



---

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
(BIOLOGIA VEGETAL)

---

MICROMORFOLOGIA E ANATOMIA FOLIAR DE ESPÉCIES DE *GOEPPERTIA*  
NEES (MARANTACEAE) DA MATA ATLÂNTICA: CARACTERIZAÇÃO E  
IMPLICAÇÕES TAXONÔMICAS

GISELLE BEZERRA DE ARAÚJO

Dissertação apresentada ao  
Instituto de Biociências do Câmpus  
de Rio Claro, Universidade  
Estadual Paulista, como parte dos  
requisitos para obtenção do título  
de Mestre em Ciências Biológicas  
(Biologia Vegetal).

Rio Claro – SP  
2020



---

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
(BIOLOGIA VEGETAL)

---

**MICROMORFOLOGIA E ANATOMIA FOLIAR DE ESPÉCIES DE *GOEPPERTIA*  
NEES (MARANTACEAE) DA MATA ATLÂNTICA: CARACTERIZAÇÃO E  
IMPLICAÇÕES TAXONÔMICAS**

**GISELLE BEZERRA DE ARAÚJO**

**Orientadora: Profa. Dra. Alessandra Ike Coan  
Coorientadora: Dra. Mariana Naomi Saka**

Dissertação apresentada ao  
Instituto de Biociências do Câmpus  
de Rio Claro, Universidade  
Estadual Paulista, como parte dos  
requisitos para obtenção do título  
de Mestre em Ciências Biológicas  
(Biologia Vegetal).

A663m      Araújo, Giselle Bezerra de  
Micromorfologia e anatomia foliar de espécies de *Goeppertia* Nees  
(Marantaceae) da Mata Atlântica: caracterização e implicações  
taxonômicas / Giselle Bezerra de Araújo. -- Rio Claro, 2020  
61 f. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),  
Instituto de Biociências, Rio Claro  
Orientadora: Alessandra Ike Coan  
Coorientadora: Mariana Naomi Saka

1. Anatomia vegetal. 2. Botânica. 3. Monocotiledônea. 4.  
Marantaceae. 5. Zingiberales. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de  
Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:** MICROMORFOLOGIA E ANATOMIA FOLIAR DE ESPÉCIES DE  
GOEPPERTIA NEES (MARANTACEAE) DA MATA ATLÂNTICA:  
CARACTERIZAÇÃO E IMPLICAÇÕES TAXONÔMICAS

**AUTORA:** GISELLE BEZERRA DE ARAÚJO

**ORIENTADORA:** ALESSANDRA IKE COAN

**COORIENTADORA:** MARIANA NAOMI SAKA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
(BIOLOGIA VEGETAL), área: Biologia Vegetal pela Comissão Examinadora:

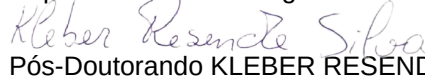


Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. ALESSANDRA IKE COAN

Departamento de Biodiversidade / UNESP - Instituto de Biociências de Rio Claro - SP

Profa. Dra. DANIELA GUIMARÃES SIMÃO

Departamento de Biologia / Centro de Ciências Naturais e Exatas / Universidade Federal de Santa Maria - RS



Pós-Doutorando KLEBER RESENDE SILVA

Centro de Energia Nuclear na Agricultura / CENA | Universidade de São Paulo – USP

Rio Claro, 31 de agosto de 2020

## Agradecimentos

A Deus, por sempre guiar meus passos e por me dar sabedoria e força para seguir em frente.

Aos meus pais, Francisco e Maria do Socorro, por tudo que fizeram por mim. Minha gratidão será eterna, assim como meu amor por vocês.

A Profa. Dra. Alessandra Ike Coan, por quem tenho grande admiração, sou muito grata pelos ensinamentos, pelo respeito e generosidade durante este esse tempo que fui sua aluna. Muito obrigada por tudo! Agradeço também a Dra. Mariana Naomi Saka, pela oportunidade de aprender um pouco sobre o mundo das marantáceas.

Aos meus colegas do laboratório de Morfologia e Anatomia vegetal pela convivência, todos sempre prestativos e dispostos a ajudar, assim como os funcionários.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de mestrado concedida (processo n. 130356/2018-2), essencial para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os funcionários e professores da UNESP (Universidade Estadual Paulista – Câmpus de Rio Claro), pela transmissão de conhecimento e experiências, fundamentais para a minha formação.

A minha família e amigos, em especial ao Ricardo, por todo apoio e carinho durante este período e por ajudar na realização de mais um sonho.

Dedico este trabalho aos meus pais, Francisco e Maria do Socorro.

## RESUMO

*Goeppertia* é o gênero mais diverso de Marantaceae e compreende ca. 250 espécies, previamente incluídas em *Calathea*. Pelo fato das classificações infragenéricas de *Goeppertia* ainda não terem sido publicadas, os seus grupos informais refletem os seis clados propostos em sua filogenia molecular e as divisões taxonômicas de *Calathea*. O clado “*Breviscapus*” é o mais heterogêneo morfológicamente e reúne cerca de 70 espécies, com elevada representatividade na Mata Atlântica. Considerando o grande número de espécies e a diversidade do gênero *Goeppertia*, bem como a variabilidade encontrada no clado “*Breviscapus*” e a importância do levantamento de caracteres anatômicos foliares, o objetivo deste estudo é descrever a micromorfologia e anatomia foliar das espécies de *Goeppertia* ocorrentes na Mata Atlântica, caracterizando-as e discutindo possíveis implicações taxonômicas para o gênero. Para o levantamento e análise dos caracteres, foram utilizadas técnicas usuais de microscopias eletrônica de varredura e de luz. Foram analisadas dezenove espécies, sendo dezessete endêmicas da Mata Atlântica – ca. 40% da diversidade de espécies nessa formação. Dos 131 caracteres micromorfológicos e anatômicos foliares analisados, 80 são homogêneos entre os táxons estudados, independente se exclusivos da Mata Atlântica ou ocorrentes no Cerrado. Os demais caracteres variaram, podendo ser úteis na caracterização específica, como: tricomas malpighiáceos na face abaxial da lâmina foliar de *G. fatimae*; células papilosas na face adaxial da lâmina foliar de *G. zebrina*; bordo foliar obtuso de *G. bachemiana*; formato convexo-convexo da nervura central de *G. applicata*; células com parede periclinal externa convexa em ambas as faces do pulvino de *G. zebrina*; formato côncavo-convexo com expansões laterais no pecíolo de *G. applicata*; hipoderme adaxial bisseriada e cilindro vascular delimitado por calota contínua de fibras, com estegmatas, no pecíolo de *G. bachemiana*. Os resultados levantados são importantes para o conhecimento anatômico das espécies de *Goeppertia* na Mata Atlântica, bem como para o gênero como um todo em Marantaceae.

**Palavras-chave:** *Calathea*, epiderme, pecíolo, pulvino, taxonomia, Zingiberales.

## ABSTRACT

*Goeppertia* is the most diverse genus of Marantaceae and comprises about 250 species, previously included in *Calathea*. As *Goeppertia*'s infrageneric classifications have not been published, its informal groups still reflect the six clades proposed in its molecular phylogeny and the taxonomic divisions of *Calathea*. The “*Breviscapus*” clade is the most heterogeneous morphologically and includes about 70 species, with high representativeness in the Atlantic Forest species of the Atlantic Forest. Considering the large number of species and the diversity of the genus *Goeppertia*, as well as the variability found in the “*Breviscapus*” clade and the importance of surveying leaf anatomical characters, the present study aims to describe the leaf micromorphology and anatomy of species of *Goeppertia* occurring in the Atlantic Forest, characterizing them and discussing possible taxonomic implications for the genus. For the evaluation and analysis of characters, usual techniques of both scanning electron and light microscopies were used. Nineteen species were analyzed, seventeen of which endemic to the Atlantic Forest – about 40% of the species diversity in this formation. Of the 131 leaf micromorphological and anatomical characteristics analyzed, 80 were homogeneous among the taxa studied, regardless of whether they were exclusive to the Atlantic Forest or the Cerrado. The other characters varied and may be useful in specific characterization, such as malpighiaceous trichomes on abaxial leaf surface of *G. fatimae*; papillose epidermal cells on adaxial leaf surface of *G. zebrina*; obtuse leaf margin in *G. bachemiana*; convex-convex shape of midrib of *G. applicata*; cells with convex outer periclinal wall on both surfaces of pulvinus of *G. zebrina*; concave-convex shape with lateral expansions of petiole of *G. applicata*; biseriate hypodermis on adaxial leaf surface and vascular cylinder with a continuous cylinder of fibers, with stegmata, on petiole of *G. bachemiana*. The results obtained are important for the anatomical knowledge of *Goeppertia* species in the Atlantic Forest, as well as for the genus as a whole in Marantaceae.

**Keywords:** *Calathea*, epidermis, petiole, pulvinus, taxonomy, Zingiberales.

## SUMÁRIO

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| INTRODUÇÃO .....                | 7  |
| MATERIAL E MÉTODOS .....        | 11 |
| a) Material.....                | 11 |
| b) Metodologia.....             | 12 |
| RESULTADOS.....                 | 21 |
| 1. Lâmina.....                  | 21 |
| 1a) Micromorfologia.....        | 21 |
| 1b) Anatomia .....              | 24 |
| 2. Pulvino.....                 | 30 |
| 3. Pecíolo .....                | 33 |
| DISCUSSÃO .....                 | 39 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 53 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS.....       | 61 |

## INTRODUÇÃO

Dentre as angiospermas, as monocotiledôneas destacam-se por ser um grupo morfológicamente diverso com cerca de 60100 espécies inseridas em 77 famílias e 11 ordens: Acorales Mart., Alismatales R.Br. ex Bercht. & J.Presl, Arecales Bromhead, Asparagales Link, Commelinales Mirb. ex Bercht. & J.Presl, Dioscoreales Mart., Liliales Perleb, Pandanales R.Br. ex Bercht. & J.Presl, Petrosaviales Takht., Poales Small e Zingiberales Griseb. (Hertweck et al. 2015; APG IV 2016; Stevens 2017). Arecales, Commelinales, Poales e Zingiberales formam um clado informalmente denominado de “commelinídeas”, cujas relações internas são consideradas de difícil elucidação, apesar do seu alto suporte como monofilético (Givnish et al. 1999; Davis et al. 2004; Chase et al. 2006; Barrett et al. 2013; Hertweck et al. 2015).

Nas “commelinídeas”, as Zingiberales são reconhecidas como um grupo natural (Kress 1990; Kress et al. 2001) e compreendem cerca de 2200 espécies distribuídas em oito famílias restritas às regiões tropicais (Stevens 2017): Cannaceae Juss., Costaceae Nakai, Heliconiaceae Nakai, Lowiaceae Ridl., Marantaceae R.Br., Musaceae Juss., Strelitziaceae Hutch. e Zingiberaceae Martinov (Kress et al. 2001; APG IV 2016). Dentre essas famílias, Marantaceae se destaca como a segunda mais rica, com cerca de 30 gêneros e 550 espécies (Stevens 2017), e uma das mais derivadas da ordem (Kennedy 1978; Kress 1990; Suárez e Galeano 1996). A maior diversidade da família, cerca de 450 espécies, está concentrada nos Neotrópicos (Borchsenius et al. 2012), região que abriga uma das maiores biodiversidades do planeta (Dahlgren et al. 1985; Kennedy et al. 1988; Myers et al. 2000).

Marantaceae é composta por ervas terrestres e rizomatosas, com crescimento monopodial ou simpodial, e folhas divididas em bainha, pecíolo (sendo que estes dois primeiros podem estar ausentes), pulvino e lâmina, com filotaxia dística ou espiralada (Andersson 1998). As características reprodutivas são bastante importantes na delimitação dos

gêneros e, também, bastante variáveis, especialmente: as inflorescências, que são terminais ou laterais, normalmente complexas de acordo com o arranjo das brácteas que podem ser dísticas ou espiraladas e precedem címulas compostas por uma ou duas flores, com um perfilo dorsal, um interfilo ventral e bractéola(s) mediana(s); o androceu, composto por dois verticilos – o externo, raramente ausente, que está modificado em um ou dois estaminódios petaloides, e o interno, composto por dois estaminódios modificados e um estame, cuja antera tem apenas uma teca fértil; e o ovário, com os três ou apenas um lóculo fértil, uniovulado(s) (Andersson 1998).

As sinapomorfias que segregam as Marantaceae das demais Zingiberales são a lâmina foliar com nervuras transversais paralelas que se conectam às nervuras secundárias sigmoides, a presença de pulvino nas folhas, e a morfologia floral complexa, com androceu modificado em estaminódios e número de óvulos reduzidos (Kennedy 1978; Kress 1990).

Atualmente, os representantes de Marantaceae estão agrupados em cinco clados: “*Calathea*”, “*Donax*”, “*Maranta*”, “*Sarcophrynium*” e “*Stachyphrynium*” + três gêneros de afinidade incerta (Andersson e Chase 2001; Prince e Kress 2006). O clado “*Calathea*” é o mais diverso, compreendendo cinco gêneros e cerca de 370 espécies distribuídas nos Neotrópicos, com maior diversidade no noroeste da América do Sul (Borchsenius et al. 2012). Dentre os gêneros do clado, *Goeppertia* Nees é o mais rico, com cerca de 250 espécies distribuídas do México ao sul da América do Sul (Borchsenius et al. 2012; Govaerts e Kennedy 2006), e foi ressurgido e circunscrito para abrigar a maior parte das espécies do gênero parafilético *Calathea* G.Mey. (Borchsenius et al. 2012). As espécies de *Goeppertia* são ervas de crescimento monopodial ou simpodial, cujas folhas apresentam diversidade de variação foliar; as inflorescências podem ser terminais ou originadas de um nó separado no rizoma, com brácteas espiraladas, sendo as apicais muitas vezes estéreis; cada bráctea porta duas a várias címulas de duas flores e essas possuem apenas um (ou raramente nenhum) estaminódio externo, e ovário com três lóculos férteis (Borchsenius et al. 2012).

A análise filogenética de *Goeppertia* (Borchsenius et al. 2012) resultou em seis clados: “*Breviscapus*”, “*Comosae*”, “*Microcephalum*”, “*Ornata*”, “*Scapifoliae*” e “*Straminea*”, considerados como grupos informais. Um tratamento taxonômico que proponha categorias infragenéricas para *Goeppertia* ainda não é conhecido, ainda que os grupos informais reflitam a classificação proposta por Kennedy et al. (1988) para *Calathea*, exceto pelo clado “*Breviscapus*”.

O clado “*Breviscapus*” (Borchsenius et al. 2012) é morfologicamente heterogêneo e inclui espécies anteriormente classificadas em diferentes seções de *Calathea* (Borchsenius et al. 2012). Na filogenia molecular de *Goeppertia* (Borchsenius et al. 2012) foram incluídas, principalmente, espécies amazônicas, com pouca amostragem proveniente de outras regiões. Uma análise filogenética recente (Saka et al. em prep.), incluindo espécies de *Goeppertia* ocorrentes no Cerrado e Mata Atlântica, indica que o clado “*Breviscapus*” agrupa quase metade da diversidade do gênero (cerca de 110 espécies, M.N. Saka com. pess.) e que inclui todas as espécies de áreas extra-amazônicas (possivelmente, América Central e México também), além de espécies amazônicas classificadas anteriormente como pertencentes à *Calathea* sect. *Nudiscapae* Petersen (Saka et al. em prep.).

Em suma, o clado “*Breviscapus*” é composto por espécies previamente classificadas nas seções de *Calathea*: *Monostiche* Benth., *Nudiscapae* Petersen, *Rhizanthae* Petersen, *Scapifolia* Petersen e *Tubispatha* Petersen (senso Petersen 1890). A seção *Monostiche* inclui espécies com flores sem estaminódio externo; *Nudiscapae* inclui aquelas com pedúnculo da inflorescência basal (e agrupa espécies das seções *Breviscapus* e *Microcephalum* de Benthham 1883); *Rhizanthae* compreende as espécies de crescimento simpodial com inflorescências originadas de nó separado no rizoma; *Scapifolia* inclui as espécies com inflorescências caulinares; e *Tubispatha* compreende aquelas com duas brácteas. Desta maneira, devido à sua grande variedade morfológica, estudos que busquem sinapomorfias que possam ser utilizadas no fortalecimento de delimitações infragenéricas em *Goeppertia* se fazem necessários,

especialmente aqueles que avaliem aspectos morfológicos e anatômicos.

No Brasil, *Goeppertia* compreende 95 espécies (Saka 2020), das quais cerca de 70 pertencem ao clado “*Breviscapus*” e 50 ocorrem na Mata Atlântica (M.N. Saka com. pess.). Dentre as espécies de Mata Atlântica, algumas espécies se agrupam em clados menores que refletem similaridade morfológica (Saka et al. em prep.) como, por exemplo, algumas espécies classificadas em *Calathea* sect. *Rhizanthae*. Essa seção é parafilética, com um grupo ocorrendo na região amazônica, composto por três espécies que constituem o clado “*Straminea*” (senso Borchsenius et al. 2012), e outro composto exclusivamente por espécies da Mata Atlântica.

A folha de Marantaceae compreende as regiões da bainha (que pode ou não estar presente), pecíolo, pulvino e lâmina (Tomlinson 1961a). A lâmina foliar pode apresentar diferentes variegações, como a presença de máculas de cores geralmente distintas da lâmina, que é resultante da modificação de características anatômicas como a quantidade de cloroplastos presentes no mesofilo, a ausência de cloroplastos ou sua substituição por xantofila em regiões do mesofilo, organização do parênquima clorofiliano, espessura da lâmina foliar e tamanho das células da hipoderme (Tomlinson 1961a, 1969).

Os dados morfológicos e anatômicos são importantes ferramentas na busca pelo entendimento da evolução e delimitação de espécies e grupos taxonômicos (Endress et al. 2000). Em Marantaceae, Bertrand (1958) considerou importantes para a separação de gêneros os caracteres como: número de camadas de hipoderme nos diferentes níveis da nervura da lâmina, número e disposição das lacunas de ar no mesofilo e distribuição dos feixes de fibras na folha. Tomlinson (1961a) também verificou características exclusivas no nível genérico, como a presença de hipoderme com células de paredes ligeiramente espessadas na lâmina foliar em *Ischnosiphon* Körn. e a presença de células secretoras na hipoderme adaxial da lâmina foliar de *Hypselodelphys* (K.Schum.) Milne-Redh.

Outros aspectos anatômicos foliares de Marantaceae também foram discutidos

posteriormente por Tomlinson (1962, 1969) e Andersson (1998), como a presença de tricomas localizados em depressão na epiderme foliar e com células basais intumescidas, estômatos circundados por células epidérmicas papilosas, feixes vasculares inclinados na região da bainha foliar e da nervura central, e pulvino caracterizado por células oblíquas periféricas. Espírito Santo (1998) e Espírito Santo e Pugialli (1998), ao estudarem indivíduos de ambientes de sombra e de sol da Mata Atlântica dos gêneros *Saranthe* Eichler e *Stromanthe* Sond., verificaram que algumas variações anatômicas, como a quantidade de fibras e o número de camadas e espessura da hipoderme, podem ser interpretadas como uma resposta às condições ambientais em que essas espécies ocorrem (plasticidade fenotípica). Mais recentemente, o estudo anatômico realizado por Albuquerque et al. (2020) relacionou a assimetria da lâmina foliar a características anatômicas e morfológicas, sustentando algumas relações entre os grupos informais neotropicais analisados, onde *Calathea* mostrou-se mais similar a *Goeppertia* do que a *Ischnosiphon* e *Monotagma*, sendo os únicos gêneros que não apresentaram essa característica. No entanto, o uso de caracteres anatômicos para caracterizar grupos infragenéricos ou espécies de Marantaceae é pouco explorado, apesar de ser uma ferramenta que potencialmente auxiliaria a elucidar questões taxonômicas pouco resolvidas.

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo é descrever a micromorfologia e anatomia foliar das espécies de *Goeppertia* ocorrentes na Mata Atlântica, caracterizando-as e discutindo possíveis implicações taxonômicas para o gênero.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **a) Material**

O material utilizado no presente trabalho inclui dezessete espécies endêmicas da Mata Atlântica e duas espécies típicas de cerrado (Tabela 1). Das espécies amostradas, considerando as classificações infragenéricas de *Calathea*, oito pertenciam à seção

*Rhizanthae*, uma à seção *Scapifolia*, uma à seção *Distichae*, e nove à seção *Nudiscapae*, das quais três poderiam ser classificadas como seção *Microcephalum* (Tabela 1). Além disso, doze delas possuem folhas variegadas com padrões diferentes entre as espécies ou para a mesma espécie (Fig. 1).

Os espécimes analisados foram coletados em expedições prévias às diferentes áreas de Mata Atlântica e Cerrado, com material testemunho depositado no Herbário Rioclarense (HRCB) ou no Herbário do Jardim Botânico Plantarum (HPL) (acrônimos de acordo com Thiers 2020), e/ou fixados e/ou mantidos em cultivo em casa de vegetação do Jardim Experimental do Instituto de Biociências de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp. Amostras adicionais também foram obtidas de espécimes depositados no HRCB ou HPL, além de espécimes adquiridos comercialmente (Tabela 1). Foi priorizada a análise de, pelo menos, três espécimes de cada espécie.

## **b) Metodologia**

Amostras do terço mediano da lâmina foliar, do pulvino e do pecíolo das espécies selecionadas foram fixadas em FAA 50 (Johansen 1940) e posteriormente armazenadas em etanol 70%. Adicionalmente, amostras da lâmina foliar de material herborizado foram reidratadas em água fervente com algumas gotas de glicerina, fixadas em FAA 50 e armazenadas em etanol 70%.

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV): As amostras de lâmina foliar foram desidratadas em série etílica e posteriormente secas ao ponto crítico (Bal-Tec CPD 030). Em seguida, essas amostras foram fixadas, com auxílio de adesivos, em *stubs* metálicos e metalizadas com ouro (Bal-Tec SCD 050). As observações foram realizadas em microscópio eletrônico de varredura Hitachi TM3000 e as imagens foram adquiridas com software específico no Laboratório de Microscopia Eletrônica do Instituto de Biociências de Rio Claro, Unesp.

A descrição dos caracteres micromorfológicos seguiu a terminologia adotada por Barthlott et al. (1998) e Koch et al. (2008).

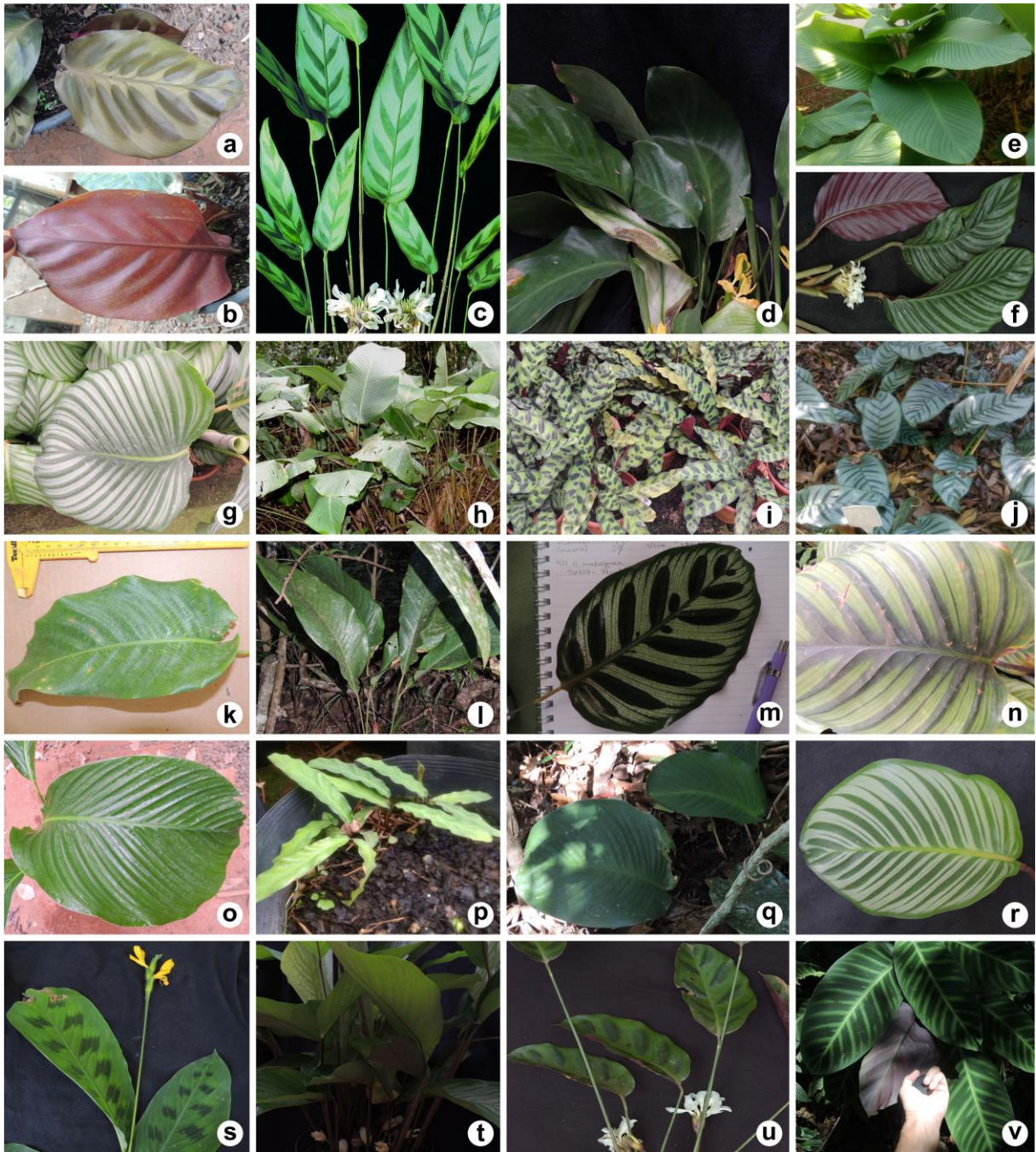


**Figura 1.** Fotografias das folhas e/ou hábito das espécies estudadas de *Goeppertia*. (a, b) *G. applicata* (HRCB 61718), faces adaxial e abaxial da folha, respectivamente. (c) *G. bachemiana* (HPL 09674). (d) *G. brasiliensis* (HRCB 59154). (e) *G. cylindrica* (HPL 11423). (f) *G. eximia* (HRCB 63730). (g) *G. fasciata* (HRCB 68068). (h) *G. fatimae* (HRCB 58736). (i) *G. insignis* – exemplares cultivados (Holambra). (j) *G. kegeljani* com variação típica (HPL 05027). (k) *G. kegeljani* com variação tipo “mosaica” (HRCB 61630). (l) *G. sp.* (HRCB 61676). (m) *G. makoyana*. (n) *G. orbifolia* (HPL 12739). (o) *G. sellowii* (HRCB 64068). (p) *G. tuberosa* (HPL 05037). (q) *G. vaginata* sem variação (HRCB 61697). (r) *G. vaginata* com variação (HRCB 61007). (s) *G. villosa* (HRCB 65615). (t) *G. widgrenii* (HRCB 61735). (u) *G. wiotiana*. (v) *G. zebrina*. Créditos das fotografias: a, b, d, g-i, k-o, q-t = M.N. Saka; c, f, u = H. Lorenzi; e, j, p = G.B. Araújo; v = F. Borchsenius.

**Tabela 1.** Lista de espécies/espécimes de *Goeppertia* utilizadas no presente estudo e respectivas informações de sistemática em *Calathea*, local de ocorrência, dados de coletor/coleção e local de cultivo. Acrônimos de acordo com Thiers (2020).

|    | <b>Espécies/Espécimes</b>                                        | <b>Seções de<br/><i>Calathea sensu</i><br/>Petersen (1890)</b> | <b>Locais de<br/>ocorrência sensu<br/>Saka (2020)</b> | <b>Coletores/coleções</b>               | <b>Locais de coleta</b> | <b>Locais de cultivo</b>                                 |
|----|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1. | <i>G. applicata</i> (Jacob-Makoy ex É.Morren) Borchs. & S.Suárez | <i>Rhizanthae</i>                                              | Mata Atlântica                                        | M.N. Saka et al. 348 (HRCB 61718)       | Montanha, ES            | -                                                        |
| 2. | <i>G. bachemiana</i> (É.Morren) Borchs. & S.Suárez               | <i>Rhizanthae</i>                                              | Mata Atlântica                                        | H. Lorenzi 2027 (HPL 09674)             | Rio de Janeiro, RJ      | Jardim Botânico Plantarum, Nova Odessa, SP               |
|    |                                                                  |                                                                |                                                       | M.T.C. Lacerda s.n.                     | Rio de Janeiro, RJ      | Sítio E-jardim de Marco T.C. Lacerda, Rio de Janeiro, RJ |
| 3. | <i>G. brasiliensis</i> (Körn.) Borchs. & S.Suárez                | <i>Nudiscapae</i>                                              | Mata Atlântica                                        | M.L. Dan 66 (HRCB 64439)                | Vitória, ES             | -                                                        |
|    |                                                                  |                                                                |                                                       | D.A. Folli 1342 (HRCB 60181)            | Linhares, ES            | -                                                        |
|    |                                                                  |                                                                |                                                       | M.N. Saka 192 (HRCB 59154)              | Linhares, ES            | Jardim Experimental, IBRC/Unesp, Rio Claro, SP           |
| 4. | <i>G. cylindrica</i> (Roscoe) Borchs. & S.Suárez                 | <i>Scapifolia</i>                                              | Mata Atlântica, Cerrado                               | J. K. Hammes 237 (HRCB 76287)           | Rio de Janeiro, RJ      | Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ    |
|    |                                                                  |                                                                |                                                       | J. A. Lombardi et al. 8620 (HRCB 55581) | Teresópolis, RJ         | -                                                        |
|    |                                                                  |                                                                |                                                       | J. A. Lombardi et al. 8892 (HRCB 56634) | Ilhéus, BA              | -                                                        |
|    |                                                                  |                                                                |                                                       | S. Vieira et al. 330 (HPL 11423)        | -                       | Jardim Botânico Plantarum, Nova Odessa, SP               |
| 5. | <i>G. eximia</i> (K.Koch & Bouché) Borchs. & S.Suárez            | <i>Nudiscapae</i>                                              | Mata Atlântica                                        | M.N. Saka et al. 457 (HRCB 63730)       | Ilhéus, BA              | Jardim Experimental, IBRC/Unesp, Rio Claro, SP           |
| 6. | <i>G. fasciata</i> (Regel & Körn.) Borchs. & S.Suárez            | <i>Nudiscapae</i>                                              | Mata Atlântica                                        | H. Lorenzi 6928 (HPL 12201)             | Itacaré, BA             | Jardim Botânico Plantarum, Nova Odessa, SP               |

|           |                                                                                       |                   |                |                                                      |                             |                                                           |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------|------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|
|           |                                                                                       |                   |                | M.N. Saka et al. 454<br>(HRCB 63727)                 | Uruçuca, BA                 | -                                                         |
|           |                                                                                       |                   |                | M.N. Saka et al. 613<br>(HRCB 68068)                 | Holambra, SP<br>(cultivada) | -                                                         |
| 7.        | <i>G. fatimae</i> (H. Kenn. & J.M. A.Braga) Borchs. & S.Suárez                        | <i>Nudiscapae</i> | Mata Atlântica | M.T.C. Lacerda s.n.                                  | Rio de Janeiro, RJ          | Sítio E-jardim de Marco T. C. Lacerda, Rio de Janeiro, RJ |
|           |                                                                                       |                   |                | M.N. Saka 138<br>(HRCB 58736)                        | Teresópolis, RJ             | Jardim Experimental, IBRC/Unesp, Rio Claro, SP            |
|           |                                                                                       |                   |                | M.N. Saka 152<br>(HRCB 58750)                        | Nova Friburgo, RJ           | -                                                         |
| 8.        | <i>G. insignis</i> (W. Bull ex W.E. Marshall) J.M.A. Braga, L.J.T. Cardoso & R. Couto | <i>Rhizanthae</i> | Mata Atlântica | M.N. Saka 186<br>(HRCB 59148)                        | Sooretama, ES               | -                                                         |
|           |                                                                                       |                   |                | D.A. Folli 4155<br>(HRCB 62585)                      | Linhares, ES                | -                                                         |
|           |                                                                                       |                   |                | Adquirida<br>comercialmente                          | -                           | Jardim Experimental, IBRC/Unesp, Rio Claro, SP            |
|           |                                                                                       |                   |                | Adquirida<br>comercialmente                          | -                           | Jardim Experimental, IBRC/Unesp, Rio Claro, SP            |
| 9.<br>9a. | <i>G. kegeljani</i> (É.Morren) Saka<br>com variegação típica                          | <i>Rhizanthae</i> | Mata Atlântica | H.Q. Boudet<br>Fernandes et al. 3412<br>(HRCB 61069) | Águia Branca,<br>ES         | -                                                         |
|           |                                                                                       |                   |                | D.A. Folli 5744<br>(HRCB 64356)                      | Vila Velha,<br>ES           | -                                                         |
|           |                                                                                       |                   |                | H. Lorenzi 6921<br>(HRCB 64334)                      | Diamantina,<br>MG           | -                                                         |
|           |                                                                                       |                   |                | E.R. Salviani et al.<br>475 (HPL 05027)              | São Gabriel da<br>Palha, ES | Jardim Botânico<br>Plantarum, Nova Odessa,<br>SP          |

|      |                                                     |                   |                            |                                                                                                                  |                                                                 |                                                                                                        |
|------|-----------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9b.  | com variação tipo<br>“musaica”                      | <i>Rhizanthae</i> | Mata Atlântica             | M.N. Saka et al. 259<br>(HRCB 61630)<br>M.N. Saka et al. 262<br>(HRCB 61633)                                     | -<br>-                                                          | Jardim Botânico Plantarum,<br>Nova Odessa, SP<br>Jardim Botânico Plantarum,<br>Nova Odessa, SP         |
| 10.  | <i>G. makoyana</i> (É.Morren)<br>Borchs. & S.Suárez | <i>Nudiscapae</i> | Mata Atlântica             | Adquirida<br>comercialmente<br>Adquirida<br>comercialmente                                                       | -<br>-                                                          | Jardim Experimental,<br>IBRC/Unesp, Rio Claro, SP<br>Jardim Experimental,<br>IBRC/Unesp, Rio Claro, SP |
| 11.  | <i>G. orbifolia</i> (Linden) Borchs. &<br>S.Suárez  | <i>Nudiscapae</i> | Mata Atlântica             | S. Vieira et al. 465<br>(HPL 12739)                                                                              | -                                                               | Jardim Botânico Plantarum,<br>Nova Odessa, SP                                                          |
| 12.  | <i>G. sellowii</i> (Körn.) Borchs. &<br>S.Suárez    | <i>Nudiscapae</i> | Cerrado, Mata<br>Atlântica | G.M. Marcusso 297<br>(HRCB 62031)<br>P.O. Rosa et al. 225<br>(HRCB 62591)<br>M.N. Saka 568<br>(HRCB 64068)       | Porto Ferreira, SP<br>Uberlândia, MG<br>Barra dos Garças,<br>MT | -<br>-<br>-                                                                                            |
| 13.  | <i>G. tuberosa</i> (Vell.) Borchs. &<br>S.Suárez    | <i>Rhizanthae</i> | Mata Atlântica             | M.N. Saka 185<br>(HRCB 59147)<br>M.N. Saka et al. 280<br>(HRCB 61650)<br>E.R. Salviani et al. 547<br>(HPL 05037) | Sooretama, ES<br>Saquarema, RJ<br>Rio de Janeiro,<br>RJ         | -<br>-<br>Jardim Botânico Plantarum,<br>Nova Odessa, SP                                                |
| 14.  | <i>G. vaginata</i> (Petersen) Borchs.<br>& S.Suárez | <i>Rhizanthae</i> | Mata Atlântica             |                                                                                                                  |                                                                 |                                                                                                        |
| 14a. | sem variação                                        |                   |                            | M.N. Saka et al. 327<br>(HRCB 61697)                                                                             | Linhares, ES                                                    | Jardim Experimental,<br>IBRC/Unesp, Rio Claro, SP                                                      |
| 14b. | com variação                                        |                   |                            | D.A. Folli 3066<br>(HRCB 64354)                                                                                  | Linhares, ES                                                    | -                                                                                                      |

|     |                                                      |                   |                                |                                                                                                                                    |                                                                             |                                                                                                                       |
|-----|------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                                                      |                   |                                | M.N. Saka et al. 257<br>(HRCB 61007)                                                                                               | Sooretama, ES                                                               | -                                                                                                                     |
| 15. | <i>G. villosa</i> (Lindl.) Borchs. &<br>S.Suárez     | <i>Distichae</i>  | Cerrado, Amazônia,<br>Caatinga | Andrade-Lima 66-4506<br>(HRCB 60037)<br>M. N. Saka 607<br>(HRCB 65615)<br>G. Pereira-Silva et al.<br>11359 (HRCB 60259-<br>a)      | Limoeiro, PE<br>-<br>Estreito, MA                                           | -<br>Jardim Botânico Plantarum,<br>Nova Odessa, SP<br>-                                                               |
| 16. | <i>G. widgrenii</i> (Körn.) Borchs. &<br>S.Suárez    | <i>Nudiscapae</i> | Mata Atlântica                 | C. Baez et al. 335<br>(HRCB 74094)<br>M. N. Saka et al. 366<br>(HRCB 61735)<br><br>M. N. Saka et al. 474<br>(HRCB 63747)           | Miguel Pereira, RJ<br>Santa Teresa, ES<br>-                                 | -<br>-<br>Jardim Botânico Plantarum,<br>Nova Odessa, SP                                                               |
| 17. | <i>G. wiotiana</i> (Jacob-Makoy ex<br>É.Morren) Saka | <i>Rhizanthae</i> | Mata Atlântica                 | M.T.C. Lacerda s.n.<br><br>M. Ribeiro et al. 394<br>(HRCB 61104)<br>M.N. Saka et al. 478<br>(HRCB 63751)                           | Linhares, ES<br>Pinheiros, ES<br>Mucuri, BA                                 | Sítio E-jardim de Marco T.C.<br>Lacerda, Rio de Janeiro, RJ<br>-<br>Jardim Experimental,<br>IBRC/Unesp, Rio Claro, SP |
| 18. | <i>G. zebrina</i> (Sims) Nees                        | <i>Nudiscapae</i> | Mata Atlântica                 | J.A. Lombardi et al.<br>10621 (HRCB 74167)<br>P.L.R. de Moraes et al.<br>4539 (HRCB 66714)<br>M.N. Saka et al. 671<br>(HRCB 76316) | Cariacica, ES<br>Barro Preto, BA<br>São Gonçalo do<br>Rio das Pedras,<br>MG | -<br>-<br>Jardim Experimental,<br>IBRC/Unesp, Rio Claro, SP                                                           |

|     |               |                   |                |                                      |               |                                                   |
|-----|---------------|-------------------|----------------|--------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------|
|     |               |                   |                | Adquirida<br>comercialmente          | -             | Jardim Experimental,<br>IBRC/Unesp, Rio Claro, SP |
| 19. | <i>G. sp.</i> | <i>Nudiscapae</i> | Mata Atlântica | M.N. Saka 179<br>(HRCB 59141)        | Linhares, ES  | -                                                 |
|     |               |                   |                | M.N. Saka et al. 306<br>(HRCB 61676) | Linhares, ES  | Jardim Experimental,<br>IBRC/Unesp, Rio Claro, SP |
|     |               |                   |                | M.N. Saka 470<br>(HRCB 63743)        | Itamaraju, BA | -                                                 |

Abreviatura: IBRC = Instituto de Biociências de Rio Claro.

Microscopia de Luz (ML): Foram realizadas seções anatômicas transversais e longitudinais, à mão livre com auxílio de lâminas de barbear, nos terços medianos da lâmina foliar (incluindo a margem e a nervura central), do pulvino e do pecíolo. As seções anatômicas obtidas foram submetidas ao processo de dupla coloração com Fucsina e Azul de Astra (Roeser 1962) e montadas em lâminas semipermanentes com gelatina glicerinada (Kaiser 1880). Foram realizados testes histoquímicos, em material fresco seccionado à mão livre, utilizando IKI (Lugol) para detecção de amido (Johansen 1940) e cloreto férrico para compostos fenólicos (Johansen 1940). Também foram confeccionadas lâminas permanentes, onde o material fixado foi submetido à desidratação em série butílica (Johansen 1940) e infiltração de historresina (Leica Historesin Embedding Kit). Foram realizadas seções transversais e longitudinais com navalha de aço descartável, com cerca de 8-10µm de espessura, em micrótomo rotativo Reichert-Jung, modelo 2040. As seções anatômicas obtidas foram coradas com Azul de Toluidina O 0,05% 0,1 M em tampão fosfato de sódio pH 6,8 (O'Brien et al. 1965) e montadas em Entellan.

Para caracterização epidérmica, fragmentos da lâmina foliar foram submetidos à dissociação epidérmica (Johansen 1940), corados com Safranina 1% e montados em gelatina glicerinada.

As lâminas confeccionadas foram analisadas em microscópio de luz, com fotomicrografias obtidas no fotomicroscópio Leica DMLB com câmera acoplada (Leica DFC 295) e no fotomicroscópio Leica DM4000, com câmara acoplada (Leica DFC 450), ambos com projeção da escala micrométrica, no Laboratório de Morfologia Vegetal do Departamento de Biodiversidade, Instituto de Biociências de Rio Claro, Unesp.

A descrição dos caracteres anatômicos seguiu a terminologia adotada por Tomlinson (1961a, 1969) e Koch et al. (2008).

## RESULTADOS

### 1. Lâmina

#### 1a) Micromorfologia

Todas as espécies estudadas de *Goeppertia* possuem lâmina foliar recoberta por cera epicuticular (Fig. 2a), que é menos conspícua na face abaxial (Fig. 2b). A deposição de cera é do tipo granuloso (Fig. 2a), exceto em *G. sellowii*, que possui deposição em placas irregulares (Fig. 2c); variação intraespecífica foi observada em *G. tuberosa* (Fig. 2d) e *G. wiotiana* (Fig. 2e), que apresentaram espécime com cera depositada em placas irregulares na face adaxial.

A face adaxial da lâmina foliar possui, em vista frontal, células epidérmicas com formato variando de tetragonal (Fig. 2f) a tetragonal alongado (Fig. 2a, g), exceto em *G. cylindrica*, *G. sellowii* (Fig. 2c) e *G. villosa*, que possuem células epidérmicas com formato poligonal alongado. As paredes anticlinais são sinuosas do tipo “S” (Figs. 2a, c–g).

A face abaxial da lâmina foliar possui, em vista frontal, células epidérmicas com formato tetragonal alongado (Fig. 2h), exceto *G. brasiliensis*, *G. cylindrica*, *G. insignis*, *G. makoyana*, *G. sellowii*, *G. vaginata* (Fig. 3a) e *G. zebrina*, que possuem formato predominantemente tetragonal. As paredes anticlinais são sinuosas do tipo “S” (Figs. 2b, h, 3a, b, d, f–h).

A maioria das espécies estudadas possui lâmina foliar anfiestomática (Figs. 2a, 3a), com maior densidade de estômatos na face abaxial (Fig. 3a), exceto *G. bachemiana* (Fig. 3b), *G. eximia*, *G. fasciata*, *G. fatimae*, *G. insignis*, *G. makoyana* e *G. widgrenii*, que apresentam lâminas hipoestomáticas; as espécies *G. insignis* (Fig. 3c, d) e *G. widgrenii* (Fig. 3e, f) também apresentaram variação intraespecífica, com indivíduo com lâmina anfiestomática. Os estômatos são do tipo paracítico (Figs. 2b, 3a–f).

Tricomas tectores não-ramificados foram observados apenas na face abaxial da lâmina foliar de *G. applicata* (Fig. 2h), *G. brasiliensis*, *G. eximia*, *G. fasciata*, *G. kegeljani*

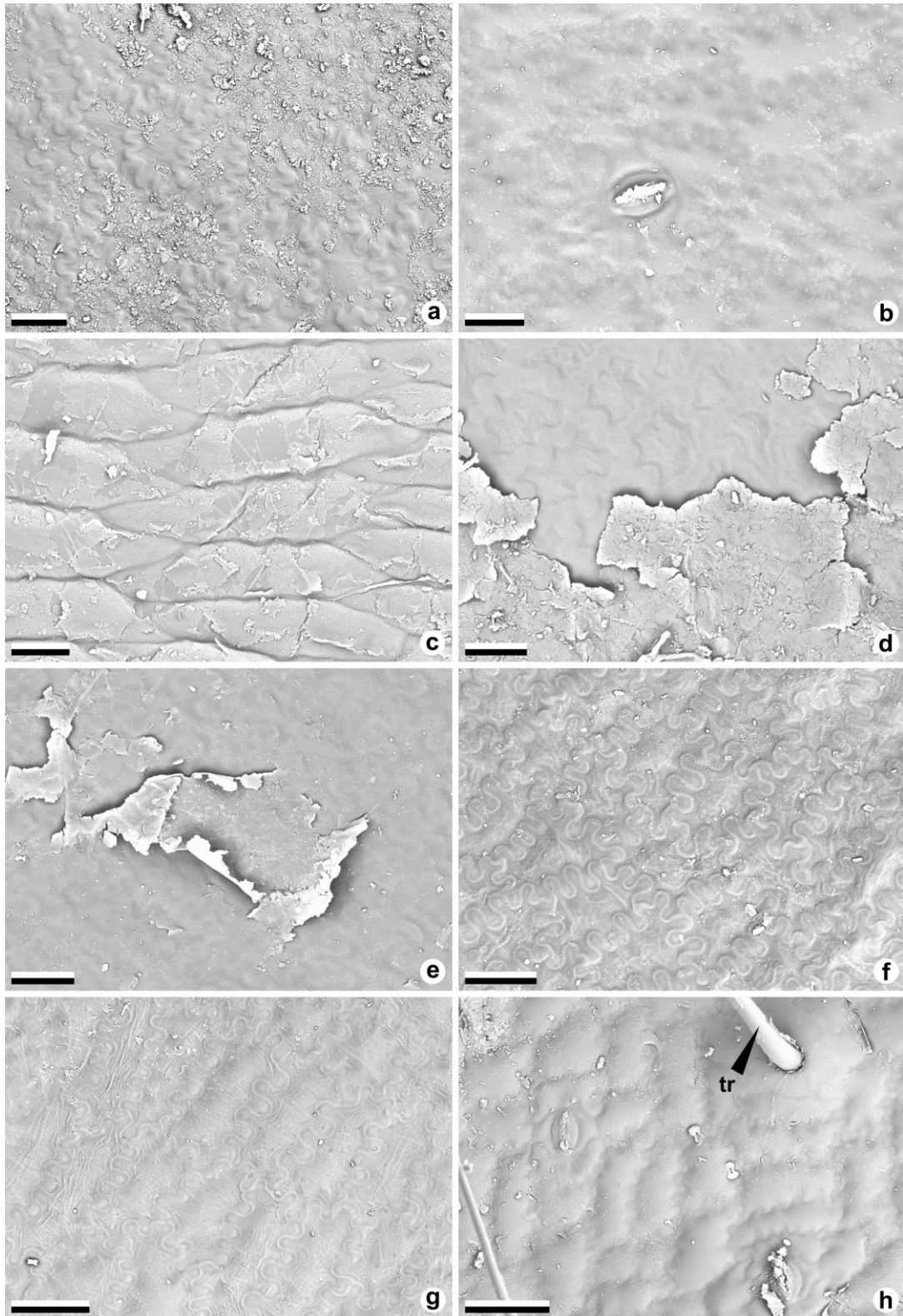


**Figura 2.** Aspectos micromorfológicos da lâmina foliar das espécies estudadas de *Goeppertia*, em microscopia eletrônica de varredura (MEV). **(a)** Cera epicuticular granulosa na face adaxial de *G. vaginata* com variegação (HRCB 61007). **(b)** Cera epicuticular granulosa na face abaxial de *G. orbifolia* (HPL 12739). **(c)** Cera epicuticular em placas irregulares na face adaxial de *G. sellowii* (HRCB 62591). **(d, e)** Ceras epicuticulares em placas irregulares nas faces adaxiais de *G. tuberosa* (HPL 05037) e *G. wiotiana* (M.T.C. Lacerda s.n.), respectivamente. **(f, g)** Faces adaxiais de *G. insignis* (HRCB 59148) e *G. brasiliensis* (HRCB 64439), respectivamente. **(h)** Face abaxial de *G. applicata* (HRCB 61718). Abreviatura: tr = tricoma. Barras de escalas: **a–e** = 20µm; **f–h** = 40µm.

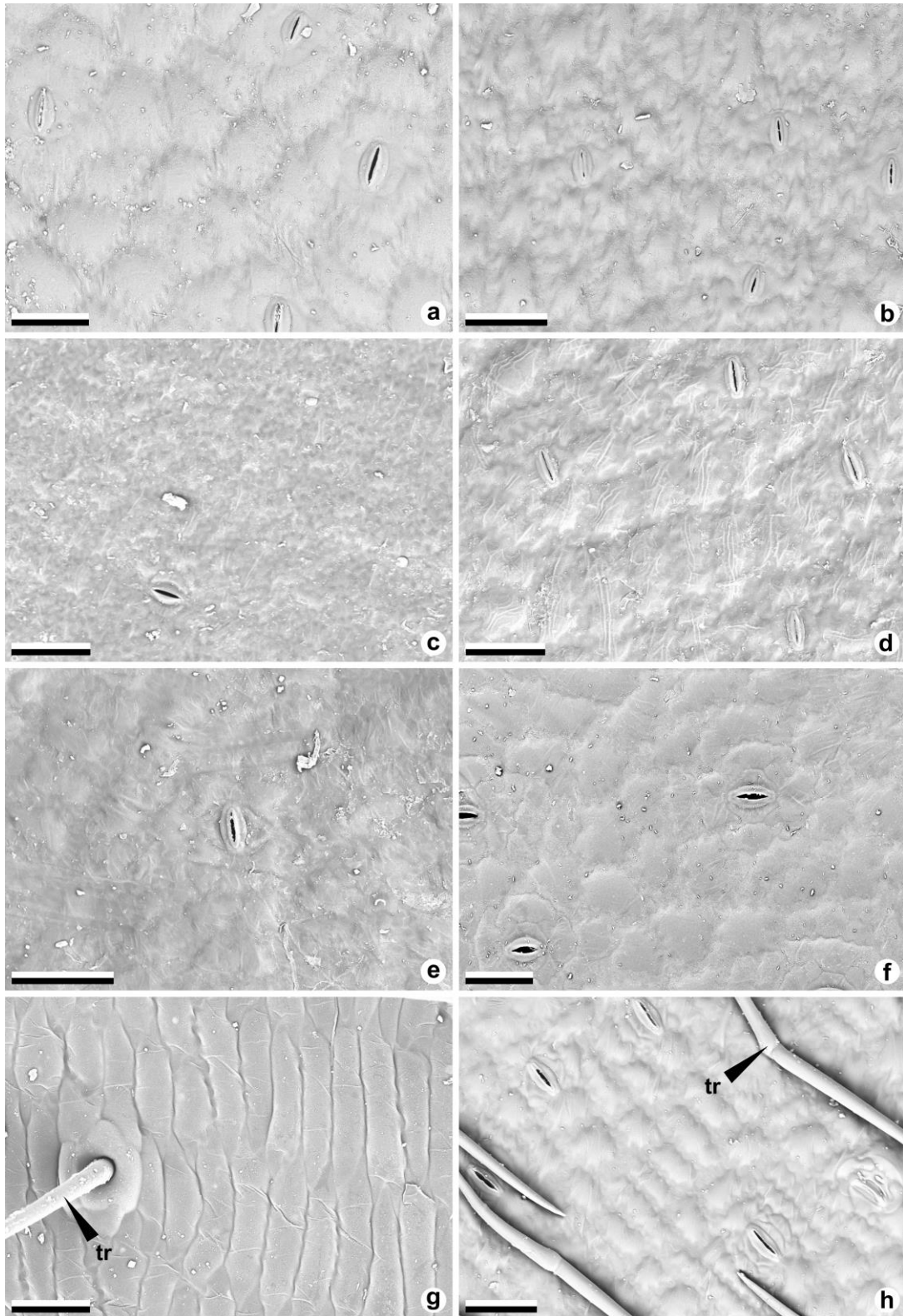


**Figura 3.** Aspectos micromorfológicos da lâmina foliar das espécies estudadas de *Goeppertia*, em MEV. **(a, b)** Faces abaxiais de *G. vaginata* com variação (HRCB 61007) e *G. bachemiana* (HPL 09674), respectivamente. **(c, d)** Faces adaxial e abaxial, respectivamente, de *G. insignis* (HRCB 59148). **(e, f)** Faces adaxial e abaxial, respectivamente, de *G. widgrenii* (HRCB 74094). **(g)** Face adaxial com tricoma tector de *G. villosa* (HRCB 60259-a). **(h)** Face abaxial com tricomas malpighiáceos de *G. fatimae* (HRCB 58736). Abreviatura: tr = tricoma. Barras de escalas: a-h = 40µm.

com variação tipo “musaica”, *G. sellowii*, *G. vaginata* e *G. villosa*. Variação intraespecífica foi observada apenas em *G. fasciata*, *G. sellowii* e *G. villosa* (Fig. 3g). Apenas *G. fatimae* apresentou tricomas malpighiáceos (Fig. 3h).

### 1b) Anatomia

Em vista frontal, a lâmina foliar de todas as espécies estudadas de *Goeppertia* possuem células epidérmicas, de ambas as faces, com formato predominantemente tetragonal (Fig. 4a, b) a tetragonal alongado (Fig. 4c, d) e paredes anticlinais sinuosas do tipo “S” (Fig. 4a–d); apenas *G. cylindrica* (Fig. 4e), *G. sellowii* e *G. villosa* possuem células epidérmicas com formato poligonal alongado na face adaxial.

Em corte transversal, todas as espécies possuem a face adaxial da epiderme formada por uma camada de células retangulares com parede periclinal externa convexa e levemente espessada (Fig. 4f), exceto *G. zebrina* (Fig. 4g), que possui células epidérmicas papilosas. A cutícula é delgada e as paredes anticlinais são levemente espessadas (Fig. 4f, g). Os estômatos, quando observados, são do tipo paracítico e encontram-se no nível levemente acima (Fig. 4h) ou no mesmo nível das demais células epidérmicas (Fig. 4i). Os tricomas, que são unicelulares, tectores e quebram com facilidade, foram observados em *G. villosa* (Fig. 4j) e *G. sellowii*; em vista frontal, observa-se que as células que compõem a base do tricoma são intumescidas (Fig. 4j) e têm arranjo concêntrico ao redor do tricoma (Fig. 4k).

Na face abaxial, todas as espécies possuem epiderme formada por uma camada de células retangulares com parede periclinal externa convexa e levemente espessada, cutícula delgada, e paredes anticlinais levemente espessadas (Fig. 4l). Os estômatos ocorrem no mesmo nível (Fig. 4m) ou levemente acima das demais células epidérmicas (Fig. 4n). Os tricomas, semelhantes àqueles da face adaxial, quando presentes, são tectores unicelulares (Fig. 4o), exceto em *G. fatimae* (Fig. 4p) que possui tricomas malpighiáceos.

O mesofilo é dorsiventral e formado por 2-3 camadas de parênquima paliçádico e

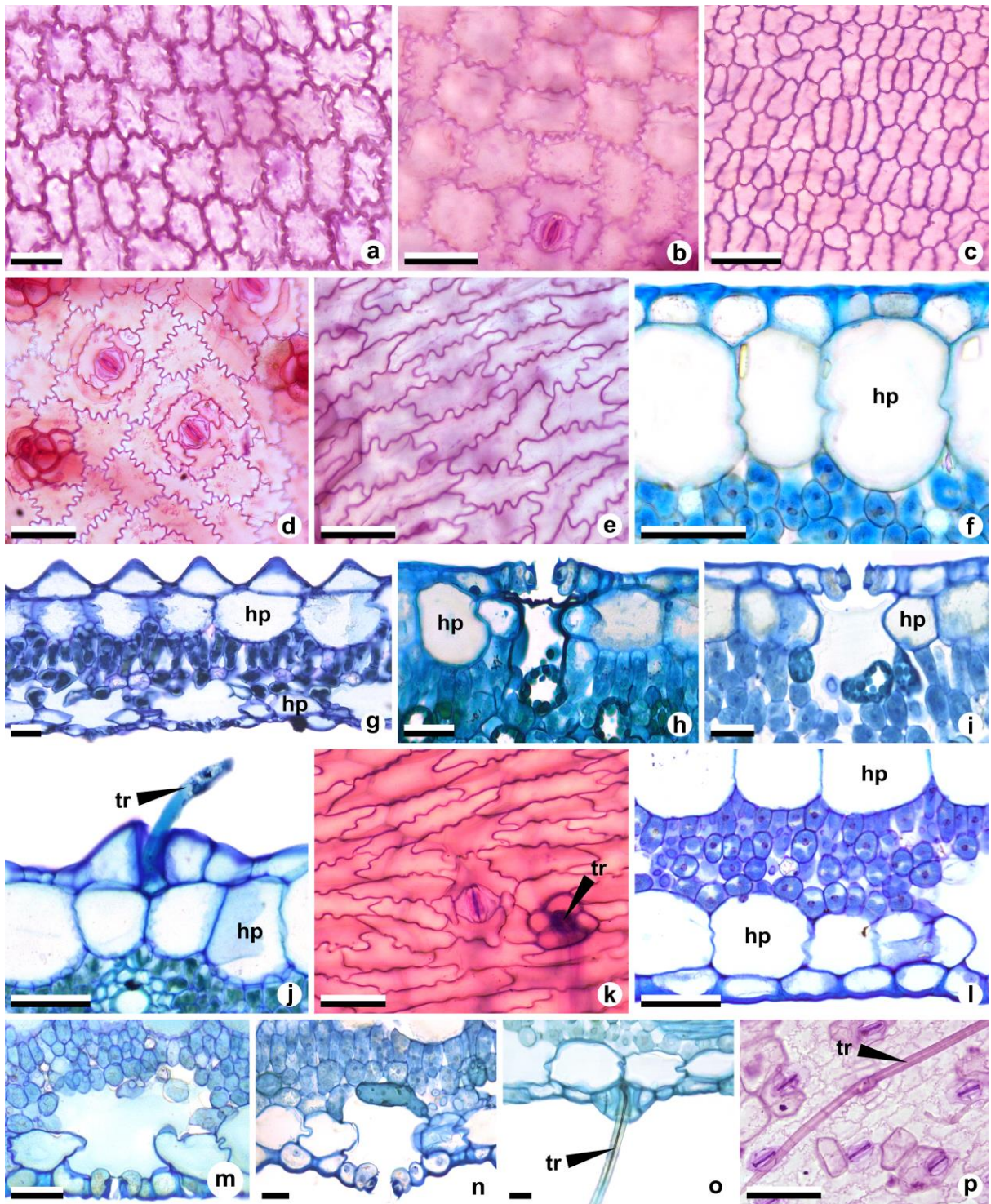


**Figura 4.** Aspectos anatômicos da lâmina foliar das espécies estudadas de *Goeppertia*, em vistas paradérmicas (a–e, k) e cortes transversais (f–j, l–p). (a) Face adaxial de *G. wiotiana* (HRCB 61104). (b) Face abaxial de *G. insignis* (HRCB 62585). (c–e) Faces adaxiais de *G. makoyana* (adquirida comercialmente), *G. applicata* (HRCB 61718) e *G. cylindrica* (HRCB 55581), respectivamente. (f) Detalhe da face adaxial de *G. kegeljani* com variação típica (HPL 05027). (g) Detalhe da face adaxial de *G. zebrina* (HRCB 74167). (h, i) Detalhes de estômatos nas faces adaxiais de *G. insignis* (adquirida comercialmente) e *G. vaginata* sem variação (HRCB 61697), respectivamente. (j) Detalhe de tricoma na face adaxial de *G. sellowii* (HRCB 64068). (k) Face adaxial de *G. villosa* (HRCB 60259-a). (l) Detalhe da face abaxial de *G. bachemiana* (HPL 09674). (m, n) Detalhes de estômatos nas faces abaxiais de *G. applicata* (HRCB 61718) e *G. widgrenii* (HRCB 61735), respectivamente. (o) Detalhe de tricoma na face abaxial de *G. sellowii* (HRCB 62591). (p) Face abaxial com tricoma malpighiáceo de *G. fatimae* (HRCB 58736). Abreviaturas: hp = hipoderme; tr = tricoma. Barras de escalas: a–e, k, l = 40µm; f–j, m–p = 20µm.

parênquima esponjoso frouxo (Figs. 4g, 5a) a compacto (Figs. 4l, n, 5b). A hipoderme é unisseriada em ambas as faces (Fig. 5a, b); as células da face adaxial são maiores (Fig. 5a) ou similares àsquelas da face abaxial (Fig. 5b), mas nunca menores. Os feixes vasculares são colaterais e podem apresentar diferença com relação à quantidade de elementos vasculares e, conseqüentemente, ao tamanho (Fig. 5c). Os feixes de maior calibre são parcialmente envolvidos por fibras, que se estendem até a epiderme e interrompem a hipoderme (Figs. 5c, d), e são interligados por feixes vasculares transversais (comissurais) (Fig. 5e); os feixes de menor calibre, que ocorrem com menor frequência, são parcialmente envolvidos por fibras e não se estendem até a hipoderme, ocupando apenas a porção do parênquima clorofiliano esponjoso (Fig. 5c, f).

Em todas as espécies estudadas, idioblastos fenólicos são comuns e estão distribuídos pelo parênquima clorofiliano (Fig. 5a, d). Idioblastos cristalíferos, contendo cristais aciculares ou prismáticos de oxalato de cálcio foram observados na hipoderme de ambas as faces (Fig. 5e, f). Corpos de sílica foram observados sob duas formas: com formato globular e superfície espinescente, em idioblastos de paredes finas distribuídos pelo parênquima clorofiliano (Fig. 5g), e como estegmatas, dispostos em fileiras longitudinais e adjacentes às fibras mais externas dos feixes vasculares de maior calibre (Fig. 5h) e alguns feixes de menor calibre (Fig. 5f).

Todas as espécies apresentam bordo foliar agudo (Fig. 5i), com exceção de *G. bachemiana*, que possui formato obtuso (Fig. 5j). O bordo apresenta constituição variável, podendo ser formado pela continuidade da epiderme e da hipoderme (Fig. 5i) ou pela continuidade da epiderme, hipoderme e parênquima clorofiliano (Fig. 5j).

A região da nervura central na maioria das espécies apresenta formato côncavo-convexo (Figs. 6a), exceto *G. applicata* (Fig. 6b), que possui formato convexo-convexo, *G. brasiliensis*, *G. fasciata* e *G. vaginata* (Fig. 6c), que possuem formato plano-convexo, *G. eximia* e *G. orbifolia* (Fig. 6d), que possuem formato côncavo-convexo com sulcos na face

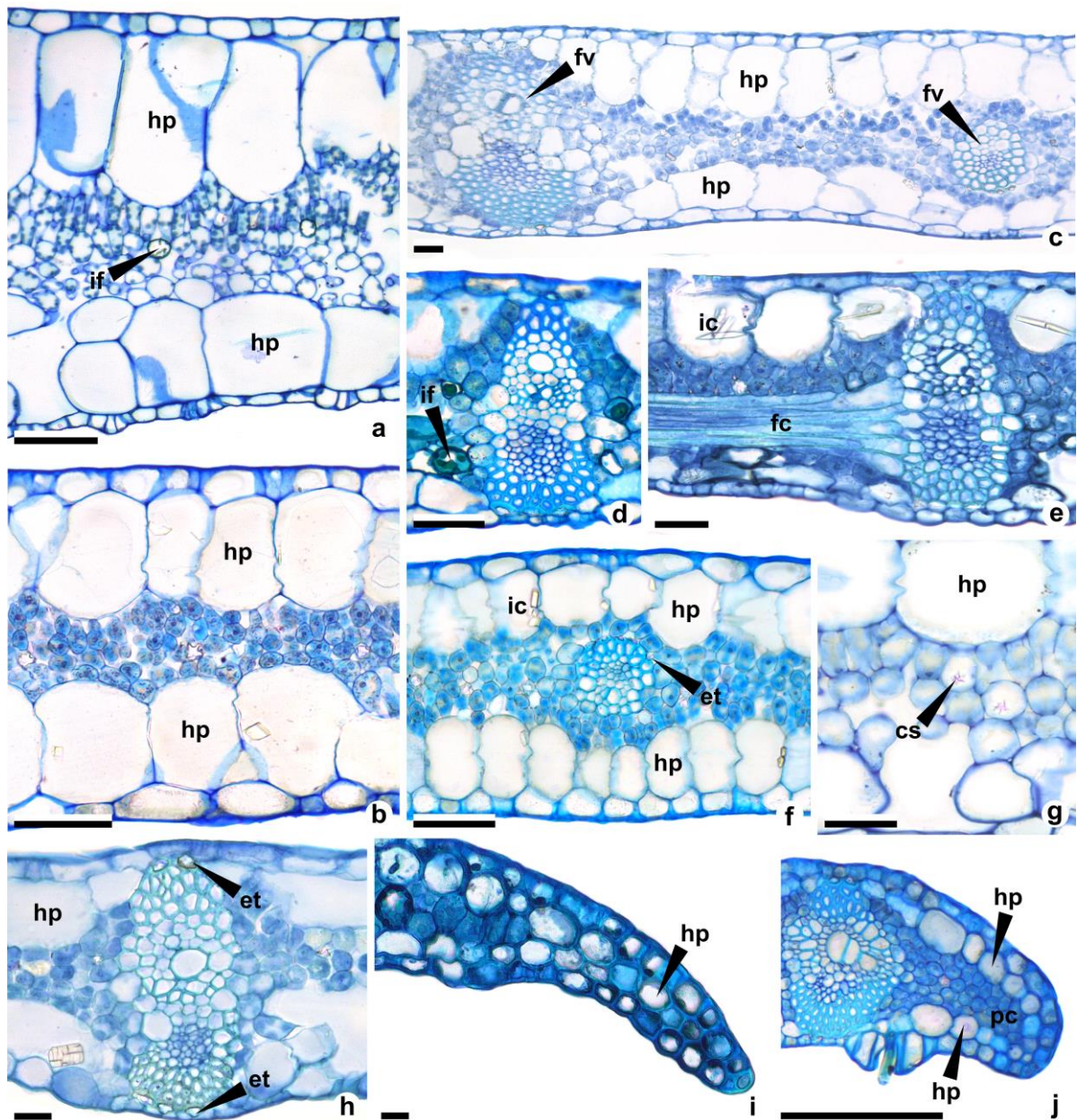


**Figura 5.** Aspectos anatômicos da lâmina foliar das espécies estudadas de *Goeppertia*, em cortes transversais. **(a, b)** Detalhes dos mesofilos de *G. orbifolia* (HPL 12739) e *G. kegeljani* com variação típica (HPL 05027), respectivamente. **(c)** Mesofilo de *G. bachemiana* (HPL 09674). **(d)** Detalhe de feixe vascular de maior calibre parcialmente envolto por fibras de *G. vaginata* com variação (HRCB 61007). **(e)** Detalhe de mesofilo de *G. insignis* (adquirida comercialmente). **(f)** Detalhe do feixe vascular de menor calibre de *G. kegeljani* com variação tipo “musaica” (HRCB 61630). **(g)** Detalhe de mesofilo com cristal globular de sílica de *G. widgrenii* (HRCB 63747). **(h)** Detalhe de feixe de maior calibre com estegmatas de *G. kegeljani* com variação tipo “musaica” (HRCB 61630). **(i, j)** Detalhes dos bordos foliares de *G. applicata* (HRCB 61718) e *G. bachemiana* (HPL 09674), respectivamente. Abreviaturas: cs = cristal de sílica; et = estegmata, fc = feixe vascular comissural; fv = feixe vascular; hp = hipoderme; ic = idioblasto cristalífero; if = idioblasto fenólico; pc = parênquima clorofiliano. Barras de escalas: a, b, d, e = 70µm; c = 100µm; f, h–j = 40µm; g = 20µm.

abaxial.

A hipoderme, na região da nervura central, é formada, na face adaxial, por duas camadas de células (Fig. 6e), mais conspícuas adjacentes à lâmina foliar (Fig. 6a–d, f); na face abaxial, a hipoderme permanece unisseriada (Fig. 6g). Abaixo da hipoderme, na face adaxial ocorre parênquima clorofiliano (Fig. 6e) e na face abaxial ocorrem várias camadas de células de paredes levemente espessadas que correspondem ao parênquima aquífero (Fig. 6h) – apenas em corte longitudinal é possível observar que essas células são oblíquas em relação ao eixo foliar e arrançadas em uma (Fig. 7a) ou duas camadas (Fig. 7b).

Os feixes vasculares são colaterais, parcialmente envoltos por fibras e organizados em 2 (Fig. 7c) ou 3 sistemas vasculares (Fig. 7d). O sistema vascular principal (sistema I) é formado por feixes dispostos em “V” (Figs. 6a–d, 7c, d). O número predominante de feixes neste sistema é 3 (Fig. 6b), 4 em *G. vaginata* sem variação e *G. widgrenii* (Fig. 6a), 5 em *G. kegeljani* com variação típica (Fig. 7d), *G. brasiliensis*, *G. makoyana* e *G. sp.*, 6 em *G. bachemiana*, *G. fasciata*, *G. fatimae*, *G. tuberosa* (Fig. 7c) e *G. zebrina*, 7 em *G. orbifolia* (Fig. 6d) e *G. villosa* e 8 apenas em *G. sellowii*. O sistema vascular abaxial (sistema II) é constituído por feixes de maior e menor calibres (Figs. 6a–d) que variam em número, sendo 4 em *G. insignis* e *G. wiotiana* a 24 em *G. fatimae*. O sistema vascular adaxial (sistema III), ausente apenas em *G. eximia*, *G. insignis*, *G. makoyana*, *G. tuberosa* (Fig. 7c) e *G. wiotiana* é formado por feixes vasculares geralmente reduzidos (Figs. 6a–d, 7d), invertidos ou inclinados (Fig. 7e, f); na maioria das espécies predomina apenas 1 feixe vascular (Figs. 6a–c, 7e), variando para 2 em *G. kegeljani* com variação típica (Fig. 7d) e *G. sellowii*, 3 em *G. fasciata* e *G. villosa* (Fig. 7f), 5 em *G. orbifolia* (Fig. 6d) e *G. zebrina* e *G. fatimae*.

Na região da nervura principal, podem ocorrer lacunas de ar, delimitadas por diafragmas de células braciformes (Fig. 7g), alternas aos feixes do sistema I. Essa característica é exclusiva de *G. eximia* (Fig. 7g), *G. fasciata*, *G. orbifolia* (Fig. 6d) e *G. zebrina*. Todas as espécies estudadas possuem idioblastos fenólicos, dispersos no parênquima

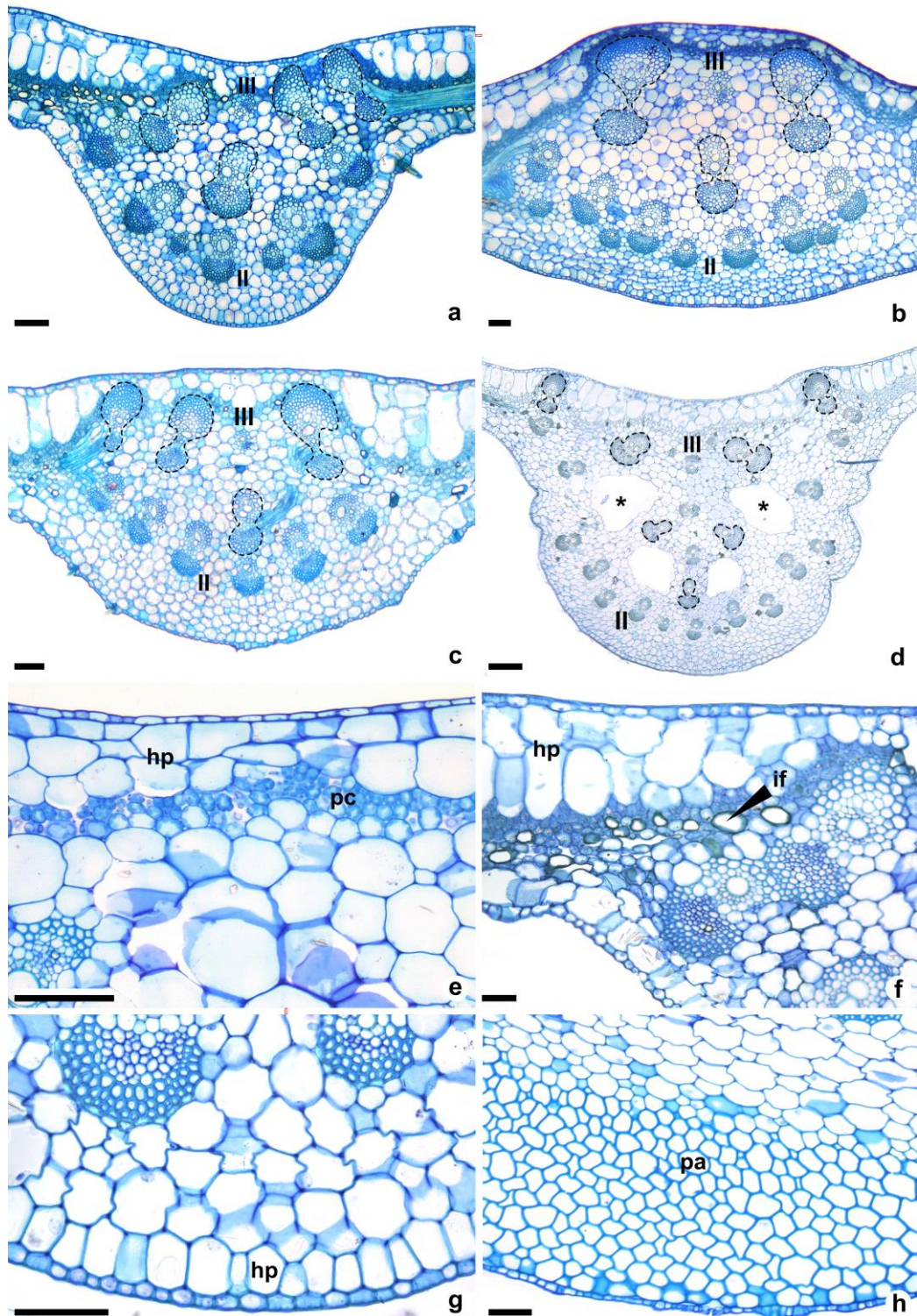


**Figura 6.** Aspectos anatômicos da nervura central das espécies estudadas de *Goepertia*, em cortes transversais. **(a)** Formato côncavo-convexo de *G. widgrenii* (HRCB 61735). **(b)** Formato convexo-convexo de *G. applicata* (HRCB 61718). **(c)** Formato plano-convexo de *G. vaginata* sem variação (HRCB 61697). **(d)** Formato côncavo-convexo com sulcos na face abaxial de *G. orbifolia* (HPL 12739). **(e, f)** Detalhes das faces adaxiais de *G. brasiliensis* (HRCB 59154) e *G. widgrenii* (HRCB 61735), respectivamente. **(g, h)** Detalhes das faces abaxiais de *G. wiotiana* (HRCB 63751) e *G. fasciata* (HPL 12201), respectivamente. Abreviaturas: hp = hipoderme; if = idioblasto fenólico; II = sistema vascular abaxial; III = sistema vascular adaxial; pa = parênquima aquífero; pc= parênquima clorofiliano; \* = lacuna de ar; linha tracejada = feixes do sistema vascular principal I. Barras de escalas: a–d = 120µm; e, f, h = 70µm; g = 40µm.

de preenchimento e no clorofiliano (Figs. 6f, 7d), além de idioblastos cristalíferos, contendo cristais aciculares e prismáticos de oxalato de cálcio (Fig. 7e, h) ou estegmatas associados às fibras mais externas dos feixes vasculares de maior calibre (Fig. 7i).

Os caracteres micromorfológicos e anatômicos observados na lâmina foliar das espécies estudadas de *Goeppertia* estão sumarizados nas Tabelas 2 e 3.

## 2. Pulvino

A maioria das espécies estudadas de *Goeppertia* possui pulvino com formato elipsoide em corte transversal (Fig. 8a), exceto *G. bachemiana* (Fig. 8b), *G. insignis*, *G. makoyana* e *G. wiotiana*, que possuem formato circular.

Em ambas as faces, o pulvino possui epiderme unisseriada e formada por células de formato retangular, com parede periclinal externa plana e ligeiramente espessada e paredes anticlinais levemente espessadas (Fig. 8c); exceção apenas para *G. zebrina*, que possui parede periclinal externa convexa (Fig. 8d). Todas as espécies possuem estômatos paracíticos no mesmo nível das demais células epidérmicas, com câmara subestomática reduzida (Fig. 8e). Tricomas tectores foram observados na face adaxial da maioria das espécies (Fig. 8f); na face abaxial, essas estruturas ocorrem em todas as espécies estudadas, exceto em *G. tuberosa* e *G. widgrenii*.

Todas as espécies estudadas possuem hipoderme unisseriada, com células de formato predominantemente radialmente alongado, paredes levemente espessadas, e cloroplastos em quantidade variada (Fig. 8f, g). Logo abaixo da hipoderme, em ambas as faces, ocorre o parênquima aquífero – formado por uma camada de células oblíquas em relação ao eixo do pulvino (Fig. 8h, i). Após o parênquima aquífero, há parênquima de preenchimento formado por células de paredes delgadas (Fig. 8j).

Em todas as espécies estudadas de *Goeppertia*, os feixes vasculares são colaterais e organizados em três sistemas vasculares (Fig. 9a). O sistema vascular principal (sistema I) é

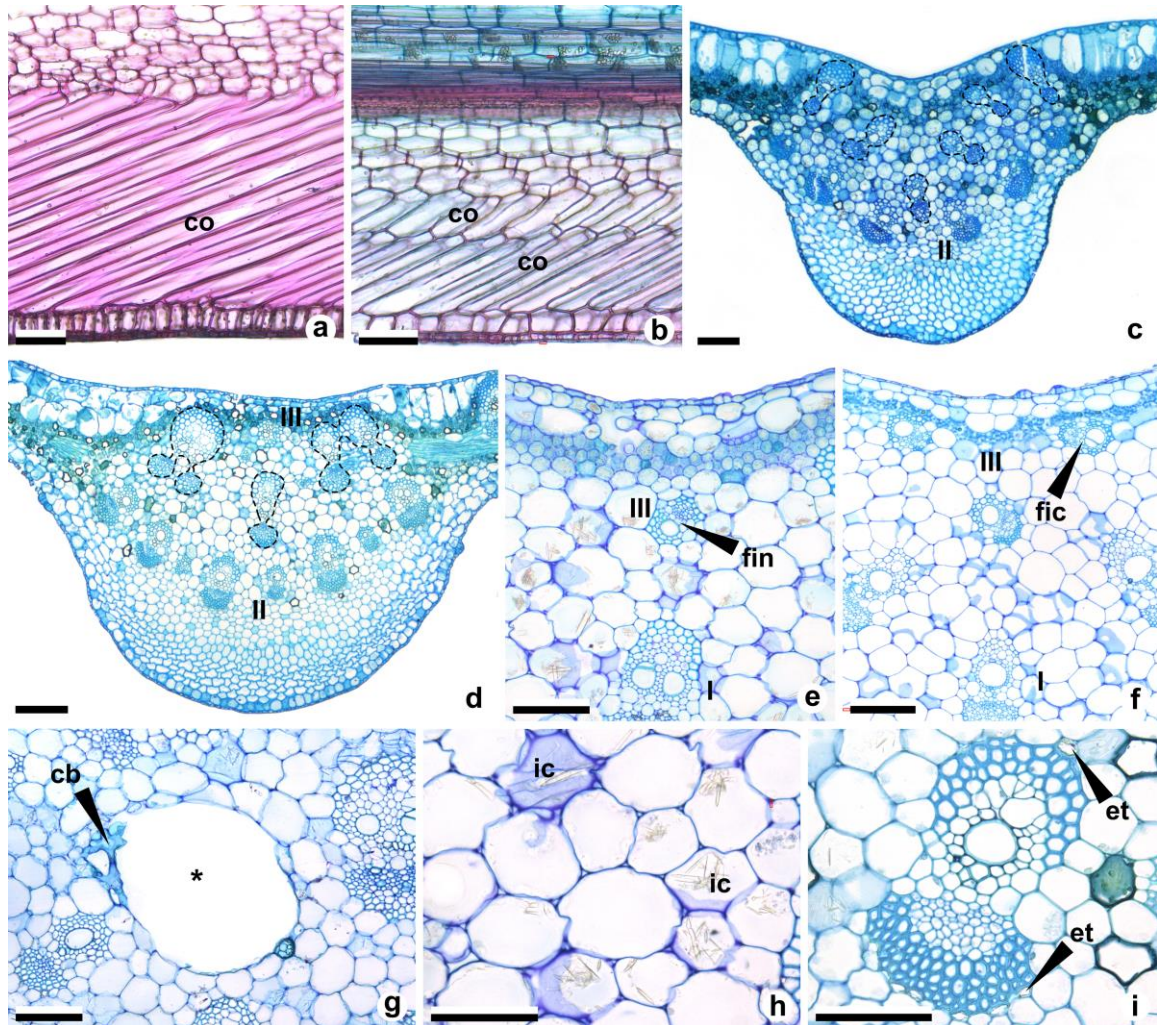


**Figura 7.** Aspectos anatômicos da nervura central das espécies estudadas de *Goeppertia*, em cortes longitudinais (a, b) e transversais (c-i). **(a, b)** Detalhes das células oblíquas de *G. applicata* (HRCB 61718) e *G. kegeljani* com variação típica (HPL 05027), respectivamente. **(c)** Aspecto geral de *G. tuberosa* (HPL 05037), com dois sistemas vasculares. **(d)** Aspecto geral de *G. kegeljani* com variação típica (HPL 05027), com três sistemas vasculares. **(e)** Detalhe de feixe vascular invertido de *G. cylindrica* (HPL 11423). **(f)** Detalhe de feixes vasculares inclinados de *G. villosa* (HRCB 65615). **(g)** Detalhe de lacuna de ar com células braciformes de *G. eximia* (HRCB 63730). **(h)** Detalhe de idioblastos cristalíferos de *G. zebrina* (HRCB 76316). **(i)** Detalhe de feixe vascular com estegmatas de *G. bachemiana* (HPL 09674). Abreviaturas: cb = célula braciforme; co = células oblíquas; et = estegmata; fic = feixe vascular inclinado; fin = feixe vascular invertido; ic = idioblasto cristalífero; II = sistema vascular abaxial; III = sistema vascular adaxial; \* = lacuna de ar; linha tracejada = feixes do sistema vascular principal I. Barras de escalas: a, b, e, f = 70µm; d = 120µm; g-i = 20µm.

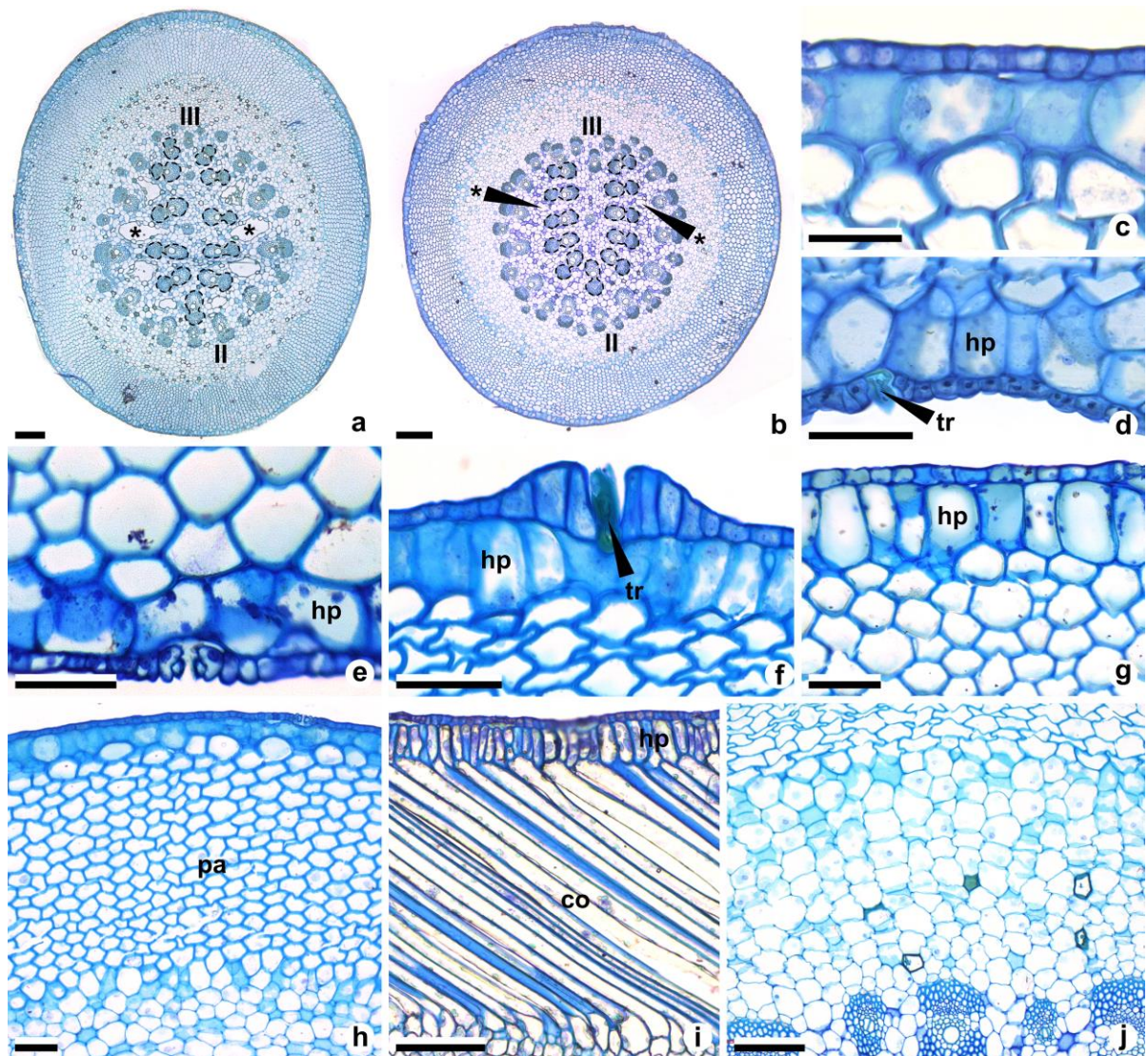


**Figura 8.** Aspectos anatômicos do pulvino das espécies estudadas de *Goepfertia*, em cortes transversais (a–g, j) e longitudinais (h, i). **(a)** Formato elipsoide de *G. sp.* (HRCB 59141). **(b)** Formato circular de *G. bachemiana* (HPL 09674). **(c)** Detalhe da face adaxial de *G. sp.* (HRCB 61676). **(d)** Detalhe da face abaxial de *G. zebrina* (HRCB 76316). **(e)** Detalhe da face abaxial com estômato de *G. brasiliensis* (HRCB 59154). **(f)** Detalhe da face adaxial com tricoma tector de *G. kegeljani* com variação típica (HPL 05027). **(g)** Detalhe da face adaxial de *G. villosa* (HRCB 65615). **(h)** Detalhe do parênquima aquífero de *G. insignis* (adquirida comercialmente). **(i)** Detalhe das células oblíquas de *G. sellowii* (HRCB 62591). **(j)** Detalhe do tecido de preenchimento de *G. vaginata* com variação (HRCB 61007). Abreviaturas: co = células oblíquas; hp = hipoderme; II = sistema vascular abaxial; III = sistema vascular adaxial; pa = parênquima aquífero; tr = tricoma; \* = lacuna de ar; linha tracejada = feixes do sistema vascular principal I. Barras de escalas: a, b = 120µm; c, d, f = 20µm; e, i = 40µm; g = 70µm.

formado por feixes maiores e mais alongados, com calota de fibras adjacente ao xilema e ao floema, e organizados em “V” (Figs. 8a, b, 9a). O número de feixes neste sistema varia em 7 ou 18. O sistema vascular abaxial (sistema II) contém feixes de maior (com calota de fibras adjacente ao xilema e ao floema) e menor calibres (Fig. 9a, b) que variam em número de 11 a 79. O sistema vascular adaxial (sistema III) é formado por feixes vasculares geralmente reduzidos, invertidos ou inclinados (Fig. 9c, d), que podem estar localizados entre os feixes vasculares do sistema I (Fig. 9a, c, d). O número de feixes vasculares do sistema III varia de 2 a 18. Os feixes menores dos sistemas II e III são totalmente envolvidos por fibras (Fig. 9b, c).

Todas as espécies estudadas apresentam lacunas de ar, que podem estar alternadas com os feixes vasculares do sistema I (Fig. 9a); essas lacunas possuem diafragmas formados por células braciformes (Fig. 9e). Idioblastos fenólicos e idioblastos de cristais de oxalato de cálcio prismáticos e aciculares ocorrem no parênquima de preenchimento (Fig. 9f). Também há estegmatas associados às fibras mais externas dos feixes vasculares, contendo sílica de formato esférico ou em formato de chapéu (Fig. 9g). Grãos de amido ocorrem nas células parenquimáticas próximas aos feixes vasculares (Fig. 9h), evidenciados através da reação positiva ao Lugol (Fig. 9i).

Os caracteres anatômicos observados no pulvino das espécies estudadas de *Goeppertia* estão sumarizados nas Tabelas 2 e 3.

### 3. Pecíolo

A maioria das espécies estudadas de *Goeppertia* possui pecíolo com formato levemente plano-convexo em corte transversal (Fig. 10a), variando para côncavo-convexo com expansões laterais em *G. applicata* (Fig. 10b), plano-convexo sulcado em *G. eximia* (Fig. 10c) e *G. fasciata*, côncavo-convexo em *G. insignis* e *G. vaginata* sem variação (Fig. 10d), plano-convexo em *G. brasiliensis*, *G. sellowii* e *G. sp.* (Fig. 10e) e elipsoide *G. cylindrica* (Fig. 10f), *G. fatimae*, *G. widgrenii* e *G. wiotiana*.

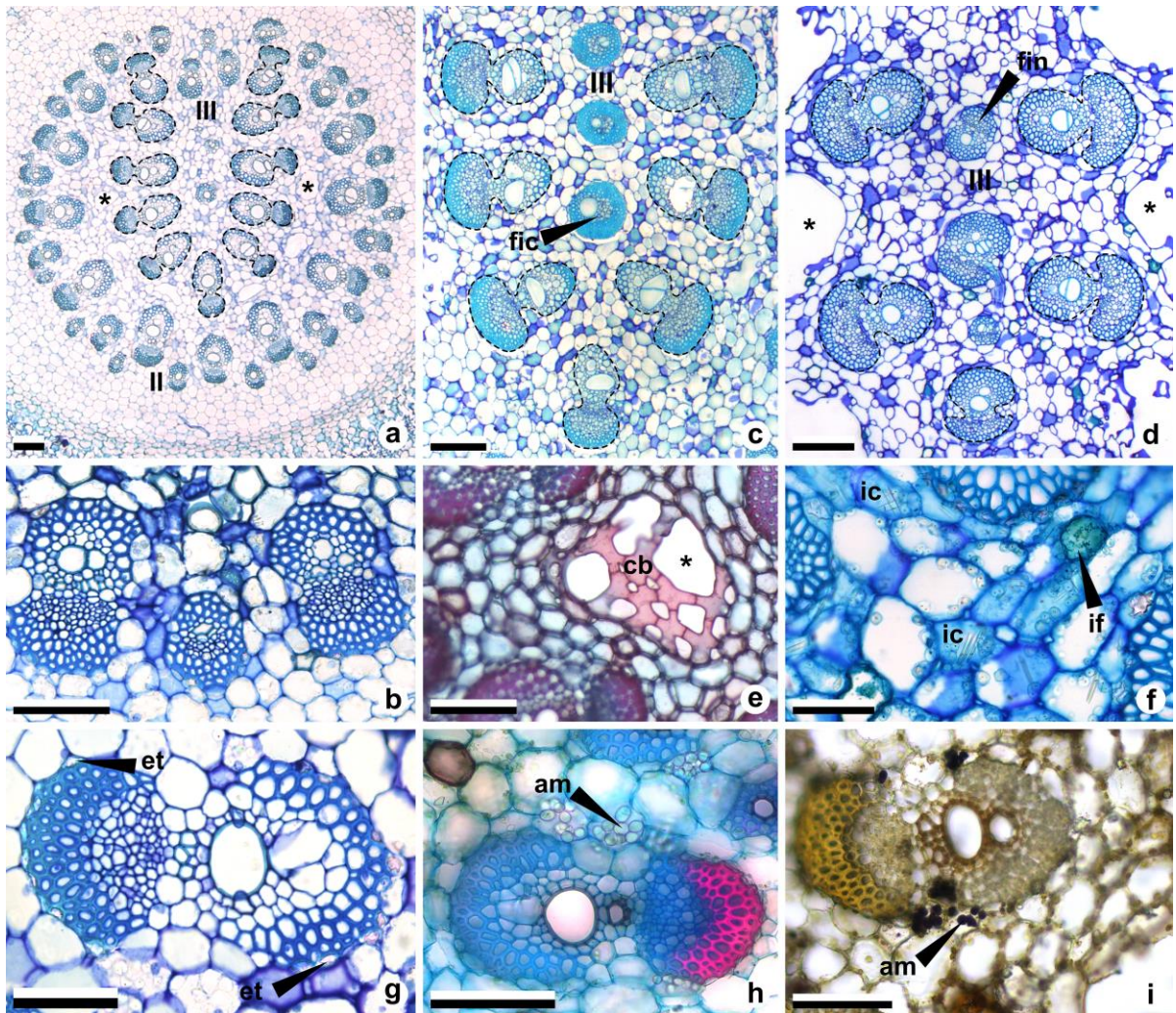


**Figura 9.** Aspectos anatômicos do pulvino das espécies estudadas de *Goeppertia*, em cortes transversais. **(a)** Detalhe do cilindro vascular de *G. kegeljani* com variação tipo “mosaica” (HRCB 61630). **(b)** Detalhe dos feixes vasculares do sistema abaxial II de *G. insignis* (adquirida comercialmente). **(c, d)** Detalhes dos sistemas vasculares I e III de *G. villosa* (HRCB 65615) e *G. orbifolia* (HPL 12739), respectivamente. **(e)** Detalhe de lacuna de ar de *G. widgrenii* (HRCB 61735). **(f)** Detalhe de idioblastos cristalíferos e fenólicos de *G. zebrina* (adquirida comercialmente). **(g)** Detalhe de feixe vascular com estegmatas de *G. bachemiana* (HPL 09674). **(h)** Detalhe de grãos de amido próximos ao feixe vascular de *G. applicata* (HRCB 61718). **(i)** Detalhe de grãos de amido com reação positiva ao Lugol de *G. kegeljani* com variação típica (HPL 05027). Abreviaturas: am = amido; cb = células braciformes; et = estegmatas; fic = feixe vascular inclinado; fin = feixe vascular invertido; ic = idioblasto cristalífero; II = sistema vascular abaxial; III = sistema vascular adaxial; \* = lacunas de ar; linha tracejada = feixes do sistema vascular principal I. Barras de escalas: a = 100µm; b = 70µm; c = 120µm; d, f–i = 20µm; e = 40µm.

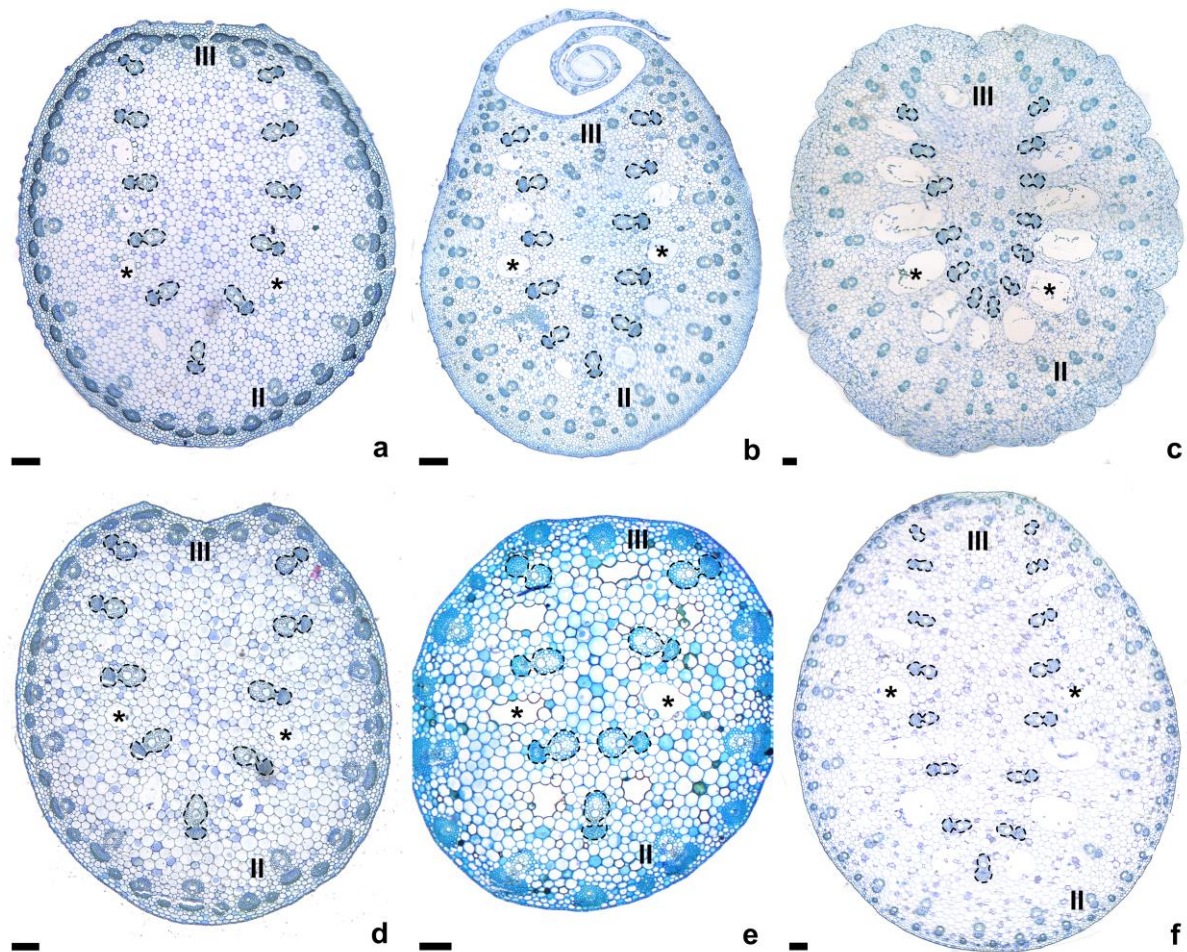


**Figura 10.** Aspectos gerais do pecíolo das espécies estudadas de *Goepertia*, em cortes transversais. **(a)** Formato levemente plano-convexo de *G. vaginata* (HRCB 61007). **(b)** Formato côncavo-convexo com expansões laterais de *G. applicata* (HRCB 61718). **(c)** Formato plano-convexo sulcado de *G. eximia* (HRCB 63730). **(d)** Formato côncavo-convexo de *G. vaginata* sem variação (HRCB 61697). **(e)** Formato plano-convexo de *G. sp.* (HRCB 61676). **(f)** Formato elipsoide de *G. cylindrica* (HPL 11423). Abreviaturas: II = sistema vascular abaxial; III = sistema vascular adaxial; \* = lacunas de ar; linha tracejada = feixes do sistema vascular principal I. Barras de escalas: a–f = 120µm.

Na face adaxial, o pecíolo de todas as espécies estudadas de *Goeppertia* possui epiderme unisseriada e formada por células de formato retangular, com parede periclinal externa variável e paredes anticlinais levemente espessadas, com cutícula delgada (Fig. 11a–c). A parede periclinal externa é plana e levemente espessada na maioria das espécies (Fig. 11a), variando para convexa em *G. brasiliensis*, *G. cylindrica* (Fig. 11b), *G. fasciata*, *G. fatimae*, *G. kegeljani* e *G. sellowii* e levemente papilosas em *G. insignis* (Fig. 11c) e *G. vaginata*. Estômatos paracíticos, no mesmo nível das demais células epidérmicas, foram observados apenas em *G. kegeljani* com variação típica (Fig. 11d) e *G. vaginata*, onde variam entre as variedades. Tricomas tectores estão presentes (Fig. 11e), exceto em *G. bachemiana*, *G. cylindrica*, *G. kegeljani* com variação tipo “musaica”, *G. makoyana*, *G. widgrenii*, *G. wiotiana* e *G. sp.*

Na face abaxial, assim como na face adaxial, o pecíolo apresenta variação na parede periclinal externa das células epidérmicas. A maioria das espécies possui essa parede convexa e levemente espessada (Fig. 11f), exceto *G. makoyana*, *G. orbifolia*, *G. widgrenii*, *G. wiotiana* (Fig. 11g) e *G. sp.*, que a possuem plana e *G. vaginata* (Fig. 11h), que possui a possui levemente papilosa. Estômatos paracíticos, no mesmo nível das demais células epidérmicas, foram observados apenas em *G. insignis*, *G. kegeljani* com variação típica (Fig. 11i), *G. tuberosa* e *G. vaginata* sem variação. Tricomas tectores foram observados na maioria das espécies estudadas (Fig. 11j), exceto em *G. bachemiana*, *G. cylindrica*, *G. kegeljani* com variação tipo “musaica”, *G. vaginata* com variação, *G. widgrenii*, *G. wiotiana* e *G. sp.*

A hipoderme é unisseriada em ambas as faces na maioria das espécies estudadas (Fig. 11k), exceto em *G. bachemiana* (Fig. 11l), que possui hipoderme bisseriada em ambas as faces, e em *G. makoyana*, *G. vaginata* e *G. widgrenii* (Fig. 11m) que possuem hipoderme bisseriada apenas na face abaxial. Logo após a hipoderme, as células do parênquima aquífero estão dispostas em uma camada, com células de paredes delgadas (Fig. 11m). Em corte longitudinal, as células do parênquima aquífero possuem um formato poligonal (Fig. 12a).

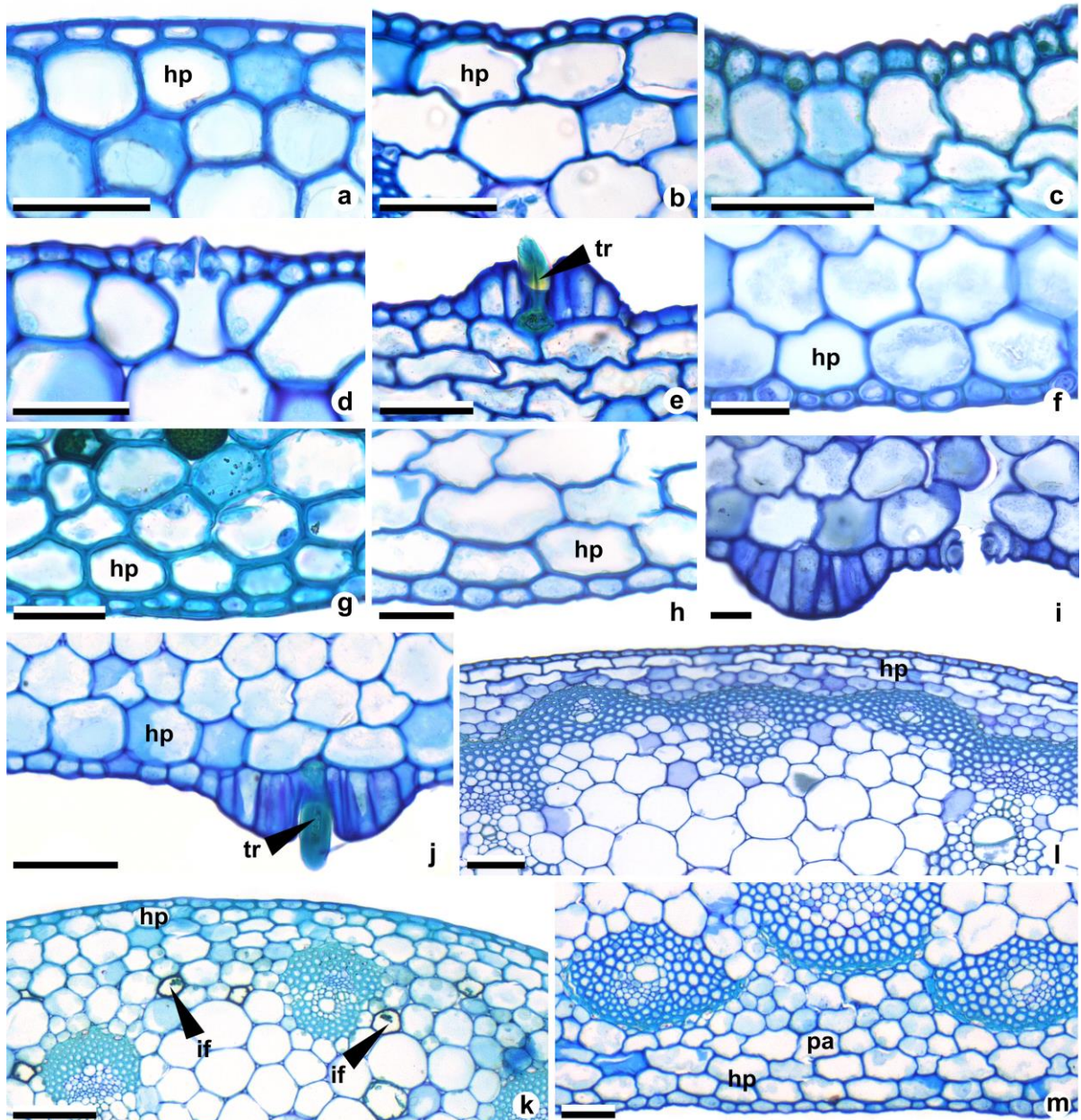


**Figura 11.** Aspectos anatômicos do pecíolo das espécies estudadas de *Goeppertia*, em cortes transversais. **(a–c)** Detalhes das faces adaxiais de *G. sp.* (HRCB 61676), *G. cylindrica* (HPL 11423) e *G. insignis* (adquirida comercialmente), respectivamente. **(d)** Detalhe de face adaxial com estômato de *G. kegeljani* com variação típica (HPL 05027). **(e)** Detalhe de face adaxial com tricoma de *G. vaginata* sem variação (HRCB 61697). **(f–h)** Detalhes das faces abaxiais de *G. applicata* (HRCB 61718), de *G. wiotiana* (HRCB 63751) e *G. vaginata* com variação (HRCB 61007), respectivamente. **(i)** Detalhe de face abaxial com estômato de *G. kegeljani* com variação típica (HPL 05027). **(j)** Detalhe de face abaxial com tricoma de *G. applicata* (HRCB 61718). **(k, l)** Detalhes das faces adaxiais de *G. wiotiana* (HRCB 63751) e *G. bachemiana* (HPL 09674), respectivamente. **(m)** Detalhe da face abaxial de *G. widgrenii* (HRCB 61735). Abreviaturas: hp = hipoderme; if = idioblasto fenólico; pa = parênquima aquífero; tr = tricoma. Barras de escalas: a–h = 20µm; i, j = 40µm; k–m = 70µm.

Em todas as espécies estudadas de *Goeppertia*, os feixes vasculares são colaterais e estão organizados em três sistemas vasculares (Fig. 10a–f), de forma semelhante ao que ocorre no pulvino e na nervura central, e estão distribuídos pelo parênquima homogêneo formado por células de paredes delgadas (Fig. 10a–f). O sistema vascular principal (sistema I) é formado por feixes dispostos em “V” (Fig. 10a–f); o número de feixes varia de 7 (Fig. 10e) a 20. O sistema vascular abaxial (sistema II) é constituído por feixes de maior e menor calibres (Fig. 12b). Não há constância no número de feixes deste sistema, que varia de 13 (Fig. 10e) a 74. O sistema vascular adaxial (III) é formado por feixes vasculares geralmente reduzidos, invertidos ou inclinados (Fig. 12c), que podem estar localizados entre os feixes do sistema I (Fig. 12c). O número de feixes do sistema III varia de 3 (Fig. 10e) a 18.

Os feixes maiores dos sistemas I e II possuem calota de fibras adjacente ao xilema e ao floema, geralmente mais conspícua próximo a esse último tecido (Fig. 12b–d). Os feixes menores que compõem os sistemas II e III estão totalmente envolvidos por fibras (Fig. 12b, e). Apenas em *G. bachemiana* as fibras dos feixes vasculares do sistema II se unem e formam cilindro contínuo, logo abaixo da hipoderme (Fig. 11l). Feixes de fibras isolados foram observados apenas em *G. cylindrica* (Fig. 12f) e *G. sellowii*, localizados entre os feixes do sistema II.

Todas as espécies estudadas apresentam lacunas de ar, que estão geralmente alternadas com os feixes vasculares do sistema I (Fig. 10a–f); essas lacunas possuem diafragmas formados por células braciiformes (Fig. 12g). Idioblastos fenólicos (Figs. 11k, 12h) e idioblastos de cristais de oxalato de cálcio prismáticos e aciculares (Fig. 12i) ocorrem no parênquima de preenchimento. Estegmatas associam-se às fibras mais externas dos feixes vasculares, contendo sílica de formato esférico ou em formato de chapéu (Fig. 12j). Apenas em *G. bachemiana* observa-se que os estegmatas formam uma zona contínua periférica, já que são adjacentes às fibras dos feixes vasculares (Fig. 12k).

Os caracteres anatômicos observados no pecíolo das espécies estudadas de

*Goeppertia* estão sumarizados nas Tabelas 2e 3.

## DISCUSSÃO

No presente estudo 131 características micromorfológicas e anatômicas foliares foram analisadas em 19 espécies de *Goeppertia*, sendo 80 dessas características homogêneas. Dentre essas características homogêneas, incluindo as regiões da lâmina foliar, pulvino e pecíolo, podem ser destacadas a epiderme unisseriada, recoberta por cutícula delgada e formada por células com parede periclinal externa levemente espessada e paredes anticlinais sinuosas tipo “S” e levemente espessadas; estômatos paracíticos levemente acima ou no mesmo nível das demais células epidérmicas; presença de hipoderme; mesofilo dorsiventral; feixes vasculares colaterais; presença de parênquima aquífero formado por células oblíquas; presença de idioblastos fenólicos e cristais de sílica. Além desses caracteres, lacunas de ar estão presentes no pecíolo e pulvino nas espécies estudadas, onde neste último também foi observado parênquima aquífero, formado por células oblíquas e voltado para ambas as faces.

Várias dessas características, como a cutícula delgada, paredes anticlinais sinuosas, estômatos no mesmo nível ou levemente acima das demais células epidérmicas e mesofilo dorsiventral, poderiam estar relacionadas com a ocorrência das espécies estudadas de *Goeppertia* no estrato herbáceo da Mata Atlântica, assim como já relatado para espécies de Heliconiaceae (Simão e Scatena 2001), como adaptações a ambientes úmidos e sombreados (Pykkö 1966; Dahlgren et al. 1985), porém foram também comuns às duas espécies estudadas típicas do Cerrado, *G. sellowii* e *G. villosa*, o que sugere que estas características podem ser úteis para a caracterização destas espécies.

Dentre as Zingiberales, a sinuosidade das paredes anticlinais das células epidérmicas foliares é uma característica comum a outras espécies de Marantaceae (Tomlinson 1961a, 1969; Lindorf 1980; Espírito Santo 1998; Espírito Santo e Pugialli 1998) e Heliconiaceae

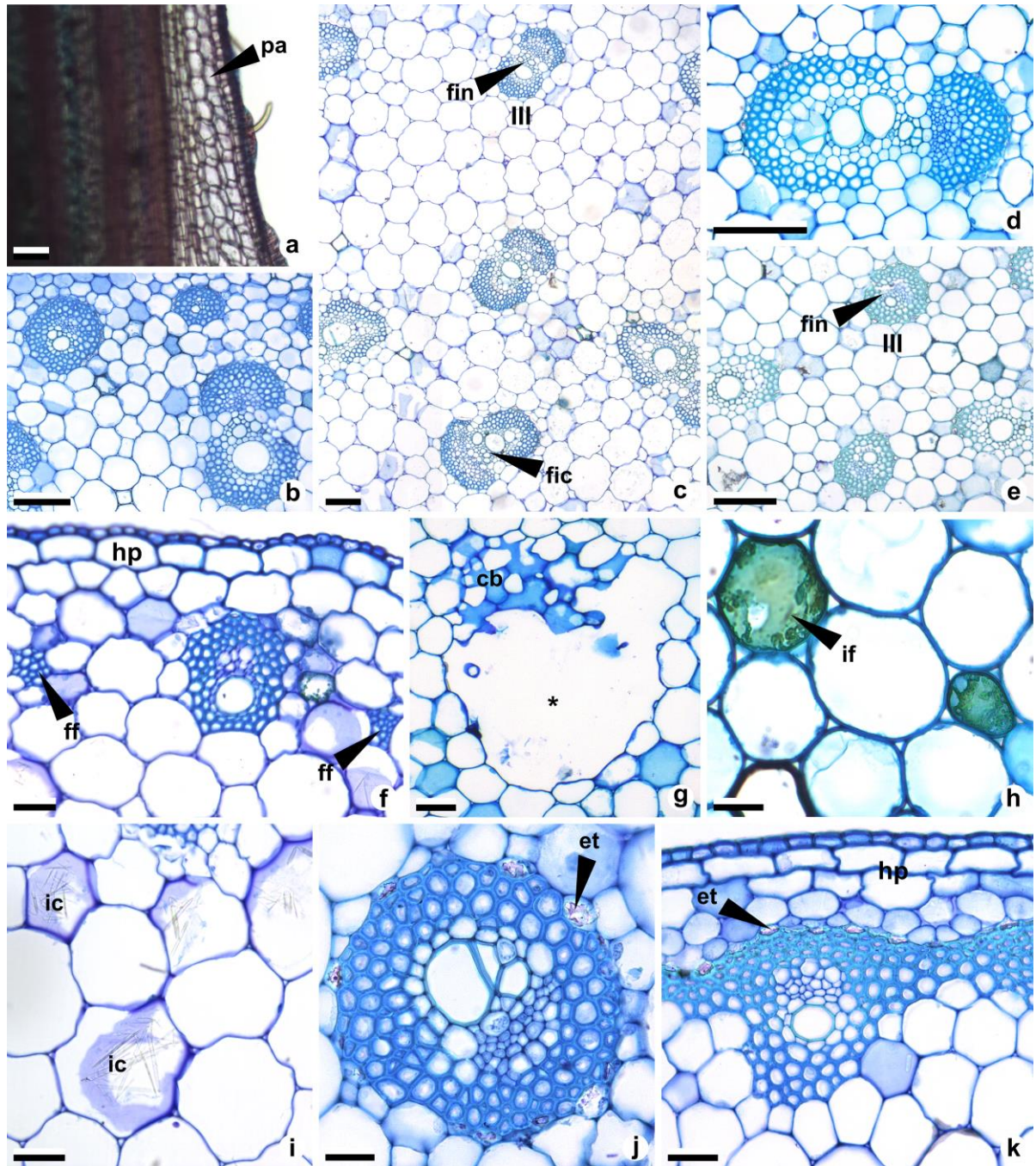


**Figura 12.** Aspectos anatômicos do pecíolo das espécies estudadas de *Goeppertia*, em cortes longitudinal (a) e transversais (b–k). (a) Detalhe do parênquima aquífero de *G. bachemiana* (HPL 09674). (b) Detalhe de feixes vasculares do sistema II de *G. sellowii* (HRCB 64068). (c) Detalhe de feixes inclinados e invertidos de *G. orbifolia* (HPL 12739). (d) Detalhe de feixe vascular do sistema I de *G. fatimae* (HRCB 58736). (e) Detalhe de feixe vascular invertido de *G. wiotiana* (HRCB 63751). (f) Detalhe de feixes de fibras isolados de *G. cylindrica* (HPL 11423). (g) Detalhe de lacuna de ar de *G. applicata* (HRCB 61718). (h) Detalhe de idioblastos fenólicos de *G. sp.* (HRCB 59141). (i) Detalhe de idioblastos cristalíferos de *G. cylindrica* (HPL 11423). (j, k) Detalhes de estegmatas associados aos feixes vasculares de *G. applicata* (HRCB 61718) e *G. bachemiana* (HPL 09674), respectivamente. Abreviações: cb = células braciformes; et = estegmatas; ff = feixes de fibras isolados; fic = feixe vascular inclinado; fin = feixe vascular invertido; hp = hipoderme; I = sistema vascular principal; ic = idioblasto cristalífero; if = idioblasto fenólico; III = sistema vascular adaxial; pa = parênquima aquífero; \* = lacuna de ar. Barras de escalas: a = 70µm; b, c, e, g = 40µm; d, f, h–k = 20µm.

**Tabela 2.** Números atribuídos aos caracteres micromorfológicos e anatômicos e seus estados nas folhas das espécies estudadas de *Goeppertia*.

| <b>Número do caráter</b> | <b>Descrição do caráter e os estados observados (não-ordenados)</b>                                                                                                   |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.                       | Lâmina foliar, cera epicuticular, tipo de deposição, face adaxial: granuloso (0), em placas irregulares (1)                                                           |
| 2.                       | Lâmina foliar, célula epidérmica, formato, vista frontal, face adaxial: poligonal alongado (0), tetragonal (1), tetragonal alongado (2)                               |
| 3.                       | Lâmina foliar, célula epidérmica, formato, vista frontal, face abaxial: tetragonal (0), tetragonal alongado (1)                                                       |
| 4.                       | Lâmina foliar, estômato, face adaxial: ausente (0), presente (1)                                                                                                      |
| 5.                       | Lâmina foliar, tricoma, face adaxial: ausente (0), presente (1)                                                                                                       |
| 6.                       | Lâmina foliar, tricoma, face abaxial: ausente (0), presente (1)                                                                                                       |
| 7.                       | Lâmina foliar, tricoma, tipo, face abaxial: tector unicelular (0), malpighiáceo (1)                                                                                   |
| 8.                       | Lâmina foliar, célula epidérmica, parede periclinal externa, formato, corte transversal, face adaxial: convexo (0), papiloso (1)                                      |
| 9.                       | Lâmina foliar, célula epidérmica, formato, corte transversal: papiloso (0), retangular (1)                                                                            |
| 10.                      | Lâmina foliar, hipoderme, tamanho das células, ambas as faces: adaxial > abaxial (0), adaxial $\geq$ abaxial (1)                                                      |
| 11.                      | Lâmina foliar, bordo, formato, corte transversal: agudo (0), obtuso (1)                                                                                               |
| 12.                      | Lâmina foliar, bordo, constituição anatômica, corte transversal: epiderme + 1 camada de hipoderme (0), epiderme + 1 camada de hipoderme + parênquima clorofiliano (1) |
| 13.                      | Lâmina foliar, nervura central, formato, corte transversal: côncavo-convexo (0), côncavo-convexo sulcado na face abaxial (1), convexo-convexo (2), plano-convexo (3)  |
| 14.                      | Lâmina foliar, nervura central, feixe vascular, disposição: 2 sistemas (0), 3 sistemas (1)                                                                            |
| 15.                      | Lâmina foliar, nervura central, sistema vascular I, número de feixes: 3 (0), 4 (1), 5 (2), 6 (3), 7 (4), 8 (5)                                                        |
| 16.                      | Lâmina foliar, nervura central, sistema vascular II, número de feixes: 4 (0), 5 (1), 6 (2), 7 (3), 8 (4), 9 (5), 10 (6), 14 (7), 16 (8), 19 (9), 23 (10), 24 (11)     |
| 17.                      | Lâmina foliar, nervura central, sistema vascular III, número de feixes: 0 (0), 1 (1), 2 (2), 3 (3), 5 (4)                                                             |
| 18.                      | Lâmina foliar, nervura central, feixe vascular invertido/inclinado: ausente (0), presente (1)                                                                         |
| 19.                      | Lâmina foliar, nervura central, lacuna de ar: ausente (0), presente (1)                                                                                               |
| 20.                      | Lâmina foliar, nervura central, lacuna de ar, número: 0 (0), 4 (1), 6 (2)                                                                                             |
| 21.                      | Pulvino, formato, em corte transversal: circular (0), elipsoide (1)                                                                                                   |
| 22.                      | Pulvino, célula epidérmica, parede periclinal externa, formato, corte transversal, ambas as faces: plano (0), convexo (1)                                             |
| 23.                      | Pulvino, tricoma, face adaxial: ausente (0), presente (1)                                                                                                             |

- 
24. Pulvino, tricoma, face abaxial: ausente (0), presente (1)
  25. Pulvino, sistema vascular I, número de feixes: 7 (0), 9 (1), 11 (2), 13 (3), 14 (4), 15 (5), 17 (6), 18 (7)
  26. Pulvino, sistema vascular II, número de feixes: 11 (0), 16 (1), 17 (2), 19 (3), 21 (4), 24 (5), 28 (6), 32 (7), 33 (8), 35 (9), 37 (10), 38 (11), 41 (12), 46 (13), 53 (14), 58 (15), 64 (16), 65 (17), 73 (18), 79 (19)
  27. Pulvino, sistema vascular III, número de feixes: 2 (0), 3 (1), 4 (2), 5 (3), 6 (4), 7 (5), 8 (6), 9 (7), 10 (8), 11 (9), 12 (10), 13 (11), 16 (12), 17 (13), 18 (14)
  28. Pulvino, feixe vascular invertido: ausente (0), presente (1)
  29. Pulvino, feixe vascular inclinado: ausente (0), presente (1)
  30. Pulvino, feixe vascular, calota de fibras, localização: feixes do sistema I e feixes maiores do sistema II (0), feixes do sistema I e feixes maiores dos sistemas II e III (1)
  31. Pulvino, feixe vascular, totalmente envolvido por fibras, localização: feixes menores do sistema II (0), feixes menores do sistema II e feixes do sistema III (1)
  32. Pulvino, lacuna de ar, número: 6 (0), 8 (1), 10 (2), 12 (3), 13 (4), 14 (5), 16 (6), 17 (7)
  33. Pecíolo, formato, corte transversal: côncavo-convexo (0), côncavo-convexo com expansões laterais (1), elipsoide (2), levemente plano-convexo (3), plano-convexo (4), plano-convexo sulcado (5)
  34. Pecíolo, célula epidérmica, parede periclinal externa, formato, corte transversal, face adaxial: convexo (0), levemente papiloso (1), plano (2)
  35. Pecíolo, célula epidérmica, parede periclinal externa, formato, corte transversal, face abaxial: convexo (0), levemente papiloso (1), plano (2)
  36. Pecíolo, estômato, face adaxial: ausente (0), presente (1)
  37. Pecíolo, estômato, face abaxial: ausente (0), presente (1)
  38. Pecíolo, tricoma, face adaxial: ausente (0), presente (1)
  39. Pecíolo, tricoma, face abaxial: ausente (0), presente (1)
  40. Pecíolo, hipoderme, número de camadas de células, face adaxial: 1 (0), 2 (1)
  41. Pecíolo, hipoderme, número de camadas de células, face abaxial: 1 (0), 2 (1)
  42. Pecíolo, sistema vascular I, número de feixes: 7 (0), 8 (1), 9 (2), 11 (3), 13 (4), 14 (5), 15 (6), 19 (7), 20 (8)
  43. Pecíolo, sistema vascular II, número de feixes: 13 (0), 15 (1), 19 (2), 36 (3), 44 (4), 49 (5), 50 (6), 51 (7), 55 (8), 58 (9), 61 (10), 62 (11), 64 (12), 66 (13), 67 (14), 68 (15), 74 (16)
  44. Pecíolo, sistema vascular III, número de feixes: 3 (0), 5 (1), 6 (2), 7 (3), 8 (4), 9 (5), 10 (6), 11 (7), 12 (8), 16 (9), 17 (10), 18 (11)
  45. Pecíolo, feixe vascular invertido: ausente (0), presente (1)
  46. Pecíolo, feixe vascular inclinado: ausente (0), presente (1)
  47. Pecíolo, feixe vascular, calota de fibras, localização: feixes do sistema I e feixes maiores do sistema II (0), feixes do sistema I e feixes maiores dos sistemas II e III (1)
  48. Pecíolo, feixe vascular, totalmente envolvido por fibras, localização: feixes menores do sistema II (0), feixes menores dos sistemas II e III (1)
-

---

|     |                                                                                                |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 49. | Pecíolo, cilindro vascular delimitado por calota contínua de fibras: ausente (0), presente (1) |
| 50. | Pecíolo, fibras, feixes isolados: ausentes (0), presentes (1)                                  |
| 51. | Pecíolo, lacuna de ar, número: 6 (0), 8 (1), 10 (2), 11 (3), 12 (4), 14 (5), 16 (6)            |

---

**Tabela 3.** Matriz de caracteres micromorfológicos e anatômicos foliares das espécies estudadas de *Goeppertia*.

| Espécies \ Caracteres                         | 1                | 2 | 3 | 4                | 5                | 6                | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
|-----------------------------------------------|------------------|---|---|------------------|------------------|------------------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <i>G. applicata</i>                           | 0                | 2 | 1 | 1                | 0                | 1                | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 2  | 1  | 0  | 6  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 2  | 13 |
| <i>G. bachemiana</i>                          | 0                | 1 | 1 | 0                | 0                | 0                | - | 0 | 1 | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 3  | 5  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 2  | 6  |
| <i>G. brasiliensis</i>                        | 0                | 2 | 0 | 1                | 0                | 1                | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 1  | 3  | 1  | 2  | 4  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 2  | 10 |
| <i>G. cylindrica</i>                          | 0                | 0 | 0 | 1                | 0                | 0                | - | 0 | 1 | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 6  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 5  | 17 |
| <i>G. eximia</i>                              | 0                | 2 | 1 | 0                | 0                | 1                | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 3  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 4  | 15 |
| <i>G. fasciata</i>                            | 0                | 1 | 1 | 0                | 0                | 0/1 <sup>7</sup> | - | 0 | 1 | 1  | 0  | 0  | 3  | 1  | 3  | 6  | 3  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 6  | 18 |
| <i>G. fatimae</i>                             | 0                | 1 | 1 | 0                | 0                | 1                | 1 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 3  | 11 | 4  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 7  | 19 |
| <i>G. insignis</i>                            | 0                | 2 | 0 | 0/1 <sup>3</sup> | 0                | 0                | - | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 4  |
| <i>G. kegeljani</i> (variação típica)         | 0                | 1 | 1 | 1                | 0                | 0                | - | 0 | 1 | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 2  | 4  | 2  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| <i>G. kegeljani</i> (variação tipo “musaica”) | 0                | 1 | 1 | 1                | 0                | 1                | 0 | 0 | 1 | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 2  | 9  |
| <i>G. makoyana</i>                            | 0                | 2 | 0 | 0                | 0                | 0                | - | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  |
| <i>G. orbifolia</i>                           | 0                | 1 | 1 | 1                | 0                | 0                | - | 0 | 1 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 4  | 8  | 4  | 1  | 1  | 2  | 1  | 0  | 1  | 1  | 2  | 11 |
| <i>G. tuberosa</i>                            | 0/1 <sup>1</sup> | 2 | 1 | 1                | 0                | 0                | - | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 3  | 5  |
| <i>G. vaginata</i> (sem variação)             | 0                | 2 | 0 | 1                | 0                | 1                | 0 | 0 | 1 | 1  | 0  | 1  | 3  | 1  | 1  | 2  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 2  | 8  |
| <i>G. vaginata</i> (com variação)             | 0                | 2 | 0 | 1                | 0                | 1                | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 1  | 3  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 7  |
| <i>G. widgrenii</i>                           | 0                | 2 | 1 | 0/1 <sup>4</sup> | 0                | 0                | - | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 3  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 5  | 14 |
| <i>G. wiotiana</i>                            | 0/1 <sup>2</sup> | 1 | 1 | 1                | 0                | 0                | - | 0 | 1 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 2  |
| <i>G. zebrina</i>                             | 0                | 1 | 0 | 1                | 0                | 0                | - | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 3  | 9  | 4  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 4  | 13 |
| <i>G. sp.</i>                                 | 0                | 2 | 1 | 1                | 0                | 0                | - | 0 | 1 | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 2  | 5  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 2  | 3  |
| <i>G. sellowii</i>                            | 1                | 0 | 0 | 1                | 0/1 <sup>5</sup> | 1                | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 5  | 10 | 2  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 16 |
| <i>G. villosa</i>                             | 0                | 0 | 1 | 1                | 0/1 <sup>6</sup> | 1                | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 4  | 7  | 3  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 3  | 12 |

Legenda:   = Mata Atlântica;   = Cerrado; células destacadas= caracteres exclusivos das espécies; <sup>1</sup>*G. tuberosa* HPL 05037, <sup>2</sup>*G. wiotiana* M.T.C. Lacerda s.n., <sup>3</sup>*G. insignis* HRCB59148, <sup>4</sup>*G. widgrenii* HRCB 74094, <sup>5</sup>*G. sellowii* HRCB 62031, <sup>6</sup>*G. villosa* HRCB 60259-a, <sup>7</sup>*G. fasciata* HRCB 68068.

**Tabela 3.** Continuação.

| Espécies \ Caracteres                         | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 |
|-----------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <i>G. applicata</i>                           | 11 | 1  | 1  | 1  | 0  | 2  | 1  | 2  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 3  | 16 | 8  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  |
| <i>G. bachemiana</i>                          | 4  | 0  | 1  | 1  | 0  | 2  | 3  | 2  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 4  | 6  | 5  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 4  |
| <i>G. brasiliensis</i>                        | 3  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 3  | 7  | 7  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 6  |
| <i>G. cylindrica</i>                          | 10 | 1  | 1  | 0  | 1  | 5  | 2  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 6  | 11 | 5  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 4  |
| <i>G. eximia</i>                              | 7  | 1  | 1  | 0  | 1  | 4  | 5  | 2  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 7  | 13 | 11 | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 5  |
| <i>G. fasciata</i>                            | 12 | 1  | 1  | 0  | 1  | 6  | 5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 5  | 10 | 10 | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 4  |
| <i>G. fatimae</i>                             | 7  | 1  | 1  | 0  | 1  | 7  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 8  | 9  | 9  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 6  |
| <i>G. insignis</i>                            | 2  | 0  | 0  |    | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <i>G. kegeljani</i> (variação típica)         | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 6  | 15 | 8  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 2  |
| <i>G. kegeljani</i> (variação tipo “musaica”) | 4  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 4  | 12 | 4  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 3  |
| <i>G. makoyana</i>                            | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 3  | 2  | 2  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 2  | 2  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  |
| <i>G. orbifolia</i>                           | 9  | 1  | 1  | 1  | 0  | 2  | 3  | 2  | 2  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 6  | 4  | 6  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 2  |
| <i>G. tuberosa</i>                            | 3  | 0  | 1  | 1  | 0  | 3  | 3  | 2  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 3  | 8  | 5  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 2  |
| <i>G. vaginata</i> (sem variação)             | 5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 3  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 3  | 5  | 3  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 2  |
| <i>G. vaginata</i> (com variação)             | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 3  | 2  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  |
| <i>G. widgrenii</i>                           | 13 | 0  | 1  | 1  | 0  | 3  | 2  | 2  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 6  | 9  | 10 | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 4  |
| <i>G. wiotiana</i>                            | 3  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 2  | 3  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  |
| <i>G. zebrina</i>                             | 6  | 1  | 1  | 0  | 1  | 4  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  |
| <i>G. sp.</i>                                 | 7  | 0  | 1  | 0  | 1  | 2  | 4  | 2  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  |
| <i>G. sellowii</i>                            | 14 | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 14 | 9  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 2  |
| <i>G. villosa</i>                             | 7  | 1  | 0  | 0  | 1  | 3  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  |

Legenda:  = Mata Atlântica;  = Cerrado; células destacadas= caracteres exclusivos das espécies.

(Tomlinson 1962; Kress 1990) e é considerada como uma característica homoplástica (Kress 1990), pois só ocorre nestas duas famílias da ordem. Essa característica é comum às espécies que crescem em ambientes úmidos e com pouca luminosidade (Pyykkö 1966; Wilkinson 1979), aumentando a área de contato entre as células epidérmicas e, assim, a eficiência da folha na captação e utilização da energia luminosa durante a fotossíntese (Haberlandt 1914; Wylie 1943; Wilkinson 1979; Bone et al. 1985).

Muitas espécies de *Goeppertia* podem apresentar lâmina foliar com diferentes padrões de variação, o que, de acordo com Tomlinson (1961a, 1969), pode ser resultado de características estruturais, como a quantidade de cloroplastos e a presença de pigmentos, como xantofila, em regiões do mesófilo, ou a diferentes tamanhos e formatos do parênquima paliádico e das células da hipoderme. Nas espécies de *Goeppertia* aqui estudadas, não foi observada nenhuma diferença anatômica expressiva entre as regiões variegadas e não variegadas analisadas em uma mesma folha.

A presença de hipoderme em todas as partes foliares das espécies aqui estudadas de *Goeppertia* corrobora dados prévios reportados recentemente para o gênero por Albuquerque (2009), que estudou as espécies *G. cylindrica*, *G. mansonis* (Körn.) Borchs. & S.Suárez, *G. wiotiana* e *G. zingiberina* (Körn.) Borchs. & S.Suárez. Além disso, também corrobora observações prévias para espécies anteriormente classificadas como *Calathea*, como *G. angustifolia* (Körn.) Borchs. & S.Suárez, *G. argyrophylla* (Linden ex K. Koch) Borchs. & S.Suárez, *G. insignis*, *G. rufibarba* (Fenzl) Borchs. & S.Suárez, *G. wiotiana*, *G. zebrina* (Tomlinson 1961a, 1969) e *G. allouia* (Aubl.) Borchs. & S.Suárez (Uliana 1999), bem como para outros táxons da família, como diferentes espécies de *Calathea* (Tomlinson 1961a, 1962; Lindorf 1980; Uliana 1999), *Schumannianthus virgatus* (Roxb.) Rolfe. (Govindalaraju, 1968), *Ischnosiphon* (Anderson 1977), *Maranta* L. (Uliana 1999), *Sarante* e *Stromanthe* (Espírito Santo e Pugialli 1998). Essa característica é, segundo Tomlinson (1956), comum em Zingiberales e é registrada na lâmina foliar de outras famílias da ordem, como Cannaceae

(Tomlinson 1961b, 1962, 1969), Heliconiaceae (Tomlinson 1959, 1969; Triplett e Kirchoff 1991; Rundel et al. 1998; Simão e Scatena 2001) e Zingiberaceae (Tomlinson 1956, 1969; Albuquerque e Neves 2004). Segundo alguns autores, as células hipodérmicas têm a função de armazenar e transportar água (Skutch 1930; Madison 1977; Tomlinson 1969). O tecido hipodérmico também pode atenuar a incidência direta da luminosidade sobre o parênquima clorofiliano (Rundel et al. 1998; Simão e Scatena 2001), onde as espécies de Cerrado podem estar mais expostas. Porém, o tecido hipodérmico apresentou aqui padrão semelhante entre as espécies de Cerrado e as de Mata Atlântica analisadas.

A presença, no pulvino das espécies de *Goeppertia* aqui analisadas, de células parenquimáticas dispostas de maneira a formar um ângulo oblíquo em relação ao seu eixo longitudinal também é registrada em espécies da Mata Atlântica de *Saranthe* (Espírito Santo 1998) e de *Stromanthe* (Espírito Santo e Pugialli 1998). Essas células, denominadas células oblíquas por Tomlinson (1961a, 1969), em conjunto com a hipoderme, estão relacionadas à função do pulvino de movimentar a lâmina foliar nas espécies de Marantaceae (Herbert e Larsen 1985; Tomlinson 1962; Satter 1990), semelhante ao que ocorre nas folhas de representantes de Fabaceae Lindl. (p.e., Campbell et al. 1979; Herbert 1984; Grignon et al. 1992; Rodrigues e Machado 2006). Essa movimentação ocorre devido a diferentes pressões de turgor nas células do parênquima aquífero desta região (Vieira e Machado 1992) e estaria mais intimamente relacionada com as variações de luminosidade do que de temperatura (Herbert e Larsen 1985; Ehleringer e Forseth 1989), pois a movimentação foliar permite que a planta, mesmo em condições hídricas ideais, diminua a área foliar exposta à incidência luminosa direta e, por consequência, sobre o aparato fotossintético, auxiliando a manter reguladas a temperatura e também reduzir a perda de água (Herbert e Larsen 1985; Tomlinson 1962; Ehleringer e Forseth 1989). A presença de estômatos em ambas as faces do pulvino das espécies aqui estudadas de *Goeppertia* pode estar relacionada com esse tecido aquífero e a sua capacidade de ganhar e perder água.

Além do pulvino, as células oblíquas também foram observadas na face abaxial da nervura central de todas as espécies estudadas, predominantemente em uma única camada, concordando com o que foi reportado para espécies anteriormente posicionadas em *Calathea* (Tomlinson 1961a, 1969; Uliana 1999) e *G. cylindrica*, *G. mansonis* e *G. zingiberina* (Albuquerque 2009), além de outros gêneros da família como *Calathea*, *Ctenanthe*, *Hylaeanth* A.M.E. Jonker & Jonker, *Ischnosiphon*, *Koernickanthe* L.Andersson, *Maranta*, *Monotagma* K.Schum., *Myrosma* L.f., *Sarant*, *Stromanthe* e *Thalia* L (Tomlinson 1961a, 1969; Albuquerque 2009).

Além de Marantaceae, Tomlinson (1961b, 1969) relata a presença de células oblíquas na face abaxial da nervura e do pecíolo de alguns representantes de Cannaceae. Albuquerque (2009) menciona que, na região de transição do pulvino e pecíolo, ocorre um estreitamento gradual dessas células; exceto em uma espécie de *Monotagma*, que possuiu, neste local, uma região dilatada onde as células oblíquas se encerram abruptamente. Nas espécies aqui analisadas, observou-se, em corte longitudinal, que na região de transição entre o pulvino e o pecíolo também ocorre uma diminuição gradual dessas células até assumirem aspecto poligonal, como observado na porção mediana de todas as espécies analisadas.

Cristais prismáticos e aciculares de oxalato de cálcio foram encontrados em todas as espécies aqui estudadas de *Goeppertia*. Segundo Metcalfe e Chalk (1988), esses cristais podem atuar tanto no suporte mecânico quanto na proteção contra herbivoria. Também foram aqui observados cristais de sílica globulares, com superfície rugosa, contidos em idioblastos dispersos pelo parênquima clorofiliano – essa observação, além de corroborar os estudos de Tomlinson (1961a, 1962, 1969) para os gêneros *Calathea* (incluindo táxons atualmente em *Goeppertia*), *Ischnosiphon*, *Monotagma* e *Stromanthe*, também corrobora Albuquerque et al. (2013), que descrevem a sílica globular como sendo o tipo mais comum encontrado na lâmina foliar das espécies de *Goeppertia*, *Ischnosiphon*, *Maranta* e *Myrosma*. Segundo Prychid et al. (2004), a sílica globular é o tipo mais comum encontrado nas monocotiledôneas. Tomlinson

(1962, 1969), Metcalfe (1963), Dahlgren et al. (1985) e Prychid et al. (2004) relatam a presença de depósitos de sílica em todas as famílias de Zingiberales, principalmente junto às fibras dos feixes vasculares, mas também podendo ocorrer em outras partes do mesofilo, como no parênquima clorofiliano.

Dentre as 51 características micromorfológicas e anatômicas foliares que variaram nas espécies estudadas de *Goeppertia*, nove podem ser úteis na delimitação específica e cinco mostraram variação intraespecífica (Tabela 3).

Em todas as espécies de *Goeppertia* aqui estudadas, os tricomas são tectores unicelulares, não-ramificados, com base formada por células intumescidas e em nível acima das demais células epidérmicas, semelhante ao já descrito para espécies do gênero por Tomlinson (1961a, 1969), além de *Calathea*, *Ischnosiphon*, *Maranta* e *Monotagma*; exceção é *G. fatimae*, que apresenta, na face abaxial, tricomas malpighiáceos e, portanto, pode ser um caráter útil para delimitar esta espécie.

A presença de células epidérmicas papilosas ou com parede periclinal externa convexa tem papel importante na refração dos raios luminosos, principalmente em indivíduos que ocorrem em locais de pouca luminosidade (Haberlandt 1914; Lee e Graham 1986). Todas as espécies de *Goeppertia* aqui analisadas apresentaram lâmina foliar com células epidérmicas com paredes periclinais externas convexas em ambas as faces, exceto *G. zebrina*, que se destaca por ser a única espécie com células epidérmicas papilosas na face adaxial da lâmina foliar, característica consistente e já observada para a espécie por Tomlinson (1961a). Células epidérmicas papilosas também foram observadas na face abaxial da lâmina foliar de *G. allouia* (= *Calathea allouia* (Aubl.) Borchs. & S.Suárez – Uliana 1999) e em outros gêneros da família Marantaceae, como *Ischnosiphon* (Anderson 1977) e *Calathea* e *Maranta* (Uliana 1999).

Em todas as espécies de *Goeppertia* estudadas, o bordo foliar é agudo, com exceção de *G. bachemiana*, onde é obtuso e constitui, portanto, um caráter útil para sua diferenciação

taxonômica. Outro caráter útil na delimitação específica foi o formato da nervura central, em corte transversal, exclusivamente convexo-convexo em *G. applicata*.

Na região da nervura central da folha das espécies estudadas de *Goeppertia* foram observadas duas camadas de hipoderme na face adaxial, característica que também foi observada por Tomlinson (1961a, 1969) para outras espécies do gênero e de *Calathea*, *Maranta* e *Stromanthe*. Skutch (1930), ao estudar alguns gêneros de Zingiberales, como *Calathea*, *Canna* L., *Heliconia* L. e *Musa* L., menciona que a faixa de tecido hipodérmico próxima da nervura central, na região de transição com a lâmina foliar, pode estar relacionada com o enrolamento da folha, atuando como células de expansão. Algumas espécies de Marantaceae, quando submetidas às situações de aumento na temperatura ou estresse hídrico, podem sofrer um dobramento das laterais da lâmina foliar causado, por mudanças na pressão de turgor das células hipodérmicas (Skutch 1930; Turgut e Kadioglu 1998). No nosso estudo, foi possível observar uma sinuosidade nas paredes anticlinais em quase todas as células hipodérmicas de ambas as faces da lâmina e na face adaxial da nervura, o que pode estar relacionado com a capacidade de expansão das células e, conseqüentemente, a sua capacidade ganharem ou perderem água.

No pecíolo, a hipoderme apresentou, geralmente, um único estrato, exceto em *G. makoyana*, *G. vaginata* e *G. widgrenii*, que apresentaram dois estratos na face abaxial e em *G. bachemiana*, onde há dois estratos em ambas as faces. Tomlinson (1961a, 1969) menciona que, no pecíolo, é possível diferenciar as células hipodérmicas das demais células quando essas espécies possuem um tecido de sustentação bem desenvolvido. Na maioria das espécies de *Goeppertia* aqui estudadas, tal distinção foi mais evidente em corte longitudinal, tanto no pecíolo quanto na nervura central, uma vez que as células hipodérmicas possuem formato ligeiramente tabular. A realização de estudos ontogenéticos pode apontar informações relevantes sobre o número de camadas da hipoderme, principalmente no eixo foliar, visto a dificuldade de sua determinação baseada apenas no formato.

No pecíolo da maioria das espécies de *Goeppertia* aqui analisadas ocorreram fibras associadas aos feixes vasculares; *G. bachemiana* se destacou por apresentar um cilindro contínuo de fibras que pode ser considerada uma característica importante na sua delimitação. Segundo Tomlinson (1969), pode ocorrer uma zona fibrosa periférica contínua no pecíolo e bainha em todos os gêneros de Marantaceae, exceto em algumas espécies de *Calathea*, *Ctenanthe* e *Goeppertia*.

Tomlinson (1961a, 1969) menciona que o sistema vascular III do eixo foliar de diversos gêneros de Marantaceae, como *Calathea* (incluindo táxons atualmente em *Goeppertia*), *Ischnosiphon*, *Maranta*, *Monotagma*, *Stromanthe* e *Thalia*, pode conter feixes vasculares invertidos, característica também reportada por Govindalaraju (1968) para *Schumannianthus virgatus* (Roxb.) Rolfe. O mesmo foi observado espécies de *Calathea* e *Maranta* (Uliana 1999), em *Goeppertia* (*G. cylindrica*, *G. mansonis* e *G. zingiberina*) e *Saranthe* (Albuquerque 2009). Nas espécies de *Goeppertia* aqui analisadas, além dos feixes invertidos, foram observados feixes vasculares inclinados no sistema III do eixo foliar, com menor ocorrência na nervura central. Feixes vasculares inclinados são registrados por Simão e Scatena (2001) no pecíolo de espécies de Heliconiaceae ocorrentes na região da Mata Atlântica; essas autoras destacam que estas características podem ter um valor taxonômico nas Zingiberales. A presença destes feixes inclinados nas espécies de *Goeppertia* aqui estudadas não demonstrou aplicabilidade na diferenciação de espécies ou caracterização do gênero.

Feixes de fibras isolados foram observados apenas no pecíolo de *G. cylindrica* e *G. sellowii* e sua presença pode estar relacionada com o grande porte destas espécies (lâmina foliar medindo  $34,2-48,3 \times 15,9-24,1$  cm em *G. cylindrica* e  $17,2-37,4(-43,1) \times 9,2-16(-20,5)$  em *G. sellowii* – senso Saka 2016), uma vez que a presença de tecido mecânico promove maior sustentação das folhas em espécies com grande porte (Albuquerque 2009). Feixes de fibras isolados são descritos em órgãos foliares e outros órgãos vegetativos de Zingiberales, como por exemplo, no pecíolo de *Alpinia* (Zingiberaceae) (Albuquerque e

Neves 2004) e também em Heliconiaceae, onde esta característica é relatada nos rizomas, folhas, escapo e brácteas involucrais de espécies de *Heliconia* (Simão e Scatena 2001, 2004); nas brácteas, a distribuição e localização dos feixes de fibras demonstram aplicabilidade na delimitação infragenérica (Simão e Scatena 2004). Em Marantaceae, feixes de fibras isolados são descritos na bainha foliar de algumas espécies de *Goeppertia* (Tomlinson 1961a, 1969), no pecíolo e escapo de *G. allouia* (Uliana 1999) e para o eixo e bainha foliar de *G. cylindrica*, *G. mansonis*, *G. wiotiana* e *G. zingiberina* (Albuquerque 2009); também são descritos para outros gêneros da família, como no escapo de *Stromanthe* e *Thalia* e na bainha foliar de *Calathea*, *Ctenanthe*, *Maranta* e *Thalia* (Tomlinson 1961a, 1969) e no pecíolo e escapo de espécies de Mata Atlântica de *Calathea* e *Maranta* (Uliana 1999). Além das funções principais de proteção e sustentação, bem como sua relevância para delimitação taxonômica, as fibras possuem relevante importância econômica que, mais especificamente para Marantaceae, já foi relatada por diversos autores, principalmente referente à utilização e comercialização por populações indígenas e ribeirinhas (Nakazono e Piedade 2004; Forzza 2007; Costa et al. 2008; Branãs et al. 2016).

Dentre as cinco características com variação intraespecífica (Tabela 3), a deposição em placas irregulares da cera epicuticular na lâmina foliar de espécimes de *G. tuberosa* e de *G. wiotiana* não permitiu a utilização do caráter no nível específico, conforme indicado por Ciciarelli et al. (2007) para espécies de *Canna* (Cannaceae).

Os outros caracteres que apresentaram variação em seus estados, dentre as populações analisadas, foram: presença de estômatos em ambas as faces da lâmina foliar de um indivíduo de *G. insignis* e de *G. widgrenii*; presença de tricomas na face adaxial da lâmina foliar de um espécime de *G. sellowii* e *G. villosa*; e presença de tricomas na face abaxial da lâmina foliar de um espécime de *G. fasciata*. *Goeppertia sellowii* e *G. villosa* são espécies de Cerrado e a presença de tricomas na face adaxial da lâmina foliar pode estar relacionada aos fatores ambientais e, portanto, com pouca utilidade taxonômica para estas espécies, uma vez

que esses apêndices conferem maior proteção contra a luminosidade direta (Pyykkö 1966), condição comum neste bioma. Tomlison (1961a) menciona que, para Marantaceae, é comum uma mesma espécie apresentar variações anatômicas, relacionadas com o ambiente em que essas espécies ocorrem e que, portanto, têm escasso valor taxonômico.

Os resultados obtidos neste estudo são relevantes para o conhecimento anatômico de *Goeppertia*, indicando homogeneidade de diversos caracteres micromorfológicos e anatômicos foliares das espécies da Mata Atlântica, porém, apontando caracteres diagnósticos no nível específico.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS** (segundo normas do periódico Plant Systematics and Evolution)

Albuquerque ESB (2009) Anatomia foliar de Marantaceae do Brasil. PhD Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

Albuquerque ESB, Neves LJ (2004) Anatomia foliar de *Alpinia zerumbet* (Pers.) Burt & Smith (Zingiberaceae). Acta Bot Brasil 18(1): 109–121. doi: 10.1590/S0102-33062004000100010

Albuquerque ESB, Braga JMA, Vieira RC (2013) Morphological characterisation of silica phytoliths in Neotropical Marantaceae leaves. Pl Syst Evol 299(9): 1659–1670. doi: 10.1007/s00606-013-0823-9

Albuquerque ESB, Tenorio V, Braga JMA, Vieira RC (2020) Anatomy of leaf edges in Marantaceae in the Neotropics: the relationship between vernation and leaf asymmetry and contributions to the systematics of the family. Bot J Linn Soc 192(2): 435–448. doi: 10.1093/botlinnean/boz081

Andersson L (1977) The genus *Ischnosiphon* (Marantaceae). Opera Bot. (Suede) 43: 1–113.

- Andersson L (1998) Marantaceae. In: Kubitzki K (ed) The families and genera of vascular plants. IV. Flowering plants – monocotyledons: Alismatanae and Commelinanae (except Gramineae). Springer, Berlin, pp 278–293.
- Andersson L, Chase MW (2001) Phylogeny and classification of Marantaceae. Bot J Linn Soc 135: 275–287. doi: 10.1006/boj.1.2000.0418
- APG IV (2016) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Bot J Linn Soc 181(1): 1–20. doi: 10.1111/boj.12385
- Barrett CF, Davis JI, Leebens-Mack J, Conran JG, Stevenson DW (2013) Plastid genomes and deep relationships among the commelinid monocot angiosperms. Cladistics 29: 65–87. doi: 10.1111/j.1096-0031.2012.00418.x
- Barthlott W, Neinhuis C, Cutler D, Ditsch F, Meusel I, Theisen I, Wilhelmi H (1998) Classification and terminology of plant epicuticular waxes. Bot J Linn Soc 126: 237–236. doi: 10.1111/j.1095-8339.1998.tb02529.x
- Bentham G (1883) *Tribus II. Maranteae*. In: Bentham G, Hooker JD (eds) *Genera Plantarum – ad exemplaria imprimis in Herbariis Kewensibus servata definita*, vol. 3, pt. 2, L. Reeve & Co., London, pp 649–654. doi: 10.5962/bhl.title.747
- Bertrand L (1958) Contributions à l'étude anatomique des Marantacées africaines. Bull Inst Etudes Centrafric 15–16: 99–144.
- Bone RA, Lee DW, Norman JM (1985) Epidermal cells functioning as lenses in leaves of tropical rain-forest shade plants. App Optics 24(10): 1408–1412. doi: 10.1364/AO.24.001408
- Borchsenius F, Suárez LSS, Prince LM (2012) Molecular phylogeny and redefined generic limits of *Calathea* (Marantaceae). Syst Bot 37(3): 620–635. doi: 10.1600/036364412X648571
- Brañas MM, Pérez CCN, Gómez RZ (2016) Identificación de especies del género *Ischnosiphon* utilizadas por dos comunidades Ticuna del Perú para elaborar sus tejidos tradicionales. Ciencia Amazónica (Iquitos) 6(2): 116–123. doi: 10.22386/ca.v6i2.119

- Campbell NA, Stika KM, Morrison GH (1979) Calcium and potassium in the motor organ of the sensitive plant: localization by ion microscopy. *Science* 204(4389), 185–187. doi: 10.1126/science.204.4389.185
- Chase MW, Fay MF, Devey DS, Maurin O, Rønsted N, Davies TJ, Pillon Y, Pertersen G, Seberg O, Tamura MN, Asmussen CB, Hilu K, Borsch T, Davis JI, Stevenson DW, Pires JC, Givnish TJ, Sytsma KJ, McPherson MA, Graham SW, Rai HS (2006) Multigene analyses of monocot relationships: a summary. *Aliso* 22(1): 63–75.
- Ciciarelli MM, Passarelli LM, Roller CH (2017) Caracteres foliares en diez especies neotropicales y argentinas de *Canna* (Cannaceae, Zingiberales). *Bol Soc Argent Bot* 52(1): 89–106.
- Costa FRC, Espinelli FP, Figueredo FOG (2008) Guia de Marantáceas da Reserva Ducke e Rebio Uatumã – Amazônia Central. Áttema Design Editorial Ltda, Manaus
- Dahlgren RMT, Clifford HT, Yeo PF (1985) The families of the monocotyledons - structure, evolution, and taxonomy. Springer-Verlag, Berlin
- Davis JI, Stevenson DW, Petersen G, Seberg O, Campbell LM, Freudenstein JV, Goldman DH, Hardy CR, Michelangeli FA, Simmons MP, Specht CD, Vergara-Silva F, Gandolfo M (2004) A phylogeny of the monocots, as inferred from *rbcL* and *atpA* sequence variation, and a comparison of methods for calculating jackknife and bootstrap values. *Syst Bot* 29(3): 467–510. doi: 10.1600/0363644041744365
- Ehleringer JR, Forseth IN (1989) Diurnal leaf movements and productivity in canopies. In: Russell G, Marshall B, Jarvis PG (eds) *Plant canopies: their growth, form and function*, Cambridge Univ Press, Cambridge, pp 129–142
- Endress PK, Baas P, Gregory M (2000) Systematic plant morphology and anatomy: 50 years of progress. *Taxon* 49(3): 401–434. doi: 10.2307/1224342

- Espírito Santo A (1998) Anatomia foliar comparada entre indivíduos de sol e de sombra de *Saranthe eichleri* Petersen (Marantaceae) em dois ambientes distintos na Mata Atlântica. MSc Dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro
- Espírito Santo A, Pugialli HRL (1998) Estudo da plasticidade anatômica foliar de *Stromanthe thalia* (Vell.) J.M.A. Braga (Marantaceae) em dois ambientes de Mata Atlântica. *Rodriguésia* 50(76–77): 107–122. doi: 10.1590/2175-78601998199950767707
- Forzza RC (2007) Flora da Reserva Ducke, Amazonas, Brasil: Marantaceae. *Rodriguésia* 58(3): 533–543.
- Givnish TJ, Evans TM, Pires JC, Sytsma KJ (1999) Polyphyly and convergent morphological Evolution in Commelinales and Commelinidae: evidence from *rbcL* sequence data. *Molec Phylogen Evol* 12(3): 360–385. doi: 10.1006/mpev.1999.0601
- Govaerts R, Kennedy H (2006) World Checklist of Marantaceae. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Disponível em: <http://wcsp.science.kew.org/>, Acesso 05 Abril 2020
- Govindarajalu E (1968) Further contribution to the anatomy of the Marantaceae: *Schumannianthus virgatus* (Roxb.) Rolfe. *Proc Indian Acad Sci B* 68(5): 250–260.
- Grignon N, Touraine B, Grignon C (1992) Internal phloem in the pulvinus of soybean plants. *Amer J Bot* 79(3): 265–274. doi: 10.1002/j.1537-2197.1992.tb14547.x
- Haberlandt G (1914) *Physiological Plant Anatomy*. MacMillan and Co. Limited, London
- Herbert TJ (1984) Axial rotation of *Erythrina herbacea* leaflets. *Amer J Bot* 71(1): 76–79. doi: 10.1002/j.1537-2197.1984.tb12487.x
- Herbert TJ, Larsen PB (1985) Leaf movement in *Calathea lutea* (Marantaceae). *Oecologia* 67(2): 238–243. doi: 10.1007/BF00384292
- Hertweck KL, Kinney MS, Stuart SA, Maurin O, Mathews S, Chase MW, Gandolfo MA, Pires JC (2015) Phylogenetics, divergence times and diversification from three genomic partitions in monocots. *Bot J Linn Soc* 178(3): 375–393. doi: 10.1111/boj.12260
- Johansen DA (1940) *Plant microtechnique*. McGraw-Hill Book Company, New York

- Kaiser E (1880) Verfahren zur Herstellung einer tadellosen Glycerin-Gelatine. Bot Zentralbl 180: 25–26.
- Kennedy H (1978) Systematics and pollination of the “closed-flowered” species of *Calathea* (Marantaceae). Univ Calif Publ Bot 71: 1–90.
- Kennedy H, Andersson L, Hagberg M (1988) Marantaceae. In: Harling G, Andersson L (eds) Flora of Ecuador, vol. 32, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, pp 11–188
- Koch K, Bhushan B, Barthlott W (2008) Diversity of structure, morphology and wetting of plant surfaces. Soft Matter 4(10): 1943–1963. doi: 10.1039/b804854a
- Kress WJ (1990) The phylogeny and classification of the Zingiberales. Ann Missouri Bot Gard 77(4): 698–721. doi: 10.2307/2399669
- Kress WJ, Prince LM, Hahn WJ, Zimmer EA (2001) Unraveling the evolutionary radiation of the families of the Zingiberales using morphological and molecular evidence. Syst Biol 50(6): 926–944. doi: 10.1080/106351501753462885
- Lee DW, Graham R (1986) Leaf optical properties of rainforest sun and extreme shade plants. Amer J Bot 73(8): 1100–1108. doi: 10.1002/j.1537-2197.1986.tb08557.x
- Lindorf H (1980) Estructura foliar de quince Monocotiledoneas de sombra del bosque nublado de Rancho Grande: I. Bifaciales: Araceae, Marantaceae y Musaceae. Mem Soc Ci Nat La Salle 40(113): 19–72.
- Madison M (1977) Vascular epiphytes: their systematic occurrence and salient features. Selbyana 2(1): 1–13.
- Metcalf CR (1963) Comparative anatomy as a modern Botanical discipline: with special reference to recent advances in the systematic anatomy of monocotyledons. In: Preston RD (ed) Advances in Botanical Research, vol. 1, Academic Press, London, pp 101–147
- Metcalf CR, Chalk L (1988) Anatomy of the Dicotyledons – leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses, vol. I, Clarendon Press, Oxford

- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–858. doi: 10.1038/35002501
- Nakazono, E. M., & Piedade, M. T. F. (2004) Biologia e ecologia do arumã, *Ischnosiphon polyphyllus* (Marantaceae), no arquipélago de Anavilhanas, Rio Negro, Amazônia Central. *Brazil J Bot* 27(3), 421–428. doi: 10.1590/S0100-84042004000300003
- O'Brien TP, Feder N, McCully ME (1965) Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma* 59: 367–373.
- Petersen OG (1890) Marantaceae. In: von Martius CF, Urban I (eds.) *Flora Brasiliensis*, vol. 3, pt 3, Monachii, Leipzig, pp 81–172
- Prince LM, Kress WJ (2006) Phylogenetic relationships and classification in Marantaceae: insights from plastid DNA sequence data. *Taxon* 55(2): 281–296. doi: 10.2307/25065578
- Prychid CJ, Rudall PJ, Gregory M (2004) Systematics and biology of silica bodies in monocotyledons. *Bot Rev (Lancaster)* 69(4): 377–440. doi: 10.1663/0006-8101(2004)069[0377:SABOSB]2.0.CO;2
- Pyykkö M (1966) The leaf anatomy of East Patagonian xeromorphic plants. *Ann Bot Fenn* 3(4): 453–622.
- Rodrigues TM, Machado SR (2006) Anatomia comparada do pulvino primário de leguminosas com diferentes velocidades de movimento foliar. *Brazil J Bot* 29(4), 709–720. doi: 10.1590/S0100-84042006000400020
- Roeser KR (1962) Die Nadel der Schwarzkiefer-Massenprodukt und Kunstwert der Naturen. *Mikrokosmos* 61: 33–36.
- Rundel PW, Sharifi MR, Gibson AC, Esler KJ (1998) Structural and physiological adaptation to light environments in neotropical *Heliconia* (Heliconiaceae). *J Trop Ecol* 14(6): 789–801. doi: 10.1017/S0266467498000571

- Saka MN (2016) Revisão taxonômica e análises filogenéticas das espécies extra-amazônicas de *Goeppertia* Nees, clado *Breviscapus* (Marantaceae). PhD Thesis, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro
- Saka MN (2020) *Goeppertia*. In: Flora do Brasil 2020 em construção, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB137778>, Acesso 05 Abril 2020
- Saka MN, Figueiredo FOG, Lombardi JA, Borchsenius, FA (em prep.) High diversity of *Goeppertia* (Marantaceae) in the Atlantic Forest explained by rapid diversification after assembly of Cerrado. *Molec Phylogen Evol*
- Satter RL (1990) Leaf movements: an overview of the field. In: Satter RL, Gorton HL, Vogelmann, TC (eds) *The pulvinus: motor organ for leaf movement*, American Society of Plant Physiologists, Rockville, pp. 1–9
- Simão DG, Scatena VL (2001) Morphology and anatomy in *Heliconia angusta* Vell. and *H. velloziana* L.Emygd. (Zingiberales: Heliconiaceae) from the Atlantic forest of southeastern Brazil. *Brazil J Bot* 24(4): 415–424. doi: 10.1590/S0100-84042001000400007
- Simão DG, Scatena VL (2004) Morfoanatomia das brácteas em *Heliconia* (Heliconiaceae) ocorrentes no Estado de São Paulo, Brasil. *Acta Bot Brasil* 18(2): 261–270. doi: 10.1590/S0102-33062004000200006
- Skutch AF (1930) Unrolling of leaves of *Musa sapientum* and some related plants and their reactions to environmental aridity. *Bot Gaz (London)* 90(4): 337–365. doi: 10.1086/334109
- Stevens PF (2017) Angiosperm Phylogeny Website. Disponível em: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>, Acesso 8 Janeiro 2020
- Suárez S, Galeano G (1996) Las marantáceas de la región de Araracuara. *Tropenbos, Colombia*
- Thiers B (2020) Index Herbariorum. Disponível em: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>, Acesso 05 Abril 2020

- Tomlinson PB (1956) Studies in the systematic anatomy of the Zingiberaceae. Bot J Linn Soc 55(361): 547–559. doi: 10.1111/j.1095-8339.1956.tb00023.x
- Tomlinson PB (1959) An anatomical approach to the classification of the Musaceae. Bot J Linn Soc 55(364): 779–809. doi: 10.1111/j.1095-8339.1959.tb00040.x
- Tomlinson PB (1961a) Morphological and anatomical characteristics of the Marantaceae. Bot J Linn Soc 58(370): 55–78. doi: 10.1111/j.1095-8339.1961.tb01080.x
- Tomlinson PB (1961b) The anatomy of *Canna*. Bot J Linn Soc 56(368): 467–473. doi: 10.1111/j.1095-8339.1961.tb02541.x
- Tomlinson PB (1962) Phylogeny of the Scitamineae – morphological and anatomical considerations. Evolution 16(2): 192–213. doi: 10.2307/2406197
- Tomlinson PB (1969) Commelinales-Zingiberales. In: Metcalfe CR (ed) Anatomy of the monocotyledons, vol 3, Clarendon Press, Oxford, pp 341–359.
- Triplett JK, Kirchoff BK (1991) Lamina architecture and anatomy in the Heliconiaceae and Musaceae (Zingiberales). Canad J Bot 69(4): 887–900. doi: 10.1139/b91-115
- Turgut, R, Kadioglu, A (1998) The effect of drought, temperature and irradiation on leaf rolling in *Ctenanthe setosa*. Biol Pl 41(4): 629–633. doi: 10.1023/A:1001817105685
- Uliana VLCR (1999) Morfo-anatomia de espécies de Marantaceae do Núcleo Picinguaba, Ubatuba, SP. MSc Dissertation, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro
- Vieira RC, Machado RD (1992) Superfície foliar de *Bauhinia radiata* Vell. em dois ambientes. Hoehnea 19(1/2): 111–116.
- Wilkinson HP (1979) The plant surface (mainly leaf). In: Metcalfe CR, Chalk L (eds) Anatomy of the dicotyledons, vol. 1, 2<sup>nd</sup> ed, Claredon Press, Oxford, pp 97–165.
- Wylie RB (1943) The role of the epidermis in foliar organization and its relations to the minor venation. Amer J Bot 30(4): 273–280. doi: 10.2307/2437454

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies de Mata Atlântica aqui estudadas apresentaram algumas características micromorfológicas e anatômicas foliares comuns às espécies de ambientes úmidos, como: cutícula delgada, células epidérmicas com parede periclinal externa convexa e paredes anticlinais sinuosas, estômatos no mesmo nível ou levemente acima das demais células epidérmicas e mesofilo dorsiventral; porém, essas características também foram encontradas nas duas espécies de Cerrado aqui analisadas, o que não permite a relação dos caracteres ao ambiente de ocorrência das espécies, podendo ser, portanto, características conservativas com algum valor taxonômico para o gênero. A adição de mais espécies de Cerrado, bem como de outras pertencentes a outros biomas brasileiros, como Caatinga e Amazônia, poderia auxiliar a determinar a existência ou não dessas características ambientais. Além disso, alguns caracteres observados foram úteis na delimitação específica de algumas espécies aqui estudadas.

Os resultados aqui encontrados são relevantes para o conhecimento anatômico das espécies de *Goeppertia* na Mata Atlântica, uma vez que as espécies estudadas compreendem cerca de 40% do gênero neste bioma, bem como para o conhecimento anatômico do gênero. Esse conjunto de dados foliares pode ser útil em tratamentos sistemáticos infragenéricos futuros, uma vez que foram observadas características exclusivas a algumas espécies e o gênero ainda carece de um tratamento consistente.