

MARJORIE DA SILVA

**INTEGRANDO FERRAMENTAS DA BIOGEOGRAFIA NA CARACTERIZAÇÃO
DA BIODIVERSIDADE DE EPIPONINI (HYMENOPTERA: VESPIDAE:
POLISTINAE:**

História e distribuição na região Neotropical

Relatório de Pós-doutorado realizado na
Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade, Instituto, Centro ou Núcleo,
Cidade.

Supervisor(a): Prof. Dr. Fernando
Barbosa Noll

FAPESP - Processo 2020/06633-9

São José do Rio Preto

2025

Sumário

PROJETO DE PESQUISA	2
Introdução	2
Material e métodos.....	3
Resultados	3
Padrões de distribuição para Epiponini	3
Biorregiões	4
Distinção taxonômica e similaridade entre as áreas.....	9
Considerações finais.....	11
Referências	12
Outras atividades realizadas	14
Atividade de Formação em Docência	14
Atividade de Orientação.....	15
Avaliação do Supervisor	15
Apêndice	15

PROJETO DE PESQUISA

Introdução

As vespas sociais enxameadoras (Epiponini) são bastante comuns na região Neotropical (Jeanne, 1991), ocorrendo desde a Argentina, por toda a América do Sul e Central e, com algumas espécies alcançando o sudoeste dos Estados Unidos (Richards, 1978; Noll, 2013). Estas vespas pertencem à Polistinae que, apesar de presentes no mundo todo, a maior diversidade da subfamília está concentrada nos trópicos, especialmente na região Neotropical. Dos 26 gêneros e 900 espécies descritas para Polistinae, por volta de 250 espécies em 19 gêneros pertencem à tribo Epiponini (Noll *et al.*, 2021), representando 73% dos gêneros e ¼ do número de espécies.

Contudo, a diversidade de espécies desta tribo é provavelmente bastante subestimada. Considerando-se os inventários para vespas sociais no Brasil realizados no período de 1982 a 2015, observa-se uma concentração dos esforços de amostragem na região sudeste, somando os estados de Minas Gerais e São Paulo o maior número de inventários realizados, 37 publicações. Ainda assim não há inventários para os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Considerando-se a região Amazônica, local que abriga a maior diversidade de Epiponini, há apenas 14 inventários publicados, somando-se os nove estados que compõem a Amazônia Legal, sendo que não há publicações para o Tocantins. Além dos três estados já mencionados (Espírito Santo, Rio de Janeiro e Tocantins), não há qualquer tipo de inventário publicado para seis dos nove estados da região Nordeste (Barbosa *et al.*, 2016). O livro *The social wasps of the Americas, excluding the Vespinae*, publicado em 1978 por O.W. Richards, é ainda hoje uma obra de referência para os Polistinae neotropicais. Em um esforço para atualizar o conhecimento acerca da biologia e taxonomias destas vespas, recentemente, foi publicado o livro *Neotropical Social Wasps, Basic and applied aspects* (Prezoto *et al.*, 2021).

A condição de endemismo, o grande número de espécies e a grande diversidade na arquitetura dos ninhos, na morfologia corporal e nas estratégias comportamentais, sugerem uma origem tropical para Epiponini, e a Neotrópica como um *hotspot* para Polistinae (Evans e West-Eberhard, 1970; Carpenter, 1993; Menezes *et al.*, 2020). Fatores relacionados à distribuição atual e ao sucesso deste grupo são geralmente associados às condições ambientais enquanto os fatores históricos associados à irradiação desses insetos na Neotrópica têm sido pouco explorados e discutido (Carvalho *et al.* 2015). A Biogeografia enquanto ciência que busca documentar e compreender os padrões espaciais da biodiversidade, e dar explicações históricas para esses padrões (Lomolino *et al.*, 2010; Almeida e dos Santos, 2016) possui ferramentas importantes para fomentar o estudo da diversidade biológica (Carvalho, 2012). Recentemente, Menezes e colaboradores (2020) demonstraram a importância da região amazônica na diversificação de Epiponini. Apesar de apresentarem uma filogenia robusta e com boa amostragem taxonômica, a escassez de dados de distribuição para muitas espécies desta tribo impede que uma análise mais

acurada sobre a real distribuição do grupo e, portando, uma análise mais detalhada quanto à história biogeográfica do grupo seja realizada.

Dado o panorama acima descrito, foram objetivos desta proposta: **a.** intensificar a busca de dados de ocorrência das espécies de Epiponini (por meio de coletas e coleções de museus), **b.** disponibilizá-los em bases de dados pública, **c.** identificar regionalizações e áreas de endemismo específicas para as espécies da tribo utilizando ferramentas *online* e, **d.** Realizar análises comparativas quanto à diversidade encontrada em cada biorregião.

Material e métodos

A obtenção dos dados de localidades foi feita por meio de registros obtidos em coleções científicas e de coleta ativa de espécimes em campo, com o uso de líquido atrativo (Noll e Gomes, 2009), além da busca de ninhos por observação direta. Os exemplares obtidos em campo tiveram suas coordenadas geográficas anotadas com o uso de um GPS. Para os dados de coleção, na ausência de coordenadas anotadas nas etiquetas de identificação dos espécimes, foram utilizados *gazetteers* e o Google Earth como ferramentas para a busca destas. Posteriormente os dados foram plotados em mapas com o auxílio do software QGIS (www.qgis.org) para melhor visualização do padrão de distribuição das espécies. Esta etapa é também importante para uma inspeção visual dos registros, possibilitando a identificação e remoção de registros que gerem dúvidas devido a alguma falha na tabulação, ou mesmo na identificação da espécie.

Os dados de distribuição foram utilizados para identificar regiões biogeográficas usando a ferramenta *online* Infomap Bioregions (Edler *et al.*, 2017; <https://www.mapequation.org/bioregions/>), com o intuito de visualizar padrões de distribuição para a tribo Epiponini. Para comparar e caracterizar essas áreas, foram realizadas também análises de agrupamento e de biodiversidade baseada na relação filogenética das espécies. A análise de agrupamento foi feita calculando-se a similaridade por meio do índice de Sorensen (Sorensen, 1948). Para a análise de diversidade filogenética, foram calculados os índices de Distinção Taxonômica (Clarke e Warwick, 1999) e a Variação na Distinção Taxonômica (Clarke e Warwick, 2001).

Resultados

Padrões de distribuição para Epiponini

A partir da observação dos mapas de distribuição das espécies de Epiponini (Figs. 1-6, Apêndice I) nota-se que os gêneros estão presentes majoritariamente nas áreas de floresta tropical úmida do norte da América do Sul, principalmente na Amazônia. Algumas espécies, como espécies *Agelaia vicina* (Fig. 1, A), *Protonectarina sylveirae* (Fig. 3, C), *Parachartergus pseudoapicalis* (Fig. 4, A), *Synoeca cyanea* e *S. ilheensis* (Fig. 5, B) e *Polybia paulista* (Fig. 6, B), no entanto, não ocorrem nesta área, estando restritas ao leste da América do Sul, quase sempre

nas áreas de floresta Atlântica. Há ainda, espécies como *Agelaia pallipes* (Fig. 1, C), *Apoica pallens* e *A. thoracica* (Fig. 1, F), *Brachygastra augusti* (Fig. 2, C), *B. lecheguana* (Fig. 2, E), *Parachartergus fraternus* (Fig. 4, B), *Polybia ignobilis* (Fig. 6, A) e *P. occidentalis* (Fig. 6, B), que estão amplamente distribuídas ao longo de toda a região Neotropical.

Com exceção de *Protonectarina*, presente apenas à leste e centro-sul do Brasil, leste do Paraguai e nordeste da Argentina, todos os demais gêneros de Epiponini possuem representantes na região norte da América do Sul, principalmente em áreas de planície amazônica. Observando-se os mapas é possível notar que a distribuição parece estar relacionada aos principais rios da bacia Amazônica. Contudo, este é provavelmente um viés de amostragem, uma vez que há uma maior concentração de centros urbanos próximos a estes rios e, portanto, um maior número de institutos de pesquisa e infraestrutura para a realização de coletas. Ainda assim, é interessante notar que estas espécies estão distribuídas por toda a planície da bacia, comumente em ambas as margens dos rios, indicando que estes grandes corpos d'água não configuram barreiras à dispersão para muitas das espécies.

Outro padrão perceptível é o das espécies que ocorrem mais a noroeste do continente Sulamericano, geralmente em áreas com maior altitude, como *Agelaia bazeae* (Fig. 1, A), *Brachygastra baccaraulea* (Fig. 2, C), *Polybia aequatorialis* (Fig. 5, E) e *Protopolybia isthmensis* (Fig. 4, F). Há ainda espécies com ocorrência no extremo noroeste deste continente e, usualmente que chegam até ao Panamá, como *Metapolybia aztecoides* (Fig. 3, E), *Parachartergus colobopterus* (Fig. 4, B), *Polybia rauli* (Fig. 6, A) e *Protopolybia picteti* (Fig. 4, F). Muitas das espécies que ocorrem na América Central chegam até o México, como *Brachygastra melifica* (2, 4 E), *B. smithii* (2, D) e *Epipona guerini* (3, B), enquanto outras, como *Brachygastra azteca* (2, C) e *Parachartergus apicaloides* (4, B), ocorrem exclusivamente neste país. Em ambos os casos, elas estão presentes no sul, e nas faixas leste e oeste do país, áreas majoritariamente de floresta tropical úmida e floresta tropical seca.

Poucas espécies estão presentes nos biomas que compõem a diagonal de vegetação aberta. Entre elas estão *Brachygastra moebiana* (Fig. 2, C) e *Chartergellus communis* (Fig. 2, F). A presença nos biomas mais secos como a Caatinga, é ainda mais incomum. *Brachygastra lecheguana* (Fig. 2, E), *Polybia ignobilis* (Fig. 6, A), *P. ruficeps* (Fig. 5, C) e *P. sericea* (Fig. 5, F), são exceções dentro da tribo.

Biorregiões

As regionalizações biogeográficas são sistemas hierárquicos que categorizam áreas com base em suas espécies endêmicas (Morrone, 2017), e revelam como as espécies estão agrupadas espacialmente e são unidades importantes para a compreensão da biogeografia histórica, ecologia e evolução. Eles também podem ser úteis na identificação de unidades de biodiversidade com potencial alto valor de conservação (Edler *et al.*, 2023). Elas representam modelos de referência

geral, que devem ser explorados a partir da comparação com a distribuição geográfica de outros táxons em uma mesma área (Morrone, 2014).

A partir da composição espacial das espécies, foram encontradas sete biorregiões (BR), nomeadas de acordo com a localização geográfica (Fig. 7). São elas: 1. Amazônia (áreas de floresta tropical do norte da América do Sul, noroeste da Colômbia e costa oeste do Equador - rosa) 2. América Central (América Central, sul do México, oeste da Colômbia e noroeste da Venezuela - verde), 3. Floresta Atlântica (áreas de floresta tropical da porção leste da América do Sul e parte da diagonal de vegetação aberta - ocre), 4. México (áreas de planície e baixas altitudes do México - cinza), 5. Llanos (região de savana no extremo norte da América do Sul, na região bacia do Rio Orinoco - laranja), 6. Yungas (sul da Bolívia e norte da Argentina - verde musgo) e 7. Planície Equatoriana (roxo).



Figura 7. Biorregiões para as espécies de Epiponini. Mapa da América com as seis biorregiões encontradas a partir da distribuição das 248 espécies de Epiponini: México (verde), América central (rosa), Llanos (cinza), Amazônia (azul), Floresta Atlântica (ocre) e Chaco (lilás).

As biorregiões localizadas em áreas de floresta úmida foram as mais diversas para a tribo, apresentando a biorregião da Amazônia a maior riqueza (211 espécies), seguida da América Central (115 espécies) e Floresta Atlântica (101 espécies). A biorregião de Llanos, uma área de vegetação mais aberta, apresentou 45 espécies. As biorregiões menos diversas foram a Planície Equatoriana, com 29 espécies e México e Yungas com 25 (Tabela 1). Das sete biorregiões, apenas Llanos e Planície Equatoriana não possuem espécies endêmicas (com ocorrência em apenas em

uma das áreas). Assim como no número de espécies, a Amazônia é a biorregião com o maior número de espécies endêmicas (79), seguida da América Central (16) e Floresta Atlântica (9). México e Yungas possuem uma única espécie endêmica (Tabela 1). Cabe ressaltar, contudo, que há 18 espécies com apenas 1 registro de localidade, e outras 75 com menos de 10 registros. Deste modo, a condição de endemidade pode refletir, em alguns casos, a falta de amostragem.

Nenhuma das biorregiões possui uma composição de espécies única, estando a maior parte das espécies presente em mais de uma área. Este fato é facilmente explicado quando se observa o padrão de distribuição da maioria das espécies de Epiponini, amplamente distribuídas pela região Neotropical.

Tabela 1. Comparação entre o número de registros de localidade e o número de espécies entre cada biorregião encontrada para a tribo Epiponini. Nº, número; spp., espécies.

Biorregião	nº registros	nº espécies	nº células	Espécie + comum (nº registros)	Espécies endêmicas
Amazônia	4528	211*	209	<i>Agelaia fulvofasciata</i> (149)	<i>Agelaia acreana</i> , <i>A. brevistigma</i> , <i>A. constructor</i> , <i>A. nigrescens</i> , <i>A. ornata</i> , <i>A. pallidiventr</i> , <i>A. tímida</i> , <i>Apoica albimacula</i> , <i>Asteloeca lutea</i> , <i>As. traili</i> , <i>As. ujhelyii</i> , <i>Brachygaster cooperi</i> , <i>B. propodealis</i> , <i>Chartergellus afoveatus</i> , <i>C. flavoscutellatus</i> , <i>C. jeannei</i> , <i>C. punctatior</i> , <i>C. trinitatis</i> , <i>C. zonatus</i> , <i>C. zucchini</i> , <i>Charterginus xanthura</i> , <i>Clypearia apicipennis</i> , <i>Cl. Duckei</i> , <i>Cl. Humeralis</i> , <i>Cl. Nigrior</i> , <i>Cl. Sulcata</i> , <i>Cl. weyrauchi</i> , <i>Epipona media</i> , <i>E. quadrituberculata</i> , <i>Leipomeles albogrisea</i> , <i>L. pulsilla</i> , <i>L. spilogastra</i> , <i>Metapolybia acincta</i> , <i>M. araujo</i> , <i>M. encantata</i> , <i>M. nigra</i> , <i>M. silvicola</i> , <i>M. unilineata</i> , <i>Nectarinella manauara</i> , <i>N. xavantinsensis</i> , <i>Parachartergus flavofasciatus</i> , <i>Pa. fulgidipennis</i> , <i>Pa. griséus</i> , <i>Pa. weyrauchi</i> , <i>Polybia batesi</i> , <i>P. bicyttarella</i> , <i>P. depressa</i> , <i>P. divisoria</i> , <i>P. eberhardae</i> , <i>P. furnaria</i> , <i>P. juruana</i> , <i>P. micans</i> , <i>P. richardsi</i> , <i>P. roraimae</i> , <i>P. spinifex</i> , <i>Protopolybia aliciae</i> , <i>Pr. amarela</i> , <i>Pr. bela</i> , <i>Pr. biguttata</i> , <i>Pr. bituberculata</i> , <i>Pr. chanchamayensis</i> , <i>Pr. clypeata</i> , <i>Pr. diligens</i> , <i>Pr. djaneteae</i> , <i>Pr. duckei</i> , <i>Pr. duckeianus</i> , <i>Pr. eldinardis</i> , <i>Pr. fiscata</i> , <i>Pr. holoxantha</i> , <i>Pr. ilheringi</i> , <i>Pr. lidiae</i> , <i>Pr. nítida</i> , <i>Pr. pallidibalteatus</i> , <i>Pr. rubrithorax</i> , <i>Pr. steinbachi</i> , <i>Pr. weyrauchi</i> , <i>Pseudopolybia difficilis</i> , <i>Ps. langi</i>
América Central	2305	115*	61	<i>Apoica pallens</i> (168)	<i>Agelaia pleuralis</i> , <i>Apoica ellenae</i> , <i>Chartergellus golfensis</i> , <i>Charterginus nevermanni</i> , <i>Clypearia naumanni</i> , <i>Nectarinella championi</i> , <i>Parachartergus pacificus</i> , <i>Polybia barbouri</i> , <i>P. nidulatrix</i> , <i>P. selvana</i> , <i>Protopolybia fulvotincta</i> , <i>Pr. panamensis</i> , <i>Pr. scutellaris</i> , <i>Pr. wheeleri</i>
Floresta Atlântica	2395	101	116	<i>Brachygaster lecheguana</i> (386)	<i>Agelaia vicina</i> , <i>Brachygaster fistulosa</i> , <i>Chartergellus sanctus</i> , <i>Metapolybia bromelicola</i> , <i>Parachartergus wagneri</i> , <i>Polybia ficaria</i> , <i>P. punctata</i> , <i>P. scutellarius</i> , <i>Protonectarina sylveirae</i> , <i>Protopolybia potiguara</i>
México	322	25	13	<i>Brachygaster mellifica</i> (129)	<i>Parachartergus apicaloides</i>
Lhanos	138	45	8	<i>Parachartergus colobopterus</i> (18)	-
Yungas	39	25	2	<i>Brachygaster borellii</i> (6)	<i>Agelaia imitatrix</i>
Planície Equatoriana	38	29	1	<i>Agelaia silvatica</i> (6)	-

* As espécies *Metapolybia fraudator*, *Parachartergus tomentosus* e *Protopolybia cameranii* não foram associadas a nenhum cluster na análise pelo Infomap.

As áreas com maior umidade e presença de floresta tropical abrigam a maior diversidade das vespas enxameadoras. É interessante notar que, com exceção da região de Llanos, áreas de vegetação mais aberta e mais seca (pelo menos em algum período do ano), como a Caatinga e o Cerrado, não foram encontradas como uma biorregião para Epiponini. A vegetação tem grande influência nas comunidades de vespas sociais, uma vez que estão intimamente ligadas às condições ambientais, influenciando a temperatura, umidade do ar e quantidade de sombra do ambiente, além de fornecerem recursos alimentar e suporte para a nidificação (Santos *et al.*, 2009). De modo geral, ambientes com estrutura mais complexa possibilitam o estabelecimento e sobrevivência de mais espécies de vespas sociais (Lawton, 1983; Santos *et al.*, 2007). Contudo, apesar de a escolha do local de construção do ninho ser bastante característica (Richards, 1978), as vespas enxameadoras possuem uma área de forrageio bastante ampla, podendo ser amostradas em locais distante dos locais de nidificação (Diniz e Kitayama, 1994; Raw, 1998).

As biorregiões encontradas são congruentes com regionalizações propostas por outros autores, para *taxa* distintos. Uma grande área de planície de floresta tropical chuvosa, englobando a bacia do rio Amazonas é encontrada em praticamente todas as propostas de regiões biogeográficas já propostas para a América do Sul (Morrone, 2010). Em algumas propostas ela pode estar fragmentada em diferentes regiões (ex. Müller, 1973; Amorim, 2012) mas nossos dados recuperam uma única área. A composição das espécies da biorregião da América Central possui grande contribuição de espécies também presentes na biorregião da Amazônia. A América Central possui uma intrincada história geológica e biogeográfica, grande diversidade de habitats e história climática e tecnológica dinâmica, sendo considerada uma região fundamental para o estudo de processos biológicos como especiação, extinção e diversificação de flora e fauna (Gutiérrez-García e Vázquez-Domínguez, 2013).

A biorregião de Llanos é geograficamente congruente com áreas propostas por Cabrera e Yepes (1940) para os mamíferos da América do Sul e Fittkau (1969), ao compararem a proposta anterior com outra baseada na distribuição de aracnídeos. Congruência parcial é também encontrada nas propostas de Ringuelet (1975) baseada na distribuição de peixes de água doce e Dinerstein e colaboradores (1995), baseada nas ecorregiões (fitofisionomia) da América do Sul e Caribe. No esquema de regionalização da América Latina e Caribe proposto por Morrone (2014) a partir da distribuição de animais e plantas, esta região é parte da sub-região Caribenha. Esta biorregião abrange áreas da Colômbia e Venezuela que englobam a bacia do rio Orinoco e regiões de savana (Morrone, 2010).

A região de Yungas é uma estreita faixa florestal ao longo da encosta oriental da Cordilheira dos Andes desde o sul da Bolívia até o noroeste da Argentina (Andrade-Díaz *et al.*, 2021). Apresenta grande riqueza de espécie e altos níveis de endemismo (Brown, 2009), sendo uma zona de transição e conexão entre diferentes biomas como as terras altas andinas e as florestas orientais, puna e o chaco seco (Brown, 2006). Em maior ou menor extensão, diversas propostas

de regionalização reconhecem esta biorregião (Cabrera e Yepes, 1940; Fittkau, 1969; Müller, 1973; Ringuélet, 1975; Morrone, 2017).

Morrone (2017) inclui as áreas de floresta Atlântica e àquelas que compõem a diagonal de vegetação aberta em uma mesma sub-região, denominado pelo autor de “Chacoan subregion”. Contudo, dentro da sub-região, as áreas de floresta Atlântica e diagonal de vegetação aberta estão separadas em diferentes domínios. Dentre as seis biorregiões propostas para a América Latina e Caribe por Dinerstein e colaboradores (1995), floresta Atlântica e diagonal de vegetação aberta estão como uma única biorregião, denominada América do Sul Oriental. Como mencionado, poucas espécies estão presentes nas áreas de vegetação aberta, principalmente as mais secas, e não há espécies com ocorrência restrita à estas áreas. Desta forma, apesar de bem estabelecida para outros grupos, não seria esperado que a análise recuperasse essa diagonal como uma biorregião para os Epiponini.

Distinção taxonômica e similaridade entre as áreas

Medidas de diversidade que incorporam as relações filogenéticas partem da premissa de que a diversidade é maior em uma comunidade em que as espécies são filogeneticamente mais distintas (Ciancaruso et al., 2009). Geralmente, há uma relação positiva entre a proximidade filogenética e de suas histórias de vida e similaridade ecológica quando comparamos duas espécies (Harvey & Pagel, 1991, Silvertown et al., 1997). Portanto, uma comunidade em que as espécies estão distribuídas em muitos gêneros deve apresentar uma diversidade maior que uma comunidade em que a maioria das espécies pertence a um mesmo gênero (Magurran, 2004).

Analisando-se os resultados da distinção taxonômica, as biorregiões 5 (Llanos), 6 (Yungas) e 4 (México) apresentaram os maiores índices (Delta+, Tabela 2), indicando que essas áreas guardam uma maior diversidade filogenética quando comparadas com as demais. É interessante ressaltar que estas não foram as biorregiões com a maior riqueza de espécies. A biorregião 6 (Yungas) apresentou também a maior variação na distinção taxonômica (Lambda+, Tabela 2), índice que reflete a assimetria da filogenia. Por exemplo, uma lista de espécies em que existem várias taxa diferentes representados por uma única espécie, mas também alguns gêneros que são muito ricos em espécies, dariam um Λ^+ alto em comparação com uma lista (de Δ^+ equivalente) em que todas as espécies tendem a ser de gêneros diferentes (Clarke e Warwick, 2001). No caso de Yungas, 14 das 25 espécies pertencem à apenas dois gêneros (*Brachygastra* e *Polybia*).

Tabela 2: Valores de riqueza de espécie (S), variação na distinção taxonômica ($\Delta +$), distinção taxonômica ($\Delta +$) e o produto da riqueza e da distinção taxonômica de Epiponini nas sete regiões biogeográficas propostas.

	Nº total de espécies (S)	Nº de espécies endêmicas	Lambda+	Delta+	S.Delta+
BR1	212	79	541,656	64,775	13.732,30
BR2	116	16	561,415	64,946	7.533,70
BR3	101	9	610,035	63,300	6.393,20
BR4	25	1	618,410	66,083	1.652,10
BR5	45	0	607,607	67,513	3.038,10
BR6	25	1	718,306	67,333	1.683,30
BR7	29	0	645,483	64,440	1868,80

Considerando-se a composição das espécies, a partir da quantificação do índice de similaridade, as relações entre as biorregiões podem ser visualizadas pelo dendrograma (Figura 8). É possível observar dois grupos principais na topologia do dendrograma, um formado pelas áreas de Llanos, América Central, Floresta Atlântica e Amazônia, e outro formado por Yungas (BR6) e Planície Equatorial (BR7). Os maiores índices de similaridade foram encontrados entre Amazônia (BR1) e Floresta Atlântica (BR3), aproximadamente 55%, e de ambas as biorregiões com a América Central (BR2), com 51% de similaridade. A biorregião do México (BR4) apresentou a menor similaridade com as demais áreas.

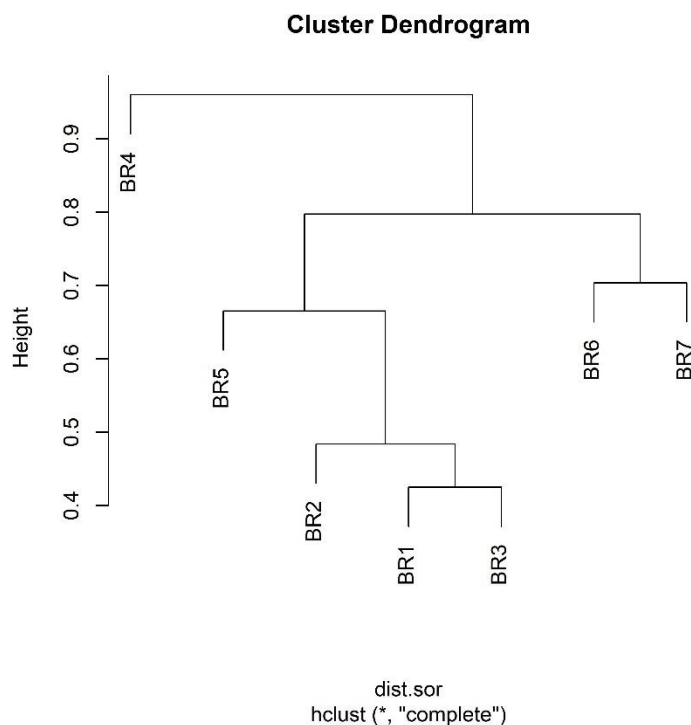


Figura 8. Dendrograma de similaridade, com base no índice de Sorensen, para as sete biorregiões (BR1 a BR7) propostas com base na distribuição das espécies de Epiponini. BR1. Amazônia, BR2. América Central, BR3. Floresta Atlântica, BR4. México, BR5. Llanos, BR6. Yungas e, BR7. Planície Equatorial.

Analisando-se a composição das espécies entre as biorregiões, a similaridade entre Amazônia e Floresta Atlântica é esperada, uma vez que, com exceção de *Metapolybia servilis* e das dez espécies endêmicas da Floresta Atlântica, todas as demais 90 espécies ocorrem também na Amazônia. Do mesmo modo, das 117 espécies da América Central, 88 estão também na Amazônia.

Apesar da biorregião de Llanos (5) apresentar características ambientais distintas das áreas de floresta, ela está próxima da biorregião da Amazônia e da América Central, o que pode explicar o agrupamento desta biorregião com as biorregiões de floresta. Das 45 espécies presentes na biorregião de Llanos, 43 estão presentes na biorregião da Amazônia e, as outras duas, ocorrem também na América Central. A região conhecida como Llanos teve suas características ambientais estabelecidas recentemente, no final do Quaternário, um tempo insuficiente para que níveis significativos de especiação ocorram (Pennington et al., 2006). Deste modo, as espécies presentes nela provavelmente são espécies de floresta que conseguiram se adaptar às mudanças ambientais ocorridas, e por isso são encontradas em ambas as biorregiões.

O agrupamento entre as biorregiões 6 e 7 é um dado interessante pois, apesar de não estarem próximas, estas biorregiões abrangem áreas de maior altitude, em comparação com as demais biorregiões.

Considerações finais

Baseado na congruência de distribuição das espécies de Epiponini foram encontradas sete biorregiões para a tribo: Amazônia, América Central, Floresta Atlântica, México, Llanos, Yungas e Planície Equatoriana. A biorregião da Amazônia foi a mais rica, seguidas das biorregiões da América Central e Floresta Atlântica, com 212, 116 e 101 espécies respectivamente. Em comum, essas biorregiões estão em áreas de floresta tropical úmida. A biorregião da Amazônia abriga ainda o maior número de espécies endêmicas, 79. Contudo, considerando o índice de distinção taxonômica, a maior diversidade filogenética foi encontrada para a biorregião de Llanos, indicando que esta área abriga uma maior parte da história evolutiva da tribo Epiponini (mais linhagens distintas) quando comparada com as demais. A análise de agrupamento mostrou uma baixa similaridade entre as áreas e que, os agrupamentos encontrados podem ser explicados pela proximidade e por apresentarem características ambientais semelhantes.

Referências

- Almeida, E.B.A. & dos Santos, C.M. 2016. Uma lógica para a biogeografia histórica. In: de Carvalho, C.J.B. & Almeida, E.A.B. (Eds.). Biogeografia da América do Sul: análise de tempo, espaço e forma, pp. 3-13. Rio de Janeiro: Roca.
- Amorim, D.S. 2012. Biogeografia da região Neotropical. In: Rafael, J.A.; Melo, G.A.R.; Carvalho, J.C.B. de; et al. (Eds.) Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia. São Paulo: Holos, pp.112-132.
- Andrade-Díaz, M.S., Giraudo, A.R., Marás, G.A., Didier, K., Sarquis, J.A. et al. 2021. Austral Yungas under future climate and land-use changes scenarios: the importance of protected areas for long-term amphibian conservation. *Biodiversity and Conservation*, 30: 3335-3357
- Barbosa, B.C., Detoni, M., Maciel, T.T. & Prezoto, F. 2016. Studies of social wasp diversity in Brazil: Over 30 years of research, advancements and priorities. *Sociobiology*, 63(3), 858–880.
<https://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i3.1031>
- Brown, A. 2009. Las Selvas Pedemontanas de las Yungas: manejo sustentable y conservación de la biodiversidade de un ecosistema prioritario del noroeste argentino. In: Brown, A.D., Blendinger, P., Lomáscolo, T. & García Bes, P. (Eds.) Selva pedemontana de las Yungas, historia natural, ecología y manejo de um ecosistema en peligro. Ediciones del Subtrópico, Fundación ProYungas, Tucumán, pp 13–36.
- Brown, A., Ortiz, U.M., Corcuera, M.A.J. et al. 2006. La Situación Ambiental Argentina 2005. Fundación vida Silvestre Argentina, Buenos Aires
- Cabrera, A. & Yepes, J. 1940. Mamíferos Sud-americanos (vida, costumbres y descripción). Buenos Aires: Historia Natural Ediar, Compañía Argentina de Editores, 370p. 11
- Carpenter, J.M. 1993. Biogeographic patterns in the Vespidae (Hymenoptera): Two views of Africa and South America. In: Goldblatt, P. (Ed.) Biological Relationships between Africa and South America, pp. 139-155. New Haven: Yale University Press.
- Carvalho, A.F., Menezes, R.S.T., Somavilla, A., Costa, M.A. & Del Lama, M.A. 2015. Polistinae biogeography in the Neotropics: history and prospects. *Journal of Hymenoptera Research*, 42: 93-105.
- Carvalho, C.J.B. de. 2012. Biodiversidade de conservação. In: RAFAEL, J.A. et al. (Eds.). Insetos do Brasil, diversidade e taxonomia, pp. 134-138, Ribeirão Preto: Holos.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. 1999. The taxonomic distinctness measure of biodiversity: weighting of step lengths between hierarchical levels. *Marine Ecology Progress Series*, 184:21–29.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. 2001. A further biodiversity index to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Marine Ecology Progress Series*, 216: 265-278.
- Ciancaruso, M.V., Silva, I.A. & Batalha, M.A. 2009. Diversidade filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotropica*, 9(3): 93-103.
- Dinerstein, E., Olson, D.M., Graham, D.J., et al. 1995. Una evaluación del estado de conservación de las Eco-regiones terrestres de America Latina y el Caribe. Washington: Banco Mundial, 135p.
- Diniz, I.R. & Kitayama, K. 1994. Colony densities and preferences for nest habitats of some social wasps in Mato Grosso State, Brasil (Hymenoptera, Vespidae). *Journal of Hymenoptera Research*, 3: 133-143.

- Edler, D., Guedes, T., Zizka, A., Rosvall, M. & Antonelli, A. 2017. Infomap Bioregions: Interactive mapping of biogeographical regions from species distributions. *Systematic Biology*, 66, 197-204.
- Edler, D., Holmgren, A., Rojas, A., Calatayud, J., Rosvall, M. & Antonelli, A. 2023. Infomap Bioregions 2 - Exploring the interplay between biogeography and evolution. arXiv:2306.17259 [q-bio.PE]
- Evans, H.E. & West-Eberhard, M.J. 1970. The wasps. Michigan: University Michigan Press, 288p.
- Fittkau, E.J. 1969. The fauna of South America. In: Fittkau, E.J.; Illies, J.; Klinge, H.; et al. (Eds.) *Biogeography and ecology in South America*. La Haya: Dr. W. Junk B.V. Publishers, pp.709-722.
- GBIF.org. 2023. GBIF Home Page. Disponível em: <https://www.gbif.org>.
- Gutiérrez-García, T.A. & Vázquez-Domínguez, E. 2013. Consensus between genes and stones in the biogeographic and evolutionary history of Central America. *Quaternary Research*, 79(3): 311–324.
- Harvey, P.H. & Pagel, M.D. 1991. The comparative method in evolutionary biology. Oxford University, Oxford, p.239.
- Jeanne, R.L. 1991. The swarm-founding Polistinae. In: Ross, K.G. & Matthews, R.W. (Eds.). *The social biology of wasps*, pp. 191-23. Ithaca: Cornell University Press.
- Lomolino, M.V., Riddle, B.R., Whittaker, R.J. & Brow, J.H. 2010. *Biogeography* – 4thed. Sunderland: Sinauer Associates.
- Lawton, J.H. 1983. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. *Annual Review of Entomology*, 28: 23-39.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell, Oxford, p. 256.
- Matzke, N.J. 2013. Probabilistic historical biogeography: new models for founder-event speciation, imperfect detection, and fossils allow improved accuracy and model-testing. *Frontiers of Biogeography*, 5, 242-248.
- Menezes, R.S.T., Lloyd, M.W. & Brady, S.G. 2020. Phylogenomics indicates Amazonia as the major source of neotropical swarm-founding social wasp diversity. *Proc. R. Soc. B.*, 287: 20200480.
- Morrone, J.J. 2010. América do Sul e geografia da vida: comparação de algumas propostas de regionalização. In: Carvalho, J.B. de e Almeida, E.A.B. (Eds.) *Biogeografia da América do Sul: padrões e processos*. São Paulo: Rocca, pp. 14-40.
- Morrone, J.J. 2014. Cladistic biogeography of the Neotropical region: identifying the main events in the diversification of the terrestrial biota. *Cladistics*, 30: 202–214.
- Morrone, J.J. *Neotropical biogeography: regionalization and evolution*. CRC Press, 2017.
- Müller, P. 1973. The dispersal centres of terrestrial vertebrates in the Neotropical realm: a study in the evolution of the Neotropical biota and its native landscapes. *Biographica*, vol. 2. La Haya: Dr. W. Junk B.V. Publishers, 244p.
- Noll, F.B. 2013. “Marimbondos”: a review on the neotropical swarm-founding polistines. *Sociobiology*, 60, 347-354. 12
- Noll, F.B. & Gomes, B. 2009. An improved bait method for collecting hymenoptera, especially social wasps (Vespidae: Polistinae). *Neotropical Entomology*, 38(4): 477-481.
<https://doi.org/10.1590/S1519-566X2009000400006>

- Noll, F.B, da Silva, M., Soleman, R.A., *et al.* 2021. Marimbondos: systematics, biogeography, and evolution of social behaviour of neotropical swarm-founding wasps (Hymenoptera: Vespidae: Epiponini). *Cladistics* 0: 1–19. <https://doi.org/10.1111/cla.12446>
- Pennington, R.T., Lewis, G.P. & Ratter, J.A. 2006. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests. In: Pennington, R.T., Lewis, G.P., Ratter, J.A. (Eds.) *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests Plant Diversity, Biogeography, and Conservation*, The Systematics Association Special Volume Series 69, Taylor & Francis, 484p.
- Prezoto, F., Nascimento, F. S., Barbosa, B. C., & Somavilla, A. 2021. *Neotropical social wasps*. Springer Cham., 472p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-53510-0>
- QGIS Development Team. 2019. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>.
- Raw, A. 1998. Population densities and biomass of neotropical social wasps (Hymenoptera, Vespidae) related to colony size, hunting range and wasp size. *Revista Brasileira de Zoologia*, 15: 815-822.
- Richards, O.W. 1978. *The social wasps of the Americas excluding the Vespinae*. London: British Museum (Natural History), 580p.
- Ringuelet, R.A. 1975. Zoogeografía y ecología de los peces de aguas continentales de la Argentina y consideraciones sobre las áreas ictiológicas de América del Sur. *Ecosur*, 2: 1-122.
- Santos, G.M. de M., Bichara Filho, C.C., Resende, J.J. *et al.* 2007. Diversity and community structure of social wasps (Hymenoptera, Vespidae) in three ecosystems in Itaparica Island, Bahia State, Brazil. *Neotropical Entomology*, 36: 180-185.
- Santos, G.M. de M., Cruz, J.D. da, Marques, O.M. & Gobbi, N. 2009. Diversidade de vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae) em áreas de cerrado na Bahia. *Neotropical Entomology*, 38(3): 1-4, 2009.
- Silvertown, J., Franco, M. & Harper, J.L. 1997. *Plant life histories: ecology, phylogeny and evolution*. Cambridge University, New York, p.313.
- Sorensen, T.A. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Biologiske Skrifter/Kongelige Danske Videnskabernes Selskab*, 5: 1-34.

Outras atividades realizadas

Atividade de Formação em Docência

A atividade de formação em Docência foi realizada na disciplina de “Biogeografia”, a qual foi ministrada para o curso de “Bacharelado em Ciências Biológicas” (Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas – UNESP), no período de 04 de setembro a 01 de dezembro de 23, com carga horária de 30 horas. A beneficiária ministrou aulas teóricas e práticas, e auxiliou na avaliação de trabalhos apresentadas pelos alunos durante a realização da mesma.

Colaborou ainda, no mesmo período, na disciplina optativa de “Entomologia”, também oferecida para o curso de “Bacharelado em Ciências Biológicas” (Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas – UNESP), com carga horária de 60 horas. Dentre as atividades, realizou-se a

ministração de aulas teórico/práticas e a elaboração de roteiros para a observação de estruturas de organismos em lupa estereoscópica.

No ano anterior, ministrou a disciplina optativa de “Práticas em Zoologia de Invertebrados”, onde ministrou aulas teórico/práticas e a elaboração de roteiros para a observação de estruturas de organismos em lupa estereoscópica. A disciplina foi ofertada aos alunos do curso de “Bacharelado em Ciências Biológicas” (Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas – UNESP), no período de 15 de setembro de 2022 a 01 de janeiro de 2023, com carga horária de 30 horas.

Atividade de Orientação

Coorientação do discente de graduação Eduardo Solace Josué Gonçalves no desenvolvimento do projeto “Padrões de coloração em *Polybia (Myrapetra) occidentalis* Olivier, 1791 (Hymenoptera: Vespidae: Polistinae) em diferentes biomas brasileiros”, como parte das atividades do estágio curricular obrigatório do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, com início em 01/2024 e término em 12/2024.

Como parte das atividades de coorientação foi realizada a idealização e delineamento do projeto em conjunto com o aluno, auxílio na escrita do texto do projeto e do trabalho de conclusão e orientação nas atividades necessárias para a realização da pesquisa. Durante o período solicitou-se bolsa de IC FAPESP para o aluno, a qual foi concedida.

Avaliação do Supervisor

A Dra. Marjorie teve um desempenho excelente, tanto no quesito pesquisa como também, nos aspectos relacionados a orientação e docência.

Apêndice

Figuras 1 a 6 - Mapa de distribuição das espécies de Epiponini.

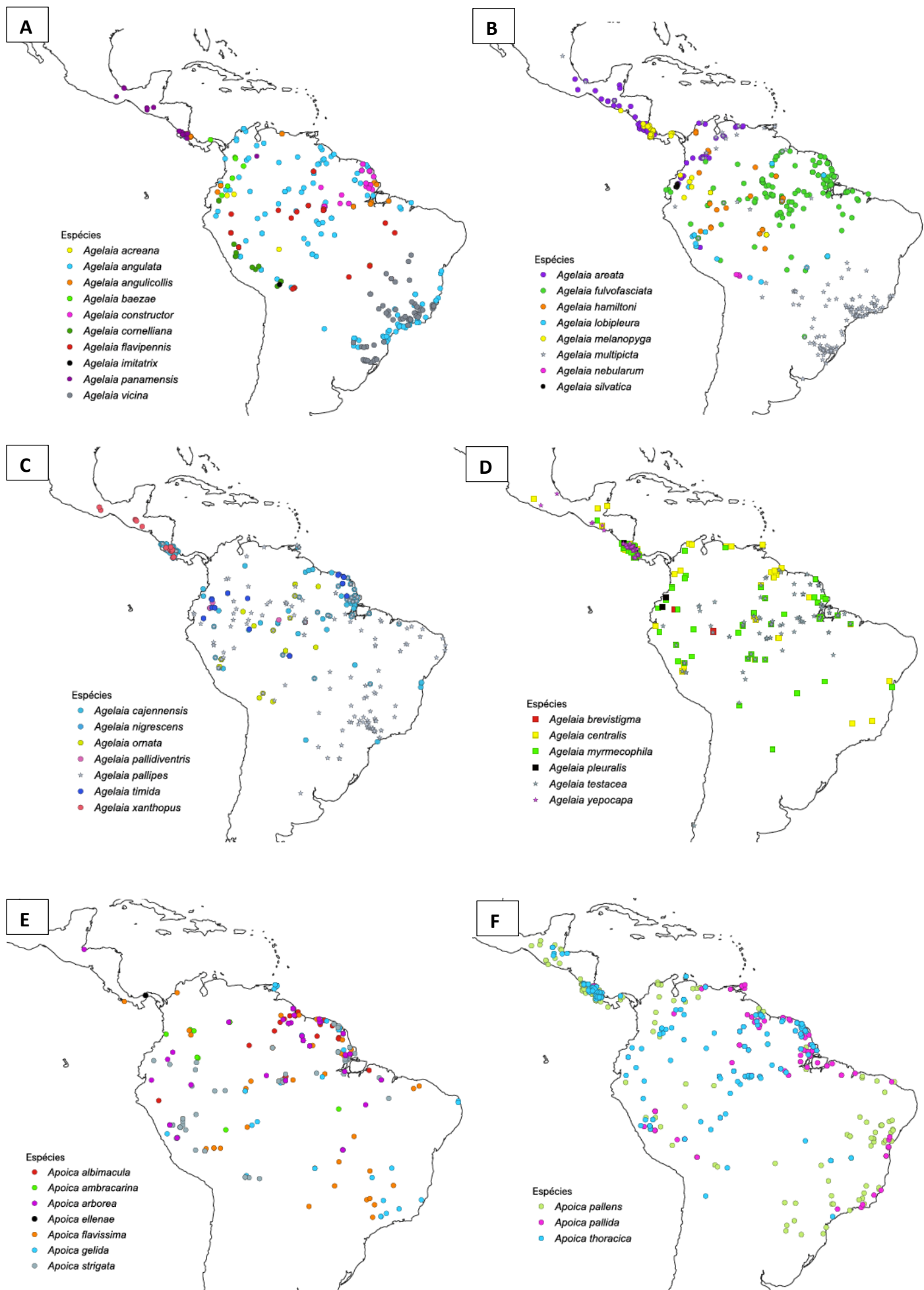


Figura 1. Mapa de distribuição das espécies de *Agelaia* (A-D) e *Apoica* (E-F).

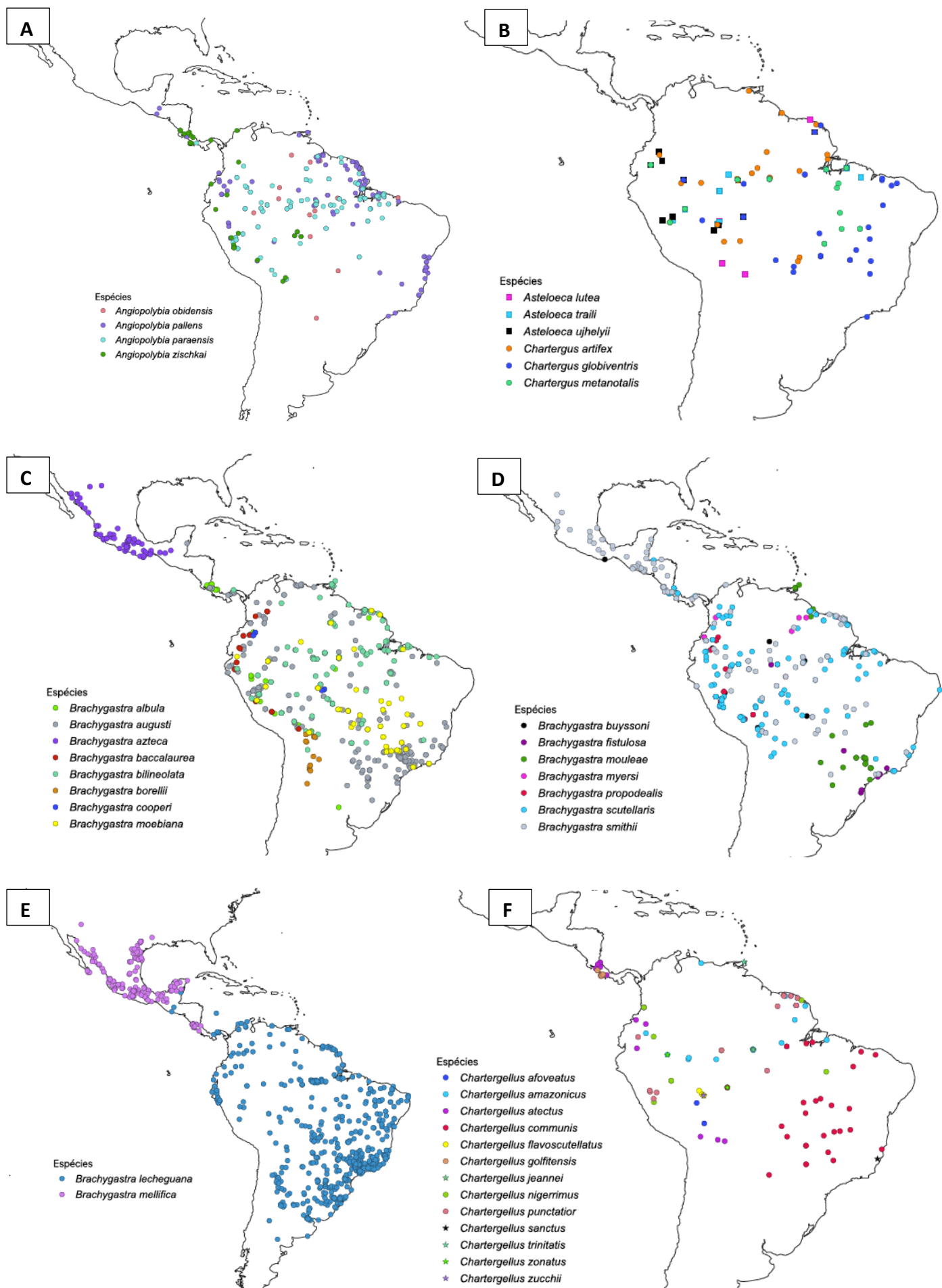


Figura 2. Mapa de distribuição das espécies de *Angiopolybia* (A), *Asteloeca* e *Chartergus* (B), *Brachygastra* (C-E), e *Chartergellus* (F).

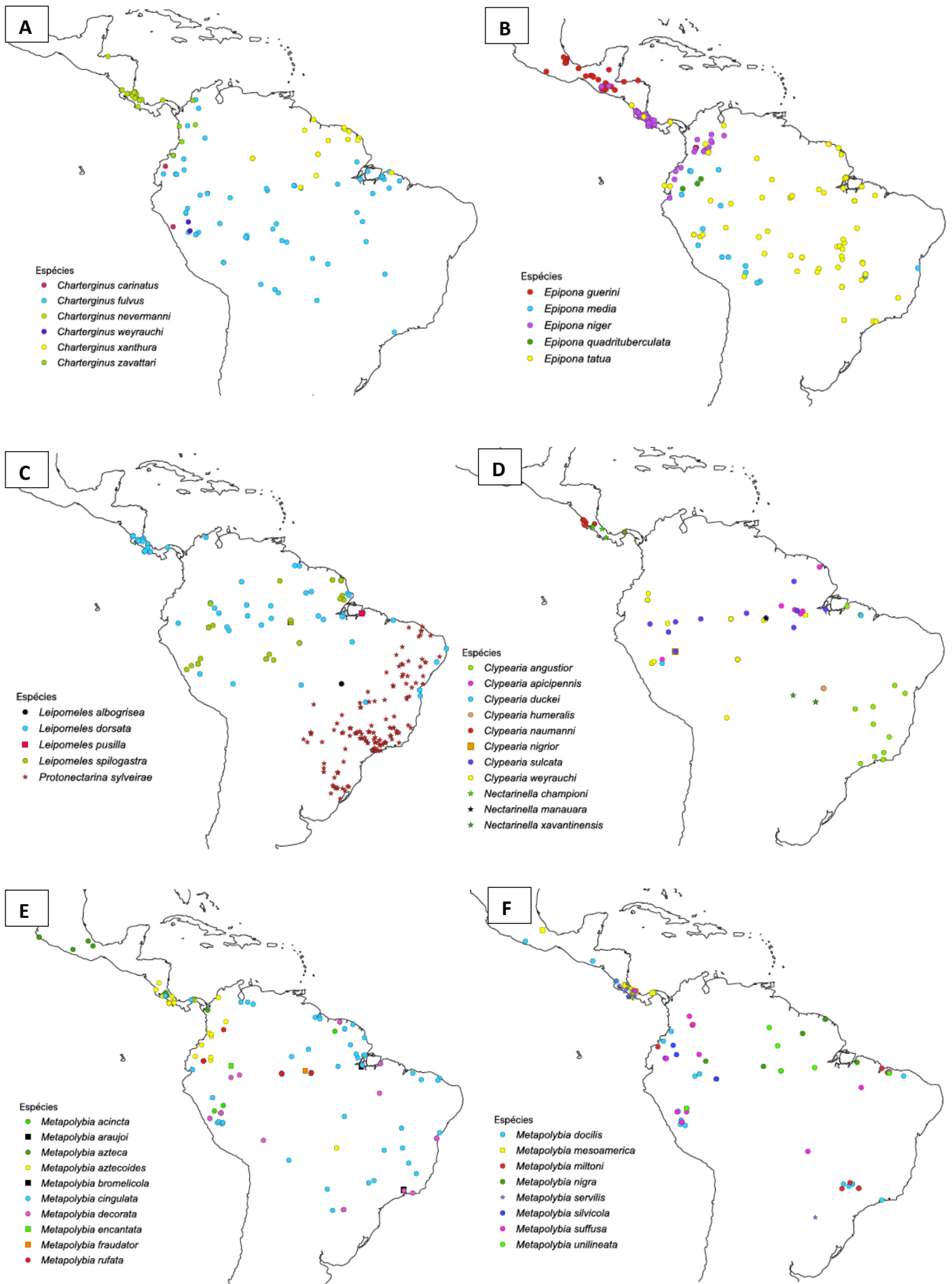


Figura 3. Mapa de distribuição das espécies de *Charterginus* (A), *Epipona* (B), *Leipomeles* e *Protonectarina* (C), *Clypearia* e *Nectarinella* (D) e *Metapolybia* (E-F).

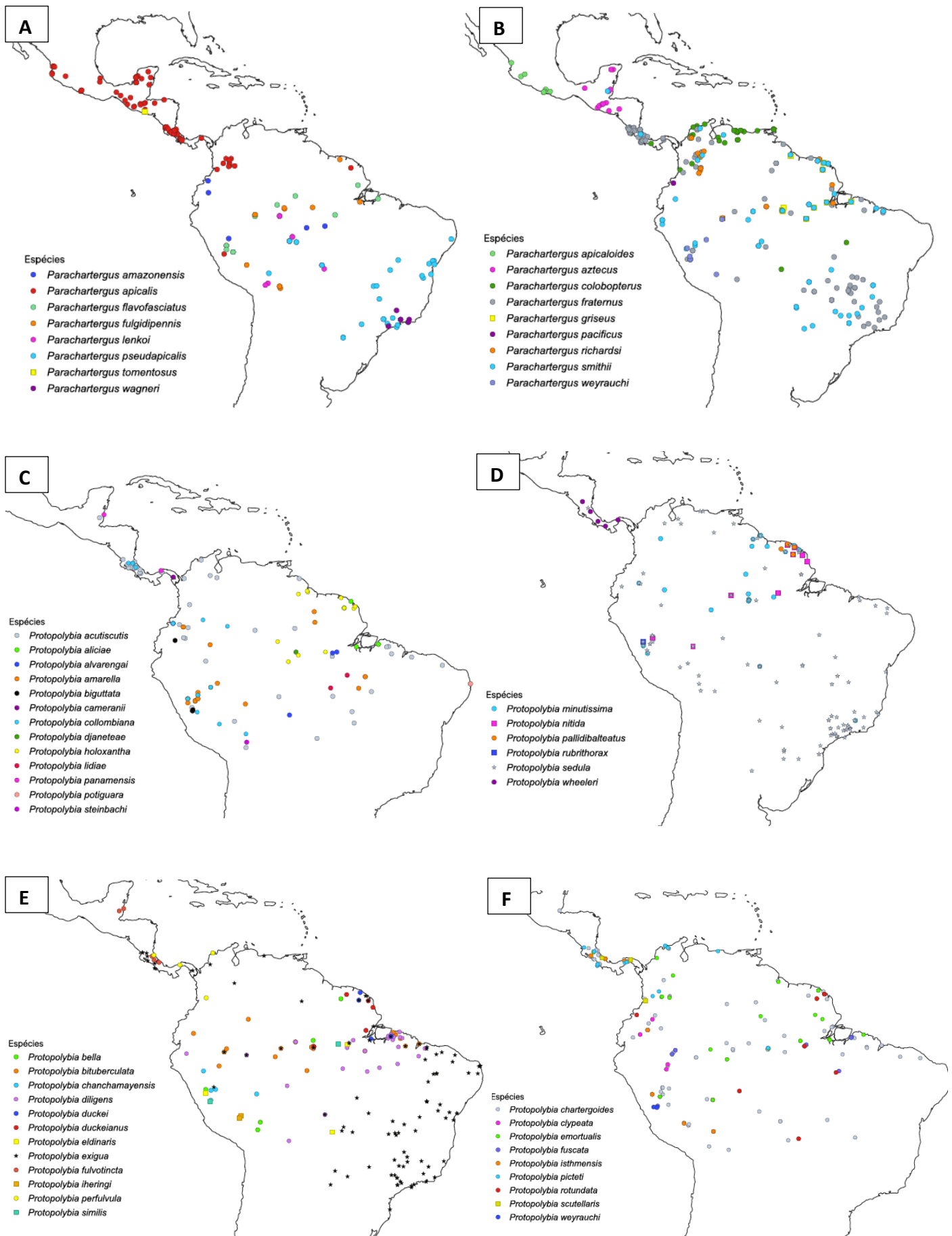


Figura 4. Mapa de distribuição das espécies de *Parachartergus* (A-B) e *Protopolybia* (C-F).

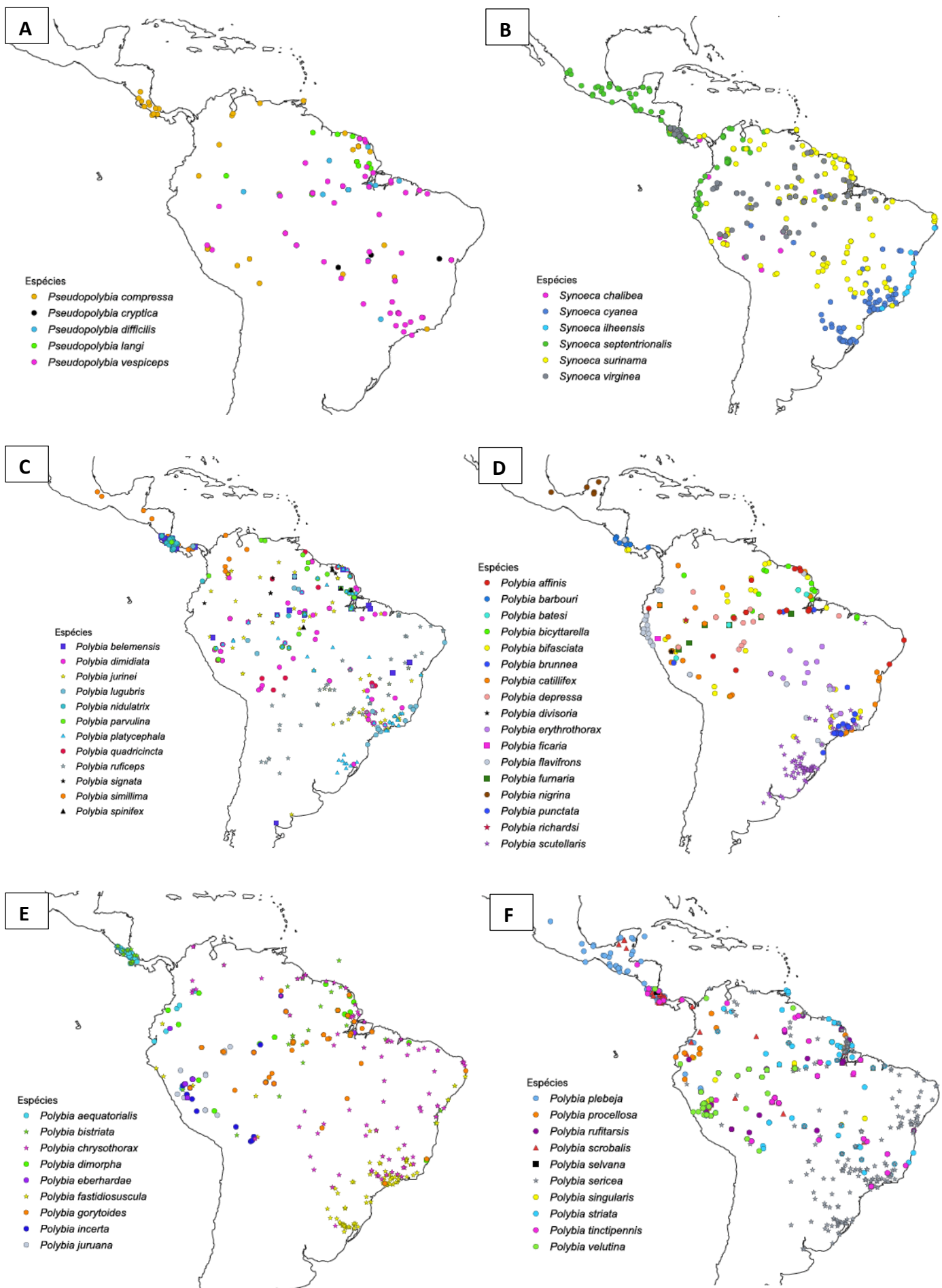


Figura 5. Mapa de distribuição das espécies de *Pseudopolybia* (A), *Synoeca* (B) e *Polybia* (C-F).

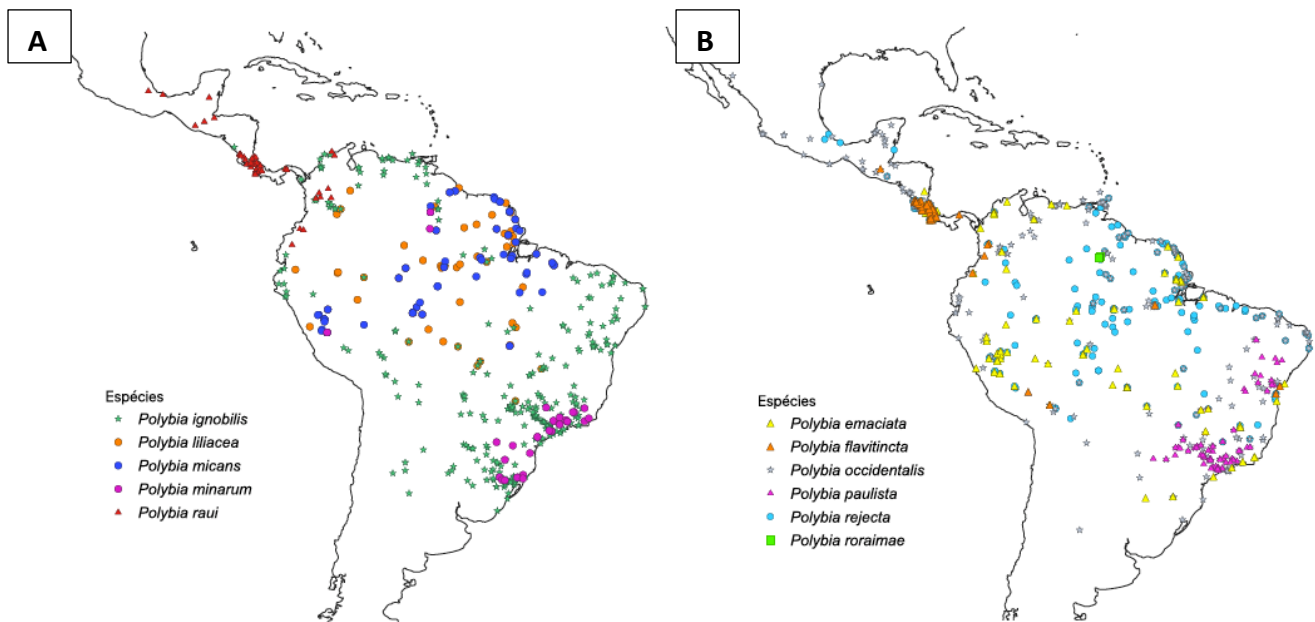


Figura 6. Mapa de distribuição das espécies de *Polybia* (A-B).