

2.03.04 - Botânica / Taxonomia Vegetal

CIRCUNSCRIÇÃO DAS ESPÉCIES RELACIONADAS A *Banisteriopsis malifolia* (MALPIGHIACEAE)

Raniely Miranda de Souza^{1*}, Jefferson Rodrigues Maciel², Regina Célia de Oliveira³

1. Mestranda do Departamento de Botânica da Universidade de Brasília (PPGBot – UnB)
2. Pesquisador do Jardim Botânico de Recife
3. Professora Doutora da Universidade de Brasília/Orientadora (UnB)

Resumo

Banisteriopsis sentido restrito (s.r.) possui 61 espécies que ocorrem desde o norte do México até o sul da Argentina e o maior número de táxons são encontrados no Brasil. O grupo informal *B. malifolia* criado por Gates é formado por seis espécies e caracterizado por apresentar samarídeos com asas laterais paralelas à anterior e lóculo dos frutos densamente pilosos. O objetivo deste trabalho foi testar a circunscrição dos táxons relacionados a *B. malifolia* e selecionar característica(s) exclusiva(s) que suportem o grupo ou os subgrupos. Além disso, este trabalho também busca testar as hipóteses de que a distância geográfica pode explicar a variação morfológica propostas por Gates.

Palavras-chave: Morfometria; Stygmaphylloid; Taxonomia.

Apoio financeiro: Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) (0193000881/2015 e 0193001773/2017), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa produtividade da última autora (302213/2019-8), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) bolsa de mestrado da primeira autora.

Introdução

Banisteriopsis C.B. Rob. ex Small sentido restrito compreende 61 espécies (Kew 2022) distribuídas especialmente nas regiões tropicais do Novo Mundo, 48 das quais, ocorrem no Brasil (Francener & Almeida 2020). Gates (1982) mostrou a ocorrência de espécies complexas, de difícil circunscrição morfológica, tratando-as em “grupos”, sem categoria taxonômica ou conotação filogenética.

O grupo informal *B. malifolia* criado por Gates (1982) é formado por seis espécies e uma subespécie: *B. malifolia* (Nees & Mart.) B.Gates com as variedades *B. malifolia* var. *malifolia* e *B. malifolia* var. *appressa* B.Gates, *B. variabilis* B.Gates, *B. latifolia* (A. Juss.) B.Gates, *B. confusa* B.Gates, sendo duas endêmicas da Chapada dos Veadeiros *B. hirsuta* B.Gates e *B. hatschbachii* B.Gates. O grupo Malifolia é caracterizado por apresentar samarídeos com asas laterais paralelas à anterior, ou seja, as asas apresentam uma única direção e, o lóculo dos frutos são densamente pilosos (Gates 1982). Nesse grupo, Gates (1982) reconheceu dois subgrupos – Malifolia, (englobando três espécies) e Variabilis (com quatro espécies) - definidos pelo pecíolo com (2-)3-8(-13) mm e mais largo que 2 mm no grupo Malifolia, e 0,3(-4) mm em Variabilis e pecíolo com mais de 2 mm de largura; lâminas foliáreas com 2,5-7,5(-12) cm de largura no grupo Malifolia e 5,6-14,1 cm em Variabilis e pedicelos com 0,6-1,00mm e (0,8)1,0-2,2 mm de largura, respectivamente.

Nos comentários sobre o grupo Malifolia, Gates (1982) propôs diversas hipóteses que ainda não foram devidamente testadas. Na primeira hipótese, Gates (1982) estabelece que os subgrupos – Malifolia e Variabilis - são morfológicamente mais coesos, o que indicaria que as seis espécies aceitas, uma vez que estas são difíceis de serem delimitadas individualmente poderiam ser sinonimizadas a apenas dois táxons. A segunda hipótese é de que espécies do grupo Malifolia de ampla distribuição têm maior variação morfológica que espécies de ocorrência restrita. E por fim, Gates (1982) propõe indiretamente que a distância geográfica pode explicar a variação morfológica entre as espécies do grupo Malifolia, ao observar que indivíduos simpátricos de espécies diferentes compartilham mais similaridades morfológicas que indivíduos alopátricos da mesma espécie. Testar essas hipóteses pode ajudar a esclarecer as delimitações no complexo de espécies formado pelo grupo *B. malifolia*.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é testar a circunscrição dos táxons relacionados ao grupo Malifolia e selecionar caracteres exclusivos que possam explicar os agrupamentos. Além disso, este trabalho também busca testar as hipóteses de que a distância geográfica pode explicar as variações morfológicas propostas por Gates (1982) que estão diretamente relacionadas com os problemas de circunscrição no grupo *B. malifolia*.

Metodologia

Análise morfológica

As planilhas de descritores morfológicos foram feitas com base em revisões bibliográficas, com a seleção de caracteres distintivos, incluindo os qualitativos e quantitativos. As análises e medidas foram feitas utilizando-se os espécimes coletados durante este trabalho e nas coleções de Herbários. As medições foram feitas com papel milimetrado. As medições feitas nos espécimes disponíveis no SpeciesLink foram através do programa ImageJ. No total foram anotados 22 caracteres quantitativos e 15 qualitativos e mais informações de localidade e coordenadas geográficas.

Análises Estatísticas

Para testar qual proposta de delimitação consegue explicar melhor a variabilidade morfológica presente no dataset, foi usada uma análise PERMANOVA na matriz de distância morfológica comparando-se independentemente a variação morfológica em dois modelos: o primeiro considerando sete espécies (*B. malifolia* var. *appressa* como espécie) e, o segundo, considerando os dois subgrupos – Malifolia e Variabilis como duas espécies. De forma complementar foi realizada uma análise PERMANOVA pareada especificamente para a proposta de delimitação por sete espécies para verificar entre quais espécies há diferenças morfológicas significativas. Os espaços morfológicos para análise de modelos gaussianos mistos-MGS foram criados usando uma análise de componentes principais na matriz de covariância dos dados log-transformados. Foi utilizado o critério de informação bayesiano (BIC) para avaliar os modelos de arranjo taxonômico. Para testar se a variabilidade morfológica das espécies de ampla distribuição é maior que as de distribuição restrita e para testar se os dois subgrupos são mais coesos morfológicamente que as sete espécies, foi realizada uma análise ANOSIM. Após a seleção da melhor proposta de classificação, os caracteres qualitativos e quantitativos foram analisados para encontrar os que melhor discriminam os táxons. Para testar os caracteres qualitativos foram empregados testes de independência entre as variáveis dos táxons usando a tabela de contingência do Qui-quadrado, para os caracteres contínuos foram realizadas análises de Kruskal-Wallis.

Resultados e Discussão

Delimitação das espécies

Os resultados da análise MGS revelaram que a proposta taxonômica de sete espécies é ligeiramente superior à proposta de classificação que poderia reduzir as sete espécies para apenas duas conforme o subgrupo (Fig. 1). Os melhores modelos mostraram a formação de cinco ou seis grupos, sendo o de cinco grupos ligeiramente superior ao de seis. Essa análise, mostra uma nova possibilidade de classificação para esse grupo, baseado nos modelos Gaussianos. A hipótese taxonômica de sete espécies revelou um maior poder de explicação para a variabilidade dos dados encontrados na matriz de distância morfológica ($F=31.606$, $R^2 = 0.61443$, $p < 0.0001$) do que a proposta de redução para duas espécies ($F=27.829$, $R^2 = 0.18329$, $p < 0.0001$). Esse padrão foi parcialmente confirmado pela análise PERMANOVA pareada, pois nem todas as espécies apresentam diferenças significativas entre si. A delimitação das espécies é importante para a compreensão de muitas informações como os processos evolutivos, já que as espécies são as unidades fundamentais na biologia (Hausdorf & Henning 2010). No futuro, a delimitação dos grupos e espécies propostos por Gates também devem ser investigadas através de variação morfológica e de caracteres moleculares.

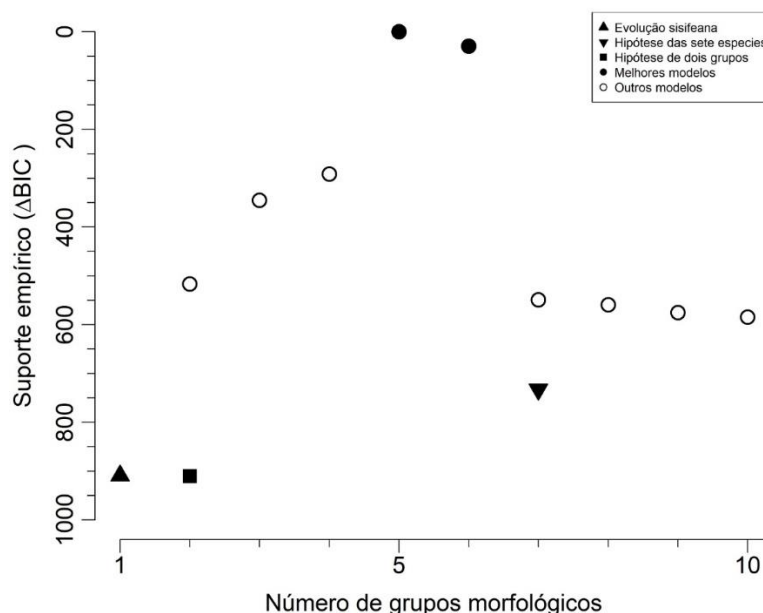


Figura 1. Gráfico mostrando as hipóteses de dois grupos ou de sete espécies e os melhores modelos proposto pelo modelo gaussiano misto (MGS).

Distribuição Geográfica e variabilidade morfológica

Os resultados para a análise ANOSIM mostraram que as espécies que apresentam ampla distribuição *B. malifolia* var. *malifolia*, *B. malifolia* var. *appressa* e *B. variabilis*, possuem baixa variabilidade morfológica e as espécies mais restritas – como *B. hirsuta* e *B. hatschbachii* que são endêmicas da Chapada dos Veadeiros, Goiás - não apresentam variabilidade morfológica baixa ($r = 0.73$, significância = 0.001) (Fig. 2). A variação morfológica é influenciada de diversas formas pelo ambiente ao redor da espécie como os fatores climáticos, taxas de dispersão, migração e mortalidade (Hopkins & Thurman 2010; Pineda *et al.* 2007). Um dos casos encontrados que corroboram com nosso resultado foi o estudo para a espécie *Gymnotus inaequilabiatus* (Valenciennes 1839), ictiofauna neotropical endêmica, que possui ampla distribuição em bacias hidrográficas que, quando estudada a relação da sua distribuição e da variação morfológica, observou-se que as populações não diferem morfológicamente como esperado, sugerindo que a espécie possui alta capacidade adaptativa e resistência a pressões ambientais (Frota *et al.* 2014).

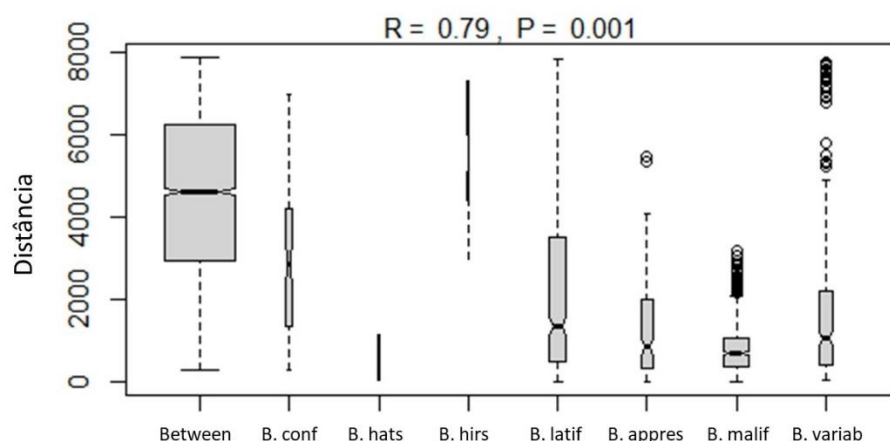


Figura 2. Gráfico de boxplot da análise ANOSIM, mostrando as espécies de acordo com a sua distância geográfica.

Proximidade geográfica de espécies diferentes e similaridade morfológica

O resultado do teste de Mantel não confirmou a nossa terceira hipótese sobre os indivíduos mais próximos geograficamente, serem mais parecidos morfológicamente. Foi mostrada uma baixa correlação entre a distância geográfica e a variabilidade morfológica ($r = 0.13$, significância = 0.04). Essa baixa correlação mostra que os indivíduos de espécies diferentes do grupo *Malifolia* que ocorrem na mesma região geográfica não apresentam necessariamente caracteres morfológicos compartilhados. Estudos apontam que a similaridade de espécies diminui com o aumento da distância geográfica, ou seja, quanto mais próximos mais parecidos morfológicamente, o que também é dito na Teoria da Neutralidade (Hubbell 2001). A similaridade de espécies em uma comunidade diminui com o aumento da distância geográfica, independente das diferenças ambientais, dessa forma, acredita-se que o que gera diferença na composição das espécies está ligado à dispersão (Hubbell 2001; Hubbell 2006; Ferreira *et al.* 2011).

Caracteres discriminatórios

O resultado de teste Qui-quadrado mostrou que apenas dois caracteres qualitativos apresentaram diferença significativa entre os grupos: a pilosidade adaxial ($p < 2.2 \cdot 10^{-16}$) e a pilosidade abaxial ($p < 2.2 \cdot 10^{-16}$) da folha. A pilosidade da folha é muito utilizada para relacionar as espécies a seus habitats por ser relacionada à função de proteção à incidência de raios solares e como meio de proteção contra herbivoria (Lara 1991; Brewer *et al.* 1991). Os tricomas são estruturas derivadas de células epidérmicas ocorrendo em diferentes formas, podendo variar o posicionamento nas folhas e a densidade encontrada na superfície (Jeffree 1968), como foi encontrado nos resultados uma grande variedade na forma da pilosidade das folhas. Um dos estudos que avaliou a relação da pilosidade foliar da *Qualea multiflora* Mart. e a herbivoria em área de Cerrado foi o de Barônio (2012), que mostrou que o aumento da densidade dos tricomas diminuiu a proporção da área foliar afetada por herbívoros.

Os resultados da análise de Kruskal-Wallis identificaram que os caracteres que se destacaram com maior diferença entre os subgrupos foram o comprimento ($p < 0.01$) e diâmetro do pecíolo ($p < 0.001$). O pecíolo é uma estrutura de sustentação que liga a folha ao caule. Essa estrutura pode apresentar muitas diferenças anatômicas e de valor taxonômico, o que foi investigado em alguns trabalhos como Araújo *et al.* (2010). Portanto, a morfologia do pecíolo precisa ser investigada de forma ampla pois é o melhor caráter taxonômico para a distinção das espécies.

Conclusões

Foram testadas as hipóteses propostas por Gates (1982) e concluímos que a delimitação do grupo *Malifolia* e dos dois subgrupos – *Malifolia* e *Variabilis* – conforme tratados por Gates, foram confirmadas. As espécies conforme circunscritas pela autora também foram corroboradas, incluindo o não reconhecimento de *B. malifolia* var. *appressa* como espécie distinta, conforme esperávamos. Não foram encontrados novos caracteres exclusivos do grupo ou caracteres que pudessem contribuir para a formação de novos subgrupos das espécies estudadas, mas pudemos confirmar os caracteres que são discriminatórios para a identificação das espécies. Esses resultados mostram a importância de relacionar a morfologia a outras metodologias como anatomia e a biologia molecular futuramente, para o estudo dessas espécies.

Referências bibliográficas

- 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.
- Barônio, G. J. (2012) Pilosidade foliar reduz herbivoria em folhas jovens e maduras de *Qualea multiflora* Mart. em cerrado stricto sensu. *Neotropical Biology and Conservation*, 7: 122-128.
- Brewer C.A., Smith W.K. & Vogelmann T.C. (1991) Functional interaction between leaf trichomes, leaf wettability and the optical properties of water. *Plant Cell and Environment*, 14: 995–962.
- Ferreira, L. V., Salomão, R. D. P., Matos, D. C. L., & Pereira, J. L. G. (2011) Similarity of tree species in relation to distance in a rain forest in the National Forest Saracá-Taquera, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, 6: 295–306.
- Francener, A.; Almeida, R.F. (2020) *Banisteriopsis* in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB8803>>. (acesso em: 22 mar. 2022)
- Frota, A.; De Souza, F.; Da Silva, H. P. (2014) Análise morfométrica de *Gymnotus inaequilabiatus* (valenciennes, 1839) (gymnotiformes: gymnotidae) em diferentes Bacias Hidrográficas. *Biota Amazônia*, 4: 27–32.
- Jeffree, C. E. (1986) The cuticle, epicuticular waxes and trichomes of plants, with reference to their structure, functions and evolution. *Insects on the plant surface*, 23–64.
- Kew. (2022) *Banisteriopsis* C.B. Rob. Plants of the world. Published on the internet: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:298125-2> (acesso em: 11 abr. 2022)
- Lara, F.M. (1991) *Princípios de resistência de plantas a insetos*. Ícone, São Paulo. 331 pp.
- Gates, B. (1982) *Banisteriopsis, Diplopterys* (Malpighiaceae). *Flora Neotropica*, New York, 237pp.
- Hausdorf, B., & Hennig, C. (2010) Species delimitation using dominant and codominant multilocus markers. *Systematic Biology*, 59: 491–503.
- Hopkins, M. J. & Thurman, C. L. (2010) The geographic structure of morphological variation in eight species of fiddler crabs (Ocypodidae: genus *Uca*) from the eastern United States and Mexico. *Biological Journal of the Linnean Society*, 100: 248–270.
- Hubbell, S. P. (2001) *The united neutral theory of biodiversity and biogeography*. Princeton University Press, Princeton, 392pp.
- Hubbell, S. P. (2006) Neutral theory and the evolution of ecological equivalence. *Ecology*, 87: 1387–1398.
- Pineda, J.; Hare, J.A.; Sponaugle, S. (2007) Larval transport and dispersal in the coastal ocean and consequences for population connectivity. *Oceanography*, 20: 22–39