rezende, M.H.; Paula, J.R. & Costa, R.A. 2010. **Lat. American Journal of Pharmacy**, 29(4): 526-533.
- Portugal-Santana, A. & Isaias, R.M.S. 2014. Galls from Parque Estadual Serra Verde, Belo Horizonte, Minas Gerais state, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, Submetido.
- Price, P.W., 1992. Evolution and ecology of gall-inducing sawflies. P. 208-224. *In* Shorthouse, J.D., Rohfritsch, O. (Eds.), **Biology of Insect-Induced Galls**. Oxford University Press, Oxford.
- Raman, A. & Ananthakrishnan, T.N. 1983. Studies on some thrips (Thysanoptera: Insecta) induced galls. 2. Fine-structure of the nutritive zone. **Proceedings of the Indian National Science Academy**, 49(6): 525-561.
- Read, J. & Stokes, A. 2006. Plant biomechanics in an ecological context. **American Journal of Botany**, 93 (10): 1546-1565.
- Ridley, B.; O'Neil, M.A. & Mohnen, D. 2001. Pectins: structure, biosynthesis and oligogalacturonide-related signaling. **Phytochemistry**, 57:929-967.
- Rohfritsch, O. 1992. Patterns in gall development. P. 60-86 *In* Shorthouse, J.D., Rohfritsch, O. (Eds.), **Biology of Insect-Induced Galls**. Oxford University Press, Oxford.
- Romaniuc Neto, S.; Torres, R.B.; Santos, A. dos *Cannabaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB32981>>. Acesso em: 05 Dez. 2013
- Rose, J.K.C. 2003. **The Plant cell wall**. Blackwell Publishing, Oxford.
- Roskam, J.C. 1992. Evolution of the gall-inducing guild. P. 34-49. *In* Shorthouse, J.D., Rohfritsch, O. (Eds.), **Biology of Insect-Induced Galls**. Oxford University Press, Oxford.
- Silva, M.H.M.; Costa-Filho, L.O.; Oliveira, A.F.M. & Almeida-Cortez, J.S. 2011. Ocorrência de Galhas em espécies de *Croton* no Parque Nacional Vale do Catimbau (PE). **Revista Brasileira de Geografia Física**, 3: 510-519.
- Sobral, M.; Proença, C.; Souza, M.; Mazine, F.; Lucas, E. *Myrtaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB10759>>. Acesso em: 05 Dez. 2013

- Stone, G.N. & Cook, J.M. 1998. The structure of cynipid oak galls: patterns in the evolution of an extended phenotype. **Proceedings of the Royal Society of London B**, 265 (1400): 979-988.
- Stone, G.N. & Schönrogge, K. 2003. The adaptive significance of insect gall morphology. **Trends in Ecology and Evolution**, 18(10): 512–522.
- Walker, C.I.B.; Zanetti, G.D.; Ceron, C.S. & Manfron, M.P. 2008. Morfoanatomia e histoquímica das folhas de *Luehea divaricata* Mart. **Latin American Journal of Pharmacy**, 27(2): 203-210.
- Willats, W.G.T. & Knox, J.P. 1996. A role for arabinogalactan-proteins in plant cell expansion: evidence from studies on the interaction of β -glucosyl Yariv reagent with seedlings of *Arabidopsis thaliana*. **The Plant Journal**. 9(6): 919-925.
- Willats, W.G.T.; McCartney, L.; Mackie, L. & Knox, J.P. 2001. Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. **Plant molecular biology**, 47:9-27.
- Woodman, R.L.; Fernandes, G.W. 1991. Differential mechanical defense: herbivory, evapotranspiration, and leaf-hairs. **Oikos**, 60: 11-19.

Capítulo III

Interpretação ambiental como forma de disseminação de conhecimento sobre galhas do Parque Estadual Serra Verde



RESUMO

O Parque Estadual Serra Verde (PESV) localiza-se em Belo Horizonte, e é uma área verde com potencial para estudos geradores de conhecimento científico sobre organismos e suas interações, além de ser um centro de educação ambiental. Está inserido no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza na categoria de Unidade de Conservação que visa além da educação ambiental, preservar áreas naturais e conciliar turismo, pesquisa científica e lazer. Concomitante ao uso público, o conhecimento sobre os atributos naturais deste Parque, através de pesquisa científica, vem aumentando. Levantamentos da diversidade biológica já foram realizados, restando levar o conhecimento produzido ao público frequentador, o que vem se constituindo em um gargalo que prejudica o reconhecimento da importância deste Parque para a conservação ambiental no município e no Estado. Como uma estratégia de aliar a produção do conhecimento com a divulgação científica e tendo por base o levantamento de galhas do Parque Estadual Serra Verde, dispositivos de Interpretação Ambiental, a trilha-*trekking*, pranchas dos morfotipos de galhas, exposição de fotos e um artigo de divulgação científica, são propostos. Estes dispositivos de Interpretação Ambiental compreendem instrumentos de comunicação que favorecem as conexões entre o interesse da audiência e o significado dos recursos naturais e são utilizados em momentos específicos da visita ao Parque. Outros dispositivos, como um folder, um guia de campo e um vídeo de animação são propostos como formas de divulgação científica para dar visibilidade ao Parque Estadual Serra Verde e reforçar sua missão como unidade de conservação e de educação ambiental.

Palavras chave

Conservação, educação ambiental, levantamento de galhas, Unidade de Conservação, Uso público.

Introdução

O Parque Estadual Serra Verde (PESV), localizado em Belo Horizonte, em meio a uma intensa malha urbana, é uma de muitas áreas verdes com potencial para o desenvolvimento de estudos geradores de conhecimento científico sobre organismos e suas interações. Inserido no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) é regido pela Lei Federal nº 9.985/2000 que o categoriza como uma Unidade de Conservação (UC) de proteção integral que visa preservar áreas naturais dentro do território brasileiro e conciliar turismo, pesquisa científica, lazer e educação ambiental. Tais objetivos, em conjunto com melhoria da qualidade de vida, estão estabelecidos em seu plano de manejo, como a missão do parque (IEF, 2010). No entanto, por se situar numa área completamente urbanizada, sofre diariamente pressões contrárias a sua preservação e possui forte processo de antropização e urbanização devido a seu entorno populoso e carente de informação ambiental (IEF, 2010). Assim, busca-se a melhor integração da comunidade local circunvizinha e visitantes para o alcance de sua missão.

Mesmo com grandes dificuldades de integração e disseminação de sua importância, o PESV apresenta crescente visitação devido à fartura de público existente em seu entorno e da gama de atividades ofertadas pela sua equipe. Segundo relatório anual de uso público do Escritório Regional Centro-sul do Instituto Estadual de Florestas (ERCS-IEF, 2013), o PESV está em segundo lugar dentre os mais visitados no ano de 2013 com 14% da visitação das UCs desta regional, atrás apenas do Parque Estadual do Rola Moça e a frente de Parques renomados como o Itacolomi em Ouro Preto - MG. O PESV recebeu 6.487 visitantes para atividades de educação ambiental durante o ano de 2013.

Concomitante as atividades de uso público, o conhecimento sobre seus atributos naturais através de pesquisa científica vem aumentando. Diversos levantamentos, tais como da anurofauna, mastofauna de grande e médio porte, ornitofauna, florístico e de galhas já foram realizados nesta UC. No entanto, a grande maioria deste conhecimento continua não divulgada ou divulgada apenas na rede científica não atingindo seu público frequentador. Assim, a divulgação deste conhecimento para a sociedade que o visita é um dos grandes gargalos que retarda o reconhecimento deste parque como importante para o cenário da conservação ambiental no município e no Estado. Esta situação afeta sua conservação, visitação e reconhecimento, refletindo no não cumprimento de sua missão de forma integral.

Uma das formas de minimizar tal impacto é usufruir da UC dando acessibilidade de conhecimento a seus frequentadores aumentando a consciência ambiental. O planejamento e a gestão da visitação em áreas protegidas têm como grande desafio compatibilizar as demandas de uso dos recursos ambientais com os pressupostos de conservação ambiental. Programas estruturados de visitação, com roteiros interpretativos definidos, enriquecem a experiência de visitação na natureza, além de promover a conscientização ambiental, satisfazendo as expectativas dos visitantes e auxiliando na valorização dos patrimônios naturais existentes (Projeto Doces Matas, 2002; BRASIL, 2006; Ikemoto, Moraes & Costa, 2009). A Interpretação Ambiental (IA) é uma das formas de se alcançar estes objetivos e vem ganhando importância, e já constam em programas de IA dos Planos de Manejo de várias Unidades de Conservação no Brasil como Parque Estadual Ibitipoca, Itacolomi e Foz do Iguaçu. A IA é projetada para um momento específico e de curta duração e deve ser entendida como um instrumento de comunicação que favorece as conexões entre o interesse da audiência e o significado inerente dos recursos naturais (Vasconcellos, 2006).

Em Unidades de Conservação (UCs), como o PESV, a IA pode ser desenvolvida a partir de diversos meios, tais como as trilhas interpretativas, o Centro de Visitantes, vídeos, painéis, pôsteres e palestras, como proposto por Ikemoto, Moraes & Costa (2009) para o Parque Estadual dos Três Picos, Rio de Janeiro. O Plano de Manejo do PESV prevê a definição de trilhas destinadas a visitação, das quais três já foram implantadas e são utilizadas atualmente em trabalhos com escolas, e com público diverso (IEF, 2010). Hoje, as trilhas ecológicas guiadas se destacam como a principal atividade desenvolvida no parque. O público que participa destas trilhas é, geralmente, composto por moradores do entorno da UC (94%) que carecem de atividades de lazer e contato com a natureza por estarem imersos numa capital de características predominantemente urbanas. Dentre as principais motivações deste público, destacam-se as excursões escolares/universitárias (64%) e outros eventos de educação ambiental (10%) (ERCS-IEF, 2013).

As trilhas do parque além de serem utilizadas para fins educacionais e lazer pelos visitantes são também utilizadas para pesquisas científicas como o levantamento de galhas. Galhas são estruturas formadas em plantas devido a estímulos causados por seus indutores no intuito de completarem seus ciclos de vida (Mani, 1964). Estas estruturas se destacam na paisagem devido a suas formas, dimensões e outras características tais como cor, revestimento e posição que destacam a galha do restante de sua planta hospedeira. Como foi observada grande diversidade de galhas ao longo das trilhas da UC, estas são tema potencial a ser trabalhado.

A IA sobre galhas a ser aplicada nas trilhas do PESV visa chamar a atenção dos visitantes e demais frequentadores destas trilhas para a existência destas formas de interação e, conseqüentemente, compreender um pouco mais da complexidade existente na natureza, da grande importância da UC no cenário conservacionista e do status de conservação que ele se encontra. Além da proposta de interpretação direta na trilha, são sugeridos outros dispositivos a serem utilizados com o público do PESV nas demais atividades realizadas pela equipe, como palestras e oficinas nas escolas e eventos externos na comunidade.

Sendo assim, o uso de IA no intuito de apresentar a biologia (anatomia e morfologia) e a ecologia (diversidade) de parte das galhas no parque, ao longo das trilhas de educação ambiental para este público potencial existente, devolvendo informações à sociedade para se alterar a consciência ambiental do público a respeito das unidades de conservação urbanas é o objetivo deste estudo.

Material e Métodos

1. Área de estudo e público alvo

O Parque Estadual Serra Verde (PESV) (coordenadas: 19°47'17.41"S e 43°57'31.52"O) possui área de 142 hectares situados no município de Belo Horizonte – MG protegida pelo Decreto Estadual nº 45.077 de 30 de março de 2009. Situa-se em área de transição entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica. Desde sua criação, anualmente recebe grande aporte de visitantes (aproximadamente 1.000), principalmente estudantes do ensino fundamental e médio em busca de maior contato com a Natureza e assimilação de conhecimento sobre Meio Ambiente. As principais atividades realizadas pela equipe do parque relacionadas com educação ambiental e uso público são desenvolvidas em trilhas ecológicas como as já mencionadas, e atividades fora da UC como palestras, oficinas e eventos abertos ao público em datas ambientais comemorativas.

2. Elaboração para aplicação de dispositivos interpretativos

Baseando-se nas temáticas: botânica, interação inseto-planta, diversidade de galhas e anatomia vegetal, dispositivos interpretativos foram produzidos no intuito de se divulgar a importância destes seres vivos envolvidos na interação que resulta no desenvolvimento de galhas e suas interações ecológicas. A proposta utiliza as imagens e dados obtidos a partir do levantamento das galhas existentes nas trilhas no Parque: Trilha do Pica-Pau, Trilha do

Curiango e Trilha da Mata (Figura 1) e das análises morfológicas realizadas em laboratório para a criação destes dispositivos.



Figura 1 – Atividade de trilha ecológica guiada na Trilha do Curiango e Trilha da Mata no Parque Estadual Serra Verde em 2013.

2.1 Trilha Trekking - “À caça das galhas”

Como o parque possui uma rede de trilhas utilizadas pelos visitantes e esta diversidade de galhas encontra-se disseminada ao longo das mesmas, propõe-se a utilização das trilhas para realização de uma atividade autoguiada associada a técnicas de *trekking* de regularidade e caminhada por navegação.

Trekking significa seguir por um trilho a pé ou trilhar e é considerado de regularidade, pois as trilhas são pré-estabelecidas em planilhas que fornecem informações como figuras representativas sobre o caminho, direções para a navegação por bússola e comprimento dos trechos do percurso. Os desenhos ajudam a identificar o percurso a ser seguido e podem representar árvores caídas, cercas, pontes, rios, construções e bifurcações (Enduro de Aventura, 2014).

Ao longo do percurso proposto pela planilha de navegação da trilha-*trekking*, paradas estratégicas são exigidas para que o público possa reconhecer galhas do PESV, registrá-las através de fotografias e/ou ilustrações e, assim continuar a navegação até atingir o ponto final da atividade (Anexo 1). Características morfológicas externas da galha e de sua planta hospedeira são utilizadas para reconhecimento das mesmas com auxílio da prancha de morfotipos disponibilizada para comparações (Figura 2).



Figura 2 – Identificação de galha existente no Parque Estadual Serra Verde através de suas características morfológicas.

O público alvo para esta atividade é formado por visitantes provenientes de grupos escolares do ensino fundamental e médio agendados previamente junto à gerência da UC (Anexo 1). Para realização da atividade, o grupo precisa ter de no máximo 10 integrantes, caso contrário, será necessária a divisão em grupos menores. Em seguida, são definidas funções para cada participante dentro do grupo (líder, navegadores, observadores e registradores). Os líderes são responsáveis por organizar e manter unido o grupo de participantes. Os navegadores se utilizarão dos equipamentos necessários para se traçar a rota desejada e atingir os objetivos traçados pela atividade. Os observadores serão responsáveis por detectar detalhes ao longo do trajeto que estejam relatados na planilha da rota; são também responsáveis por identificar as galhas nas paradas para que os registradores possam realizar sua função de registrar a galha encontrada para comprovação no final da atividade.

Em seguida, o grupo recebe uma planilha com o roteiro a ser seguido e equipamentos de navegação e registro: bússola, contador de passos, prancheta com papel para registro e prancha dos morfotipos encontrados na UC (Figura 3). A planilha de navegação apresenta informações importantes para completar o trajeto como pontos de referência, distâncias e observações sobre o percurso (Figura 4).

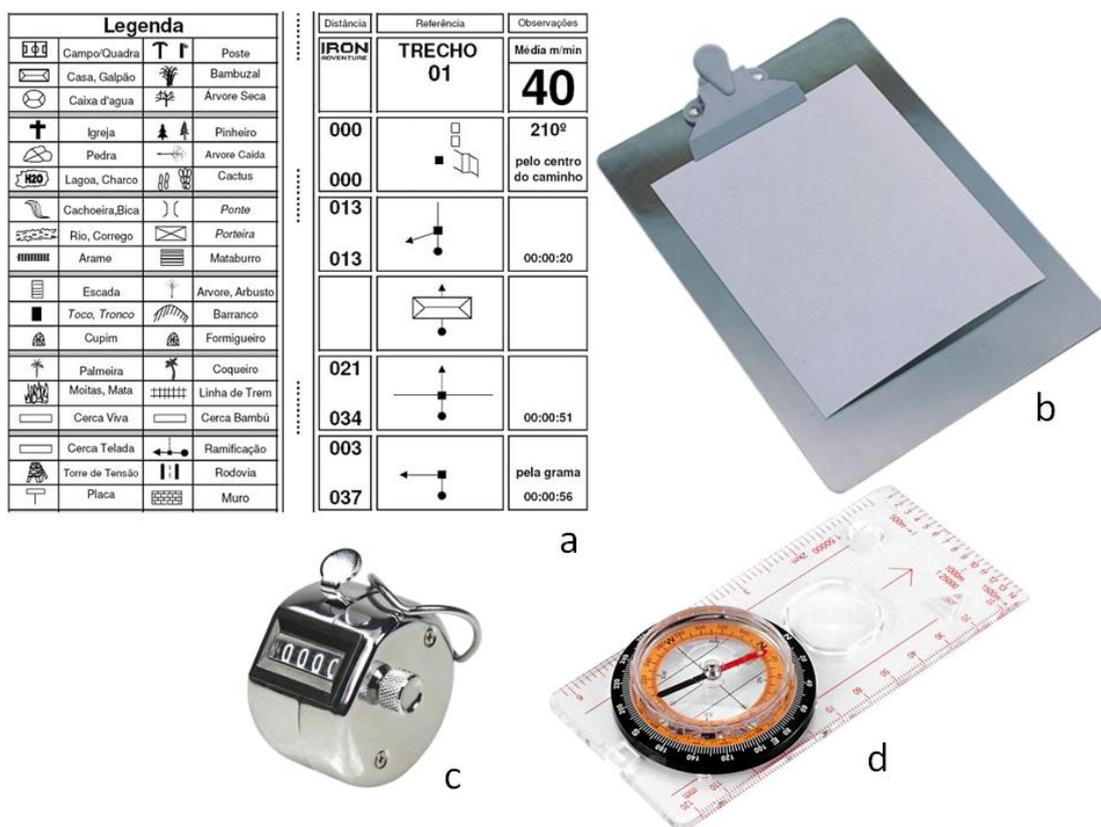


Figura 3 – Principais equipamentos a serem utilizados na trilha-trekking: planilha (a); prancheta para apoio (b); contador de passos (c); bússola (d).

A atividade tem tempo determinado para início e finalização, portanto, não é uma atividade de agilidade ou velocidade, mas de regularidade. A cada parada definida na planilha de navegação, há um tempo exato de registro e uma distância correta a ser alcançada. Estima-se uma duração de pelo menos 2 horas desde a explicação geral da atividade até sua conclusão.

Esta atividade tem como objetivo despertar o público para uma forma diferente de realizar uma atividade em contato com a natureza, divulgar conhecimentos sobre a diversidade de galhas encontradas no PESV, aprimorar habilidades de outras áreas como a matemática (geometria, trigonometria e unidades métricas) e geografia (navegação e pontos cardeais). Ela estimula o desenvolvimento de atitudes e habilidades como trabalho em equipe, liderança e respeito, além de aguçar a percepção dos participantes para pequenos detalhes como a existência das galhas no parque.

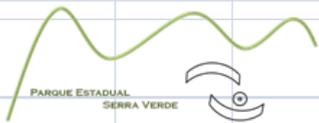
TREKKING DAS TRILHAS DO CURIANGO E MATA A Caça as Galhas   			Como funciona um trekking? <p>Siga cada passo desta planilha por vez.</p> <p>Olhe a distância que tem que percorrer (nº de passos).</p> <p>Observe o que vai encontrar após estes passos e siga a direção da seta.</p> <p>Divida o grupo em:</p> <ul style="list-style-type: none"> - lider: organiza o grupo - Contadores de passo: contam os passos na frente. - Observadores: procuram as dicas e galhas - Navegadores: usam a planilha e bússolas - Registradores: comparam as galhas e registram. 			Bem vindos ao Parque! Algumas orientações: <p>Andar sempre em grupo.</p> <p>Respeitar a tarefa de cada colega no grupo.</p> <p>Esta atividade o importante é cumprir as etapas e obedecer o tempo! Não adianta correr!</p> <p>Fique atento o tempo todo!</p> <p>Respeite a Natureza e se divirta.</p> <p>Use seus sentidos para aproveitar melhor o parque.</p> <p>Boa Sorte a Todos!</p>		
Passos	REFERÊNCIA	OBSERVAÇÕES	Passos	REFERÊNCIA	OBSERVAÇÕES	Passos	REFERÊNCIA	OBSERVAÇÕES
	Início 	N 	005		W 	035		
015		Trilha do Curiango (seguir)	010		registrar	008	N 	Neutro! 10 min. Sair às 9:30
082		Bosque da Amizade			E 	010		fim do corrimão
065			008			004		
029		passa debaixo 	017			003		registrar
016		passa debaixo de duas 	070			021		
		W 	006		registrar	020		
004		N 	004			027		
“	Parque Estadual Serra Verde		“	Parque Estadual Serra Verde		“	Parque Estadual Serra Verde	

Figura 4 – Trechos da planilha de navegação elaborada para trilha trekking no Parque Estadual Serra Verde.

2.2 Pranchas dos morfotipos de galhas

Em levantamento realizado no PESV, foram identificadas 75 morfoespécies de galhas ao longo das trilhas de educação ambiental (Portugal-Santana & Isaias, 2014 submetido). A maioria é de fácil localização por parte dos visitantes que usufruem da trilha, no entanto, são raros os caminhantes que as localizam e as reconhecem durante sua visita. Assim, as pranchas de identificação das galhas mais comuns nas trilhas do parque visam criar a imagem de busca e despertam o interesse do público para a diversidade de galhas existente na área visitada e, consequentemente, amplia a visão do público sobre a importância de sua preservação. É uma boa ferramenta de interpretação já que pode ser levada a campo, ou trabalhada em outros ambientes. Estas pranchas contêm fotografias de alta resolução, assim como breves detalhamentos das galhas (Anexo 2). As mesmas são agrupadas na prancha por morfotipo, segundo categorias de Isaias *et al.* (2013) para facilitar seu reconhecimento. São confeccionadas em papel com impressão de alta resolução e plastificadas para garantir rigidez, durabilidade e impermeabilização.

As pranchas podem ser usadas por qualquer visitante que utiliza as trilhas do Parque (Anexo 2). Destina-se também ao público que não pode comparecer à UC, porém seu uso fora da trilha deve ser acompanhado de outros dispositivos como palestra, folder sobre as galhas ou exposição de fotografias para aumentar a perspectiva de aquisição de conhecimento.

2.3 Exposição de fotos sobre Galhas e sua Anatomia

Frequentemente o PESV participa de eventos externos como dias de campo e comemorações ambientais (Dia da Árvore, Dia da Água, Semana do Meio Ambiente), além de executar atividades de Educação Ambiental externas às dependências do parque. Nos eventos externos comemorativos, geralmente um estande é montado o qual é visitado por um vasto público interessado em aprendizado sobre algum aspecto do Meio Ambiente. Desta forma, utilizar de uma exposição de fotografias do que se pode encontrar no PESV ao visitá-lo, como as galhas, é uma excelente forma de divulgação (Figura 5).

Utilizando-se das imagens captadas durante dois anos de estudos sobre galhas do PESV, foi montada a exposição intitulada “Galhas do PESV”. Nesta exposição, imagens macroscópicas e microscópicas das galhas, além de imagens de toda metodologia utilizada para se obter tais conhecimentos científicos são exibidas. Com isto, o público pode compreender todas as etapas executadas num estudo científico, desde trabalhos de campo a

rotinas laboratoriais, aumentando a valorização do mundo científico e da Unidade de Conservação. São quatro painéis de imagens separados por temas: Diversidade das Galhas, Metodologia Científica, Habitantes das Galhas e Anatomia das Galhas (Anexo 3).



Figura 5 – Exemplo de exposição dos atributos naturais que o parque possui. Exposição de fotos “Belezas do PESV” realizado na Semana do Meio Ambiente 2013 no Parque Municipal Lagoa do Nado e no entorno do PESV em Junho de 2013.

2.4 Artigo educativo sobre Galhas para o público infantil

Buscando atingir um maior público infantil e educacional, os conhecimentos adquiridos com os estudos das galhas do Parque serviram de base para a elaboração e submissão de um artigo científico com cunho científico destinado ao público infantil. É de extrema importância uma divulgação deste espectro que possa atingir não apenas um público local que frequente a UC com mais facilidade, mas uma larga gama de jovens cientistas que queiram aprender e saber mais sobre o que são galhas e a diversidade existente (ANEXO 4).

3. Propostas de futuros dispositivos de interpretação ambiental para o PESV

Existem outras formas de se realizar a educação ambiental através de ferramentas de comunicação e sensibilização ambiental que exigem recursos financeiros mais elevados, no entanto, atingem um maior público devido a sua facilidade de divulgação e disponibilização. Vídeos que podem ser adicionados à internet, material de divulgação impresso como folhetos, folders e panfletos, além de publicações com maior conteúdo informativo como livros, guias e catálogos, são alguns exemplos de meios de divulgação de amplo espectro de publicidade.

Assim, neste estudo, além dos dispositivos já elaborados para se aumentar o conhecimento da comunidade sobre a existência das galhas, de sua diversidade no PESV e da importância desta área verde para a conservação e a melhoria da qualidade de vida, outros são propostos. O objetivo destas proposições é que sejam executadas o mais breve possível pois são complementares para o alcance da informação que se deseja difundir.

3.1 Folder sobre as Galhas do Parque

Além das atividades desenvolvidas no interior da UC como as trilhas ecológicas, o PESV conta com um grande público externo e grande quantidade de instituições de ensino em seu entorno como escolas públicas da rede municipal e estadual e faculdades. Desta forma, a existência de um material de divulgação do conhecimento sobre as galhas do PESV tem o intuito de auxiliar na difusão deste tema, reduzir a carência deste público potencial sobre material de divulgação ambiental do parque e provocar a descoberta e a vontade de conhecer o parque que envolve a maior aproximação dos cidadãos com a UC.

Um folheto (“folder”) em formato dobrável contendo em seu interior pranchas ilustrativas destacáveis é proposto. Deverão ser impressos em alta resolução em papel de menor impacto ambiental e colorido (Figura 6). Este folheto possui dimensões de um papel A3 quando aberto e características de uma pasta dobrável. Em seu interior, são guardadas pranchas de alturas gradativamente reduzidas encaixadas em bolso de papel. Cada ficha comporta um grupo de imagens e informações sobre um ou mais morfotipos de galhas encontradas no parque, similar às pranchas de campo confeccionadas neste estudo.

O conteúdo do folheto, além de imagens e alguns detalhes das galhas, permeia descrições gerais sobre galhas, alguns aspectos da UC e noções introdutórias sobre anatomia relacionadas à aquisição final das formas das galhas. Devem ser impressos em grande quantidade e utilizados em atividades pontuais e eventos externos. Podem ser utilizados também como atividades internas as escolas visitantes e trabalhados em conjunto com outros dispositivos de IA como palestras e exibição de vídeos ou exposição de fotos.



Figura 6 – Exemplos de folheto a ser confeccionado para a diversidade das galhas do PESV. (Fontes: UFRJ e Governo Estadual do MS).

3.2 Catálogo - guia de campo

Seguindo o mesmo raciocínio de produzir material de divulgação impresso sobre as galhas do PESV, a publicação de um guia de campo que possa ser utilizado por um vasto público é de grande importância. De todos os dispositivos interpretativos sugeridos, o guia de campo ou catálogo das galhas do PESV será o mais elaborado em questão de quantidade de conteúdo científico a ser disseminado. Este guia de campo será composto de uma breve introdução sobre galhas, suas características estruturais e o PESV. Em seguida, as galhas serão apresentadas respeitando a categorização por seus morfotipos separados em capítulos distintos (Figura 7).



Figura 7 – Protótipo do guia de campo das Galhas do PESV proposto para publicação.

3.3 Vídeo animação sobre o estudo Galhas do Parque Estadual Serra Verde

Buscando atingir também o grande público proporcionado pela internet, a elaboração de um vídeo de animação é uma proposta de dispositivo de maior divulgação deste estudo. Este vídeo deverá ter tempo máximo de dois minutos e ter o maior número de informação possível sobre os conhecimentos adquiridos com um estudo científico (Figura 8). Para isto, mensagens curtas e objetivas devem compor o enredo do vídeo que se utilizará de animação para facilitar a compreensão deste conteúdo pelo público mais diverso possível.

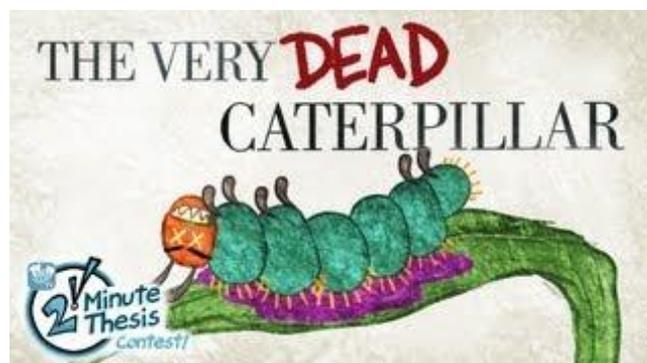


Figura 8 – Imagem do vídeo animação modelo sobre disponibilização de conhecimento científico adquirido em um estudo em apenas dois minutos. (Fonte: PHD comics, 2014).

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio de todos do Laboratório de Anatomia Vegetal da UFMG, em especial ao Grupo Galhas. Gostaríamos de agradecer também à Professora Paulina Maia pela co-orientação neste estudo; Thabata Lessa pela diagramação das pranchas de campo; Minas *trekking* pelos modelos de planilha de *trekking* e Filipe Medeiros pela diagramação inicial do guia de campo. Por fim, agradecemos à equipe do Parque Estadual Serra Verde; IEF-MG; FAPEMIG e CNPq.

Referências Bibliográficas

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Diretrizes para Visitação em Unidades de Conservação**. Brasília: Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Diretoria de Áreas Protegidas. 2006. 72p.
- Enduro de Aventura, 2014. **Enduro de Aventura Ltda**. Disponível em: http://www.endurodeaventura.com.br/2012/?p=o_que_e_trekking. Acessado em 24 de Janeiro de 2014.
- ERCS-IEF. Relatório anual do Uso Público das Unidades de Conservação Estaduais do Regional Centro-Sul (ERCS) do IEF-MG. **Relatório anual**. Barbacena, 2013.
- IEF. **Plano de Manejo do Parque Estadual Serra Verde, PESV**: Encarte I, Encarte II e Resumo Executivo. Belo Horizonte: Governo de Minas Gerais. 2010.
- Ikemoto, S.M.; Moraes, M.G. & Costa, V.C. 2009. Avaliação do Potencial Interpretativo da Trilha do Jequitibá, Parque Estadual dos Três Picos, Rio de Janeiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 21(3): 271-287.
- Isaias, R.M.S.; Carneiro, R.G.S.; Oliveira, D.C. & Santos, J.C. 2013. Illustrated and Annotated Checklist of Brazilian Gall Morphotypes. *Ecology, Behavior and Bionomics*, 42:230-239.
- Mani, M.S. 1964. **Ecology of plant galls**. Dr. W. Junk Publishers. The Hague.
- PHD comics, 2014. How plants defend themselves. **PHD comics**. Disponível em: <http://phdcomics.com/tv/#042>. Acessado em 24 de janeiro de 2014.

Portugal-Santana, A. & Isaias, R.M.S. 2014. Galls from Parque Estadual Serra Verde, Belo Horizonte, Minas Gerais state, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**. Submetido.

Projeto Doces Matas. **Manual de Introdução à Interpretação Ambiental**. Belo Horizonte: IEF – IBAMA – Fundação Biodiversitas – GTZ, 2002. 107p.

Vasconcellos, J.M.O. **Educação e Interpretação Ambiental em Unidades de Conservação**. Curitiba: Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. 2006. 86p. Cadernos de Conservação n°4.

ANEXOS

ANEXO 1 – Roteiro da Trilha-trekking implantada nas Trilhas do Curiango e da Mata.

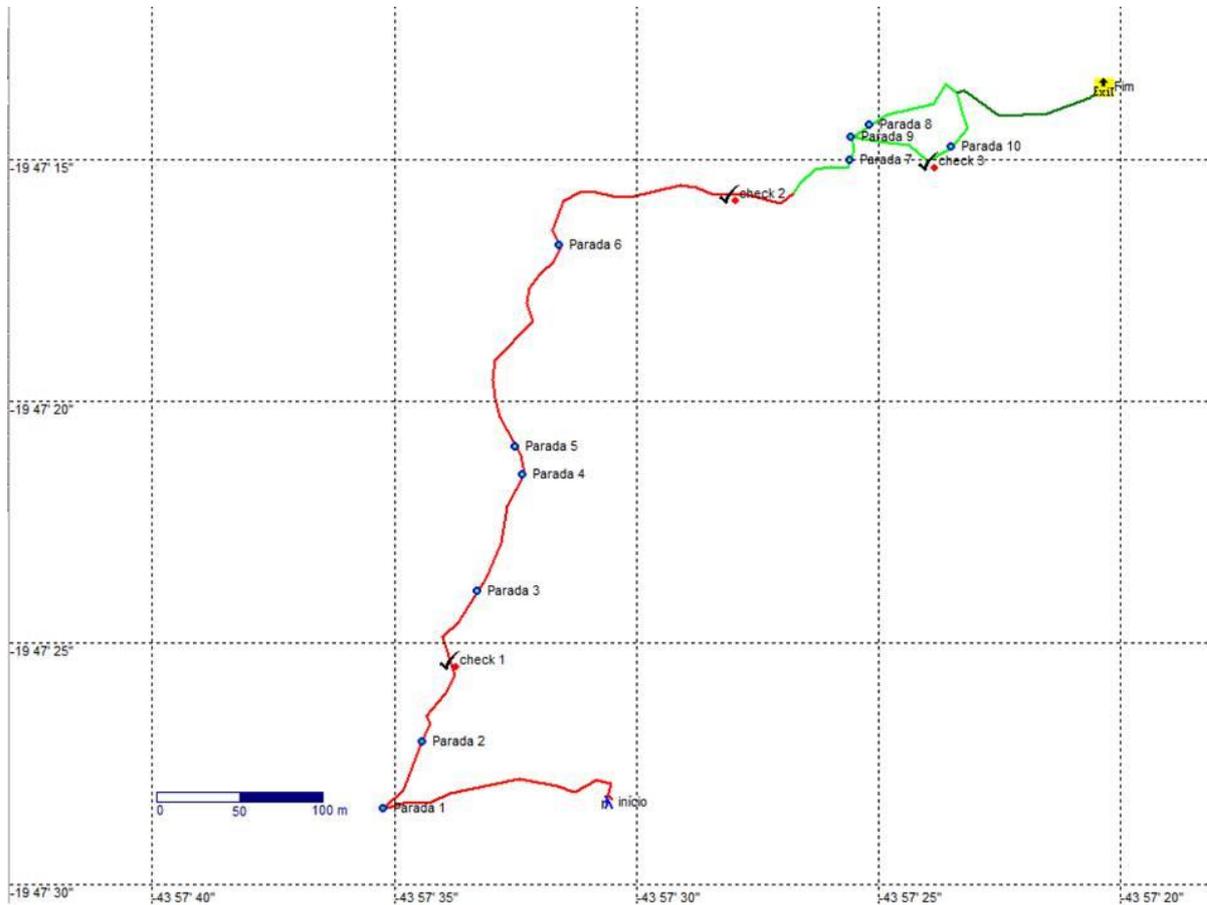


Figura 1 – Mapa georreferenciado do trajeto do *trekking* incluindo as paradas para visualização de galhas. (vermelho – Trilha do Curiango; verde – Trilha da Mata).

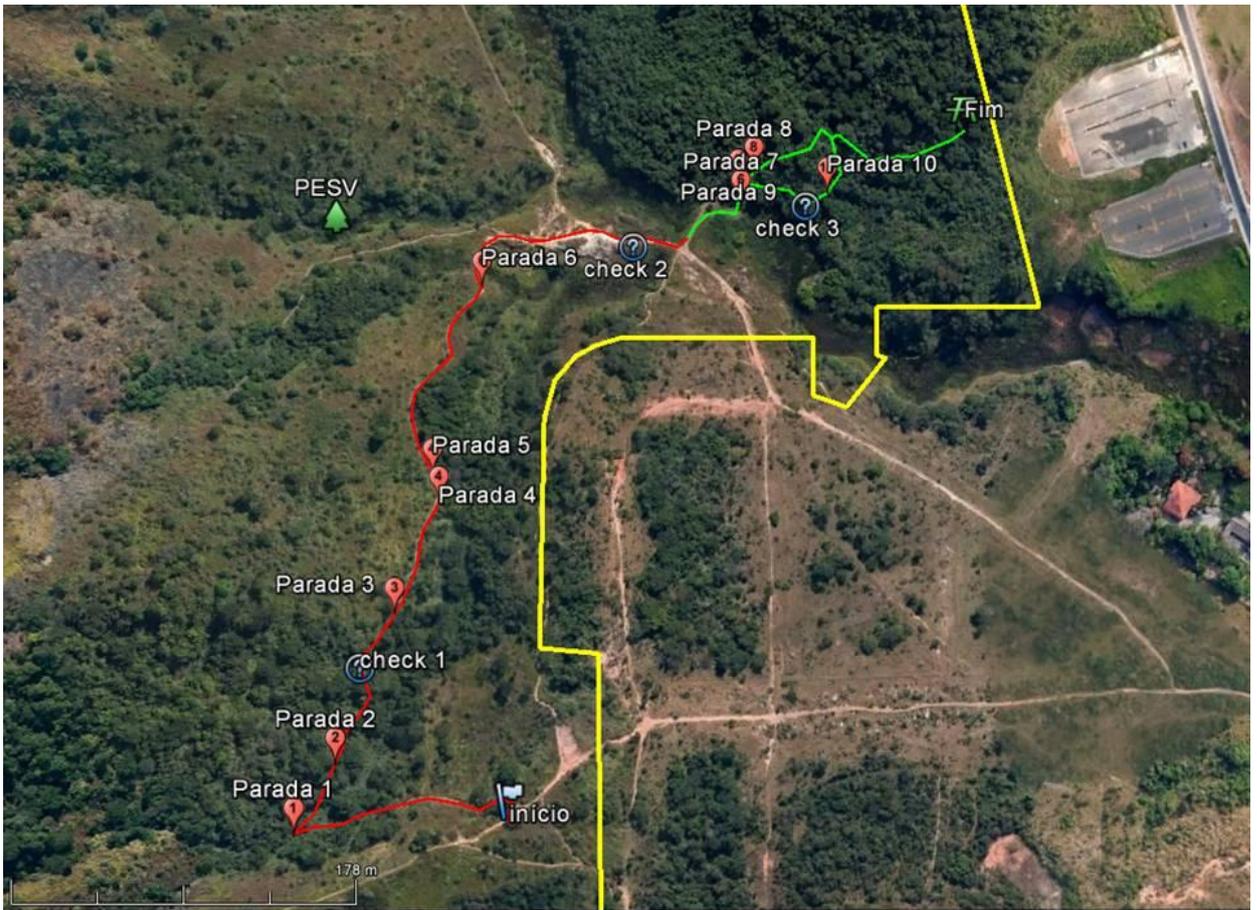


Figura 2 – Mapa georreferenciado sobre imagem de satélite do parque com o trajeto do *trekking* incluindo as paradas para visualização de galhas e pontos de checagem. (vermelho – Trilha do Curiango; verde– Trilha da Mata; amarelo – limite do parque). (Fonte: Google Earth ©)

Tabela 1 – Descrição das paradas sugeridas para o trajeto do *trekking*.

Referência	Descrição	Imagem
<p>Início do <i>Trekking</i></p>	<p>Ponto de início do percurso. Local sombreado, debaixo de uma árvore, que facilita instruções iniciais, entrega de material e divisão de grupos.</p>	
<p>Parada 1</p>	<p>Nascente da T. do Curiango. Busca pela galha globoide de <i>Psychotria carthagenensis</i></p>	
<p>Parada 2</p>	<p>Corrimão das pedras. Busca pela galha cônica de <i>Eugenia florida</i>.</p>	
<p>Checagem 1</p>	<p>Curva da goiabeira. Checagem de tempo da trilha.</p>	
<p>Parada 3</p>	<p>Subida próxima à macaúba e mutamba. Busca pela galha cônica de <i>Celtis pubescens</i>.</p>	

<p>Parada 4</p>	<p>Clareira. Busca pela galha em bolso de <i>Lantana camara</i>.</p>	
<p>Parada 5</p>	<p>Clareira. Busca pela galha bivalva de <i>Lonchocarpus muehlbergianus</i></p>	
<p>Parada 6</p>	<p>Descida para pinguela. Busca pela galha de dobramento de <i>Baccharis dracunculifolia</i></p>	
<p>Checagem 2</p>	<p>Ponte da 1ª água. Checagem de tempo da trilha.</p>	
<p>Parada 7</p>	<p>Ponte da lagoa do Menudo. Busca pela galha globoide de <i>Luehea candicans</i>.</p>	

<p>Parada 8</p>	<p>Subida inicial da T. da Mata. Busca pela galha de enrolamento de <i>Myrcia splendens</i>.</p>	 <p>E6</p>
<p>Parada 9</p>	<p>Lagoa do Menudo. Busca pela galha amorfa de <i>Miconia ibaguensis</i>.</p>	 <p>A3</p>
<p>Checagem 3</p>	<p>Final do corrimão. Checagem de tempo da trilha.</p>	
<p>Parada 10</p>	<p>Trilha do Sossego. Busca pela galha lenticular de <i>Piper arboreum</i>.</p>	 <p>L5</p>
<p>Fim do <i>Trekking</i></p>	<p>Ponto final do percurso. Clareira sombreada da trilha da Mata onde será realizado o fechamento da atividade e conciliar com outras atividades complementares.</p>	



Figura 3 – Trilha trekking realizada no Parque Estadual Serra Verde com alunos da Escola Municipal José Maria Alkimim nas trilhas do Curiango e Mata.

TRILHA TREKKING DO CURIANGO E MATA NO PARQUE ESTADUAL SERRA VERDE

"CAÇA AO TESOURO: AS GALHAS"

Data: 13/08/14 Escola: Municipal José Maria Alkimim

Participantes:

Líderes: Ana Letícia e Fábio

Contadores de passos: Luis Fernando, Lucas,

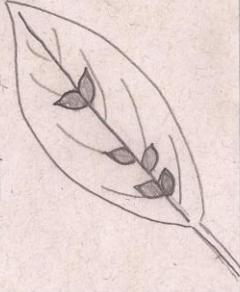
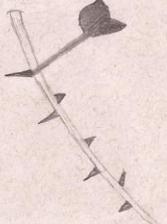
Navegadores: Paulo, Hugo, Pelece

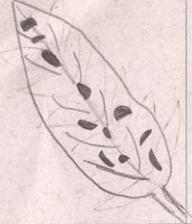
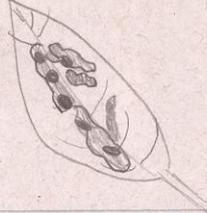
Observadores: Tamara, Luis Carlos, Flávia

Anote o tempo que chegou a cada ponto de checagem e aproveite para descansar!

Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Horário: .	Horário: .	Horário: .

Anote abaixo o código da Galha encontrada e faça um desenho ficando atento as formas e detalhes da galha:

1. Código: <u>621</u> 	2. Código: <u>604</u> 
3. Código: <u>602</u> 	4. Código: <u>604</u> 

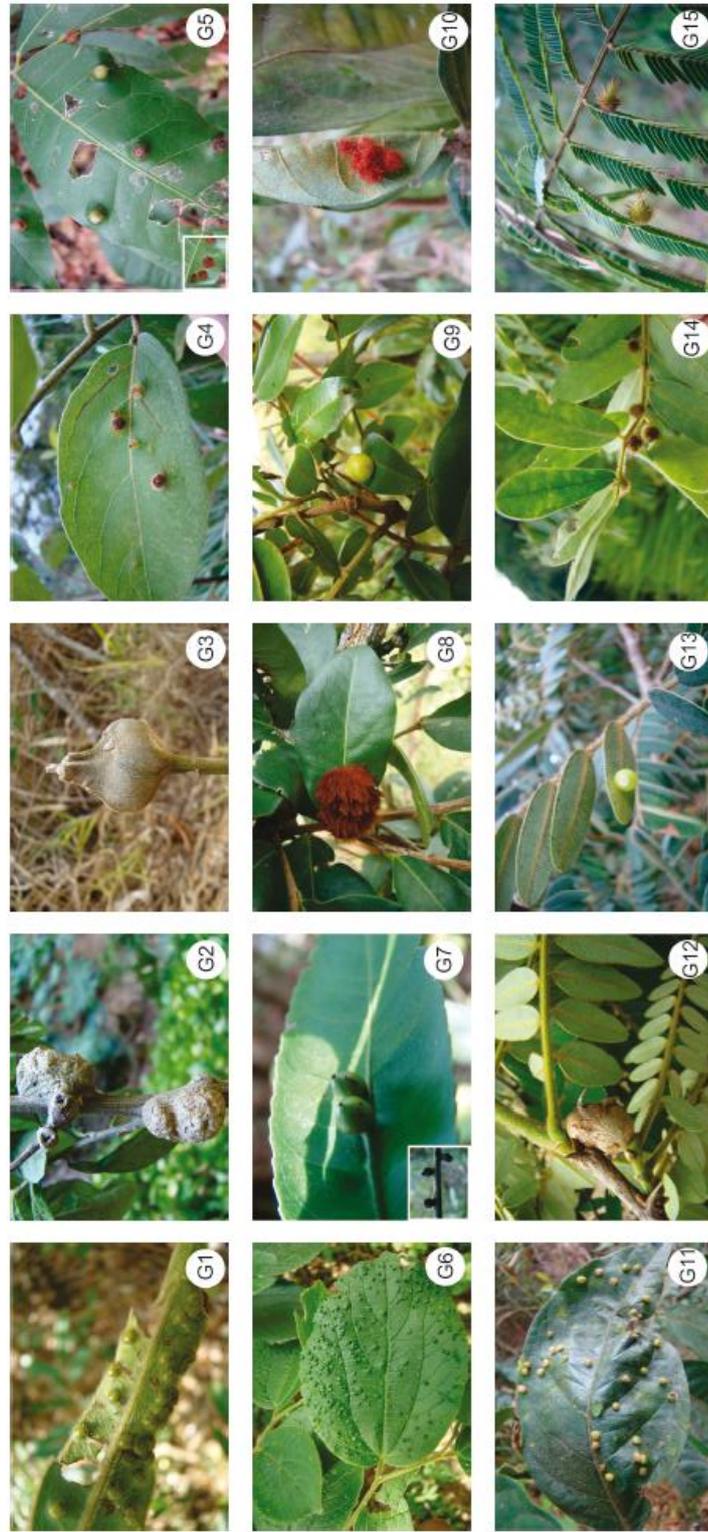
5. Código: <u>621</u> 	6. Código: <u>611</u> 
7. Código: <u>604</u> <u>604</u>	8. Código: <u>613</u> 
9. Código: <u>66</u> 	10. Código: <u>15</u> 

Acertou tudo?
Espero que tenha se divertido e aprendido mais sobre a existência das galhas.
Até Breve!!!

Figura 4 – Registro realizado pelos alunos da Escola Municipal José Maria Alkimim durante realização da trilha trekking no Parque Estadual Serra Verde.

Globoides

As galhas globoides são bem comuns e diversas. Ocorrem principalmente nas folhas e tendem a ser verdes. Nas folhas, podem ser intra ou extralaminar. Incluem diversas formas arredondadas, variando de elipsóides a esféricas. (Isaias et al., 2013)



Galhas globoides que ocorrem nas seguintes plantas: G1) *Guatteria sellowiana*; G2 e G3) *Vernonantura phosphorica*; G4) *Cordia sellowiana*; G5) *Protium heptaphyllum*; G6) *Celtis pubescens*; G7) *Maytenus salicifolia*; G8) *Erythroxylum suberosum*; G9) *Copaifera langsdorffii*; G10 e G11) *Inga ingoides*; G12 a G14) *Mechaerium nyctitans*; G15) *Piptadenia gonocantha*;

ANEXOS

ANEXO 2 – Pranchas de campo.

Globoides



G16



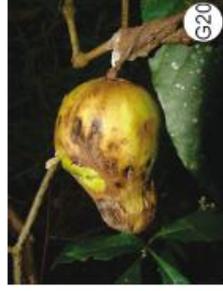
G17



G18



G19



G20



G21



G22



G23



G24



G25



G26

Galhas globoides que ocorrem nas seguintes plantas: G16 e G17) *Luehea candicans*; G18) *Eugenia florida*; G19) *Myrcia splendens*; G20) *Piper arboreum*; G21) *Psychotria carthagenensis*; G22) *Allophylus sericeus*; G23) *Serjania* sp; G24) *Smilax* sp G25) *Lantana camara*. G26) *Copaifera langsdorffii*.

GALHAS DO PARQUE ESTADUAL SERRA VERDE

Fusifformes

Estas galhas são também chamadas de elipsoides ou apenas Inchaços. Sua forma assemelha a dois cones conectados pelas bases com ambas as extremidades mais estreitas que sua porção central. São bastante comuns em caules e pecíolos, adquirindo coloração marrom. Mas podem também ocorrer ao longo das



Galhas fusiformes que ocorrem nas seguintes plantas: F1) *Cordia verbenacia*; F2) *Celtis pubescens*; F3) *Erythroxylum cuneifolium*; F4) *Bauhinia unguilata*; F5 e F6) *Copaifera langsdorffii*; F7) *Dalbergia villosa*; F8) *Machaerium nyctitans*; F9) *Piptadenia gonoacantha*; F10) *Abuta* sp; F11) *Campomanesia* sp; F12) *Myrcia splendens*; F13) *Psychotria carthagenensis*.

GALHAS DO PARQUE ESTADUAL SERRA VERDE

Lenticulares

As galhas lenticulares são normalmente formadas por um halo circular na lamina foliar. Este pode se assemelhar a lentes bicôncava ou biconvexa. Às vezes apresenta uma ou ambas as faces achatadas e podem ser intra ou extralaminares. São chamadas também de discoides e se diferem das fusiformes e globoides, pois são achatadas dorsoventralmente em relação a lamina foliar. (Isaias et al., 2013)



Cônicas

As galhas cônicas possuem uma base arredondada maior que seu ápice agudo. Ocorrem predominantemente em folhas e podem ser induzidas pelos insetos Diptera, Hemiptera e Heteroptera. (Isaias et al., 2013)



Galhas lenticulares que ocorrem nas seguintes plantas: L1) *Protium heptaphyllum*; L2) *Bauhinia unguulata*; L3) *Piptadenie gonoacantha*; L4) *Luehea candicans*; L5) *Piper arboreum*; L6) *Psychotria* sp; L7) *Matayba* sp; L8 e L9) *Serjania* sp. Galhas cônicas que ocorrem nas seguintes plantas: Co1 e Co2) *Celtis pubescens*; Co3) *Byrsonima* sp; Co4) *Eugenia florida*.

GALHAS DO PARQUE ESTADUAL SERRA VERDE

Enrolamento

As galhas de enrolamento são formadas pelo movimento de enrolamento de uma ou ambas as bordas da lamina foliar. Pode também ser chamada de legume dependendo da forma final de seu enrolamento. (Isaias et al., 2013)



Dobramento

Estas galhas são formadas pelo dobramento de toda lamina foliar ao longo da nervura mediana. Às vezes podem se assemelhar a um fruto legume, sendo, portanto chamadas de legume também. (Isaias et al., 2013)

Galhas de enrolamento que ocorrem nas seguintes plantas: E1) *Astronium fraxinifolium*; E2) *Handroanthus ochraceus*; E3) *Nectandra oppositifolia*; E4) *Byrsonima* sp.; E5) *Eugenia florida*; E6) *Myrcia splendens*; E7) *Casearia gossypiosperma*. Galhas de dobramento que ocorrem nas seguintes plantas: D1) *Baccharis dracunculifolia*; D2) *Bauhinia unguilata*; D3) *Copallifera langsdorffii*; D4) *Machaerium dimorphandrum*; D5) *Platypodium elegans*; D6) *Trichilia lepidota*; D7) *Myrciaria floribunda*.

GALHAS DO PARQUE ESTADUAL SERRA VERDE

Em bolso

Galhas em bolso são formadas pelo dobramento da lamina foliar sobre o sítio de ovoposição e são, caracteristicamente abertas, permitindo entrada e saída de animais. (Isaias et al., 2013)



Cilíndricas

As galhas cilíndricas possuem base e ápice com diâmetros similares. São geralmente induzidos por Diptera: Cecidomyiidae e podem possuir pequenas modificações em sua forma que as confundem com as cônicas. (Isaias et al., 2013)



Galhas em bolso que ocorrem nas seguintes plantas: Bo1) *Myrcia splendens*; Bo 2) *Myrcia tomentosa*; Bo 3) *Chrysophyllum marginatum*; Bo 4) *Lantana camara*. Galha cilíndrica que ocorre na seguinte planta: Ci1) *Lonchocarpus cultratus*.

GALHAS DO PARQUE ESTADUAL SERRA VERDE

Amorfas

Galhas são geralmente simétricas, mas algumas não apresentam forma similar a alguma figura geométrica. Assim são agrupadas em um grupo de galhas que não podem ser encaixadas nas demais categorias. (Isalas et al., 2013)



A1



A2



A3

Bivalva

Estas galhas são bastante raras e se assemelham com conchas dos moluscos bivalvas. (Isalas et al., 2013)



B1

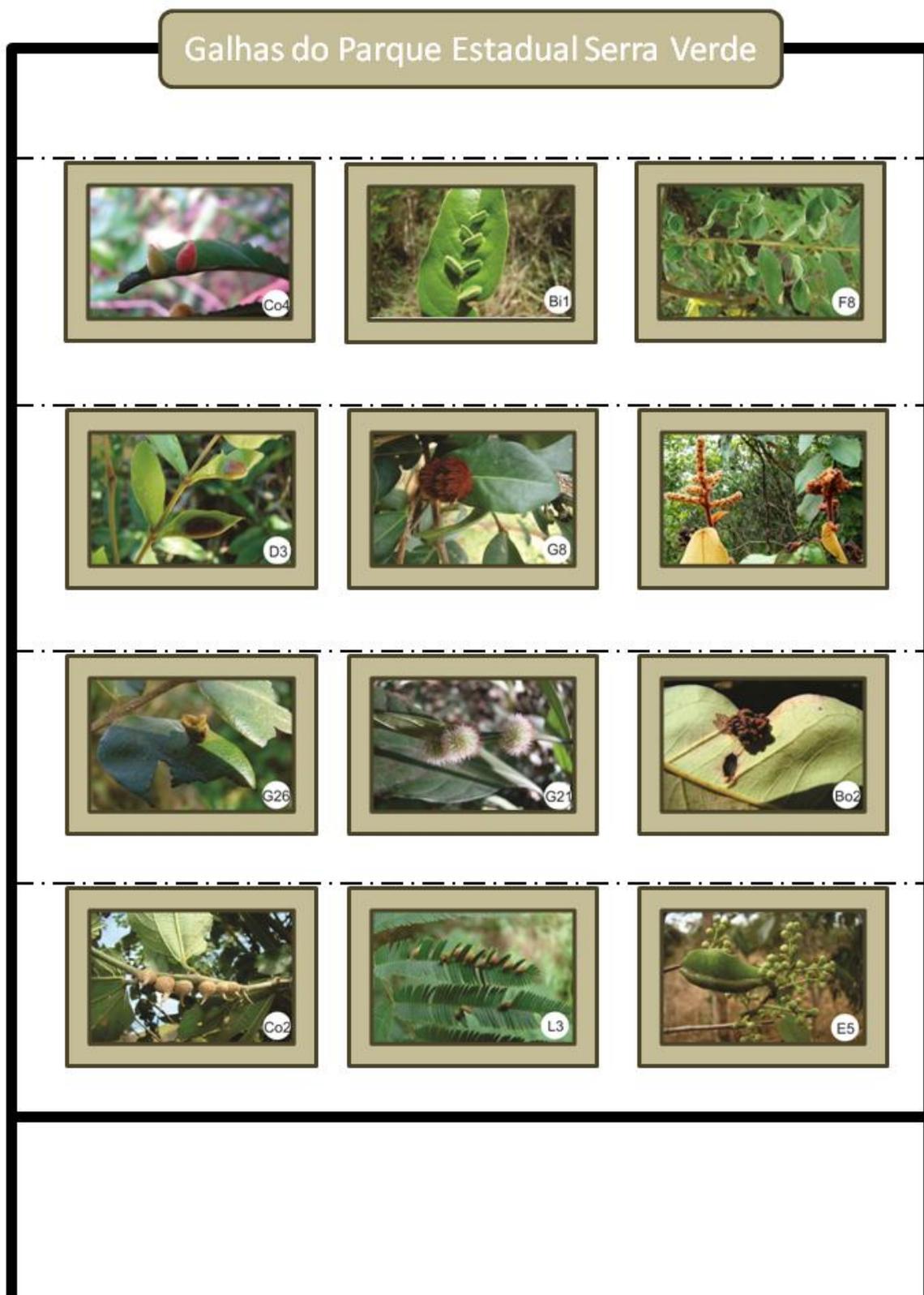
Galhas amorfas que ocorrem nas seguintes plantas: A1) *Byrsonima* sp.; A2) *Miconia albicans*; A3) *Miconia ibaguensis*. Galha bivalva que ocorre na seguinte planta: B1) *Lonchocarpus muehlbergianus*.



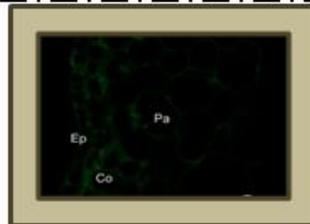
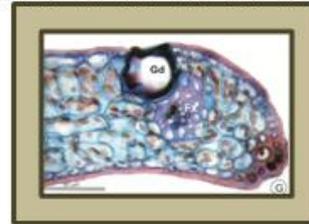
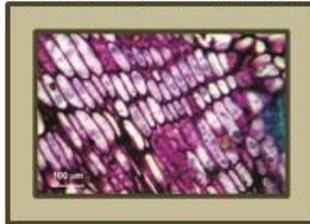
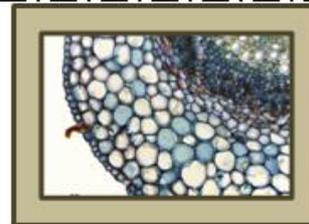
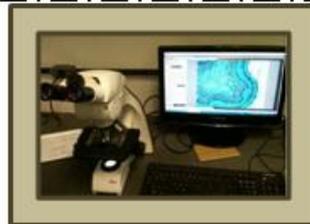
Figura 1 – Utilização das pranchas durante realização de uma trilha trekking no Parque Estadual Serra Verde com alunos da Escola Municipal José Maria Alkimim.

ANEXOS

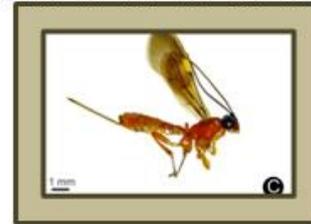
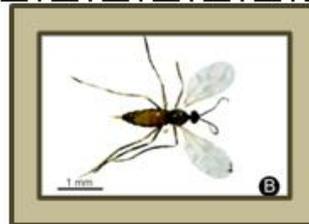
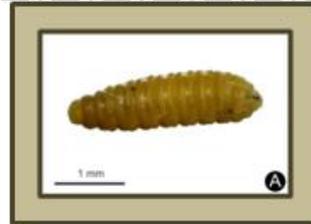
ANEXO 3 – Painéis da Exposição de Fotos “Galhas do Parque Estadual Serra Verde”.



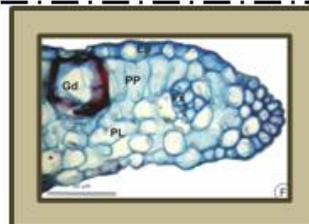
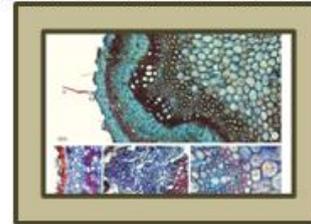
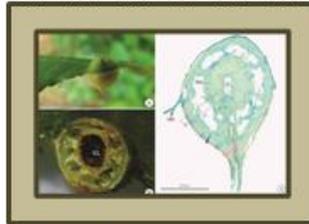
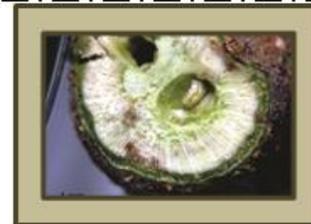
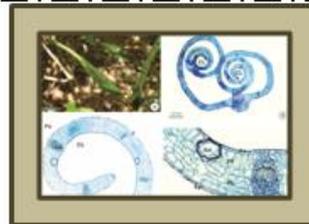
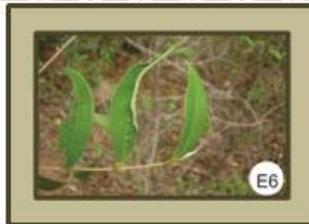
Galhas do Parque Estadual Serra Verde



Galhas do Parque Estadual Serra Verde



Galhas do Parque Estadual Serra Verde



ANEXOS

ANEXO 3 – Texto e imagens do artigo submetido à Revista Ciência Hoje para Crianças.

Sabia que tem bicho que mora em planta!?

Todo mundo precisa de uma casinha para viver, não é verdade? Passarinhos fazem ninhos, tatus fazem tocas e nós, bicho-homem, construímos casas! Pois não é que alguns insetos, como alguns mosquitos e vespas, entre outros, resolveram morar dentro das plantas?! Isto mesmo, dentro! Ao viverem lá, eles conseguem casa, comida e até roupa lavada! Isto se usassem roupas, lógico. Tudo de graça!

Pois então, estamos falando dos insetos galhadores. Recebem este nome, pois a casinha que formam para morarem no interior das plantas chama-se **GALHA**. Portanto, galhas são estruturas formadas nas plantas quando algum ser-vivo, como estes insetos que estamos falando, provocam um crescimento fora do normal na parte da planta que ele escolheu viver. Desta forma, é um tipo de parasita que mora, se alimenta e se protege de seus inimigos, dentro de partes da planta. Mas não ache que qualquer bichinho pode fazer isto em qualquer planta que encontrar por aí não, hein!

Esta relação do inseto que precisa se desenvolver dentro da planta para completar seu ciclo de vida e, o encontro de sua “casa-planta”, é muito específica. Isto quer dizer que cada espécie de inseto galhador só consegue desenvolver sua galha numa espécie de planta e apenas em determinadas partes da mesma. Outros até conseguem ficar parte da vida em outra casa-planta ou no solo como as cigarras fazem. Caso contrário, não consegue se desenvolver e acaba morrendo. Estas partes das plantas são o que chamamos de **órgãos vegetais**. Assim como temos coração, pulmão, olhos e boca, as plantas também têm seus órgãos como as folhas, caules, raízes e flores. Além disso, outra característica interessante é o formato que esta casa-planta, a galha vai ter. Existem galhas de tudo quanto é tamanho e forma: redondas, achatadas, compridas, apertadas, grandes, cheias de pontas e até mesmo em formato de chifre, olhem só! Toda esta variação de formas, tipos e a própria diversidade dos insetos, fazem com que existam no mundo, milhares de galhas diferentes espalhadas por diferentes plantas em quase todo planeta Terra.

E como esta galha é construída? Bom, as casas do João-de-Barro, sabemos que são feitas de barro assim como as nossas são geralmente feitas de cimento e tijolos. No caso das galhas, a casa é formada pelos tecidos vegetais da planta. **Tecidos vegetais** são os grupos de células que têm funções que mantêm a planta viva! Por exemplo, a epiderme é um tecido vegetal formado por células que cobre todos os órgãos da planta, como a folha. Assim, tem função parecida com a nossa epiderme (a pele), só que neste caso o tecido é animal, mas também cobre todo nosso corpo! Ué, já que galhas são feitas de tecidos e tecidos são feitos de células... Podemos imaginar, fácil, fácil, que as galhas crescem quando as células crescem ou se dividem. E por que este crescimento e divisão celulares acontecem?

A galha cresce porque o ser-vivo dentro dela precisa de casa, comida e proteção, como já disse! A planta que hospeda este folgadoinho manda para o local onde a galha está crescendo água e comida, que são os nutrientes. Esta água e este nutriente servem tanto para o conforto do inseto, quanto para as necessidades das células vegetais e, quanto mais o inseto se alimenta, mais as células vegetais crescem e se dividem. Resultado: a galha ganha tamanho e fica maior do que o restante do órgão da planta. Nossa! Mais quanto trabalho para a planta. Será que ela leva algum proveito desta situação? Não, pelo contrário. Quanto mais galhas se desenvolverem numa planta mais gastará uma energia danada para fornecer

alimento e produzir estas moradias para estes insetos famintos. E a formação de galhas passa por processos semelhantes ao da construção das nossas casas: no primeiro momento, é preciso escolher o local para se morar. Aí temos que selecionar bem o lugar antes de iniciarmos as primeiras mudanças no terreno. No caso das galhas, os insetos põem os ovos no local ideal da planta escolhida, numa fase que se chama indução. Num segundo momento, vem a hora de levantarmos as paredes e nas galhas não é diferente. Esta fase, conhecida como de desenvolvimento e crescimento, as células vegetais crescem e se multiplicam, mudando bastante seu jeito. Esta é a fase na qual as principais características da galha: se será grande, redonda, com mais de uma camada de células e tecidos de acordo com as necessidades do novo morador, será determinada. Quando as paredes de nossa casa estão prontas, podemos morar dentro dela, certo?! Nas galhas, os insetos ficam dentro desde o comecinho, se alimentam e estão protegidos. Com as células maduras, a fase de maturação, o tempo de vida do inseto galhador prossegue até que ele vire uma pupa ou um adulto. Nesta fase, os insetos estão prontos para visitar o mundão que existe lá fora, inicia-se então a senescência da galha. Os moradores abandonam as galhas e estas deixam de realizar suas funções principais de proteção, alimentação e moradia para estes exploradores.

Agora, por falar em exploradores, há outros animais envolvidos nesta história toda que não são os indutores de galhas. Estes querem aproveitar mais ainda da galha e de toda situação formada. Há aqueles insetos, os parasitoides, que parasitam não a planta, mas os próprios galhadores. É um inseto parasitando outro inseto que está parasitando uma planta, olha que loucura! Mas aqui, aquele ditado “ladrão que rouba ladrão tem cem anos de perdão” não funciona não. Que coisa né! Há tanta novidade nesta Natureza ainda para se descobrir. Vê lá se podíamos imaginar que tinha tanta complexidade num ciclo de vida de um inseto que resolveu viver dentro da parte de uma planta?! E, esta diversidade toda está bem pertinho de todos nós, basta ter atenção ao caminhar numa área de mata ou campo. Não precisa ir longe para ver tanta beleza e novidade assim não. Há parques florestais até mesmo dentro de nossas grandes cidades, como o Parque Estadual Serra Verde em Belo Horizonte, onde estas maravilhas estão bem ao nosso alcance. Basta caminhar com os olhos bem abertos e atentos aos mínimos detalhes de um passeio na floresta. E ainda tem gente que anda, anda, anda numa trilha de mata e fala no final que não viu nada, nem um bicho!

No próximo passeio que fizer, fique atento e abra bem seus olhos. Se bem que, para vermos estes bichos, não basta abrir só os olhos. Precisamos abrir suas casas-planta, as GALHAS, pois como disse no início, tem bicho que mora em planta! Dentro delas!!!

Dados dos autores:

André Portugal Santana & Rosy Mary dos Santos Isaias

Laboratório de Anatomia Vegetal

Universidade Federal de Minas Gerais – ICB - Departamento de Botânica

Av. Presidente Antônio Carlos, 6627

(31) 3409-2675

aportugalsantana@yahoo.com.br

Figuras ilustrando o artigo.

Créditos das imagens: André Portugal Santana

Exemplos de formas diversas de galhas

Figura 1 – galha de dobramento de Diptera:Cecidomyiidae em *Copaifera langsdorffii*

Figura 2 – galha cônica de Diptera:Cecidomyiidae em *Eugenia florida*

Figura 3 – galha globoide em *Psychotria carthagenensis*

Figura 4 – galha em bolso de ácaro em *Lantana camara*

Diferença observada entre uma inflorescência sem e com galhas

Figura 5 – inflorescência sem e com galha amorfa de nematoide em *Miconia albicans*.

Cortes das galhas para mostrar os indutores dentro da galha

Figura 6 – galha seccionada e larva de cecidomyiidae em *Luehea candicans*.

Figura 7 – galha seccionada e larva de cecidomyiidae em *Celtis pubescens*.

Figura 8 – galha seccionada e larva de cecidomyiidae em *Copaifera langsdorffii*.

Alguns indutores fora da galha

Figura 9 – Lepidoptera e pupa encontrados em galha globoide de *Piper arboreum*.

Figura 10 – Thysanoptera larva e adulto encontrados em galha de *Myrciaria floribunda*.

Corte anatômico transversal para mostrar os diferentes tecidos vasculares

Figura 11 – corte de nervura mediana da galha de *Myrcia splendens* apresentando os tecidos vegetais: epiderme, parênquima, xilema e floema.

Figura 12 – corte transversal do floema em galha fusiforme caulinar de *Celtis pubescens* apresentando a multiplicação (hiperplasia) e o alongamento (hipertrofia) das células.

Figura 13 – corte da região da câmara larval da galha globoide foliar de *Luehea candicans*, com a presença do indutor no centro.

Considerações Finais

Esta dissertação apresentou diversos aspectos da importância de se desenvolver o conhecimento científico e de se dar publicidade e retorno a comunidade destas descobertas adquiridas. Para isto, o Parque Estadual Serra Verde foi utilizado como área de estudo devido à sua localização estratégica em meio a um público potencial para educação ambiental, à necessidade de se aumentar o conhecimento ambiental desta Unidade de Conservação (UC), e a vocação do parque para o desenvolvimento de estudos científicos.

O levantamento das galhas do Parque demonstrou que a diversidade das mesmas nesta UC é alta e é reflexo do forte grau de distúrbio ambiental sofrido associado à riqueza botânica existente. Com isto, o Parque apresenta status de conservação moderado que precisa ser aumentado através de políticas públicas de conservação e aumento do apoio da comunidade em seu entorno para reduzir a degradação. Os padrões identificados no levantamento corroboram estudos anteriores com relação aos principais grupos de hospedeiros e indutores e características cecidogênicas como forma, cor e sítio de indução.

Entre os morfotipos mais frequentes no levantamento, foram selecionados três que foram utilizados para se buscar entender a relação entre a forma final, a distribuição das pectinas e proteínas na parede celular e a funcionalidade dos tecidos. Esta parte do estudo demonstrou que as galhas apresentam modificações estruturais distintas e únicas para cada morfotipo, produzindo um grau de complexidade crescente desde o enrolamento foliar até o morfotipo globoide. Esta etapa do estudo demonstrou também que a distribuição destes componentes de parede é independente da função e da forma final, exibindo, portanto padrões divergentes com relação ao morfotipo.

A divulgação do conhecimento científico é comumente feita para o público acadêmico e científico, mas é essencial que seja transmitido para a população em geral. Dispositivos de interpretação ambiental foram produzidos para serem aplicados ao público frequentador da UC no intuito de aumentar a conscientização e o sentimento de pertencimento pelo PESV. A interpretação ambiental tem a vantagem de passar um conhecimento novo ao mesmo tempo em que entretém e diverte, tornando o processo de aprendizagem mais agradável e fascinante.

Espera-se que este estudo transdisciplinar, pioneiro no PESV, possa estimular futuras investigações na área, auxilie na proteção do Parque, aumentando consequentemente a qualidade de vida de todos e facilitando o cumprimento de sua missão.