

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
Dissertação será disponibilizado
somente a partir de 30/11/21.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



CARACTERÍSTICAS DA MICROMORFOLOGIA E ANATOMIA FOLIAR DE *NISSOLIA* JACQ. (LEGUMINOSAE, PAPILIONOIDEAE)

Vitória Floss da Veiga

Dissertação de mestrado apresentada
ao Instituto de Biociências, Câmpus de
Botucatu, UNESP, para obtenção do
título de Mestre no Programa de Pós-
Graduação em Ciências Biológicas
(Botânica), Área de concentração
Morfologia e Diversidade Vegetal.

BOTUCATU – SP

2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Julio de Mesquita Filho”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

CARACTERÍSTICAS DA MICROMORFOLOGIA E DA ANATOMIA FOLIAR NA
TAXONOMIA DE *NISSOLIA* JACQ. (LEGUMINOSAE, PAPILIONOIDEAE)

Vitória Floss da Veiga

Orientadora: Dr^a. Prof^a Silvia Rodrigues Machado
Co-orientadora: Dr^a. Prof^a Ana Paula Fortuna Perez

Dissertação de mestrado apresentada
ao Instituto de Biociências, Câmpus
de Botucatu, UNESP, para obtenção
do título de Mestre no Programa de
Pós-Graduação em Ciências
Biológicas (Botânica), Área de
concentração *Morfologia e*
Diversidade Vegetal.

BOTUCATU – SP

2021

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Veiga, Vitória Floss da.

Características da micromorfologia e da anatomia foliar
na taxonomia de *Nissolia Jacq.* (Leguminosae, Papilionoideae)
/ Vitória Floss da Veiga. - Botucatu, 2021

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de
Botucatu

Orientador: Silvia Rodrigues Machado

Coorientador: Ana Paula Fortuna Perez

Capes: 20302037

Botânica - Morfologia. 2. Estômatos. 3. Ciências
biológicas. 4. Leguminosa.

Palavras-chave: Cera epicuticular; Estômatos; Idioblasto de
mucilagem; Superfície foliar; Tricoma não-glandular.

**“Dedico esse trabalho às mulheres que lutaram e
lutam para que tenhamos liberdade, igualdade e
ciência feita por mulheres.”**

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento Profissional de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À **Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”**, Campus de Botucatu, e ao **Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica)**, pela estrutura e oportunidade.

À **Profª. Drª. Silvia Rodrigues Machado** pela orientação, ensinamentos e por todo acolhimento e confiança neste período; e também por fazer eu me apaixonar ainda mais pela anatomia vegetal.

À **Profª. Drª. Ana Paula Fortuna Perez** pela co-orientação, empréstimo do material analisado e auxílio nas análises taxonômicas.

À minha irmã científica **Karla de Deus Bento**, pelo carinho, apoio, acolhimento, ensinamentos e ajuda por toda essa trajetória; obrigada por segurar minha mão e me fazer voar.

À **Isabella Cristina de Castro**, pelo companheirismo, amor, suporte e me incentivar a lutar pelos meus sonhos.

À **Diana Pacheco Seixas**, pelo acolhimento, amizade, por todos os ensinamentos anatômicos e da vida.

Aos **colegas do LaPAV** (Laboratório de Pesquisas em Anatomia Vegetal), Daiane Maia, Tayeme Piva, Fernanda Helena, Stefany Cristina, pela amizade, agradável convívio e por todo auxílio e ensinamentos de técnicas em anatomia vegetal.

Aos funcionários do **Centro de Microscopia Eletrônica**, Unesp – Botucatu, pelo processamento das amostras e auxílio com as técnicas em microscopia.

Aos meus pais, **Beatriz Floss da Veiga** e **Arnaldo Moraes da Veiga** e minha **Avó Maria**, por toda a confiança, compreensão e apoio durante este processo, sem eles esta realização não seria possível.

À minha **gata Cacília**, pela companhia, afeto e distração nos bons e maus momentos.

Ao **Adriano Diego Zortea**, pelo amor, cuidado, companheirismo e ajuda na edição das pranchas.

Ao **Rubens Teixeira de Queiroz**, pelo empréstimo do material fotográfico.

E a todos que por ventura não tenha citado e que me ajudaram de maneira direta ou indiretamente, me apoiado para que esse processo fosse mais agradável e produtivo.

Agradeço!!

SUMÁRIO DE FIGURAS E TABELA

	Página
Figura 1- Aspecto geral de um exemplar de <i>Nissolia vincentina</i>	37
Figura 2 – Micromorfologia das superfícies foliolas de <i>Nissolia acutifolia</i> e <i>N. bracteosa</i>	38
Figura 3 – Micromorfologia das superfícies foliolas de <i>Nissolia brasiliensis</i> e <i>N. chacoensis</i>	39
Figura 4 – Micromorfologia das superfícies foliolas de <i>Nissolia fruticosa</i>	40
Figura 5 – Micromorfologia das superfícies foliolas de <i>Nissolia fruticosa</i> var. <i>guatemalensis</i> e <i>N. gentryi</i>	42
Figura 6 – Micromorfologia das superfícies foliolas de <i>Nissolia hintonii</i> e <i>N. klugii</i>	44
Figura 7 – Micromorfologia das superfícies foliolas de <i>Nissolia latisiliqua</i> e <i>N. laxior</i>	46
Figura 8 – Micromorfologia das superfícies foliolas de <i>Nissolia longiflora</i> e <i>N. microptera</i>	48
Figura 9 – Micromorfologia das superfícies foliolas de <i>Nissolia leiogyne</i> e <i>N. montana</i>	50
Figura 10 – Micromorfologia das superfícies foliolas de <i>Nissolia nigricans</i> e <i>N. platycarpa</i>	52
Figura 11 – Micromorfologia das superfícies foliolas de <i>Nissolia platycalyx</i> e <i>N. pringlei</i>	54
Figura 12 – Micromorfologia das superfícies foliolas de <i>Nissolia rondonensis</i> e <i>N. vincentina</i>	56
Figura 13 – Micromorfologia das superfícies foliolas de <i>Nissolia schottii</i> e <i>N. tomentosa</i>	58
Figura 14 – Micromorfologia das superfícies foliolas de <i>Nissolia wislizeni</i>	59

Figura 15 – Secções transversais do folíolo de <i>Nissolia acutifolia</i> , <i>N. blanchetiana</i> , <i>N. bracteosa</i> e <i>N. brasiliensis</i>	60
Figura 16 – Secções transversais do folíolo de <i>Nissolia chacoensis</i> , <i>N. fruticosa</i> e <i>N. fruticosa</i> var. <i>guatemalensis</i>	61
Figura 17 – Secções transversais do folíolo de <i>Nissolia gentry</i> , <i>N. hintonii</i> , <i>N. klugii</i> e <i>N. liogyne</i>	62
Figura 18 – Secções transversais do folíolo de <i>Nissolia longiflora</i> , <i>N. montana</i> , <i>N. platycarpa</i> e <i>N. pringlei</i>	63
Figura 19 – Secções transversais do folíolo de <i>Nissolia rondonensis</i> , <i>N. tomentosa</i> e <i>N. wislizeni</i>	64
Figura 20 - Fenograma dos caracteres dos folíolos de táxons pertencentes ao gênero <i>Nissolia</i> Jacq.	28
Figura 21 - Análise de Componentes Principais (eixos 1 e 2) baseada em 18 UTOs e caracteres informativos usados para delimitar táxons pertencentes ao gênero <i>Nissolia</i>	29
Figura 22 - Análise de Componentes Principais (eixos 1 e 3) baseada em 18 UTOs e caracteres informativos usados para delimitar táxons pertencentes ao gênero <i>Nissolia</i> Jacq.....	30
Tabela 1 - Táxons de <i>Nissolia</i> Jacq., distribuição geográfica, habitat e voucher	15
Tabela 2 - Lista de caracteres micromorfológicos e anatômicos, estados de caracteres analisados e códigos usados nas análises fenéticas.....	19
Tabela 3 - Caracteres da anatomia foliar de 26 espécies do gênero <i>Nissolia</i> Jacq.....	25

SUMÁRIO

	Página
ABSTRACT	12
INTRODUÇÃO.....	13
MATERIAL E MÉTODOS.....	15
Material botânico	15
Estudos de micromorfologia de superfície.....	18
Estudos anatômicos.....	18
RESULTADOS	20
Micromorfologia das superfícies foliulares.....	20
Anatomia do limbo foliolar	23
Epiderme	23
Mesofilo	24
Sistema Vascular	24
DISCUSSÃO	32
CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

RESUMO

Nissolia Jacq., alocado no clado *Adesmia* (Leguminosae: Papilionoidae: Dalbergieae) é composto por 29 espécies distribuídas nas Américas e seu centro de distribuição é o México. A diversidade de estruturas secretoras, tais como epiderme glandular, idioblastos, canais e cavidades secretoras, além de tricomas glandulares é reportada nos gêneros que integram o clado *Adesmia* e a importância da combinação de caracteres da micromorfologia de superfície e da anatomia foliar como fontes adicionais em estudos taxonômicos tem sido ressaltado em Leguminosae. Neste sentido, foram analisadas a micromorfologia de superfície e a anatomia foliolar de representantes de *Nissolia*, a fim de reconhecer potenciais caracteres anatômicos úteis para taxonomia, corroborando na identificação dos táxons do gênero, além de apontar características associadas com o ambiente de ocorrência dos táxons. Adicionalmente, análises fenéticas (UPGMA e PCA) foram utilizadas para verificar padrões de variação anatômica dentre os táxons estudados. Para isso, amostras obtidas de exsicatas provenientes de coleções brasileiras e herbários estrangeiros foram processadas seguindo métodos usuais em microscopia de luz e eletrônica de varredura. Características das superfícies foliolares como ceras epicuticulares em forma de placas, cutícula estriada, tricomas glandulares peltados, tricomas não-glandulares simples e estômatos com borda estomática espessa e elevada sobre a fenda estomática foram comuns a todos os táxons estudados. Do rol de 24 táxons estudados, 23 apresentaram folhas dorsiventrais, com um táxon isofacial; 17 foram hipostomáticos e oito anfiestomáticos. Nervura principal proeminente na face dorsal, estômatos com cristas estomáticas e câmaras supra e subestomática desenvolvidas, epiderme unisseriada, células da epiderme bi-compartimentada e com idioblastos secretores de mucilagem; feixes vasculares colaterais e com extensão de bainha parenquimática em direção à superfície adaxial ou ambas às superfícies foliolares. Os idioblastos ocorreram em ambas as superfícies foliares, contudo foram mais abundantes na superfície adaxial, onde são mais volumosos, com paredes primárias espessas e formato variando de oval a cônico. As análises de agrupamento (UPGMA e PCA) efetuadas com base dos caracteres micromorfológicos e anatômicos, evidenciaram que as espécies de *Nissolia* se enquadram em dois grandes grupos e em cada um destes grupos mais dois agrupamentos foram estabelecidos. Caracteres úteis para delimitação desses grupos, foram número de camadas do parênquima paliádico, posição dos tricomas e idioblastos na face abaxial. Em conclusão, alguns dos caracteres anatômicos da folha, por exemplo, tricomas não-glandulares, estômatos com anel periestomático, células epidérmicas papiliformes e idioblastos secretores de mucilagem, constituem características principais para o agrupamento das espécies, enquanto a presença de ceras em placas, tricomas glandulares, cristais prismáticos de

oxalato de cálcio e extensão da bainha do feixe podem ser usados para delimitar táxons dentro do gênero.

Palavras-chave: cera epicuticular, estômatos, idioblasto de mucilagem, superfície foliar, tricoma glandular, tricoma não-glandular.

ABSTRACT

The genus *Nissolia* Jacq., classified within the clade *Adesmia* (Leguminosae: Papilionoidae: Dalbergieae) is composed of 29 species distributed throughout the Americas and the distribution center is Mexico. A great diversity of secretory structures, such as the glandular epidermis, idioblasts, secretory canals and cavities, alongside glandular trichomes, is reported in the genera that integrate the *Adesmia* clade. The importance of combining characters of surface micromorphology and leaf anatomy as additional sources for taxonomic research has been repeatedly highlighted while studying Leguminosae. In this sense, we analysed both the surface micromorphology and leaflet anatomy of representatives of *Nissolia*, in order to recognise anatomical characters potentially useful for taxonomy, to corroborate the identification of different taxa in the genus, as well as to point out characteristics associated with the environment where each species occur. Additionally, we used phenetic analysis (UPGMA and PCA) in order to verify variation patterns amongst the species whose anatomy we studied. For that, samples obtained from exsiccates from several Brazilian and foreign collections and herbariums were processed following usual methods in light and electron microscopy. Several characters on the foliole surface, such as plate-shaped epicuticular wax, striated cuticle, peltate glandular trichomes, simple non-glandular trichomes, and stomata with thickened stomatal border, elevated above the stomatal slit, were common to all studied taxa. From a variety of 24 studied taxa, 23 bore dorsiventral leaves, only one taxon being isofacial; 17 were hypostomatic and 8 amphistomatic. Prominent main rib on dorsal surface, stomata with well-developed stomatal ridges and sub and suprastomatal chambers, uniseriate epidermis, bi-compartmented epidermal cells with mucilage-secreting idioblasts; collateral vascular bundles, with extensions of the parenchyma sheath towards either both surfaces, or only towards the adaxial one. Idioblasts occurred on both leaf surfaces, being more abundant on the adaxial surface, where they were larger in volume, with thick primary walls and presenting shapes varying from oval to conic. The cluster analyzes (UPGMA and PCA) carried out based on the micromorphological and anatomical characters, show that the *Nissolia* species fall into two large groups and in each of these groups two more groups were created. Useful characters for the delimitation of these groups were the number of layers of the palisade parenchyma, position of

the trichomes and idioblasts on the abaxial surface. In conclusion, some of the leaf anatomic characters – non-glandular trichomes, stomata with peristomatic rings, papilliform epidermal cells, and mucilage-secreting idioblasts, for instance – constitute the main characteristics for the classification and grouping of species, while the presence of plate-shaped wax, glandular trichomes, prismatic calcium oxalate crystals and extension of the bundle sheath, might be used to delimit taxa within the genus.

Keywords: epicuticular wax, stomata, mucilage idioblasts, leaf surface, glandular trichome,
n

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, G.M. 2006. Anatomia foliar de leguminosas arbóreas de cerrado com ênfase nas estruturas secretoras. M S Thesis, Universidade Estadual de Campinas.
- Amada, G., Onoda, Y., Ichie, T., Kitayama, K. 2017. Influence of leaf trichomes on boundary layer conductance and gas-exchange characteristics in *Metrosideros polymorpha* (Myrtaceae). *Biotropica* 49, 482–492.
- Aoyama, E.M., Mazzoni-Viveiros, S.C. 2006. Adaptações estruturais das plantas ao ambiente [Structural adaptations of plants to the environment]. São Paulo (SP): Instituto de Botânica – IBt.
- Araújo, J.S., Azevedo, A.A, Silva, L.C., Meira, R.M.S.A. 2010. Leaf anatomy as an additional taxonomy tool for 16 species of Malpighiaceae found in the Cerrado area (Brazil). *Plant Systematics and Evolution*, 286: 117-131.
- Araújo, J.S., Almeida, R.F., Meira, R.M.S.A. 2020. Taxonomic relevance of leaf anatomy in *Banisteriopsis* C.B. Rob. (Malpighiaceae). *Acta Botanica Brasilica* 34: 214-228.
- Ariano, A.P.R., Silva, I.V.D. 2016. Leaf anatomy of *Qualea parviflora* (Vochysiaceae) in three phytophysiognomies of the Mato Grosso State, Brazil. *Acta Amazonica*, 46: 119- 126.
- Ascensão, L. 2006. Estruturas secretoras em plantas; uma abordagem morfoanatômica. In: Figueiredo AC, JG Barroso, LG Pedro (Eds), 2006, *Potencialidades e Aplicações das Plantas Aromáticas e Medicinais. Curso Teórico-Prático*, pp. 19-28, Edição da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa - Centro de Biotecnologia Vegetal, Lisboa, Portugal.

- Appezzato-da-Glória, B., Carmello-Guerreiro, S.M. 2006. Anatomia Vegetal. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, UFV. 2 ed. 305p.
- Baranova, M.A. 1972. Systematic anatomy of the leaf epidermis in the Magnoliaceae and some related families. *Taxon* 21 (4): 447-469.
- Bentham, G. 1860. Synopsis of Dalbergieae, a tribe of Leguminosae. *Journal of the Linnean Society*, 4: 1-128.
- Bickford, C.P. 2016. Ecophysiology of leaf trichomes. *Functional Plant Biology*, 43, 807–814.
- Bieras, A.C., Sajo, M.G. 2004. Anatomia foliar de *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae) do Cerrado do estado de São Paulo, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 18: 601-612.
- Bozzola, J.J., Russel, L.D. 1992. *Eletron Microscopy*. Boston, Jones and Bartlett Publishers, 1992.
- Bredenkamp, C. L., Van Wyk, A. E. 1999. Structure of mucilaginous epidermal cell walls in *Passerina* (Thymeliaceae). *Botanical Journal os Linnean Society*, 129:223-238.
- Cappellari, L.D.R., Santoro, M.V., Reinoso, H., Travaglia, C., Giordano, W., Banchio, E. 2015. Anatomical, morphological, and phytochemical effects of inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria on peppermint (*Mentha piperita*). *Journal of Chemical Ecology*, 41, 149–158.
- Camargo, M.A.B., Marengo, R.A. 2011. Density, size and distribution of stomata in 35 rainforest trees species in Central Amazonia. *Acta Amazonica*, 41, 205–212.
- Cappellari, L. dR., Santoro, M.V., Reinoso, H., Travaglia, C., Giordano, W., Banchio, E. 2015. Anatomical, morphological, and phytochemical effects of inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria on peppermint (*Mentha piperita*). *Journal of Chemical Ecology*, 41, 149–158.
- Coutinho, I.A.C., Francino, D.M.T., Meira, R.M.S.A. 2013. Leaf anatomical studies of *Chamaecrista* subsect *Baseophyllum* (Leguminosae, Caesalpinioideae): new evidence for the up-ranking of the varieties to the species level. *Plant Systematics and Evolution* 299: 1709-1720.

- Coutinho, I.A.C., Rando, J.G., Conceição, A.S., Meira, R.M.S.A. 2016. A study of the morphoanatomical characters of the leaves of *Chamaecrista* (L.) Moench sect. Apoucouita (Leguminosae-Caesalpinioideae). *Acta Botanica Brasilica*, 30: 205-221.
- Clifford, S.C.; Arndt, S.K.; Popp, M. & Jones, H.G. 2002. Mucilages and polysaccharides in *Ziziphus* species (Rhamnaceae): localization, composition and physiological roles during drought-stress. *Journal of Experimental Botany* 53: 131-138.
- Crosby, K., Latta, R.G. 2013. A test of the reproductive economy hypothesis in plants: more offspring per capita come from large (not small) parents in *Avena barbata*. *Evolutionary Ecology*, 27, 193-203. DOI: 10.1007/s10682-012-9573-3
- Dunn, D.B., Sharma, G.K., Campbell, C. C. 1965. Stomatal patterns of dicotyledons and monocotyledons. *American Midland Naturalist*, 74: 185-195 *apud* Metcalfe, C. R. & Chalk, L. 1979. *Anatomy of Dicotyledons*. Oxford, Clarendon Press, v. I., 276.
- Dickison, W.C. 2000. Integrative plant anatomy. Harcourt academic press, San Diego.
- Elias, T.S. 1972. Morphology and anatomy of foliar nectaries of *Pithecellobium macradenium* (Leguminosae). *Botanical Gazette*, 133: 38-42.
- Ehleringer, J. 1984. Ecology and ecophysiology of leaf pubescence in North American desert plants. Rodriguez E., Healey P. L., Mehta I ed (s). *Biology and chemistry of plant trichomes*. Plenum Press: New York, etc: 113-132.
- Fahn, A. 1979. Nectaries. In: Fahn, A. ed. *Secretory tissues in plants*. London: Academic Press, 51 (1): 111-302.
- Fahn A., Cutler D.F. 1992. Xerophytes. In: *Handbuch der Pflanzenanatomie*, Spez. Teil. Bd. 13, T. e. Gebr. Borntraeger, Berlin.
- Ferreira, J.J.S., Fortuna-Perez, A.P., Lewis, G.P., Silva, J.S. 2021. Characteristics of the fruits of Brazilian species of *Stylosanthes* SW. (Leguminosae) and their taxonomic value. *International Journal of the Plant Sciences* 182(2): 133-150.

- Fortuna-Perez, A.P. 2005. Estudos anatômicos e fenéticos subsidiando a taxonomia no complexo *Zornia diphylla* (L.) Pers. (Leguminosae, Papilionoideae, Aeschynomeneae). MS Thesis, Universidade Estadual de Campinas.
- Fortuna-Perez, A.P., Castro, M.M., Tozzi, A. M. G. A. 2012. Leaflet secretory structures of five taxa of the genus *Zornia* J.F. Gmel. (Leguminosae, Papilionoideae, Dalbergieae) and their systematic significance. *Plant Systematic Evolution* 298: 1415–1424.
- Fortuna-Perez, A. P., Silva, M. J., Queiroz, L. P., Lewis, G. L., Simões, A. O., Tozzi, A. M. G. A., Sarkinen, T., Souza, A. P. 2013. Phylogeny and biogeography of the genus *Zornia* (Leguminosae: Papilionoideae: Dalbergieae). *Taxon* 62 (4): 723-732.
- Fortuna-Perez, A.P., Lewis, G.P., Castro, I., Veiga, V.F., Machado, S.R., Moura, T.M. 2021. A New Critically Endangered Species of *Nissolia* (Leguminosae, Papilionoideae, Dalbergieae) <https://doi.org/10.1600/036364421X16128061189459>
- Francino, D.M.T., Sant'Anna-Santos, B.F., Silva, K.L.F. Thadeo, M., Meira, R.M.S.A., Azevedo, A.A. 2006. Anatomia foliar e caulinar de *Chamaecrista trichopoda* (Caesalpinioideae) e histoquímica do nectário extrafloral. *Viçosa, Planta daninha*, 24 (4).
- Gomes, S.M., Somavilla, N.S.D.N., Gomes-Bezerra, K.M., Miranda, S.C., De- Carvalho, P.S., Graciano-Ribeiro, D. 2009. Anatomia foliar de espécies de Myrtaceae: contribuições à taxonomia e filogenia. *Acta Botanica Brasilica* 23: 223-238.
- Goswami, S., Karmakar, M., Roy, B. 2020. Assessment of foliar and floral micromorphology, pollen morphology and other reproductive traits of different colour-forms of *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw. Department of Botany, University of Calcutta, Kolkata. *Botanical Society of Bengal*, 74(2) : 91-104.
- Gregory, M., Baas, P. 1989. A survey of mucilage cells in vegetative organs of the dicotyledons. *Israel Journal Botany*, 38: 125–174.
- Jensen, W.A. 1962. Botanical histochemistry: principles and practice. San Francisco: Freeman Press. 8 (4): 480.
- Johnson, H.B. 1975. Plant pubescence: an ecological perspective. *The Botanical Review* 41(3): 233-258.
- Juniper, B.E., Jeffree, C. E. 1983. *Plant Surfaces*. Edward Arnold, London, 93.

- Kenzo, T., Ichie, T., Watanabe, Y., Hiromi, T. 2007. Ecological distribution of homobaric and heterobaric leaves in tree species of Malaysian lowland tropical rainforest. *American Journal of Botany* 94: 764-755.
- Klitgaard, B. B. & M. Lavin. 2005. Dalbergieae. Pp. 306–335 in G. P. Lewis, B. D. Schrire, B. A. Mackinder & M. Lock (editors), *Legumes of the World*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Kothari, M.J., Shah, G.L. 1975. Epidermal structures and ontogeny of stomata in the Papilionaceae (tribe Hedysareae). *Botanical Gazzete* 136: 372–379.
- Leelavathi, P., Ramayya, N., Prabhkar, M. 1980. Foliolar stomatal distribution patterns in Leguminosae and their taxonomic significance. *Phytomorphology* 30, 195-204.
- Lersten, N.R., Curtis, J.D. 1993. Subepidermal idioblasts in leaflet of *Caesalpinia pulcherrima* and *Parkinsonia aculeata* (Leguminosae: Caesalpinioideae). *Bull Torrey Botanical Club*, 120: 319–326.
- Lersten, N.R., Brubaker, C.L. 1987. Extrafloral nectaries in Leguminosae: Review and original observations in *Erythrina* and *Mucuna* (Papilionoideae: Phaseoleae). *Bull Torrey Botanical Club*, 114: 437–447.
- Larcher, W. 2000. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos–SP RiMa.
- LPWG (Legume Phylogeny Working Group). 2017. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. *Taxon* 6: 44-77.
- Marinho, C.R., Souza C.D., Barros, T.C., Teixeira, S.P. 2013. Scent Glands in legume Flower. *Plant Biology* 16: 215-226.
- Marinho, CR, Oliveira, R.B., Teixeira S.P. 2016. The uncommon cavitated secretory trichomes in *Bauhinia* s.s. (Fabaceae): the same roles in different organs. *Botanical Journal of the Linnean Society* 180: 104-122.
- Martin, J. R., Juniper, B. E. 1970. "The Cuticles of Plants." Arnold, London.
- Martini, M.H., Lenci, C.G., Tavares, D.Q. 2003. Mucilage pockets in cotyledon tissue of *Theobroma speciosum*. *Acta Microscopica* 12: 65-69.
- Marquiafável, F.S.; Ferreira, M.D.S.; Teixeira, S.P. 2009. Novel reports of glands in Neotropical species of *Indigofera* L. (Leguminosae, Papilionoideae). *Flora* 200: 189-197.

- Mendes, K.R., Fortuna-Perez, A.P., Rodrigues, T.M. 2019. Anatomia do folheto de *Poiretia* Vent. (Leguminosae, Papilionoideae, Dalbergieae) com ênfase em estruturas secretoras internas em apoio à taxonomia. *Flora* 260. DOI:10.1016/j.flora.2019.151484.
- Mott, K.A., Gibson A.C., O'Leary J.W. 1982 The adaptive significance of amphistomatic leaves. *Plant, Cell and Environment* 5: 455-460.
- Mott, K.A., Michaelson O. 1991. Amphistomy as an adaptation to high light intensity in *Ambrosia cordifolia* (Compositae). *American Journal of Botany* 78(1): 76-79.
- Mott, K.A., Buckley, T.N. 2000. Patchy stomatal conductance: emergent collective behaviour of stomata. *Trends in Plant Science* 5 (6): 258-262.
- Moura, T.M., Gereau, R.E., Sarkinen, T.E., Fortuna-Perez, A.P. 2018. A new circumscription of *Nissolia* (Leguminosae-Papilionoideae-Dalbergieae), with *Chaetocalyx* as a new generic synonym. *Novon* 26: 193-213.
- Metcalf, C. R., Chalk, L. 1950. *Anatomy of the Dicotyledons*. Clarendon Press, Oxford, 2: 1500.
- Metcalf, C.R., Chalk, L. 1979. *Anatomy of the dicotyledons*. Vol. 1. Systematic anatomy of the leaf and stem. 2nd. edn., Clarendon Press, Oxford.
- Metcalf, C.R.; Chalk, L. 1983. *Anatomy of the dicotyledons*. Wood, structure and conclusion of the general introduction. 2nd edn. Clarendon Press, Oxford, 2: 308.
- Murphy, P., Lugo, A. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Ecology of Tropical Dry Forest*, 17, 67-88.
- Nascimento, R. T.; Felfili, J. M; & Meireles, M. A. 2004. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de floresta estacional decidual de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. *Acta Botânica Brasilica*, 18 (3): 650-669.
- Neger, F.W. 1918. Die Wegsamkeit der Laubblätter für Gase. *Flora*, v.11, pp. 152-161. 1918.
- O'Brien, T.P., Feder, N., McCully, M.E. 1964. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma* 59 (1): 368-373.
- Oksanen, J. 2019. Community Ecology Package, package 'vegan'. GitHub, 286.
- Parkhurst, D.F. 1978. The adaptive significance of stomatal occurrence on one or both surfaces of leaves. *Journal Ecology* 66: 367-383.

- Parkhurst, D.F. 1994. Tansley Review No. 65. Diffusion of CO₂ and Other Gases Inside Leaves. *New Phytologist* 126 (3): 449-479.
- Panda, P., Bhuyan, S. K., Dash, C., Pradhan, D., Rath, G., Ghosh, G. 2020. Comparative morpho-micrometric analysis of some *Bauhinia* species (Leguminosae) from east coast region of Odisha, India. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 11: (3) 169-184.
- Pyykko, M. 1966. The leaf anatomy of east Patagonian xeromorphic plants. *Annales Botanici Fennici* 3: 453–622.
- Pacheco S. D., Fortuna-Perez, A. P., Rodrigues, T. M. 2019. *Leaf anatomical features of the Eriosema campestre* Benth. (Leguminosae, Papilionoideae, Phaseoleae) complex and potential taxonomic implications. *Flora* 253. 107–115. DOI: 10.1016/j.flora.2019.03.011
- Palermo, F. H., Teixeira, S. P., Mansano, V. F., Leite, V. G., Rodrigues, T. M. 2017. Secretory spaces in species of the clade Dipterygeae (Leguminosae, Papilionoideae). *Acta Botanica Brasilica* 31(3): 374–381. DOI:10.1590/0102-33062016abb0251
- Pimentel, R. R., Machado, S. R., Rocha, J. F. 2011. Estruturas secretoras de *Pavonia alnifolia* (Malvaceae), uma espécie ameaçada de extinção. *Rodriguésia* 62(2): 253-262.
- Pieruschka, R., Schurr, U; Jahnke, S. 2005. Lateral gas diffusion inside leaves. *Journal of Experimental Botany* 56: 857-867.
- Pieruschka, R., Schurr, U., Jensen, M., Wolff, W.F., Jahnke, S. 2006. Lateral diffusion of CO₂ from shaded to illuminated leaf parts affects photosynthesis inside homobaric leaves. *New Phytologist* 169: 779–787.
- Rashid, N., Zafar, M., Ahmad, M., Khan, M.A., Malik, K., Sultana, S., Shah, S.N. 2019. Taxonomic significance of leaf epidermis in tribe *Trifolieae* L. (Leguminosae; Papilionoideae) in Pakistan, *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* 153(3): 406–416. DOI: 10.1080/11263504.2018.1492995
- Roshchina, V.V.; Roshchina, V.D. 1993. The excretory function of higher plants. Berlin: Springer. 314 pp.
- Rodrigues, T.M., Amaro, A.C.E., Boaro, C.S.F., Mendes, K.R., Silva, S.C.M., Ferreira, V. Machado, S.R. 2017. Four distinct lead types in the Brazilian Cerrado, based on bundle sheath extension morphology. *Botany* 95(12): 1171–1178, DOI:10.1139/cjb-2017-0073

- Rudd, V. E. A. 1956. Revision of the genus *Nissolia*. Contributions from the United States National Herbarium 32 (2): 173–206.
- Rudd, V. E. A. 1983. A revision of the genus *Chaetocalyx*. Contributions from the United States National Herbarium 32 (3): 207–245.
- Reis, C., Proença, S.L, Sajo, M.G. 2004. Vascularização foliar e anatomia do pecíolo de Melastomataceae do cerrado do Estado de São Paulo, Brasil. Acta Botanica Brasilica 18: 987–999.
- Rio, M.C., Kinoshita, L.S., Castro, M.M. 2005. Anatomia foliar como subsídio para a taxonomia de espécies de *Forsteronia* G. Mey. (*Apocynaceae*) dos cerrados paulistas. Revista Brasileira de Botânica 28: 713–726.
- Rhizopoulou, S., Psaras, G. K. 2003. Development and Structure of Drought-tolerant Leaves of the Mediterranean Shrub *Capparis spinosa* L. Annals of Botany, 9 (3): 377 –38.
- Sánchez-Azofeifa G. A. 2005 Research priorities for neotropical dry forests. Biotropica, 37: 4.
- Sandquist, D. R.; Ehleringer, J. R. 1997. Intraspecific variation of leaf pubescence and drought response in *Encelia farinosa* associated with contrasting desert environments. New Phytologist, v. 135, p. 635-644.
- Sartori, A.L.B., Tozzi, A.M.G.A. 2002. Comparative leaflet anatomy in *Myrocarpus Allemaão*, *Myroxylon* L. f and *Myrospermum* Jacq. (Leguminosae-Papilionoideae-Sophoreae) species. Botanical Journal of the Linnean Society, 140: 249–259.
- Shepherd, G.J. 2010. FITOPAC 2: manual do usuário. Versão 2.1.2.85. UNICAMP, Campinas.
- Stace, C.A. 1965. Cuticular studies as an aid to plant taxonomy. Bulletin of the British Museum (Natural History) Botany, 4: 3–78.
- Silva, N., Arruda, R.O., Alves F., Sartori, A.L. 2018. Leaflet anatomy of the *Dipterygeae* clade (Fabaceae, Papilionoideae): evolutionary implications and systematics. Botanical Journal Linnean Society, 187: 99–117.
- Silva, I.C.C., Moura, T. M., Gissi, D. S., Fortuna-Perez, A. P. 2021. A new species of *Nissolia* Jacq. (Leguminosae, Papilionoideae) from Northern Brazil, recording a new gland type for the genus. Phytotaxa 482 (1): 080–086.
- Siebke, K., Weis, E. 1995. Assimilation images of leaves of *Glechoma hederacea*: analysis of non-synchronous stomata related oscillations. Planta 196: 155-165.

- Solereider, H. 1908. Systematic anatomy of the dicotyledons. A handbook for laboratories of pure and applied Botany. Clarendon Press, Oxford, 2 (10): 356-359.
- Seixas, D.P., Fortuna-Perez, A.P, Rodrigues, T.M. 2019. Leaf anatomical features of the *Eriosema campestre* Benth. (Leguminosae, Papilionoideae, Phaseoleae) complex and potential taxonomic implications. *Flora*, 253: 107–115. DOI: 10.1016/j.flora.2019.03.011
- Smith, F.H., Smith, E.C. 1942. Anatomy of the inferior ovary of *Darbya*. *American Journal Botany*, 29:464–471.
- Terashima, I. 1992. Anatomy of non-uniform leaf photosynthesis. *Photosynthesis Research*, 31, 195–212.
- Teixeira, S.P., Gabrielli, A.C. 2000. Anatomia do eixo vegetativo de *Dahlstedtia pinnata* (Benth.) Malme e *D. pentaphylla* (taub.) Burk. (Leguminosae, Papilionoideae). *Revista Brasileira de Botanica* 23: 1–11.
- Teixeira, S.P., Gabrielli, A.C. 2006. Taxonomic value of foliar characters in *Dahlstedtia* Malme - Leguminosae, Papilionoideae, Millettieae. São Paulo, *Acta Bot. Bras.* 20: (2).
- Teixeira, S.P., Rocha, J.F. 2009. Oil glands in the neotropical genus *Dahlstedtia* Malme (Leguminosae, Papilionoideae, Millettieae). *Revista Brasileira de Botânica* 32: 57–64.
- Tiago, P.V., Larocca, D., Silva, I.V., Carpejani, A. A., Tiago, A. V., Dardengo, J. F., Rossi, A. A.B. 2020. Caracterização morfoanatômica, fitoquímica e histoquímica de *Hymenaea courbaril* (Leguminosae), ocorrente na Amazônia Meridional. *Rodriguésia* 71, e02182018. <https://doi.org/10.1590/2175-7860202071063>
- Turner, G.W. 1986. Comparative development of secretory cavities in the tribes Amorphaeae and Psoraleae (Leguminosae–Papilionoideae). *American Journal of Botany*, 73:1178–1192.
- Tresmondi, F., Nogueira, A., Guimarães, E., Machado, S.R. 2015. Morphology, secretion composition, and ecological aspects of stipular colleters in Rubiaceae species from tropical forest and savanna. *The Science of Nature*. 102. 10.1007/s00114-015-1320-5.
- Uphof, J. C. Th. 1962. Plant hairs. In "Handbuch der Pflanzenanatomie." (K. Linsbauer, Ed.), Vol. IV. Gebriider Borntraeger, Berlin.
- Vargas, W., Machado, S.R., Lewis, G.P., Cândido, E. S., Vatanparast, M., Fortuna-Perez, A.P. 2018. Revisiting the leaflet secretory structures in subtribe *Cajaninae* Benth. (Leguminosae, Phaseoleae). *International Journal of Plant Sciences* 179 (9): 000–000.

- Valkama, E., Salminen, J.P., Koricheva, J. Pihlaja, K. 2003. Comparative analysis of leaf trichome structure and composition of epicuticular flavonoids in Finnish birch species. *Annals of Botany* 91: 643–655.
- Watson, L. 1981. An automated system of generic description for Caesalpinioideae, and its application to classification and key-making. In: Polhill, R.M.; Raven, P.H. *Advances in Legumes Systematics* 1: 65–80.
- Weiner, J. 2004. Allocation, plasticity and allometry in plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6/4: 207–215.
- West, J. D., Peak, D., Peterson, J.Q., Mott, K.A. 2005. Dynamics of stomatal patches for a single surface of *Xanthium strumarium* L. leaves observed with fluorescence and thermal image. *Plant, Cell & Environment* 28: 633–641.
- Wilkinson, H.P. 1979. The plant surface. In: Metcalfe, C.R. and Chalk, L., Eds., *Anatomy of the Dicotyledons*, 2nd Edition, Clarendon Press, Oxford, 97–167.
- Wink, M. 2013. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry* 64: 3–19.
- Wylie, R.B. 1951. Principales of foliar organization shown by sun-shade leaves from ten species of deciduous dicotyledonous trees. *American Journal of Botany* 38: 355–361.
- Wylie, R.B. 1952. The budle sheath extension in leaves of dicotyledons. *American Journal of Botany* 39: 645 –651.
- Wylie, R.B. 1943. The role of the epidermis in foliar organization and its ralations to the minor venation. *American Journal of Botany* 30: 273–280.