

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Instituto de Biologia

Programa de Pós-Graduação em Entomologia



Dissertação

**Contribuições ao conhecimento biogeográfico de Mesembrinellidae
e estudo faunístico de Calliphoridae e Mesembrinellidae (Diptera:
Oestroidea) no sul do Brasil**

Laura Viana Vargas

Pelotas, 2020

Laura Viana Vargas

Contribuições ao conhecimento biogeográfico de Mesembrinellidae e estudo faunístico de Calliphoridae e Mesembrinellidae (Diptera: Oestroidea) no sul do Brasil

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências, Área de Concentração em Entomologia.

Orientador: Marco Antonio Tonus Marinho

Pelotas, 2020

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

V297c Vargas, Laura Viana

Contribuições ao conhecimento biogeográfico de Mesembrinellidae e estudo faunístico de Calliphoridae e Mesembrinellidae (Diptera: Oestroidea) no sul do Brasil / Laura Viana Vargas ; Marco Antonio Tonus Marinho, orientador. — Pelotas, 2020.

108 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. Levantamento de fauna. 2. Horto Botânico Irmão Theodoro Luis. 3. Flona São Francisco de Paula. 4. Biogeografia. 5. Moscas varejeiras. I. Marinho, Marco Antonio Tonus, orient. II. Título.

CDD : 595.774

Laura Viana Vargas

Contribuições ao conhecimento biogeográfico de Mesembrinellidae e estudo faunístico de Calliphoridae e Mesembrinellidae (Diptera: Oestroidea) no sul do Brasil

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Área de Concentração em Entomologia, pelo Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 02/09/2020

Banca examinadora:

Prof. Dr. Marco Antonio Tonus Marinho (Orientador)

Doutor em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Prof. Dr. Cristiano Agra Iserhard

Doutor em Biologia Animal pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Prof. Dr. Rafael Antunes Dias

Doutor em Ecologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Prof. Dr. Marco Silva Gottschalk

Doutor em Biologia Animal pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Dedico este trabalho a minha família, a Rede de Dipteristas do Brasil e a todos os pesquisadores.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer a minha família, mãe Carla, pai Júlio, irmã Jéssica, cunhado Junior e meu sobrinho Matheus, foram dois anos longe, lembro do dia em que eu dei a notícia na aprovação do mestrado, meu pai ficou mega feliz e logo após disse “tu vai ter que ir embora”, então foram dois anos longe, com certeza muito mais difícil para eles do que a mim. Sou imensamente grata pela família que tenho, pelo suporte que tive, apoio, amor, carinho, mesmo com a distância e principalmente por sempre acreditarem em mim e apoiarem meu sonho. Grata!

Um agradecimento mais que especial ao meu orientador Marco Marinho, que aceitou orientar uma pessoa desconhecida, que caiu de paraquedas dentro da UFPel, sem nenhum contato ou carta de recomendação. Foi uma caminhada diferente, um grupo de estudo novo, técnicas novas, um mundo das moscas que eu não fazia idéia da importância que tem, e graças a orientação que tive pude conhecer e mudar opiniões a respeito de “moscas são nojentas”, sou simplesmente grata a orientação que tive, grata pelos ensinamentos, grata pelas aulas, grata pela paciência e respeito.

Eu tive a oportunidade de conhecer quatro mulheres maravilhosas que eu vou levar elas para sempre em mim, Angel, Yasmin, Camila e Mayara, vocês são simplesmente maravilhosas! Quando eu não tinha ninguém eu tive vocês, vocês se tornaram a minha família em Pelotas. Foram tantos momentos que nós dividimos juntas, como uma cervejinha no mercado, festas, nosso cafezinho sagrado depois do almoço, saídas de campo, cada perrengue digno de um livro a ser escrito, as nossas risadas e assuntos aleatórios que surgiam a cada dez minutos. Somos um grupo de amigas com personalidades fortes e diferentes, a gente pode passar o dia inteiro se xingando (literalmente), pode haver brigas, mas sempre no final do dia íamos embora juntas, rindo e passando no calzone pra comer e tomar aquele suco. Saibam que os momentos bons e ruins sempre estarão em mim, porque pra mim amizade é isso, vai ter dias que alguma não vai estar bem, vai estar irritada ou triste, mas o importante foi sempre estarmos uma do lado da outra, com amor, carinho e respeito, e não importa a distância, sempre nos apoiando! Sou imensamente grata por ter vocês!

Um agradecimento aos meus queridos colegas do laboratório LEGIN e DIVERGE, Isa, Diniz, Victor, Marcos, Aline, Brenda, Henrique, Robson e Tais, grata pelas experiências trocadas, conversas e hora do café, regada de muitas risadas e brincadeiras.

As amiguinhas Bibi e Jessyca com J, vocês são pessoas iluminadas, passamos por momentos muito engraçados e de muitas risadas, vocês duas são demais, grata por ter conhecido vocês.

Marco, Monica e Juliana, professores/pesquisadores responsáveis pelos laboratórios em que convivi durante esses dois anos de caminhada, vocês são profissionais incríveis, os melhores laboratórios do departamento com todo certeza. Grata pelos ensinamentos, conversas trocadas, risadas e oportunidades. Um agradecimento aos demais professores/pesquisadores do departamento DEZG, Rafael, Cristiano, Ana Rui, Edison Zefa, Sebastian, todos vocês contribuíram de alguma forma para o meu crescimento. Grata!

Aos meus colegas de pós graduação (PPGEnt e PPGBA), Márcio, Juliana, Riuler, Vitor, Roger, Kelly, Christian, Pedro, Marcelo, Alessandro, Tai, Giovana e Amanda, dividi muitas horas com alguns de vocês em sala de aula, dividi muitas horas de cafés com vocês, rimos bastante, teve até momentos de nervosismo e reflexões, dividimos também algumas cervejas e saídas de campo, momentos esses que fizeram muita diferença, grata a vocês!

Ao pessoal da graduação da biologia, Nati, Julinha, Alice, Lucas e Gabriel.

Não poderia esquecer também da Nati, motorista oficial para as coletas no Horto, grata pelas caronas!

Aos meus amigos de Passo Fundo, que mesmo longe sempre estávamos por perto.

Um agradecimento também para a Universidade Federal de Pelotas, Instituição pública de ensino de qualidade, ao Programa de Pós Graduação em Entomologia e a CAPES pelo suporte financeiro.

São tantas pessoas com as quais eu tive uma troca durante esses dois anos que não sei se consegui me lembrar de todos, mas sou grata por todos eles que passaram na minha vida, sou agradecida por todos os ensinamentos, conversas e momentos de descontração, até mesmo dos momentos de estresse. Com certeza foi um crescimento profissional e pessoal, todos vocês contribuíram pra isso, eternamente grata!!

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

Resumo

VARGAS, Laura Viana. **Contribuições ao conhecimento biogeográfico de Mesembrinellidae e estudo faunístico de Calliphoridae e Mesembrinellidae (Diptera: Oestroidea) no sul do Brasil**. Orientador: Marco Antonio Tonus Marinho. 2020. 108 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

Calliphoridae e Mesembrinellidae (Diptera: Oestroidea) são famílias de dípteros calíptros. Os calíptros têm distribuição mundial e importância para a entomologia forense e medicina veterinária, pois suas larvas possuem hábito saprófago ou ectoparasítico de mamíferos. Já os mesembrinélidos distribuem-se exclusivamente na Região Neotropical, apresentando potencial para uso como bioindicadores, ocorrendo quase exclusivamente em áreas florestais. O conhecimento da fauna destas famílias no Rio Grande do Sul é ainda incipiente, assim como são poucos os estudos sobre os padrões biogeográficos para estes grupos na região Neotropical, em especial para Mesembrinellidae. Neste contexto, a primeira parte deste trabalho teve como objetivo realizar um estudo da fauna destas famílias em duas localidades do Rio Grande do Sul, uma no Horto Botânico Irmão Teodoro Luis, localizado no município de Capão do Leão, e outra na Floresta Nacional (FLONA) de São Francisco de Paula. Foram realizadas coletas utilizando quatro armadilhas Van Someren-Rydon iscadas com fígado bovino ou de galinha. No Horto Botânico, as coletas foram realizadas mensalmente, com exposição das armadilhas por sete dias, durante um ano (08/2018 a 08/2019). Na FLONA, a coleta realizada foi de caráter pontual, no período de 13/04 a 03/05/2019 (21 dias). No Horto Botânico, foram coletados 604 indivíduos, sendo a espécie mais abundante *Lucia eximia* (57,3%), seguida por *Chrysomya albiceps* (21,0%). Na FLONA, foram coletados 243 indivíduos, sendo a espécie mais abundante *L. eximia* (71,2%), seguida por *Hemilucilia semidiaphana* (18,5%). Indivíduos de Mesembrinellidae foram coletados apenas na FLONA. No Horto Botânico, observou-se a variação temporal no perfil das espécies, sendo que a maior riqueza foi encontrada no outono e primavera. A segunda parte do trabalho objetivou realizar uma análise biogeográfica para Mesembrinellidae. Para tanto, dados de ocorrência das 53 espécies viventes conhecidas da família foram compilados a partir da literatura e de material disponível no Laboratório de Genética e Evolução de Insetos (LEGIN), do IB/UFPel. Os dados de ocorrência foram utilizados na elaboração de mapas de distribuição e incorporados às análises biogeográficas conduzidas com o software BioGeoBEARS, utilizando os modelos DEC, DIVA-like e BAYAREA. Para as análises, foi utilizada uma árvore filogenética com estimativa de tempos de divergência extraída de uma análise ainda não publicada das relações filogenéticas em Oestroidea, conduzida com o software BEAST. Os resultados das análises mostram que Mesembrinellidae originou-se há ~38 milhões de anos atrás, sendo que a linhagem ancestral da família parece ter se estabelecido e diversificado inicialmente na porção noroeste da América do Sul, associada à Floresta Amazônica e à Cordilheira dos Andes. A colonização de áreas mais periféricas da região Neotropical, como a América Central e a Mata Atlântica, ocorreu mais recentemente, coincidindo, respectivamente, com os períodos de formação do Istmo do Panamá e da existência de interconexões históricas entre a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica.

Palavras-chave: Levantamento de fauna; Horto Botânico Irmão Teodoro Luis; FLONA São Francisco de Paula; Biogeografia; Região Neotropical; moscas varejeiras.

Abstract

VARGAS, Laura Viana. **Contributions to the biogeographical knowledge of Mesembrinellidae and faunistic analysis of Calliphoridae and Mesembrinellidae (Diptera: Oestroidea) in south Brasil.** Advisor: Marco Antonio Tonus Marinho. 2020. 108 f. Dissertation (Masters in Entomology) – Institute of Biology, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2020.

Calliphoridae and Mesembrinellidae (Diptera: Oestroidea) are families of calyptrate dipteran. Calliphorids have a worldwide distribution and are of major importance for forensic entomology and veterinary sciences, since its larvae have saprophagous or ectoparasitic habits. The mesembrinellids have a distribution restricted to the Neotropical region, presenting a potential role to act as bioindicators, since their occurrence is almostly restricted to forest environments. The knowledge of the fauna of these families in Rio Grande do Sul is still incipient, as well as there are few studies on the biogeographic patterns for these groups in the Neotropical region, especially for Mesembrinellidae. In this context, the first part of this study was aimed to conduct a fauna survey analysis for these families in two localities of the Rio Grande do Sul state, one in the Horto Botânico Irmão Teodoro Luis, in the municipality of Capão do Leão, and the other in the National Forest (FLONA) of São Francisco de Paula. Field collections were conducted using four Van Someren-Rydon traps baited with chicken or cattle liver. In the Horto Botânico, monthly collections were made for one year period (august/2018 to august/2019), with the traps exposed for seven days in the field. In FLONA, a single collection was made in the period from april 13th to may 03rd of 2019 (21 days). In the Horto Botânico, a total of 604 specimens were collected, with *Lucia eximia* being the most abundant species (57,3%), followed by *Chrysomya albiceps* (21,0%). In FLONA, 243 specimens were collected, with *L. eximia* being again the most abundant species (71,2%), followed by *Hemilucilia semidiaphana* (18,5%). Mesembrinellidae specimens were collected solely in the FLONA locality. Besides, in the Horto Botânico, it was possible to evaluate the temporal variation in the species profile, with the highest richness being observed in the autumn and spring months. The second part of this study was aimed to conducted a biogeographic analysis of Mesembrinellidae. For this, occurrence data for the 53 known living species of the family were compiled from the scientific literature and from material collected and available at the Laboratório de Genética e Evolução de Insetos (LEGIN), of the IB/UFPel. The occurrence data were used to elaborate distribution maps and latter were included in the biogeographic analyses conducted with the BioGeoBEARS software, using the models DEC, DIVA-like and BAYAREA. For the analyses, a phylogenetic tree with divergence time estimations was extracted from an unpublished phylogenetic analysis of Oestroidea relationships, conducted with the software BEAST. The results show that Mesembrinellidae originated around 38 million years ago, with the family's ancestor lineage initially stablishing and diversifying in the northwest region of South America, associated with the Amazon Forest and the Andes Cordillera. The colonization of more peripheric areas of the Neotropical region, such as the Central America and the Atlantic Forest, occurred in a more recent time, coinciding with the formation of the Panama Isthmus and with the occurrence of historical interconnections between the Amazon and Atlantic Forests, respectively.

Key words: Fauna survey; Horto Botânico Irmão Teodoro Luis; FLONA São Francisco de Paula; Biogeography; Neotropical Region; blowflies.

Lista de Figuras

| | | |
|----------|---|----|
| Figura 1 | (A) <i>Chrysomya albiceps</i> , representante da família Calliphoridae (Diptera: Oestroidea). (B) <i>Mesembrinella bicolor</i> , representante da família Mesembrinellidae (Diptera: Oestroidea). Fotos: Marco Antonio T. Marinho. | 19 |
| Figura 2 | (A) Biomas brasileiros, segundo proposta de divisão do IBGE. (B) Detalhe da figura (A), representando os biomas encontrados no estado do Rio Grande do Sul. Imagem adaptada e modificada de: Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Biomas_do_Brasil.svg); Autor: 'High source'; Licença: Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International | 28 |
| Figura 3 | Flutuação populacional das espécies da família Calliphoridae coletadas no Horto Botânico Irmão Theodoro Luis, no município de Capão do Leão, RS, durante um ano de amostragem, comparando-se entre as estações do ano, com a influência da temperatura (mínima e máxima) e precipitação pluviométrica | 33 |
| Figura 4 | Curva de rarefação / extrapolação da amostragem, baseada na cobertura amostral, para o período de coleta no Horto Botânico Irmão Theodoro Luis, de agosto/2018 a agosto/2019 | 34 |
| Figura 5 | Perfil de diversidade dos califorídeos nas estações outono e primavera, para os indivíduos coletados no Horto Botânico Irmão Theodoro Luis, em Capão do Leão, RS. Os dados das estações inverno e verão foram retirados da análise devido ao baixo número de indivíduos coletados | 34 |
| Figura 6 | Curva de saturação da amostragem, para as estações do ano outono e primavera, das coletas realizadas no Horto Botânico Irmão Theodoro Luis, Capão do Leão, RS | 35 |
| Figura 7 | Histogramas circulares das abundâncias das espécies de Calliphoridae no Horto Botânico Irmão Theodoro Luis, Capão do Leão, RS, para o período de agosto/2018 a agosto/2019 | 35 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 8 | Curva de rarefação / extrapolação da amostragem comparando a diversidade de espécies nas duas localidades de coleta, Horto Botânico Irmão Teodoro Luís (Capão do Leão) e FLONA São Francisco de Paula (São Francisco de Paula), no mesmo período de coleta | 38 |
| Figura 9 | Mapa da região Neotropical, apresentando a divisão em sub-regiões e províncias proposta por Morrone (2014), a qual foi utilizada nas análises biogeográficas em <i>Mesembrinellidae</i> . (A) Zona de Transição Mexicana; (B) Sub-Região Brasileira – Domínio Mesoamericano; (C) Sub-Região das Antilhas; (D) Sub-Região Brasileira – Domínio do Pacífico; (E) Sub-Região Brasileira – Domínio Boreal Brasileiro; (F) Sub-Região Brasileira – Domínio Sul Brasileiro; (G) Sub-Região do Chaco – Domínio Sudeste Amazônico; (H) Sub-Região do Chaco – Domínio do Chaco; (I) Sub-Região do Chaco – Domínio do Paraná; (J) Zona de Transição da América do Sul. Mapa obtido através do programa QGIS v.3.8.3, com ‘shapefile’ de Löwenberg-Neto (2014) | 54 |
| Figura 10 | Pontos de ocorrência conhecida da espécie <i>Mesembrinella (Albuquerquea) latifrons</i> na região Neotropical | 56 |
| Figura 11 | Pontos de ocorrência das espécies do gênero <i>Mesembrinella</i> anteriormente alocadas em <i>Giovanella</i> na região Neotropical: <i>Mesembrinella (Giovanella) epandrioaurantia</i> (verde); <i>Mesembrinella (Giovanella) woodorum</i> (vermelho); <i>Mesembrinella (Giovanella) bolivar</i> (laranja); e <i>Mesembrinella (Giovanella) carvalhoi</i> (amarelo) | 57 |
| Figura 12 | Pontos de ocorrência conhecida para algumas das espécies do gênero <i>Mesembrinella</i> anteriormente alocadas em <i>Huascaromusca</i> na região Neotropical: <i>Mesembrinella (Huascaromusca) aeneiventris</i> (laranja); <i>Mesembrinella (Huascaromusca) vogelsangi</i> (amarelo); <i>Mesembrinella (Huascaromusca) xanthorrhina</i> (verde); e <i>Mesembrinella (Huascaromusca) zurquiensis</i> (vermelho) | 58 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 13 | Pontos de ocorrência conhecida para algumas das espécies do gênero <i>Mesembrinella</i> anteriormente alocadas em <i>Huascaromusca</i> na região Neotropical: <i>Mesembrinella (Huascaromusca) cordillera</i> (azul); <i>Mesembrinella (Huascaromusca) uniseta</i> (vermelho); e <i>Mesembrinella (Huascaromusca) semiflava</i> (amarelo) | 58 |
| Figura 14 | Pontos de ocorrência conhecida para algumas das espécies do gênero <i>Mesembrinella</i> anteriormente alocadas em <i>Huascaromusca</i> na região Neotropical: <i>Mesembrinella (Huascaromusca) nigrocoerulea</i> (amarelo); <i>Mesembrinella (Huascaromusca) lara</i> (vermelho); <i>Mesembrinella (Huascaromusca) decrepita</i> (azul); e <i>Mesembrinella (Huascaromusca) bequeaerti</i> (rosa) | 59 |
| Figura 15 | Pontos de ocorrência conhecida para algumas das espécies do gênero <i>Mesembrinella</i> anteriormente alocadas em <i>Huascaromusca</i> na região Neotropical: <i>Mesembrinella (Huascaromusca) violacea</i> (vermelho); <i>Mesembrinella (Huascaromusca) obscura</i> (verde); e <i>Mesembrinella (Huascaromusca) purpurata</i> (amarelo) | 59 |
| Figura 16 | Pontos de ocorrência das espécies do gênero <i>Mesembrinella</i> anteriormente alocadas em <i>Henriquella</i> na região Neotropical: <i>Mesembrinella (Henriquella) mexicana</i> (azul); <i>Mesembrinella (Henriquella) spicata</i> (vermelho); e <i>Mesembrinella (Henriquella) guaramacalensis</i> (amarelo) | 60 |
| Figura 17 | Pontos de ocorrência das espécies do gênero <i>Mesembrinella</i> anteriormente alocadas em <i>Thompsoniella</i> na região Neotropical: <i>Mesembrinella (Thompsoniella) andina</i> (amarelo) e <i>Mesembrinella (Thompsoniella) anomala</i> (vermelho) | 61 |
| Figura 18 | Pontos de ocorrência para algumas espécies do gênero <i>Mesembrinella</i> na região Neotropical: <i>Mesembrinella batesi</i> (amarelo); <i>Mesembrinella benoisti</i> (azul); e <i>Mesembrinella apollinaris</i> (vermelho) | 62 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 19 | Pontos de ocorrência conhecida para a espécie <i>Mesembrinella belardiana</i> na região Neotropical | 62 |
| Figura 20 | Pontos de ocorrência conhecida para a espécie <i>Mesembrinella bicolor</i> na região Neotropical | 63 |
| Figura 21 | Pontos de ocorrência conhecida da espécie <i>Mesembrinella brunnipes</i> na região Neotropical | 64 |
| Figura 22 | Pontos de ocorrência para algumas espécies do gênero <i>Mesembrinella</i> na região Neotropical: <i>Mesembrinella bullata</i> (azul); <i>Mesembrinella currani</i> (verde); <i>Mesembrinella cyaneicincta</i> (vermelho); e <i>Mesembrinella flavicrura</i> (amarelo) | 64 |
| Figura 23 | Pontos de ocorrência conhecida para algumas espécies do gênero <i>Mesembrinella</i> na região Neotropical: <i>Mesembrinella chantryi</i> (vermelho); <i>Mesembrinella longicercus</i> (amarelo); <i>Mesembrinella peregrina</i> (azul); e <i>Mesembrinella pictipennis</i> (verde) | 65 |
| Figura 24 | Pontos de ocorrência conhecida para algumas espécies do gênero <i>Mesembrinella</i> na região Neotropical: <i>Mesembrinella quadrilineata</i> (amarelo); <i>Mesembrinella townsendi</i> (azul claro); <i>Mesembrinella socors</i> (vermelho) | 66 |
| Figura 25 | Pontos de ocorrência conhecida para algumas espécies do gênero <i>Mesembrinella</i> na região Neotropical: <i>Mesembrinella serrata</i> (azul claro); <i>Mesembrinella semihyalina</i> (vermelho); <i>Mesembrinella velasquezae</i> (azul); <i>Mesembrinella randa</i> (amarelo) e <i>Mesembrinella umbrosa</i> (lilás) | 66 |
| Figura 26 | Pontos de ocorrência conhecida para algumas espécies do gênero <i>Laneella</i> na região Neotropical: <i>Laneella patricea</i> (azul); <i>Laneella perisi</i> (vermelho) e <i>Laneella nigripes</i> (amarelo) | 67 |
| Figura 27 | Pontos de ocorrência conhecida para algumas espécies do gênero <i>Laneella</i> na região Neotropical: <i>Laneella purpurea</i> (azul); <i>Laneella fuscusquamata</i> (vermelho) e <i>Laneella fusconitida</i> (amarelo) | 68 |
| Figura 28 | Pontos de ocorrência conhecida da espécie <i>Souzalopesiella facialis</i> na região Neotropical | 68 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 29 | Árvore filogenética das linhagens subordinadas de Mesembrinellidae, reconstruída pelo critério de inferência Bayesiana com o software BEAST2 v.2.6.2. A nomenclatura dos gêneros segue a proposta de Guimarães (1977) e Bonatto (2001). Na parte inferior, é mostrada uma escala temporal, em milhões de anos. Os números próximos aos nós indicam os valores de suporte das probabilidades <i>a posteriori</i> | 70 |
| Figura 30 | Resultado da análise biogeográfica conduzida com o programa BioGeoBEARS utilizando o modelo DEC (Dispersão – Extinção – Cladogênese), mostrando as prováveis áreas ancestrais de ocorrência dos táxons. As letras de ‘A’ a ‘J’ representam as áreas propostas por Morrone (2014), como explicado no texto | 71 |
| Figura 31 | Resultado da análise biogeográfica conduzida com o programa BioGeoBEARS utilizando o modelo DEC (Dispersão – Extinção – Cladogênese), mostrando as probabilidades associadas às áreas de ocorrência ancestrais inferidas para os táxons. As cores apresentadas em cada um dos nós representam as áreas de ‘A’ a ‘J’ propostas por Morrone (2014), seguindo o mesmo padrão da Figura 30 | 72 |
| Figura 32 | Resultado da análise biogeográfica conduzida com o programa BioGeoBEARS utilizando o modelo DEC+J (Dispersão – Extinção – Cladogênese + parâmetro ‘J’), mostrando as prováveis áreas ancestrais de ocorrência dos táxons. As letras de ‘A’ a ‘J’ representam as áreas propostas por Morrone (2014), como explicado no texto | 73 |
| Figura 33 | Resultado da análise biogeográfica conduzida com o programa BioGeoBEARS utilizando o modelo DEC+J (Dispersão – Extinção – Cladogênese + parâmetro ‘J’), mostrando as probabilidades associadas às áreas de ocorrência ancestrais inferidas para os táxons. As cores apresentadas em cada um dos nós representam as áreas de ‘A’ a ‘J’ propostas por Morrone (2014), seguindo o mesmo padrão da Figura 32 | 74 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 34 | Resultado da análise biogeográfica conduzida com o programa BioGeoBEARS utilizando o modelo DIVA-like (Dispersão – Vicariância), mostrando as prováveis áreas ancestrais de ocorrência dos táxons. As letras de ‘A’ a ‘J’ representam as áreas propostas por Morrone (2014), como explicado no texto | 75 |
| Figura 35 | Resultado da análise biogeográfica conduzida com o programa BioGeoBEARS utilizando o modelo DIVA-like (Dispersão – Vicariância), mostrando as probabilidades associadas às áreas de ocorrência ancestrais inferidas para os táxons. As cores apresentadas em cada um dos nós representam as áreas de ‘A’ a ‘J’ propostas por Morrone (2014), seguindo o mesmo padrão da Figura 34 | 76 |
| Figura 36 | Resultado da análise biogeográfica conduzida com o programa BioGeoBEARS utilizando o modelo DIVA-like+J (Dispersão – Vicariância + parâmetro ‘J’), mostrando as prováveis áreas ancestrais de ocorrência dos táxons. As letras de ‘A’ a ‘J’ representam as áreas propostas por Morrone (2014), como explicado no texto | 77 |
| Figura 37 | Resultado da análise biogeográfica conduzida com o programa BioGeoBEARS utilizando o modelo DIVA-like+J (Dispersão – Vicariância + parâmetro ‘J’), mostrando as probabilidades associadas às áreas de ocorrência ancestrais inferidas para os táxons. As cores apresentadas em cada um dos nós representam as áreas de ‘A’ a ‘J’ propostas por Morrone (2014), seguindo o mesmo padrão da Figura 36 | 78 |
| Figura 38 | Resultado da análise biogeográfica conduzida com o programa BioGeoBEARS utilizando o modelo BAYAREA, mostrando as prováveis áreas ancestrais de ocorrência dos táxons. As letras de ‘A’ a ‘J’ representam as áreas propostas por Morrone (2014), como explicado no texto | 79 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 39 | Resultado da análise biogeográfica conduzida com o programa BioGeoBEARS utilizando o modelo BAYAREA, mostrando as probabilidades associadas às áreas de ocorrência ancestrais inferidas para os táxons. As cores apresentadas em cada um dos nós representam as áreas de 'A' a 'J' propostas por Morrone (2014), seguindo o mesmo padrão da Figura 38 | 80 |
| Figura 40 | Resultado da análise biogeográfica conduzida com o programa BioGeoBEARS utilizando o modelo BAYAREA+J, mostrando as prováveis áreas ancestrais de ocorrência dos táxons. As letras de 'A' a 'J' representam as áreas propostas por Morrone (2014), como explicado no texto | 81 |
| Figura 41 | Resultado da análise biogeográfica conduzida com o programa BioGeoBEARS utilizando o modelo BAYAREA+J, mostrando as probabilidades associadas às áreas de ocorrência ancestrais inferidas para os táxons. As cores apresentadas em cada um dos nós representam as áreas de 'A' a 'J' propostas por Morrone (2014), seguindo o mesmo padrão da Figura 40 | 82 |

Lista de Tabelas

| | | |
|----------|---|----|
| Tabela 1 | Frequência absoluta e relativa das espécies de Calliphoridae no Horto Botânico Irmão Theodoro Luis, Capão do Leão, durante um ano de amostragem | 32 |
| Tabela 2 | Frequência absoluta e relativa das espécies capturadas com armadilha Van Someten-Rydon na Floresta São Francisco de Paula, São Francisco de Paula, RS | 37 |
| Tabela 3 | Amostragem taxonômica de Mesembrinellidae utilizada nas análises filogenéticas. Sequências retiradas do GenBank são acompanhadas pelos respectivos números de acesso. Sequências novas, ainda não publicadas, são designadas com um sinal "+". Para os nomes de gêneros, são apresentadas as propostas de Guimarães (1977), seguida por Bonatto (2001), e a proposta mais recente de Whitworth & Yusseff-Vanegas (2019) | 51 |
| Tabela 4 | Resultado do teste hierárquico de verossimilhança realizado com os modelos DEC, DIVA-like e BAYAREA, comparando-se o ajuste aos dados quando da inclusão ou não do parâmetro 'J'. LnL = logaritmo natural da verossimilhança do modelo; DF = graus de liberdade | 84 |
| Tabela 5 | Resultado do teste realizado com o critério de informação de Akaike corrigido (AICc) para os seis modelos utilizados nas análises biogeográficas. LnL = logaritmo natural da verossimilhança; 'd', 'e' e 'i' representam os valores de cada parâmetro inferidos durante as análises.. | 85 |

Sumário

| | |
|---|----|
| 1. Introdução geral | 18 |
| 2. Capítulo I: Estudo da fauna de Calliphoridae e Mesembrinellidae (Diptera: Calyptratae: Oestroidea) nos municípios de Capão do Leão e São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil | 23 |
| 2.1. Introdução | 24 |
| 2.1.1. Estudos faunísticos de Calliphoridae e Mesembrinellidae . | 24 |
| 2.1.2. Biomas do Rio Grande do Sul | 26 |
| 2.1.3. Objetivos | 28 |
| 2.2. Material e Métodos | 29 |
| 2.2.1. Caracterização dos pontos de coleta | 29 |
| 2.2.2. Coletas e processamento do material coletado | 30 |
| 2.3. Resultados | 32 |
| 2.4. Discussão | 39 |
| 2.5. Conclusões | 43 |
| 3. Capítulo II: Análise Biogeográfica de Mesembrinellidae (Diptera: Calyptratae Oestroidea) | 44 |
| 3.1. Introdução | 45 |
| 3.1.1. A família Mesembrinellidae (Diptera: Calyptratae: Oestroidea) | 45 |
| 3.1.2. Biogeografia e análises biogeográficas em Calyptratae (Diptera) | 47 |
| 3.1.3. Objetivos | 48 |
| 3.2. Materiais e Métodos | 49 |
| 3.2.1. Compilação dos dados de ocorrência e confecção de mapas de distribuição para as espécies de Mesembrinellidae | 49 |
| 3.2.2. Análise filogenética de Mesembrinellidae, com estimativa de tempos de divergência | 49 |
| 3.2.3. Análises biogeográficas | 53 |
| 3.3. Resultados | 56 |
| 3.3.1. Compilação dos dados de ocorrência e confecção de mapas de distribuição para as espécies de Mesembrinellidae | 56 |
| 3.3.2. Análises filogenética e biogeográfica de Mesembrinellidae | 69 |

| | |
|-------------------------------|----|
| 3.4. Discussão | 86 |
| 3.5. Conclusões | 92 |
| 4. Considerações finais | 94 |
| 5. Referências | 96 |

1. Introdução

A superfamília Oestroidea, pertencente ao grupo de dípteros caliptrados (Diptera: Schizophora: Calyptratae), é composta por táxons de diferentes estratégias de vida, sendo um grupo bem diversificado, em termos morfológicos e ecológicos, em relação aos estágios adultos e larvais. Em especial, no que se refere ao hábito larval, encontramos no grupo linhagens com larvas de hábito parasitário de invertebrados e vertebrados, predador de outros invertebrados e, principalmente, saprófago (STEVENS *et al.*, 2006; KUTTY *et al.*, 2010; DESZO, 2018). O grupo apresenta cerca de 15.000 espécies descritas, divididas atualmente nas famílias Sarcophagidae, Rhinophoridae, Tachinidae, Oestridae, Mystacinobiidae, Rhiniidae, Polleniidae, Ulurumyidae, Mesembrinellidae e Calliphoridae, sendo esta última um agrupamento reconhecidamente polifilético, com divergências históricas em relação a sua composição, bem como a sua posição na filogenia de Oestroidea (ROGNES, 1997; KUTTY *et al.*, 2010, 2019; MARINHO *et al.*, 2012; CERRETTI *et al.*, 2017, 2019).

Neste contexto, historicamente, Mesembrinellidae foi tratada como subfamília de Calliphoridae (HALL, 1948; MELLO, 1967; JAMES, 1970; HENNIG, 1973; PAPE, 1992; ROGNES, 1997). Entretanto, Guimarães (1977) e, posteriormente, Bonatto (2001) realizaram revisões detalhadas da taxonomia baseada nas características morfológicas e reprodutivas do grupo, propondo que a mesma compunha uma linhagem monofilética, independente de Calliphoridae, classificando-a como uma família da superfamília Oestroidea. Recentemente, outros trabalhos realizados com o grupo, incluindo estudos com dados moleculares, corroboraram essa mudança na classificação (KUTTY *et al.*, 2010; MARINHO *et al.*, 2012; SINGH; WELLS, 2013; MARINHO *et al.*, 2017; WHITWORTH; YUSSEFF-VANEGAS, 2019).

Calliphoridae compreende uma família cujos indivíduos são conhecidos popularmente por moscas varejeiras. Possuem corpo robusto, com coloração verde

ou azul metálica, e tamanho médio variando entre 5 e 15 mm (Figura 1A). Características diagnósticas do grupo incluem: (i) presença de uma fileira de cerdas bem desenvolvidas no meron, formando um 'L' invertido; (ii) veia M com uma curvatura distinta, angular, em direção ao ápice da asa, sendo que as características (i) e (ii) são compartilhadas com outras famílias de Oestroidea; (iii) pós-pronoto com uma fileira de três a quatro cerdas bem desenvolvidas; (iv) notopleura normalmente com duas cerdas bem desenvolvidas; (v) espiráculo torácico posterior grande, com duas membranas, sendo a anterior maior do que a posterior; (vi) arista plumosa; (vii) palpos clavados, exceto nas espécies do gênero *Cochliomyia* Townsend, 1915, que apresentam palpos filiformes; e (viii) gena com uma dilatação proeminente (DEAR, 1979; 1985; RODRIGUES-GUIMARÃES *et al.*, 2004; VARGAS; WOOD, 2010). Atualmente, essa família compreende cerca de 1.525 espécies descritas, distribuídas em todas as regiões biogeográficas, exceto na Antártica (PONT, 1980; JAMES, 1970; PAPE; THOMPSON, 2010; PAPE; BLAGODEROV; MOSTOVSKI, 2011). A região Neotropical é representada por 64 espécies (excluindo-se aqui os registros das espécies pertencentes às famílias Mesembrinellidae, Rhiniidae e Polleniidae), e o Brasil representado com 29 espécies (AMORIM *et al.* 2002; KOSMANN *et al.*, 2013; RAFAEL, 2020).

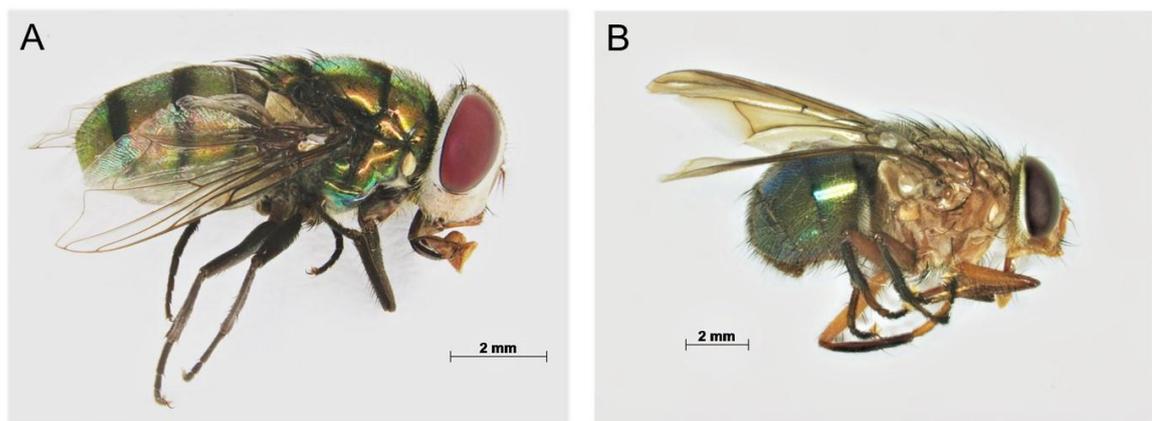


Figura 1. (A) *Chrysomya albiceps*, representante da família Calliphoridae (Diptera: Oestroidea). (B) *Mesembrinella bicolor*, representante da família Mesembrinellidae (Diptera: Oestroidea). Fotos: Marco Antonio T. Marinho.

Os califorídeos são encontrados facilmente em ambientes urbanos, rurais e florestais, possuem grande importância na reciclagem de biomassa e na cadeia alimentar, uma vez que suas larvas, de hábito saprófago na maioria das espécies, atuam na decomposição da matéria orgânica, principalmente de origem animal

(MCALPINE, 1981; SOUZA; LINHARES, 1997; FURUSAWA; CASSINO, 2006). Neste contexto, são importantes para os trabalhos da área de entomologia forense, pois em geral são os primeiros indivíduos a colonizarem um cadáver, sendo este um substrato rico em proteína que auxilia no desenvolvimento da larva e, posteriormente, do adulto. Neste contexto, a taxa na qual o desenvolvimento larval ocorre, a qual pode ser influenciada por fatores como temperatura e umidade, dentre outros, pode ser utilizada como um indicador do intervalo pós-morte (IPM) em investigações criminais (AMENDT *et al.*, 2004). Além disso, indivíduos desta família possuem também importância médico-sanitária, pois atuam como vetores passivos na transmissão de diversos organismos patogênicos, como bactérias, fungos, vírus, protozoários e ovos de helmintos, principalmente no caso das espécies associadas a assentamentos humanos (BROWN, 1997; GUIMARÃES; PAPAVERO, 1999; FISCHER *et al.*, 2001; MALDONADO; CENTENO, 2003).

Além do habito saprófago, a família também possui espécies cujas larvas são parasitas obrigatórias de mamíferos, provocando uma condição conhecida como miíase, como por exemplo a espécie *Cochliomyia hominivorax* Coquerel, 1858. Esta espécie, conhecida popularmente como mosca-da-bicheira, apresenta larvas que se alimentam de tecidos vivos, colonizando assim apenas feridas ou incisões que são recentes. No Brasil, os impactos econômicos anuais gerados por essa espécie na produção de ovinos, caprinos e bovinos são estimados em cerca de US\$ 336,62 milhões (GUIMARÃES; PAPAVERO; PRADO, 1983; GRISI *et al.*, 2014).

Mesembrinellidae compreende, atualmente, 53 espécies viventes descritas, com ocorrência exclusiva na Região Neotropical (MARINHO *et al.*, 2017; WOLFF *et al.*, 2017; WHITWORTH; YUSSEFF-VANEGAS, 2019). O grupo é representado por moscas de corpo bem robusto, com o abdômen metálico e tórax marrom-avermelhado na maioria das espécies (Figura 1B). Algumas características diagnósticas do grupo incluem: (i) assim como para Calliphoridae, a presença de uma fileira de cerdas bem desenvolvidas no meron, formando um 'L' invertido; (ii) veia M com uma curvatura suave, não angular, em direção ao ápice da asa; (iii) espiráculo torácico posterior grande, de formato reniforme, com uma única membrana localizada ventralmente; (iv) asas, para a maioria das espécies, com uma mancha (mácula) na porção médio-apical; (v) fêmeas com ovipositor não telescópico; (vi) unilarviparidade pseudo-placental obrigatória (GUIMARÃES, 1977; TOMA; CARVALHO, 1995; MEIER *et al.*, 1999; BONATTO, 2001; WHITWORTH; YUSSEFF-VANEGAS, 2019).

O conhecimento sobre a biologia dos mesembrinelídeos é ainda incipiente, embora saiba-se que os espécimes adultos desta família são atraídos por diferentes tipos de substratos fermentados ou em decomposição, tanto de origem animal quanto vegetal (HALL, 1948; GUIMARÃES, 1977; WHITWORTH; YUSSEFF-VANEGAS, 2019). Com relação à biologia reprodutiva, o desenvolvimento da larva, do tipo pseudo-placental obrigatório, no qual uma única larva se desenvolve dentro do abdômen da fêmea, alimentando-se de secreções eliminadas pela espermateca e sendo posteriormente liberada no ambiente, compreende uma estratégia bastante especializada, sendo única entre os Oestroidea (GUIMARÃES, 1977; MEIER *et al.*, 1999; GADELHA; FERRAZ; COELHO, 2009; WHITWORTH; YUSSEFF-VANEGAS, 2019). Os substratos nos quais a larva pode completar seu desenvolvimento no ambiente, após ser liberada pela fêmea, ainda não são conhecidos, ressaltando a importância e a necessidade de estudos relacionados à compreensão do desenvolvimento larval das espécies desta família (GUIMARÃES, 1977; WHITWORTH; YUSSEFF-VANEGAS, 2019). Por ser uma família caracterizada por habitar ambientes silvestres, como florestas tropicais úmidas e sombreadas, as espécies possuem uma natureza assinantrópica e são sensíveis a alterações ambientais. Com isso, são bons indicadores de ambientes não perturbados pelo homem, respondendo aos impactos da ação antrópica e servindo, assim, como potenciais bioindicadores (MELLO *et al.*, 2007; GADELHA, FERRAZ, COELHO, 2009).

Estudos voltados para o conhecimento da diversidade da fauna de Calliphoridae e Mesembrinellidae, incluindo dos processos evolutivos que resultaram na diversidade observada atualmente, são importantes pois a maior parte dos estudos realizados baseia-se na entomologia forense e locais urbanizados, com uma carência de trabalhos em áreas de mata nativa, sobretudo para a região do bioma Pampa.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivos gerais: (i) analisar a riqueza e abundância dos dípteros das famílias Calliphoridae e Mesembrinellidae em localidades do Rio Grande do Sul; e (ii) realizar uma análise biogeográfica para a família Mesembrinellidae na região Neotropical. Como objetivos específicos, objetivou-se: (i) a avaliação da ocorrência e abundância de espécies das famílias Calliphoridae e Mesembrinellidae, em duas localidades do Rio Grande do Sul, sendo elas Capão do Leão e São Francisco de Paula; (ii) o levantamento de registros de ocorrência e confecção de mapas de distribuição para as espécies de Mesembrinellidae na região Neotropical; e (iii) a execução de uma análise

biogeográfica para as linhagens subordinadas a família Mesembrinellidae, com a reconstrução das áreas ancestrais de ocorrência das linhagens do grupo.

2. Capítulo I: Estudo da fauna de Calliphoridae e Mesembrinellidae (Diptera: Calyptratae: Oestroidea) nos municípios de Capão do Leão e São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil.

2.1. Introdução

2.1.1. Estudos faunísticos de Calliphoridae e Mesembrinellidae

Os trabalhos realizados sobre inventário de fauna são uma forma de explorar parte dos componentes que fazem parte da biodiversidade animal que habita determinado local, pertencente a um determinado bioma, dentro de um espaço e tempo (SILVEIRA *et al.*, 2010). Com isso, é possível ter maior compreensão sobre a sistemática, taxonomia, ecologia e evolução desses táxons e, conseqüentemente, novos táxons podem ser descritos, aumentando assim o dimensionamento da biodiversidade e refinando o conhecimento sobre o determinado local (SILVEIRA *et al.*, 2010). Porém, as fragmentações que ocorrem nas florestas, por intervenção antrópica ou natural, acabam diminuindo o fluxo de organismos e podem acarretar a dispersão de espécies exóticas. Fatores abióticos, como temperatura e precipitação, também contribuem para a determinação do padrão de distribuição das espécies (FERRAS *et al.*, 2010; THOMAZINI; THOMAZINI, 2000).

Neste contexto, a maior parte dos trabalhos de levantamento de fauna relacionados a família Calliphoridae concentraram-se na área da entomologia forense, onde tem sido aplicado e aceito nos centros de pesquisas e pelo poder judiciário (OLIVEIRA-COSTA, 2011; OLIVEIRA-COSTA; OLIVEIRA; BASTOS, 2013). Para os estudos forenses, em geral é utilizado como modelo animal carcaças de porcos domésticos (*Sus scrofa* Linnaeus), pela sua similaridade com os seres humanos com relação a pequena quantidade de pelos, mesma relação torso e membros, e por possuir uma composição de comunidade bacteriana intestinal similar a dos humanos. Contudo, também é comum a realização de estudos voltados ao levantamento da fauna de dípteros saprófagos/necrófagos de uma determinada localidade, utilizando-se para isso armadilhas iscadas com vísceras de outros animais (sobretudo bovinos e aves). Os dípteros adultos capturados nestes estudos são identificados através do

uso de chaves dicotômicas, enquanto os imaturos (larvas e pupas) são em geral acondicionados em laboratório até a emergência do adulto para realizar a identificação, embora existam também protocolos utilizando dados moleculares para a identificação de imaturos, o que agiliza o processo de identificação (e.g., MARQUEZ-ACERO *et al.*, 2017).

Além dos estudos na área forense, há também trabalhos que ressaltam a importância dos califorídeos como vetores de organismos patogênicos em ambientes urbanos, associados a lixões e depósitos de lixo a céu aberto (DIAS; FILHO; GUIMARÃES, 2014). Estudos realizados com as espécies *Lucilia sericata* e *L. cuprina*, por exemplo, identificaram diversos gêneros de bactérias que podem ser transportados passivamente por califorídeos, incluindo *Lactobacillus*, *Providencia*, *Ignatzschineria*, *Lactococcus*, *Vagococcus*, *Myroides* e *Morganella*, além de gêneros e espécies de protozoários e linhagens virais (SINGH *et al.*, 2015; CARNEIRO, *et al.*, 2014; MALDONADO, CENTENO, 2003; PARALUPPI *et al.*, 1996).

Estudos de levantamento de fauna para a família Calliphoridae realizados no Brasil, de modo geral, revelam uma grande abundância de indivíduos, em números populacionais, nos mais diversos ambientes, tanto em urbanos e rurais quanto em áreas naturais, sendo que muitas espécies são encontradas em praticamente todos os tipos de ambientes (GADELHA *et al.*, 2009; VIANNA *et al.* 2004). Isso atesta para o fato de que os califorídeos possuem alta taxa de adaptação a novos ambientes, embora fatores como temperatura e umidade possam influenciar a dinâmica temporal da abundância das espécies, com variações populacionais significativas sendo observadas entre as estações do ano (VIANNA *et al.*, 2004; LEANDRO; ALMEIDA, 2005; AZEVEDO; KRÜGER, 2013). Dentre as espécies mais comumente coletadas nestes estudos, encontram-se as do gênero *Chrysomya*, como *C. albiceps* (Wiedemann, 1819) e *C. megacephala* (Fabricius, 1794), ambas introduzidas da região Afrotropical nos anos de 1970 (GUIMARÃES; PRADO; LINHARES, 1978; BAUMGARTNER; GREENBERG, 1984); e *Lucilia*, incluindo a espécie provavelmente nativa da região Neotropical *L. eximia* Wiedemann, 1819 (VIANNA *et al.*, 1998, 2004; PINTO *et al.*, 2010; GONÇALVES *et al.*, 2011; BARBOSA *et al.*, 2014; KOSMANN *et al.*, 2017; NETO; GOMES, 2018).

Com relação aos mesembrinelídeos, a maioria da literatura referente a estudos faunísticos em geral os contabiliza dentro de Calliphoridae, na antiga subfamília Mesembrinellinae. Mas, como ressaltado em alguns estudos (por exemplo,

FURUSAWA; CASSINO, 2006; GADELHA *et al.*, 2009; CABRINI, *et al.*, 2013), os indivíduos capturados da família Mesembrinellidae encontram-se sempre associados a ambientes naturais de matas e florestas, sendo encontrados com maior abundância em seu interior, o que ressalta o caráter assinantrópico dessa família. Destaca-se aqui que, para o Rio Grande do Sul, há apenas um único registro de ocorrência para indivíduos desta família, referente à ocorrência da espécie *M. bellardiana* Aldrich, 1922 no município de Quaraí (BONATTO, 2001).

Quando falamos em diversidade dos insetos que compõem a ordem Diptera no Brasil, mais precisamente das famílias Calliphoridae e Mesembrinellidae, nos deparamos com grandes desafios devido a grande proporção territorial e da variedade de ecossistemas que o país possui. Algumas regiões e Estados do Brasil possuem maior representatividade amostral estudada, como por exemplo a região Sudeste, enquanto outras regiões possuem baixo número de registros de ocorrência de espécies em relação ao que seria esperado pela diversidade ambiental. Para o estado do Rio Grande do Sul e, principalmente, para o bioma Pampa, a maioria dos estudos conduzidos até o momento envolvendo essas duas famílias foram realizados em áreas sinantrópicas, nas quais há demarcada influência de ações humanas, com uma escassez de estudos em áreas naturais.

2.1.2. Biomas do Rio Grande do Sul

O Brasil é representado por seis biomas que possuem características distintas, sendo eles: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (MMA, 2020). Esses biomas são muito importantes para a biodiversidade mundial, pois abrigam uma grande porção de espécies da flora e fauna, sendo considerados grandes centros de biodiversidade, por apresentarem altos níveis de riqueza e de endemismo (ALEIXO *et al.*, 2010). Entretanto, os biomas brasileiros vêm sofrendo ações antrópicas, principalmente associadas a produção do agronegócio, causando altíssimos níveis de devastação ambiental (ALEIXO *et al.*, 2010). De modo geral, o conhecimento da biodiversidade brasileira ainda pode ser considerado incipiente, mesmo quando tratamos dos grupos mais bem estudados, como as aves (VALE *et al.*, 2008).

O estado do Rio Grande do Sul pertence a região meridional do Brasil, possuindo características exclusivas se comparado aos outros estados do país e, com

isso, possui uma biodiversidade peculiar presente em seus ecossistemas. O clima do Estado, de acordo com a classificação proposta por Koeppen e De Martone, é subtropical, apresentando o verão com chuvas escassas e o inverno úmido com temperaturas moderadas (NIMER, 1977; MOREIRA, LIMA, 1977). Considerando que as condições climáticas dependem da movimentação das massas de ar e das diferentes altitudes, sabe-se que na maior parte do ano o estado está sob a influência da massa tropical atlântica. No inverno, a área pode sofrer influência da massa polar atlântica, resultando em temperaturas mais baixas durante toda estação, embora possa haver também influência da massa tropical, ocorrendo algumas variações térmicas. A região norte do estado é invadida pela massa equatorial continental durante o verão (ALONSO, 1977; VIEIRA; RANGEL, 1988).

No que se refere às paisagens do estado, o Rio Grande do Sul apresenta oito regiões fitoecológicas conforme o Manual Técnico da Vegetação Brasileira do IBGE (1992), sendo elas: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Estepe, Savana Estépica, Área de Formações Pioneiras e Área de Tensão Ecológica (CORDEIRO, HASENACK, 2009 – figura 23.3). Estas regiões fitoecológicas se encontram, em maior escala, nos dois biomas presentes no Estado: a Mata Atlântica, correspondendo a cerca de 37% do território; e o Pampa, que compreende 63% da área total do Rio Grande do Sul (Figura 2) (VIEIRA, RANGEL, 1988; MMA, 2019).

A Mata Atlântica é caracterizada pelo domínio de florestas nativas, podendo ser Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista (podendo haver a presença de araucária, por exemplo), Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual. Ocupando cerca de 29% de cobertura vegetal do país, este bioma abrange 17 estados brasileiros da região costeira, e é considerado um dos ecossistemas de abastecimento de água (MMA, 2020). A região sudeste do Brasil, com predomínio de Mata Atlântica, é uma das áreas com melhor amostragem taxonômica para as espécies contempladas nas famílias Calliphoridae e Mesembrinellidae (GONÇALVES *et al.*, 2011; BARBOSA *et al.*, 2014; FURUSAWA; CASSINO, 2006), sendo este um cenário diferente do norte do Estado do Rio Grande do Sul, o qual compreende o limite de distribuição sul deste bioma.

O bioma Pampa é restrito ao estado do Rio Grande do Sul, ocupando 63% do território estadual, correspondendo a 2,07% do território brasileiro. Este bioma apresenta paisagens de serras a planícies, morros a coxilhas, com presença de matas

ciliares, formação arbustivas, banhados, entre outros (MMA, 2020). Com relação a diversidade de espécies das famílias Mesembrinellidae e Calliphoridae nesse bioma, a mesma ainda é pouco estudada, necessitando assim de maior esforço amostral para um dimensionamento mais preciso e uma melhor contribuição de seus padrões.

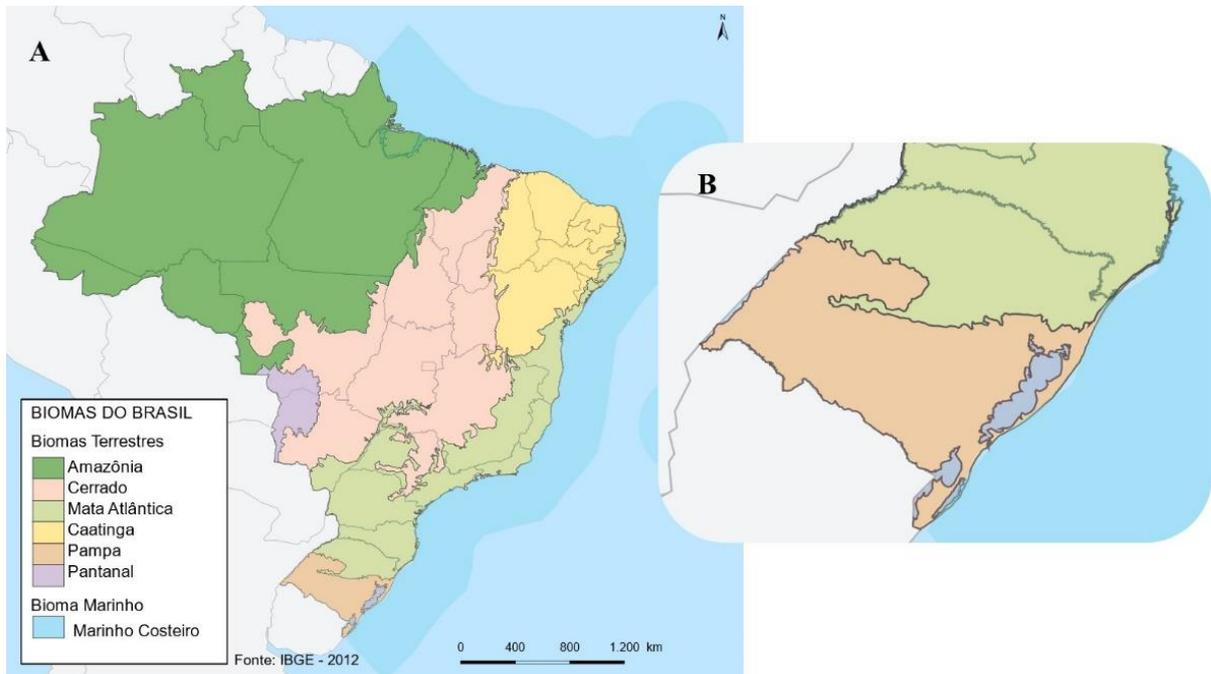


Figura 2. (A) Biomas brasileiros, segundo proposta de divisão do IBGE. (B) Detalhe da figura (A), representando os biomas encontrados no estado do Rio Grande do Sul. Imagem adaptada e modificada de: Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Biomas_do_Brasil.svg); Autor: 'High source'; Licença: Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International.

2.1.3. Objetivos

O presente estudo teve como objetivo principal analisar a riqueza e abundância das espécies das famílias Calliphoridae e Mesembrinellidae em duas localidades do estado do Rio Grande do Sul, uma no município de Capão do Leão, inserido no bioma Pampa, e outra no município de São Francisco de Paula, inserido no bioma Mata Atlântica. Como objetivos específicos, o trabalho visou: (i) analisar a composição da fauna de califorídeos e mesembrinelídeos em ambas as localidades, comparando as mesmas em termos de riqueza e abundância de espécies; (ii) para o Horto Botânico Irmão Teodoro Luis, no município de Capão do Leão, RS, analisar as variações na composição da fauna ao longo de um ano de amostragem, em especial relacionadas às diferentes estações (verão, outono, inverno e primavera).

2.2. Material e Métodos

2.2.1. Caracterização dos pontos de coletas

No município de Capão do Leão, localizado no sudeste do Estado do Rio Grande do Sul, foram realizadas coletas no Horto Botânico Irmão Teodoro Luis (31°48'58"S / 52°25'55"W), uma Área de Preservação Permanente (APP) sob responsabilidade técnico-administrativa do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). A área, localizada dentro da Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, a 3 Km do campus Capão do Leão da UFPel, ocupa cerca de 25 ha de vegetação composta por formações pioneiras arbustivo-herbáceas, típicas de complexo lagunar (Mata de Restinga), a 13 metros acima do nível do mar, inseridas dentro do Bioma Pampa (Campos Sulinos). O clima, segundo classificação de Köppen, é 'Cfa', definido como mesotérmico, sempre úmido, com verões quentes (MORENO, 1991). As médias normais de temperatura e precipitação pluviométrica são de 23,1°C e 166,3 mm no verão, 16,8°C e 164,5 mm no outono, 16,3°C e 152,3 mm no inverno e 20,1°C e 115 mm na primavera (EMBRAPA, 2018).

No município de São Francisco de Paula, localizado no nordeste do estado, a coleta aconteceu na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA – SFP; 29°25'22,4"S / 50°23'11,2"W). Esta compõe uma Unidade de Conservação (UC) de uso sustentável, administrada pelo ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, com vegetação classificada como Mata Atlântica ou Floresta Ombrófila Mista (com presença de araucária). A região onde se encontra é uma das mais úmidas do estado, com pluviosidade superior a 2.000 mm e com temperatura média anual de aproximadamente 14,5° C. Possui uma área de 1.606 ha, com altitude superior a 900 metros, apresentando uma variação altitudinal de 300 metros. Esta área integra um conjunto de várias UCs que estabelecem o processo de implantação de um importante corredor de biodiversidade ao longo das escarpas do planalto,

abrangidas em um raio de 60 km. Além disso, esta UC apresenta um projeto de reflorestamento com *Araucaria angustifolia*, que teve início no ano de 1946, totalizando 390 ha, ou seja, 24% da área total (ICMBIO, 2019).

As coletas em ambas as localidades foram realizadas sob a Licença Permanente para Coleta de Material Zoológico SISBIO nº 58344 e sob a Autorização para Atividades com Finalidade Científica SISBIO nº 67817, concedidas pelo ICMBio.

2.2.2 Coletas e processamento do material coletado

As coletas no Horto Botânico foram realizadas com periodicidade mensal, tendo início no mês de agosto de 2018 e término no mês de agosto de 2019, completando um ano de coleta. Foram utilizadas quatro armadilhas do tipo Van Someren-Rydon, com distribuição aleatória na área, contendo como atrativo aproximadamente 100 gramas de fígado de boi ou de galinha. As armadilhas foram expostas em campo, a cada mês, por um período de uma semana (sete dias).

Na Floresta São Francisco de Paula, por questões logísticas, a coleta realizada foi de caráter pontual, ocorrendo entre os dias 13 de abril e 03 de maio de 2019, completando 21 dias de exposição em campo. O processo de coleta foi o mesmo, utilizando quatro armadilhas Van Someren-Rydon (UEHARA-PRADO *et al.*, 2007), contendo aproximadamente 100 gramas de fígado de galinha como isca.

Os dípteros capturados foram armazenados em vidros contendo álcool 70% e condicionados em freezer no Laboratório de Genética e Evolução de Insetos (LEGIN), do Depto. de Ecologia, Zoologia e Genética do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Posteriormente, foram triados com o auxílio de um microscópio estereoscópico e pinças, sendo identificados através da sua morfologia externa utilizando as chaves taxonômicas de Carvalho e Ribeiro (2000) e Kosmann *et al.* (2013).

Os dados de ocorrência e abundância das espécies em cada evento de coleta foram utilizados na elaboração de planilhas no software Excel®. A partir destes dados, para a localidade de Capão do Leão, a diversidade entre as estações do ano foi avaliada através de seu perfil utilizando a estatística q (HSIEH; MA; CHAO, 2016), um método não-paramétrico que estima a riqueza das espécies conforme o número de espécies amostradas. Este método permite estimar os padrões de riqueza ($q = 0$), equabilidade (diversidade de Shannon) ($q = 1$); e dominância (diversidade de

Simpson) ($q = 2$). Para a realização desta análise, foi utilizada a plataforma online iNEXT (HSIEH; MA; CHAO, 2016). A mesma plataforma também foi utilizada para a confecção das curvas de rarefação/extrapolação para a riqueza de espécies, comparada ao ajuste do número de indivíduos entre as estações do ano.

A distribuição das espécies ao longo do ano foi verificada através de análises circulares, em histogramas de 360° com as abundâncias de cada uma das espécies, utilizando-se o programa Oriana 4.02 (KOVACH, 2013).

Os dados meteorológicos para o período de amostragem foram retirados dos registos mensais da Embrapa Clima Temperado, localizada no município Capão do Leão-RS. A partir das observações individuais, foi feita uma média da temperatura máxima e mínima das estações do ano, e uma média para a precipitação pluviométrica das estações.

2.3. Resultados

Para as coletas realizadas no Horto Botânico Irmão Teodoro Luis, no município de Capão do Leão, foram coletados ao todo 604 indivíduos da família Calliphoridae, em um total de 48 armadilhas (4 armadilhas x 12 meses de amostragem) expostas por um total de 84 dias (7 dias x 12 meses). Do total de armadilhas, seis tiveram as iscas 'roubadas' durante o período de exposição em campo, possivelmente por animais que habitam a área de estudo, e encontravam-se sem dípteros quando da visita para recolhimento das mesmas. Os valores totais de indivíduos amostrados, por espécie, são mostrados na Tabela 1. Dos dados mostrados na Tabela 1, é possível observar que a espécie mais abundante foi *Lucilia eximia* (n = 345), representando 57,3% dos espécimes amostrados, seguida de *Chrysomya albiceps* (n = 127), representando 21%.

Tabela 1. Frequência absoluta e relativa das espécies de Calliphoridae capturadas no Horto Botânico Irmão Theodoro Luis, Capão do Leão, durante um ano de amostragem.

| Subfamília | Espécie | Frequência absoluta (n) | Frequência relativa (%) |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Lucilinae | <i>Lucilia eximia</i> | 345 | 57,3 |
| | <i>Lucilia cuprina</i> | 1 | 0,2 |
| Chrysomyinae | <i>Hemilucilia semidiaphana</i> | 96 | 15,9 |
| | <i>Hemilucilia segmentaria</i> | 3 | 0,5 |
| | <i>Cochliomyia macellaria</i> | 25 | 4,1 |
| | <i>Chrysomya albiceps</i> | 127 | 21,0 |
| | <i>Chrysomya megacephala</i> | 6 | 1,0 |
| | <i>Chloroprocta idioidea</i> | 1 | 0,2 |
| | Total | | 604 |

Na Figura 3, observa-se que a temperatura no inverno na localidade variou entre 9°C (mínima) e 18°C (máxima), no outono entre 15°C e 24°C, na primavera entre 16°C e 24°C e no verão entre 18°C e 29°C. A precipitação pluviométrica anual durante as estações variou entre 69,27 e 135,27 mm. Com esses dados, nota-se que as estações do ano com maior número de espécimes coletados foram outono e primavera, ambas com *Lucilia eximia* sendo a espécie mais abundante. Para o outono, a segunda espécie mais abundante foi *Chrysomya albiceps*, sendo que para a primavera a segunda espécie mais abundante foi *Hemilucilia semidiaphana*.

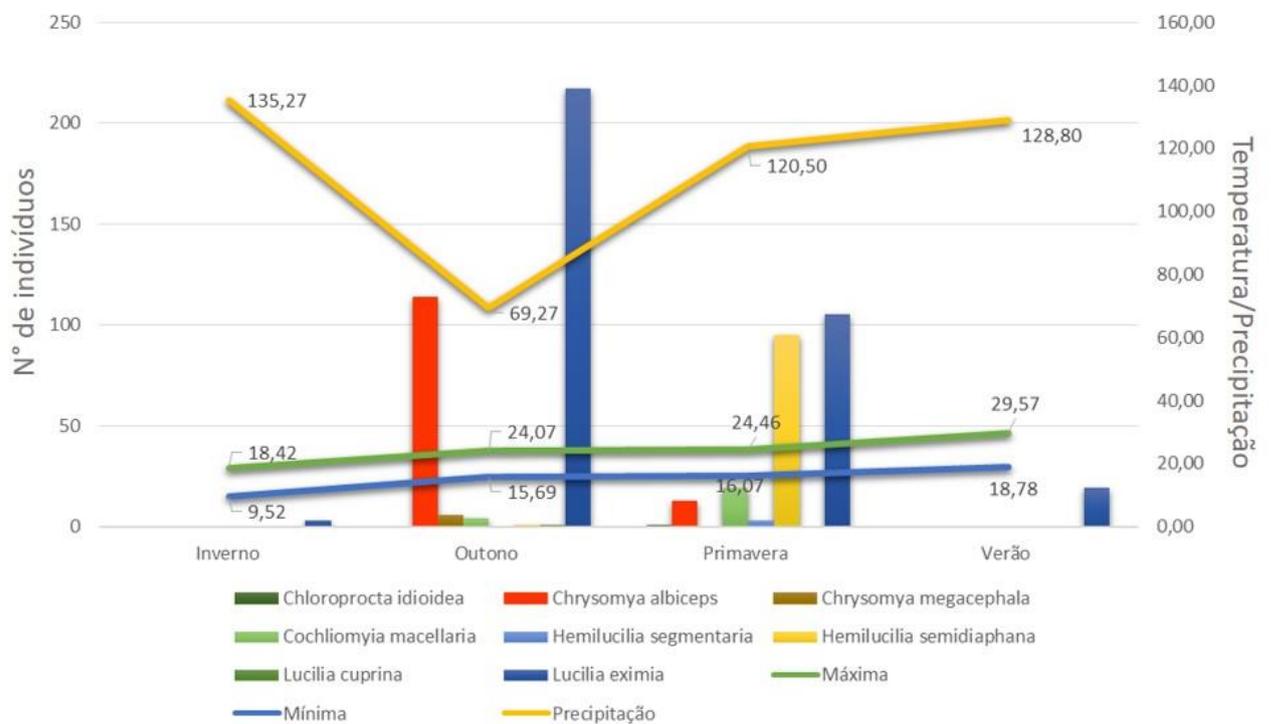


Figura 3. Flutuação populacional das espécies da família Calliphoridae coletadas no Horto Botânico Irmão Theodoro Luis, no município de Capão do Leão, RS, durante um ano de amostragem, comparando-se entre as estações do ano, com a influência da temperatura (mínima e máxima) e precipitação pluviométrica.

Quando analisamos a diversidade de espécies (baseada nos índices de riqueza e abundância) em função da cobertura amostral, temos que a maior diversidade foi observada na primavera, comparada as outras estações (Figura 4). Posteriormente, analisamos a estatística q de diversidade, retirando-se as estações do inverno e verão devido aos baixos números absolutos de indivíduos coletados (Figura 5). Com relação à riqueza ($q = 0$), não houve diferenças significativas entre as estações. Contudo, para

$q = 1$ (diversidade de Shannon) e $q = 2$ (Diversidade de Simpson), a primavera foi a estação com maior diversidade, como mostrado na Figura 5.

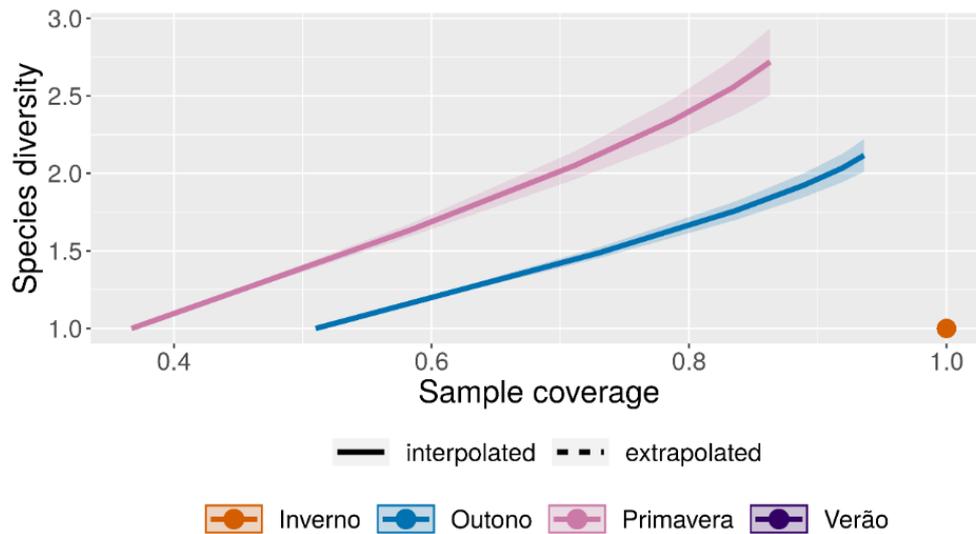


Figura 4. Curva de rarefação / extrapolação da amostragem, baseada na cobertura amostral, para o período de coleta no Horto Botânico Irmão Theodoro Luis, de agosto/2018 a agosto/2019.

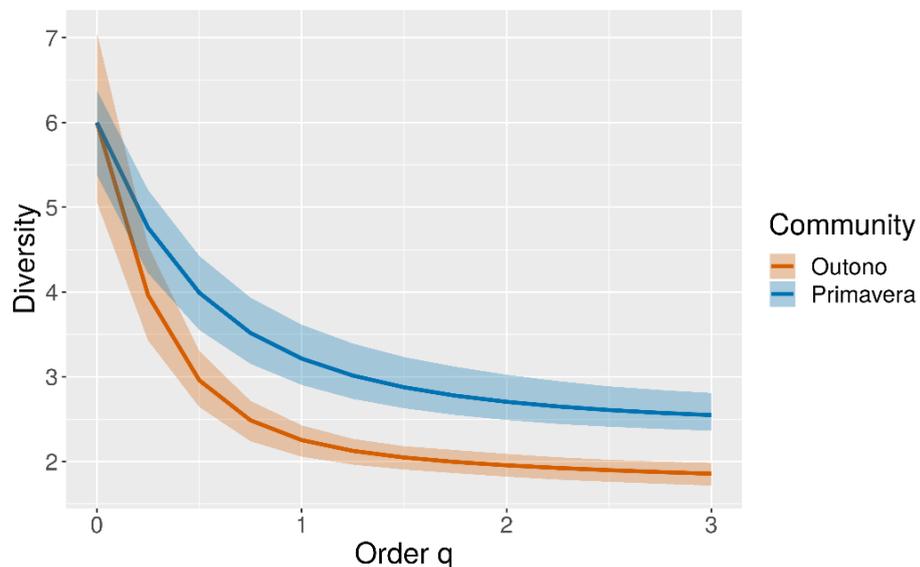


Figura 5. Perfil de diversidade dos califorídeos nas estações outono e primavera, para os indivíduos coletados no Horto Botânico Irmão Teodoro Luís, em Capão do Leão, RS. Os dados das estações inverno e verão foram retirados da análise devido ao baixo número de indivíduos coletados.

Na Figura 6, temos a análise da cobertura amostral baseada nas curvas de rarefação / extrapolação. Da figura, notamos que as curvas apresentam uma tendência crescente, sem, contudo, atingirem o valor máximo (saturação) para a amostragem. Para a estação outono, o gráfico mostra que a diversidade de espécies amostradas se aproxima mais do valor máximo predito, sendo a curva para a

primavera menor, mas ainda assim aproximando-se do ponto de saturação. O gráfico não indica as estações de inverno e verão, pois a amostragem nessas estações foi relativamente baixa, indicando a necessidade de coletas adicionais.

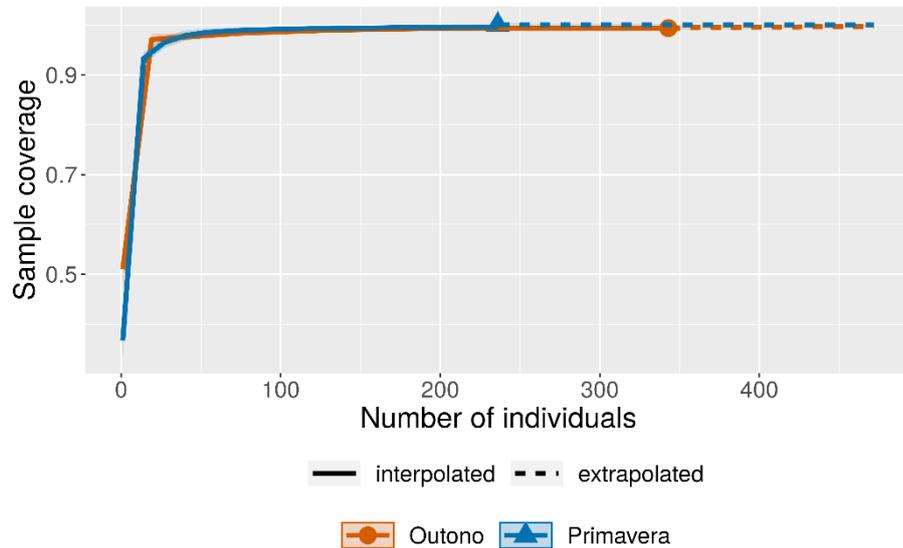


Figura 6. Curva de saturação da amostragem, para as estações do ano outono e primavera, das coletas realizadas no Horto Botânico Irmão Theodoro Luis, Capão do Leão, RS.

Os histogramas circulares (Figura 7) indicam o período de maior abundância para cada espécie durante o ano. A espécie *Chloroprocta idioidea* somente foi coletada no mês de novembro (primavera), enquanto *Cochliomyia macellaria* foi coletada principalmente nos meses de novembro e dezembro (primavera e início do verão).

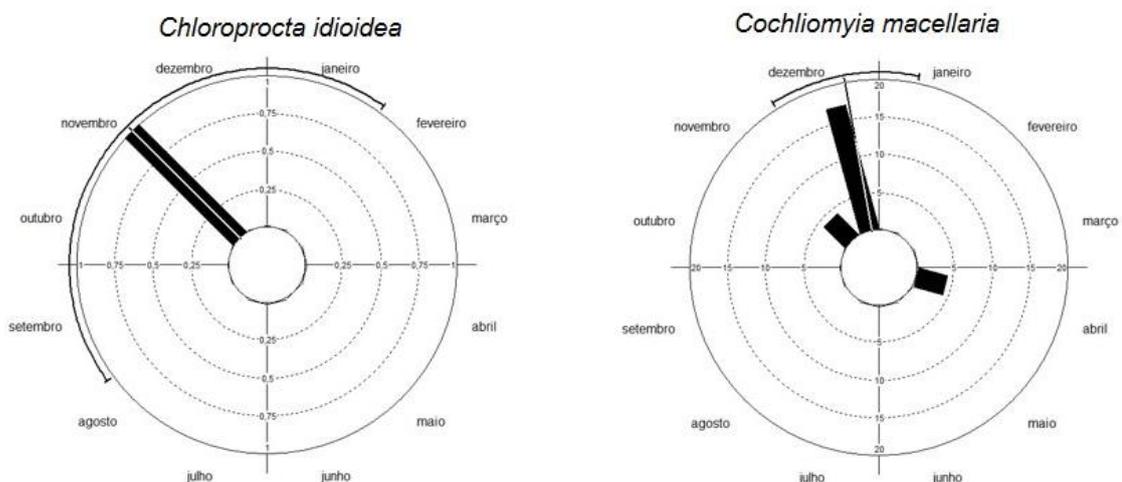


Figura 7. Histogramas circulares das abundâncias das espécies de Calliphoridae no Horto Botânico Irmão Theodoro Luis, Capão do Leão, RS, para o período de agosto/2018 a agosto/2019.

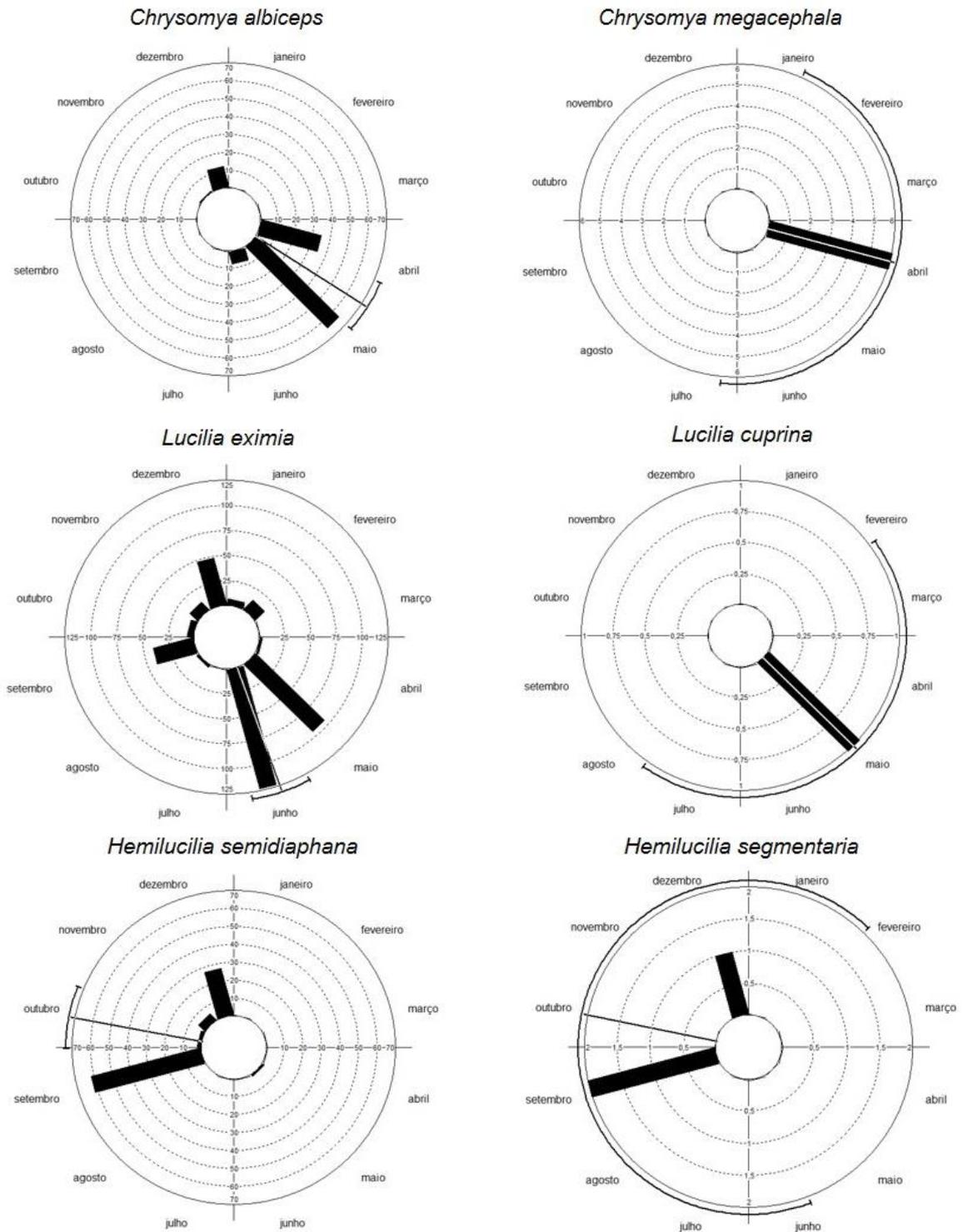


Figura 7. Continuação.

As duas espécies do gênero *Chrysomya*, *C. albiceps* e *C. megacephala*, foram coletadas principalmente nos meses de abril e maio, tendo assim maior abundância no outono. *Lucilia eximia*, a espécie com o maior número de indivíduos coletados

neste estudo, foi coletada praticamente ao longo de todo o ano, sendo mais abundante nos meses de maio e junho (outono). A outra espécie amostrada do gênero, *L. cuprina*, foi coletada uma única vez no mês de maio (também outono). Por fim, para as espécies do gênero *Hemilucilia*, *H. semidiaphana* e *H. segmentaria*, ambas foram coletadas com maior abundância nos meses de setembro e dezembro, representando o início e o fim da primavera (Figura 7).

Já para a Floresta Nacional (FLONA) de São Francisco de Paula, foram coletados ao todo 241 califorídeos e dois mesembrinelídeos, durante os vinte e um dias de exposição das armadilhas em campo. Novamente, assim como para o Horto Botânico, a espécie mais abundante foi *Lucilia eximia* (n = 173; 71,2%) (Tabela 2). Contudo, diferentemente do Horto Botânico, a segunda espécie mais abundante na FLONA foi *H. semidiaphana* (n = 45; 18,5%). Na FLONA, foram coletados espécimes dos gêneros *Calliphora* e *Paralucilia*, além dos mesembrinelídeos, os quais não foram observados no Horto Botânico.

A análise de diversidade comparando as duas localidades do estudo, Horto e FLONA, para o mesmo período de coleta (outono), revelou uma maior diversidade (riqueza) de espécies na FLONA, embora a porção extrapolada da curva de diversidade nos mostre não haver diferenças significativas entre as localidades. (Figura 8).

Tabela 2. Frequência absoluta e relativa das espécies capturadas com armadilha Van Someren-Rydon, na Floresta São Francisco de Paula, São Francisco de Paula, RS.

| Família | Subfamília | Espécie | Frequência absoluta (n) | Frequência relativa (%) | |
|----------------------|--------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-----|
| Calliphoridae | Lucilinae | <i>Lucilia eximia</i> | 173 | 71,2 | |
| | | <i>Hemilucilia semidiaphana</i> | 45 | 18,5 | |
| | Chrysomyinae | <i>Hemilucilia segmentaria</i> | 1 | 0,4 | |
| | | <i>Cochliomyia macellaria</i> | 1 | 0,4 | |
| | | <i>Chrysomya albiceps</i> | 7 | 2,9 | |
| | | <i>Paralucilia nigrofacialis</i> | 3 | 1,2 | |
| | | <i>Paralucilia pseudolyrcea</i> | 2 | 0,8 | |
| | | Calliphorinae | <i>Calliphora vicina</i> | 5 | 2,1 |
| | | | <i>Calliphora lopesi</i> | 4 | 1,6 |
| | | Mesembrinellidae | Mesembrinellinae | <i>Mesembrinella bellardiana</i> | 2 |
| Total | 243 | | | 100% | |

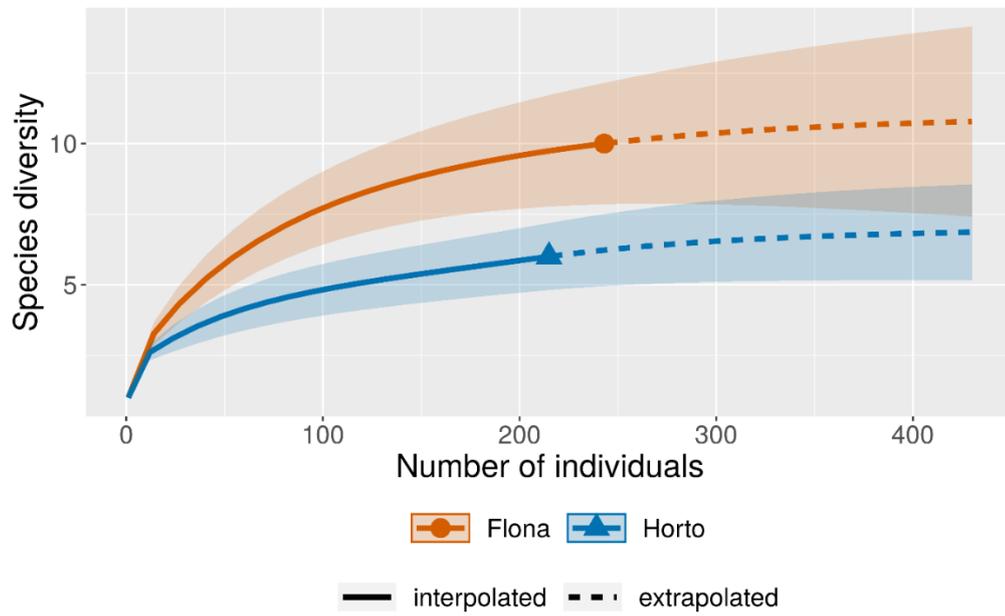


Figura 8. Curva de rarefação / extrapolação da amostragem comparando a diversidade de espécies nas duas localidades de coleta, Horto Botânico Irmão Teodoro Luís (Capão do Leão) e FLONA São Francisco de Paula (São Francisco de Paula), no mesmo período de coleta.

2.4. Discussão

A espécie *Lucilia eximia* foi a mais abundante nos dois locais do estudo, Horto Botânico e FLONA São Francisco de Paula. Essa situação é corroborada pelas informações disponíveis na literatura especializada, sendo que esta espécie já foi considerada a com maior índice de abundância em todo o Brasil na década de 1950, principalmente em áreas florestais (MELLO, 1961). Além disso, outros estudos apontam para o caráter de alta adaptação da espécie para diferentes ambientes, sendo a mesma abundante em ambientes antropizados e não antropizados (D'ALMEIDA; LOPES, 1983; FURUSAWA; CASSINO, 2006). Um estudo realizado no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, no qual foi analisada a flutuação populacional de *Lucilia eximia*, em duas localidades, no ano de 1993, encontrou o maior pico de abundância da espécie na estação do outono, o que corrobora com o presente estudo, embora exista uma diferença no mês de maior amostragem, o qual foi abril no estudo citado e, no nosso estudo, junho (CARRARO; RODRIGUES; MILWARD-DE-AZEVEDO, 2004).

Outro estudo que também nos mostra que esta espécie tem maior abundância na estação do outono foi realizado em três áreas arborizadas da cidade de Feira de Santana, localizadas na região norte da Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia (MONTEIRO; SILVA; BRAVO, 2014). Mello *et al.* (2007) trabalharam na Reserva Biológica de Tinguá, no Rio de Janeiro, onde encontraram um pico de abundância de *Lucilia eximia* no mês de junho. Contudo, mesmo havendo um pico de maior abundância, esta espécie ainda pôde ser coletada ao longo de todo o ano, indicando que a mesma parece ter uma capacidade de manter um número populacional mais ou menos estável mediante as mudanças sazonais do ano, diferentes de outras espécies de Calliphoridae (LINHARES, 1981; MOURA; CARVALHO; MONTEIRO-FILHO, 1997).

A presença, em grande abundância, das espécies do gênero *Chrysomya* demonstra resultados similares aos estudos prévios realizados na região de Pelotas, nos quais essas espécies foram as mais abundantes tanto em ambientes urbanos quanto em ambientes rurais e silvestres, com a maior abundância ocorrendo nos meses de março, abril e maio, correspondendo a estação do outono, sendo que a espécie *Chrysomya albiceps*, a mais abundante, apresentou abundância relativa de 85,1% (VIANNA *et al.*, 2004).

Estudos de levantamento da fauna de califorídeos realizados em outras localidades, contudo, mostram resultados diferentes. Um desses estudos, realizado por um grupo de pesquisa da Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, encontrou a maior abundância das espécies do gênero *Chrysomya* para os meses correspondentes a estação de inverno, seguida pela primavera (MONTEIRO, SILVA, BRAVO, 2014). Outro estudo, realizado por Neto e Gomes (2018), encontrou que *Chrysomya albiceps* obteve maior pico de abundância no mês de setembro, e em período de seca.

De fato, a grande abundância de espécies do gênero *Chrysomya*, como observado no presente estudo, corresponde a um padrão que ocorre em todo o Brasil, sendo que estas espécies, introduzidas na região Neotropical na década de 1970, apresentam grande capacidade invasiva e de adaptação, estando entre os califorídeos mais abundantes em diversos tipos de ambientes no país (D'ALMEIDA; LOPES, 1983; FURUSAWA; CASSINO, 2006; FERRAZ; GADELHA; AGUIAR-COELHO, 2010). Um fator importante é que, em muitas localidades, a invasão dessas espécies tem reduzido os números populacionais de espécies nativas competidoras, como é o caso de *Cochliomyia macellaria*, a qual foi coletada em menor número neste estudo (GOMES; KOLLER; BARROS, 2000). Uma baixa frequência de coleta de *C. macellaria* também já foi reportada para outros tipos de ambiente, incluindo áreas arborizadas, manguezais e fragmentos de Mata Atlântica (MONTEIRO; SILVA; BRAVO, 2014; GONÇALVES *et al.*, 2011).

Com relação à *Chloroprocta idioidea*, a qual foi coletada exclusivamente no Horto Botânico, representada por um único indivíduo, os resultados disponíveis na literatura indicam que sua presença e abundância varia consideravelmente entre diferentes ambientes. Enquanto um trabalho aponta *C. idioidea* como sendo a quinta espécie mais abundante, os resultados de outro estudo mostram que esta espécie foi considerada acidental em um dos pontos de coleta amostrados, tendo sido ambos os

estudos realizados na Reserva Biológica de Tinguá, no estado do Rio de Janeiro (MARINHO *et al.*, 2006; FURUSAWA; CASSINO, 2006).

Já com relação às espécies do gênero *Hemilucilia*, as mesmas em geral são encontradas predominantemente em áreas de mata, apresentando um índice de sinantropia baixo (D'ALMEIDA; LOPES, 1983; FERREIRA; BARBOLA, 1998; MELLO; GREDILHA; NETO, 2004; FURUSAWA; CASSINO, 2006). A presença de espécies deste gênero em ambas as áreas estudadas era, assim, esperada, por se tratarem de áreas de mata ou de floresta. Gonçalves *et al.* (2011), em seus resultados, encontraram mais indivíduos desse gênero em área de mata atlântica do que em área de manguezal. A espécie *Hemilucilia semidiaphana* foi a segunda mais abundante na Reserva Biológica do Tinguá, Rio de Janeiro, dentre os califorídeos capturados em um estudo realizado por Marinho *et al.* (2006). Na região de Pelotas, esta espécie também teve maior abundância em áreas não cultivadas (VIANNA *et al.*, 1998). Com relação à dinâmica temporal, Monteiro, Silva e Bravo (2014) coletaram mais a espécie *H. semidiaphana* no outono, diferente dos nossos resultados, em que esta espécie ocorreu mais na primavera, mais precisamente no mês de setembro.

No presente estudo, as espécies do gênero *Paralucilia*, *P. nigrofacialis* e *P. pseudolyrcea*, foram capturadas somente na Floresta Nacional São Francisco de Paula. As espécies desse gênero são em geral restritas a ambientes totalmente silvestres, com pouca perturbação e clima ameno, sendo que as informações sobre a biologia do gênero ainda são escassas (SANDOVAL, 2015). Essas características, referentes a insetos assinantópicos, também contemplam as espécies de *Calliphora*, pois as espécies desse gênero também foram coletadas somente na FLONA de São Francisco de Paula (VINOGRADOVA, 1984; VINOGRADOVA; REZNIK, 2016).

A maior abundância dos califorídeos nos meses referentes às estações de outono e primavera é um resultado que já foi encontrado em outros estudos com a família. Monteiro, Silva e Bravo (2014), por exemplo, coletaram 929 califorídeos no município de Feira de Santana, Bahia, utilizando isca de sardinha e moela de frango, e a população apresentou pico de abundância na estação de outono (com temperatura média para o período de 26 °C), seguida da estação primavera, o que corrobora com nossos resultados. Além disso, no nosso estudo, a coleta realizada no mês de janeiro obteve poucos indivíduos, sendo este um resultado para a região também já reportado na literatura. Em um trabalho realizado no Centro Agropecuário da Palma, pertencente a Universidade Federal de Pelotas e localizado no município de Capão do Leão,

nenhum califorídeo foi coletado no mês de janeiro (PINTO *et al.*, 2010). De acordo com os autores, esses resultados podem ser atribuídos às elevadas temperaturas observadas no mês, combinada com a baixa precipitação pluviométrica, fazendo com que as iscas secassem rapidamente, tornando-se inviáveis para oviposição.

Por fim, para a família Mesembrinellidae, houve apenas a coleta de dois indivíduos da espécie *M. belardiana* na localidade de São Francisco de Paula, sendo este um registro novo para a espécie no estado, a qual era até o momento conhecida apenas para o município de Quaraí (BONATTO, 2001). É importante ressaltar que os mesembrinelídeos, assim como ocorre para o gênero *Paralucilia*, ocorrem apenas em ambientes de florestas primárias, sem influência de ações antrópicas, podendo servir assim como bioindicadores de ambientes não modificados pelo homem (GADELHA *et al.*, 2009). A ocorrência de indivíduos desta família na FLONA de São Francisco de Paula pode indicar, assim, um bom estado de preservação do ambiente.

Com relação às análises de diversidade realizadas no Horto Botânico, é possível inferir que a dinâmica de flutuação populacional das espécies de Calliphoridae foi influenciada tanto pela temperatura quanto pela precipitação, sendo que os maiores índices de abundância e riqueza das espécies, encontrados nas estações de primavera e outono, coincidem com os períodos de valores intermediários para estas variáveis. Contudo, como as variáveis relacionadas à temperatura e precipitação variam de ano para ano, é importante e desejável conduzir novas coletas na localidade para verificar a consistência do padrão observado.

Outro ponto importante a se destacar com relação às análises é o fato de que, como mostrado na Figura 6, a curva de cobertura amostral, apesar de estar próxima do platô, não atingiu o nível máximo predito. Assim, também se destaca a necessidade de estudos adicionais para a fauna de califorídeos no local, com um número maior de armadilhas por período, resultando assim em um maior esforço amostral.

Por fim, nas análises de diversidade comparando-se os dois ambientes amostrados, nosso estudo aponta para uma maior riqueza de espécies na Floresta Nacional São Francisco de Paula em comparação ao Horto Botânico. Contudo, na porção extrapolada das curvas de diversidade, esta diferença aparece como não significativa. Assim, este resultado deve ser interpretado com cautela. Novamente, destaca-se a necessidade de estudos adicionais nas duas áreas, com uma maior equivalência entre os esforços amostrais entre as localidades.

2.5. Conclusões

- Considerando-se as áreas amostradas neste estudo, a localidade da FLONA de São Francisco de Paula, localizada em área de bioma Mata Atlântica, apresentou maior diversidade de espécies que a localidade do Horto Botânico Irmão Teodoro Luis, no município de Capão do Leão, em área de bioma Pampa (com fitofisionomia de Mata Restinga). Estes resultados, contudo, devem ser interpretados com cautela, dadas as diferenças de esforço amostral e as diferenças não significativas encontradas nas porções extrapoladas das curvas de diversidade;
- *Lucilia eximia* foi a espécie mais abundante encontrada em ambas as localidades amostradas, seguida por *Hemilucilia semidiaphana* na FLONA de São Francisco de Paula e por *Chrysomya albiceps* no Horto Botânico Irmão Teodoro Luis;
- Na localidade do Horto Botânico Irmão Teodoro Luis, no município de Capão do Leão, a maior diversidade de califorídeos ocorreu nos meses do ano correspondente às estações de outono e primavera, com baixa ocorrência de indivíduos nos meses correspondentes às estações de verão e inverno;
- Enquanto algumas espécies podem ser encontradas ao longo de todo ano (e.g. *L. eximia*), outras foram observadas quase exclusivamente nos meses de outono (e.g., espécies do gênero *Chrysomya*) ou de primavera (e.g., espécies do gênero *Hemilucilia*);
- O presente estudo contribui com o conhecimento da diversidade das famílias Calliphoridae e Mesembrinellidae no Rio Grande do Sul, incluindo o relato de um novo registro de ocorrência para Mesembrinellidae no estado, sendo que estudos adicionais de levantamento faunístico ainda se fazem necessários em ambientes pouco estudados na região.

3. Capítulo II: Análise Biogeográfica de Mesembrinellidae (Diptera: Calyptratae: Oestroidea).

3.1. Introdução

3.1.1. A família Mesembrinellidae (Diptera: Calypterae: Oestroidea)

Mesembrinellidae compreende um grupo de moscas pertencentes à superfamília Oestroidea, dentro da divisão Calypterae de Diptera, a qual inclui também as superfamílias Muscoidea, atualmente reconhecida como um grupo parafilético de linhagens, e Hippoboscoidea, monofilética (MCALPINE, 1989; KUTTY *et al.* 2010, 2019). Em Oestroidea, os mesembrinelídeos foram primeiramente associados à família Calliphoridae por Shannon (1923), sendo posteriormente reconhecidos como uma subfamília distinta (Mesembrinellinae) por Hall (1948). Esta classificação foi adotada em trabalhos posteriores (ROBACK, 1951; CROSSKEY, 1965), embora a mesma já fosse reconhecida como um grupo atípico dentro de Calliphoridae.

Guimarães (1977), em uma revisão ampla do grupo, foi o primeiro a reconhecer que os mesembrinelíneos compunham uma linhagem independente em Oestroidea, distinta de Calliphoridae, propondo a elevação do grupo para o status de família, Mesembrinellidae. No mesmo trabalho, foram descritas novas espécies e gêneros, além de serem apresentadas importantes contribuições para o conhecimento da biologia reprodutiva, anatomia da genitália e morfologia externa. A proposta de Guimarães (1977), contudo, não foi amplamente aceita, sendo que trabalhos posteriores continuaram adotando o tratamento do grupo como uma subfamília subordinada à Calliphoridae (PAPE, 1992; TOMA; CARVALHO, 1995; ROGNES, 1997).

Bonatto (2001), em uma nova revisão do grupo, na qual também foram descritas novas espécies e gêneros e proposta uma hipótese para as relações filogenéticas entre as linhagens subordinadas, adotou a proposta de família apresentada por Guimarães (1977). O status de Mesembrinellidae como uma

linhagem distinta dentro de Oestroidea, independente de Calliphoridae, foi corroborado por estudos posteriores que apresentaram hipóteses filogenéticas inferidas a partir de dados moleculares (KUTTY *et al.*, 2010; MARINHO *et al.*, 2012; SINGH; WELLS, 2013) e morfológicos (MOLL, 2014), sendo que o grupo atualmente é tratado amplamente com status de família (CERRETTI *et al.*, 2017, 2019; KUTTY *et al.*, 2019; MARINHO *et al.*, 2017; WHITWORTH; YUSSEFF-VANEGAS, 2019).

Mesembrinellidae, como atualmente definida, compreende 53 espécies conhecidas viventes (WHITWORTH; YUSSEFF-VANEGAS, 2019) além de uma espécie extinta (fóssil) (CERRETTI *et al.*, 2017), todas com ocorrência restrita à região Neotropical. Os indivíduos da família podem ser reconhecidos por possuírem corpo robusto e coloração geral testácea (marrom-avermelhada) na maioria das espécies. As características diagnósticas do grupo incluem: (i) a presença de uma fileira de cerdas bem desenvolvidas no meron, formando um 'L' invertido; (ii) veia M com uma curvatura suave, não angular, em direção ao ápice da asa; (iii) espiráculo torácico posterior grande, de formato reniforme, com uma única membrana localizada ventralmente; (iv) asas, para a maioria das espécies, com uma mancha (mácula) na porção médio-apical; (v) fêmeas com ovipositor não telescópico; (vi) unilaviparidade pseudo-placental obrigatória (GUIMARÃES, 1977; TOMA; CARVALHO, 1995; MEIER *et al.*, 1999; BONATTO, 2001; WHITWORTH; YUSSEFF-VANEGAS, 2019).

Apesar de muitos aspectos relacionados a biologia das espécies da família serem ainda desconhecidos, sobretudo para os estágios imaturos, sabe-se que os adultos ocorrem quase exclusivamente em ambientes úmidos associados a florestas e matas preservadas, com pouca ou nenhuma influência antrópica (GUIMARÃES, 1977; VARGAS; WOOD; 2009). Devido a essa associação restrita a ambientes silvestres não modificados pelo homem, denotando uma natureza assinantrópica, os mesembrinélideos já foram descritos como potenciais bioindicadores de ambientes preservados (MELLO *et al.*, 2007; GADELHA, 2009).

Devido ao histórico conturbado da família Mesembrinellidae em relação a sua posição filogenética e ao escasso conhecimento taxonômico sobre o grupo ao longo dos anos, a maioria dos trabalhos realizados envolvendo a família teve como objetivos a descrição de espécies novas (GUIMARÃES, 1977; MARILUIS, 1987; BONATTO, 2001; BONATTO; MARINONI, 2005; WOLFF, 2013; WOLFF, *et al.*, 2013, 2014, 2017; WHITWORTH & YUSSEFF-VANEGAS, 2019) e/ou suas relações filogenéticas (TOMA; CARVALHO 1995; BONATTO, 2001; MOLL, 2014; MARINHO *et al.*, 2017).

3.1.2. Biogeografia e análises biogeográficas em Calyptratae (Diptera)

Do ponto de vista biogeográfico, umas das primeiras propostas para definição da região Neotropical foi apresentada por Sclater (1858), o qual utilizou como base a distribuição de grupos de aves para dividir o mundo em seis regiões zoogeográficas. Posteriormente, a região foi alvo de diversas propostas de revisões e classificações, algumas sendo bem controversas (WALLACE, 1876; RIZZINI, 1976; VELOSO; FILHO; LIMA, 1991; FERNANDES, 2000; NAVARRO; MALDONADO, 2002; MORRONE, 2002, 2010). Contudo, para uma boa avaliação e classificação das regiões biogeográficas, incluindo a região Neotropical, devem ser abordados dois principais objetos: a fito/zoogeografia e a fitofisionomia (MELO; ANDRADE; MEIRA NETO, 2015; OLIVEIRA-FILHO, 2015). A fito/zoogeografia trabalha com o espaço geográfico, classificando-o em unidades e subunidades, regiões, sub-regiões, domínios e províncias, também podendo ser ecorregiões, conforme as características ecológicas comuns, fitofisionômicas e a simultaneidade de ocorrência de certos táxons, vegetais ou animais (MORRONE, 2002; OLIVEIRA-FILHO, 2015). Esta classificação torna-se de grande importância para os estudos de distribuição de espécies, populações e comunidades, os quais podem definir um padrão de ocorrência para um táxon, além de também ser possível avaliar as implementações de políticas para unidades de conservação (LOMOLINO; RIDDLE; BROWN, 2006). A fitofisionomia, por sua vez, trabalha com a fisionomia da vegetação, mas não somente com isso, pois envolve as interpretações das diversas áreas da ecologia, juntamente com as variáveis climáticas (OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 2006, 2015)

A Biogeografia estuda a composição espacial da diversidade dos organismos, como por exemplo a distribuição e a expansão, numa escala de tempo e espaço, compreendendo as causas dessas modificações (BROWN; LOMOLINO, 1998). As interações observadas através dos estudos de biogeografia, os quais são baseados em observações e resultados de pesquisas disponíveis, nos permitem compreender as causas da distribuição ancestral, contemporânea e a organização dos processos dos quais os seres vivos fazem parte (ROCHA, 2011; BROWN, LOMOLINO, 1998; WATTS, 1971; ROCHA 2011). A partir do século XX, novas práticas foram implementadas na Biogeografia, teorias aplicadas a ecologia, evolução e sistemática, com a ajuda de mais registros fósseis, novas tecnologias de computação, com

possibilidades de gerar análises filogenéticas, e a implementação de técnicas de biologia molecular (BROWN; LOMOLINO, 1998; ZUNINO; ZULLINI, 2003).

Considerando-se o grupo Calyptratae de Diptera, os estudos biogeográficos conduzidos até o momento com táxons de ocorrência na região Neotropical concentraram-se, principalmente, nas famílias Muscidae e Fanniidae (NIHEI; DE CARVALHO, 2004; 2005; CARVALHO; PONT, 2006; LÖWENBERG-NETO; DE CARVALHO, 2009; LÖWENBERG-NETO *et al.* 2011, 2012; HASEYAMA *et al.* 2015). Como exemplo, Löwenberg-Neto e de Carvalho (2009) analisaram espécies de Muscidae utilizando dados disponíveis na literatura e espécies catalogadas em museus, encontrando áreas novas de dispersão para a família no Panamá e no centro do Chile. Em outro estudo, Carvalho e Pont (2006) trabalharam com o gênero *Brachygasterina* (Muscidae), o qual apresentava ocorrência conhecida em áreas do Chile, Argentina e Equador, com possível dispersão na Bolívia até a Colômbia. Em um dos poucos estudos biogeográficos realizados com outras famílias de Calyptratae focados em táxons com ocorrência na região Neotropical, Moll (2014) realizou uma análise cladística da família Mesembrinellidae, baseada em dados morfológicos, juntamente com uma análise da distribuição e biogeografia da família. Ambas as análises, contudo, não foram ainda publicadas.

3.1.3. Objetivos

Considerando-se o contexto apresentado, o presente estudo teve como objetivo principal conduzir uma análise biogeográfica para as linhagens subordinadas a família Mesembrinellidae, a qual apresenta ocorrência restrita à região Neotropical, com o intuito de compreender as dinâmicas espaciais históricas subjacentes a atual distribuição destas linhagens. Como objetivos específicos, o trabalho compreendeu: (i) a compilação dos dados de ocorrência conhecida para as espécies de Mesembrinellidae, juntamente com a confecção de mapas de distribuição das mesmas; (ii) a apresentação de uma hipótese para as relações filogenéticas entre as linhagens subordinadas de Mesembrinellidae, com estimativa dos tempos de divergência, inferida a partir de dados moleculares, a qual subsidiará as análises biogeográficas; (iii) a interpretação dos padrões de distribuição, atuais e históricos, das espécies de Mesembrinellidae, relacionando-os com os padrões biogeográficos conhecidos para a região Neotropical, em especial associados com a evolução de ambientes florestais, aos quais os mesembrinelídeos estão associados.

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Compilação dos dados de ocorrência e confecção de mapas de distribuição para as espécies de Mesembrinellidae

Dados de ocorrência das 53 espécies descritas atualmente para Mesembrinellidae foram compilados a partir de informações disponíveis na literatura (GUIMARÃES, 1977; BONATTO, 2001; WOLFF, 2013; WOLFF *et al.*, 2013, 2014; 2017; WHITWORTH, YUSSEFF-VANEGAS, 2019) e também a partir de material coletado e/ou triado da coleção disponível no Laboratório de Evolução e Genética de Insetos (LEGIN), do Instituto de Biologia (IB) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Os dados de ocorrência das espécies foram limitados a estas fontes para diminuir a possibilidade de erros de identificação taxonômica. Para a confecção dos mapas de distribuição, as coordenadas dos pontos de coleta obtidas para cada espécie de Mesembrinellidae foram projetadas no software Google Earth Pro v.7.3 e, posteriormente, inseridas em um mapa da região Neotropical (LÖWENBERG-NETO, 2014 – ‘shapefile’ disponível em: <https://sites.google.com/site/biochartis/>) utilizando-se o software QGIS v.3.8.3 (Quantum GIS Development Team, 2018). No caso de não haver a coordenada exata do ponto de coleta para um espécime, a mesma foi extrapolada a partir da localidade de coleta. No software QGIS v.3.8.3, também foram utilizados mapas disponibilizados publicamente através do plug-in "OpenLayers".

3.2.2. Análise filogenética de Mesembrinellidae, com estimativa de tempos de divergência

A filogenia de Mesembrinellidae utilizada nas análises biogeográficas foi extraída do resultado preliminar de uma análise filogenética mais ampla, voltada para

a reconstrução das histórias de parentesco evolutivo entre linhagens de Calyptratae, com ênfase na superfamília Oestroidea (dados não publicados).

A análise de Calyptratae foi realizada a partir de uma matriz de dados com 390 unidades taxonômicas operacionais (OTUs – ‘Operational Taxonomic Units’) e 5662 sítios de DNA, compreendendo sequências alinhadas dos genes mitocondriais COI (848 pb), COII (666 pb), CytB (729 pb) e 16S (697 pb); e nucleares CAD (689 pb), ITS2 (586 pb) e 28S (1447 pb). As sequências destes genes foram obtidas seguindo o protocolo indicado em Marinho *et al.* (2017). As informações sobre as sequências utilizadas para os táxons de Mesembrinellidae são mostradas na Tabela 3. Os acessos ao patrimônio genético foram registrados na Plataforma SisGen (Cadastro nº ADDF134). O alinhamento das sequências para cada gene individualmente foi realizado com o programa MAFFT v.7.149 (KATOH *et al.*, 2002; KATOH; STANDLEY, 2013) e o concatenamento dos dados foi realizado com o programa MEGA v. 7.0 (KUMAR *et al.*, 2016). Após a concatenação, a matriz de dados foi dividida em 15 partições, sendo três (03) correspondentes aos genes ribossomais individuais (16S, ITS2 e 28S) e 12 correspondentes às posições de códon individuais dos genes codificadores de proteína (COI, COII, CytB e CAD). A seleção de modelos foi realizada com o software PartitionFinder v. 2.1.1 (LANFEAR *et al.*, 2012).

A análise filogenética por Inferência Bayesiana, com estimativa dos tempos de divergência entre as linhagens amostradas, foi realizada com o software BEAST2 v.2.6.2 (BOUCKAERT *et al.*, 2019) através do portal CIPRES Science Gateway v3.3 (MILLER *et al.*, 2010). Os parâmetros de configuração da análise foram como segue: 15 partições consideradas de modo independente, evoluindo sob um modelo de substituição GTR+I+G, com todos os parâmetros estimados a partir dos dados; para a estimativa dos tempos de divergência, foi definido um modelo de relógio molecular relaxado seguindo uma distribuição LogNormal; o comprimento da cadeia de Markov (‘Markov chain length’) foi estipulado em 100.000.000 de gerações, com amostragem a cada 1.000 e valor de *burn-in* (amostragens descartadas) de 65% após análise dos resultados. Os *priors* da análise foram definidos como: um modelo de coalescência de Yule seguindo uma distribuição uniforme para a taxa de nascimento; para os modelos de substituição, foram definidas distribuições gama para as taxas de substituição, exponencial para os parâmetros gama, e uniforme para os parâmetros de sítios invariáveis. Além disso, foram definidos quatro pontos de calibração para os tempos de divergência: (1) Schizophora, seguindo uma distribuição normal com média em 60

Tabela 3. Amostragem taxonômica de Mesembrinellidae utilizada nas análises filogenéticas. Sequências retiradas do GenBank são acompanhadas pelos respectivos números de acesso. Sequências novas, ainda não publicadas, são designadas com um sinal de '+'. Para os nomes de gêneros, são apresentadas as propostas de Guimarães (1977), seguida por Bonatto (2001), e a proposta mais recente de Whitworth & Yusseff-Vanegas (2019).

| Subfamílias | Gêneros (Guimarães, 1977; Bonatto, 2001) | Gêneros / Espécies (Whitworth & Yusseff-Vanegas, 2019) | Marcadores Moleculares (Número de acesso no GenBank) | | | | | | |
|--|---|---|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | COI | COII | CytB | 16S | CAD | ITS2 | 28S |
| Laneellinae | <i>Laneella</i> | <i>Laneella fusconitida</i> Whitworth, 2019 | MK813283 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | <i>Laneella fuscosquamata</i> Whitworth, 2019 | MK813319 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | <i>Laneella nigripes</i> Guimarães, 1977 | KR820706 | KR820769 | 0 | KR820852 | + | KR820808 | KR820889 |
| | | <i>Laneella patriciae</i> (Wolff, 2013) | KR820718 | KR820781 | 0 | KR820864 | + | KR820821 | KR820902 |
| | | <i>Laneella perisi</i> (Mariluis, 1987) | KR820704 | 0 | 0 | KR820850 | + | KR820806 | KR820887 |
| | | <i>Laneella purpurea</i> Whitworth, 2019 | MK813191 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Souzalopesiellinae | <i>Souzalopesiella</i> | <i>Souzalopesiella facialis</i> (Aldrich, 1922) | + | + | + | + | + | 0 | + |
| Mesembrinellinae | <i>Mesembrinella</i> | <i>Mesembrinella apollinaris</i> Séguy, 1925 | KR820707 | KR820770 | + | KR820853 | + | KR820810 | KR820891 |
| | | <i>Mesembrinella batesi</i> Aldrich, 1922 | KR820709 | KR820772 | + | KR820855 | + | KR820812 | KR820893 |
| | | <i>Mesembrinella bellardiana</i> Aldrich, 1922 | KR820713 | KR820776 | + | KR820859 | + | KR820816 | KR820897 |
| | | <i>Mesembrinella bicolor</i> (Fabricius, 1805) | JQ246689 | 0 | 0 | JQ246740 | 0 | JQ246587 | JQ246637 |
| | | <i>Mesembrinella brunnipes</i> Surcouf, 1919 | MK813238 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | <i>Mesembrinella bullata</i> ⁽¹⁾ Whitworth, 2019 | MK813218 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | <i>Mesembrinella chantryi</i> Whitworth, 2019 | MK813192 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | <i>Mesembrinella currani</i> Guimarães, 1977 | KR820717 | KR820780 | + | KR820863 | 0 | KR820820 | KR820901 |
| | | <i>Mesembrinella flavicrura</i> ⁽²⁾ Aldrich, 1925 | MK813323 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | <i>Mesembrinella longicercus</i> ⁽³⁾ Whitworth, 2019 | MK813317 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | <i>Mesembrinella peregrina</i> Aldrich, 1922 | KR820720 | KR820785 | KT272778 | KR820866 | 0 | 0 | 0 |
| | | <i>Mesembrinella pictipennis</i> Aldrich, 1922 | KR820719 | KR820783 | 0 | KR820865 | + | KR820823 | KR820904 |
| | | <i>Mesembrinella semihyalina</i> Mello, 1967 | MK813176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | <i>Mesembrinella socors</i> ⁽⁴⁾ (Walker, 1861) | MK813314 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Mesembrinella townsendi</i> Guimarães, 1977 | KR820721 | KR820786 | + | KR820867 | + | KR820824 | KR820905 | | |
| <i>Mesembrinella umbrosa</i> Aldrich, 1922 | MK813309 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |

Tabela 3. Continuação.

| Subfamílias | Gêneros (Guimarães, 1977; Bonatto, 2001) | Gêneros / Espécies (Whitworth & Yusseff-Vanegas, 2019) | Marcadores Moleculares (Número de acesso no GenBank) | | | | | | |
|---|---|---|--|----------|------|----------|-----|----------|----------|
| | | | COI | COII | CytB | 16S | CAD | ITS2 | 28S |
| Mesembrinellinae (continuação) | <i>Eumesebrinella</i> | <i>Mesebrinella benoisti</i> (Séguy, 1925) | KR820725 | KR820791 | + | KR820870 | + | KR820828 | KR820909 |
| | | <i>Mesebrinella cyaneicincta</i> (Surcouf, 1919) | KR820727 | KR820793 | + | KR820872 | + | KR820830 | KR820911 |
| | | <i>Mesebrinella quadrilineata</i> (Fabricius, 1805) | KR820731 | KR820798 | 0 | KR820875 | + | KR820834 | KR820916 |
| | <i>Thompsoniella</i> | <i>Mesebrinella randa</i> (Walker, 1849) | KR820732 | KR820799 | + | KR820876 | + | KR820835 | KR820917 |
| | | <i>Mesebrinella anomala</i> (Guimarães, 1977) | MK813298 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Giovannella</i> | <i>Mesebrinella carvalhoi</i> (Wolff <i>et al.</i> , 2013) | KR820736 | KR820803 | + | KR820880 | + | KR820839 | KR820921 |
| | | <i>Mesebrinella epandriaurantia</i> Whitworth, 2019 | MK813270 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Henriquella</i> | <i>Mesebrinella guaramacalensis</i> Whitworth, 2019 | MK813266 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | <i>Mesebrinella mexicana</i> Whitworth, 2019 | MK813264 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | <i>Mesebrinella spicata</i> Aldrich, 1925 | MK813329 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Huascaromusca</i> | <i>Mesebrinella aeneiventris</i> (Wiedemann, 1830) | 0 | 0 | + | 0 | 0 | KR820840 | KR820922 |
| | | <i>Mesebrinella cordillera</i> (Wolff & Ramos-Pastrana, 2017) | KR820739 | + | 0 | 0 | 0 | KR820845 | KR820925 |
| | | <i>Mesebrinella decrepita</i> Séguy, 1925 | MK813267 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | <i>Mesebrinella lara</i> (Bonatto, 2005) | MK813257 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | <i>Mesebrinella nigrocoerulea</i> Whitworth, 2019 | MK813307 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | <i>Mesebrinella obscura</i> (Wolff, 2017) | KR820737 | KR820804 | + | KR820882 | + | KR820842 | KR820923 |
| | | <i>Mesebrinella purpurata</i> Aldrich, 1922 | KR820738 | 0 | + | KR820883 | + | KR820843 | KR820924 |
| | | <i>Mesebrinella uniseta</i> Aldrich, 1925 | MK813180 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | <i>Mesebrinella violacea</i> Whitworth, 2019 | MK813222 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | <i>Mesebrinella vogelsangi</i> (Mello, 1967) | KR820740 | KR820805 | 0 | 0 | + | KR820847 | KR820927 |
| <i>Mesebrinella zurquiensis</i> Whitworth, 2019 | MK813316 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |

1 = *Mesebrinella bullata* apresenta cerdas pouco desenvolvidas no tergito abdominal 5 (T5), sendo esta uma característica similar à encontrada em espécies do gênero *Huascaromusca*, embora neste último as cerdas sejam bem desenvolvidas e organizadas em uma fileira central ao tergito. 2 = Bonatto (2001) propôs a transferência desta espécie para o gênero *Huascaromusca* (não publicada); Whitworth & Yusseff-Vanegas (2019) mantiveram a espécie no gênero *Mesebrinella*. 3 = O surtilo de *M. longicercus* apresenta um padrão semelhante ao encontrado nas espécies de *Huascaromusca*. 4 = Whitworth & Yusseff-Vanegas (2019) revalidaram esta espécie, previamente considerada sinônimo de *M. bicolor*; de acordo com os autores, *M. abaca* (Hall, 1948) foi considerada sinônimo de *M. socors*.

milhões de anos (mais ou menos 20 milhões); (2) Hippoboscoidea, seguindo uma distribuição LogNormal com início ('offset') em 35 milhões de anos; (3) Anthomyiidae, seguindo uma distribuição LogNormal com início em 42 milhões de anos; e (4) Mesembrinellidae, seguindo uma distribuição LogNormal com início em 15 milhões de anos (pontos de calibração apresentados em CERRETTI *et al.*, 2017).

A árvore obtida na análise foi editada para conter apenas os táxons de Mesembrinellidae utilizando-se o software Dendroscope v.3.7.2 (HUSON *et al.*, 2007; HUSON; SCORNAVACCA, 2012). Esta árvore foi, então, utilizada nas análises biogeográficas.

3.2.3. Análises biogeográficas

As análises biogeográficas foram realizadas no pacote analítico BioGeoBears (MATZKE, 2012; 2013) da plataforma R v.3.6.2 (R CORE TEAM, 2019). A inferência foi baseada na combinação de três abordagens implementadas no pacote: (1) através do modelo paramétrico DEC (Dispersão - Extinção - Cladogênese); (2) através da Análise de Dispersão - Vicariância modificada (DIVA-like); e (3) utilizando-se o modelo BAYAREA. Para as três abordagens, foi testada também a inclusão de um parâmetro adicional 'J', o qual incorpora a possibilidade de eventos de "dispersão em salto" (formação de novas linhagens a partir de um ancestral generalizado estabelecendo um novo evento de colonização). No total, foram assim testados seis cenários: DEC, DEC+J, DIVA-like, DIVA-like+J, BAYAREA e BAYAREA+J.

Como arquivos de entrada para as análises, foram utilizados (i) a árvore filogenética obtida pelo programa BEAST, com as estimativas de tempos de divergência; e (2) um arquivo contendo a ocorrência das linhagens de Mesembrinellidae em diferentes áreas da região Neotropical, baseado nos mapas de distribuição obtidos a partir do software QGIS. Para a definição das áreas nas quais a região Neotropical seria dividida (Figura 9), utilizamos a proposta de Morrone (2014), contemplando 10 sub-regiões e/ou domínios, como segue: (A) Zona de Transição Mexicana; (B) Sub-Região Brasileira – Domínio Mesoamericano; (C) Sub-Região das Antilhas; (D) Sub-Região Brasileira – Domínio do Pacífico; (E) Sub-Região Brasileira – Domínio Boreal Brasileiro; (F) Sub-Região Brasileira – Domínio Sul Brasileiro; (G) Sub-Região do Chaco – Domínio Sudeste Amazônico; (H) Sub-Região do Chaco – Domínio do Chaco; (I) Sub-Região do Chaco – Domínio do Paraná; (J) Zona de

Transição da América do Sul (conforme figura 12 – MORRONE, 2014). Apesar de existirem outras propostas para a subdivisão da região Neotropical, a escolha da proposta de Morrone (2014) foi devido a esta ser uma das mais amplamente utilizadas para análises de biogeografia da região, apresentando com maior precisão algumas das zonas de endemismo.



Figura 9. Mapa da região Neotropical, apresentando a divisão em sub-regiões e províncias proposta por Morrone (2014), a qual foi utilizada nas análises biogeográficas em Mesembrinellidae. (A) Zona de Transição Mexicana; (B) Sub-Região Brasileira – Domínio Mesoamericano; (C) Sub-Região das Antilhas; (D) Sub-Região Brasileira – Domínio do Pacífico; (E) Sub-Região Brasileira – Domínio Boreal Brasileiro; (F) Sub-Região Brasileira – Domínio Sul Brasileiro; (G) Sub-Região do Chaco – Domínio Sudeste Amazônico; (H) Sub-Região do Chaco – Domínio do Chaco; (I) Sub-Região do Chaco – Domínio do Paraná; (J) Zona de Transição da América do Sul. Mapa obtido através do programa QGIS v.3.8.3, com 'shapefile' de Löwenberg-Neto (2014).

Uma abordagem de máxima-verossimilhança de seleção de modelos para a evolução espacial das distribuições das linhagens foi empregada para avaliação dos diferentes cenários biogeográficos testados, assim como para a comparação das três abordagens analíticas realizadas com o BioGeoBEARS.

A partir dos resultados obtidos, foram realizadas também análises para estimar as áreas ancestrais de ocorrência para os táxons, além dos tipos e números de eventos históricos necessários para explicar as mudanças ao longo do tempo.

3.3. Resultados

3.3.1. Compilação dos dados de ocorrência e confecção de mapas de distribuição para as espécies de Mesembrinellidae

Conforme as coordenadas compiladas das espécies pertencentes a família Mesembrinellidae, os mapas foram gerados no programa QGIS (Figuras 10 a 28).

Para a espécie *Mesembrinella (Albuquerquea) latifrons*, os pontos de ocorrência disponíveis nos mostram a presença da mesma nos estados brasileiros de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (Figura 10), correspondendo às regiões 'H' e 'I' (como mostradas na Figura 9).



Figura 10. Pontos de ocorrência conhecida da espécie *Mesembrinella (Albuquerquea) latifrons* na região Neotropical.

Para as espécies do gênero *Mesembrinella* anteriormente alocadas no gênero *Giovanella* (WHITWORTH; YUSSEFF-VANEGAS, 2019), *Mesembrinella (Giovanella) bolivar* e *M. (G.) epandrioaurantia* apresentam ocorrências conhecidas apenas para a Venezuela; *M. (G.) carvalhoi* para a Colômbia; e *M. (G.) woodorum* para o Equador, correspondendo às regiões 'D' e 'E' (Figura 11).



Figura 11. Pontos de ocorrência das espécies do gênero *Mesembrinella* anteriormente alocadas em *Giovanella* na região Neotropical: *Mesembrinella (Giovanella) epandrioaurantia* (verde); *Mesembrinella (Giovanella) woodorum* (vermelho); *Mesembrinella (Giovanella) bolivar* (laranja); e *Mesembrinella (Giovanella) carvalhoi* (amarelo).

Já para as espécies do gênero *Mesembrinella* anteriormente alocadas em *Huascaromusca* (WHITWORTH; YUSSEFF-VANEGAS, 2019), a saber *Mesembrinella (Huascaromusca) zurquiensis*, *M. (H.) xanthorrhina*, *M. (H.) vogelsangi*, *M. (H.) aeneiventris*, *M. (H.) cordillera*, *M. (H.) uniseta*, *M. (H.) semiflava*, *M. (H.) lara*, *M. (H.) decrepita*, *M. (H.) nigrocoerulea*, *M. (H.) bequeaerti*, *M. (H.) violacea*, *M. (H.) obscura* e *M. (H.) purpurata*, temos que a maioria das espécies apresenta ocorrência conhecida para a América Central (México, Costa Rica e Panamá) e para a porção noroeste da América do Sul (Equador, Venezuela, Colômbia e Peru), correspondendo às regiões 'A', 'B', 'D', 'E' e 'F'. Apenas para as espécies *M. (H.) aeneiventris* e *M. (H.) purpurata* há ocorrência conhecida para a porção sudeste do Brasil, correspondendo à região 'I' (Figuras 12, 13, 14 e 15).



Figura 12. Pontos de ocorrência conhecida para algumas das espécies do gênero *Mesembrinella* anteriormente alocadas em *Huascaromusca* na região Neotropical: *Mesembrinella (Huascaromusca) aeneiventris* (laranja); *Mesembrinella (Huascaromusca) vogelsangi* (amarelo); *Mesembrinella (Huascaromusca) xanthorrhina* (verde); e *Mesembrinella (Huascaromusca) zurquiensis* (vermelho).



Figura 13. Pontos de ocorrência conhecida para algumas das espécies do gênero *Mesembrinella* anteriormente alocadas em *Huascaromusca* na região Neotropical: *Mesembrinella (Huascaromusca) cordillera* (azul); *Mesembrinella (Huascaromusca) uniseta* (vermelho); e *Mesembrinella (Huascaromusca) semiflava* (amarelo).



Figura 14. Pontos de ocorrência conhecida para algumas das espécies do gênero *Mesembrinella* anteriormente alocadas em *Huascaromusca* na região Neotropical: *Mesembrinella (Huascaromusca) nigrocoerulea* (amarelo); *Mesembrinella (Huascaromusca) lara* (vermelho); *Mesembrinella (Huascaromusca) decrepita* (azul); e *Mesembrinella (Huascaromusca) bequeaerti* (rosa).



Figura 15. Pontos de ocorrência conhecida para algumas das espécies do gênero *Mesembrinella* anteriormente alocadas em *Huascaromusca* na região Neotropical: *Mesembrinella (Huascaromusca) violacea* (vermelho); *Mesembrinella (Huascaromusca) obscura* (verde); e *Mesembrinella (Huascaromusca) purpurata* (amarelo).

Para as espécies do gênero *Mesembrinella* anteriormente alocadas no gênero *Henriquela* (WHITWORTH; YUSSEFF-VANEGAS, 2019), a espécie *Mesembrinella (Henriquela) mexicana* tem ocorrência restrita ao México, correspondendo à região 'A'; a espécie *Mesembrinella (Henriquela) spicata* tem ocorrências conhecidas para localidades da Nicarágua e Costa Rica, correspondendo à região 'B'; e a espécie *Mesembrinella (Henriquela) guaramacalensis* tem ocorrência conhecida restrita à Venezuela, correspondendo à região 'D' (Figura 16).



Figura 16. Pontos de ocorrência das espécies do gênero *Mesembrinella* anteriormente alocadas em *Henriquela* na região Neotropical: *Mesembrinella (Henriquella) mexicana* (azul); *Mesembrinella (Henriquella) spicata* (vermelho); e *Mesembrinella (Henriquella) guaramacalensis* (amarelo).

Com relação às espécies do gênero *Mesembrinella* anteriormente alocadas em *Thompsoniella* (WHITWORTH; YUSSEFF-VANEGAS, 2019), *Mesembrinella (Thompsoniella) andina* tem ocorrências conhecidas apenas para localidades da Colômbia e Equador; enquanto *Mesembrinella (Thompsoniella) anomala* tem ocorrências registradas apenas para Venezuela e Equador, ambas correspondendo à região 'D' (Figura 17).



Figura 17. Pontos de ocorrência das espécies do gênero *Mesembrinella* anteriormente alocadas em *Thompsoniella* na região Neotropical: *Mesembrinella (Thompsoniella) andina* (amarelo) e *Mesembrinella (Thompsoniella) anomala* (vermelho).

Dentro do gênero *Mesembrinella*, por fim, temos as espécies inicialmente descritas neste gênero, incluindo-se também as espécies inicialmente descritas no gênero *Eumesembrinella*, as quais foram sinonimizadas anteriormente com *Mesembrinella* (MARINHO *et al.*, 2017; WHITWORTH; YUSSEFF-VANEGAS, 2019). Neste gênero, encontram-se algumas das espécies de distribuição mais ampla da família, correspondendo a um maior número de registros de ocorrência. A espécie *Mesembrinella batesi* tem ampla distribuição na porção norte da América do Sul, ocorrendo no Brasil, Colômbia, Equador e Peru, correspondendo às regiões 'E', 'F', 'G', 'I' e 'J'. Já *M. benoisti* ocorre em localidades do Brasil, Guiana Francesa, Venezuela e Peru, correspondendo às regiões 'E' e 'F'; e *Mesembrinella apolinaris* apresenta ocorrências conhecidas na Colômbia e Equador, correspondendo às regiões 'D', 'F' e 'J' (Figura 18).

As espécies *M. bellardiana* e *M. bicolor* são as duas espécies mais amplamente distribuídas de Mesembrinellidae. Assim, *M. bellardiana* tem ocorrência conhecida para quase todos os países da América do Sul, estando ausente apenas nas regiões

'A', 'B', 'C' e 'D' (Figura 19). Já *M. bicolor* ocorre em toda a região Neotropical, estando ausente apenas na região 'C' (Figura 20).



Figura 18. Pontos de ocorrência para algumas espécies do gênero *Mesembrinella* na região Neotropical: *Mesembrinella batesi* (amarelo); *Mesembrinella benoisti* (azul); e *Mesembrinella apollinaris* (vermelho).



Figura 19. Pontos de ocorrência conhecida para a espécie *Mesembrinella belardiana* na região Neotropical.



Figura 20. Pontos de ocorrência conhecida para a espécie *Mesembrinella bicolor* na região Neotropical.

Para *M. brunnipes*, a ocorrência conhecida da mesma está restrita atualmente para localidades da Bolívia e Peru, região representada pela letra 'F' (Figura 21). A espécie *M. flavicrura* apresenta ocorrência conhecida mais ao norte da região Neotropical, restrita a localidades da Costa Rica e Panamá, correspondente às regiões 'B' e 'D'. Já *M. cyaneicincta* tem sua ocorrência restrita a localidades do Brasil e da Colômbia, correspondendo às regiões 'E', 'F', 'G' e 'I'. A espécie *M. currani* tem pontos de ocorrência no Brasil, Colômbia, Equador e Peru, correspondendo às regiões 'E', 'F' e 'G', enquanto a espécie *M. bullata* tem ocorrência restrita a localidades da Bolívia, correspondendo à região 'F' (Figura 22).

Para a espécie *M. chantryi*, os poucos pontos de ocorrência são no Brasil e na Guiana Francesa, correspondendo à região 'E'; enquanto *M. longicercus* apresenta ocorrência conhecida apenas em três pontos na Bolívia, correspondendo à região 'F'. A espécie *M. peregrina* tem distribuição conhecida apenas para o sudeste do Brasil correspondente às regiões 'H' e 'I', enquanto a espécie *M. pictipennis* tem distribuição conhecida em localidades da Bolívia, Colômbia e Equador, correspondendo às regiões representadas pelas letras 'D', 'E' e 'F' (Figura 23).



Figura 21. Pontos de ocorrência conhecida da espécie *Mesembrinella brunripes* na região Neotropical.



Figura 22. Pontos de ocorrência para algumas espécies do gênero *Mesembrinella* na região Neotropical: *Mesembrinella bullata* (azul); *Mesembrinella currani* (verde); *Mesembrinella cyaneicincta* (vermelho); e *Mesembrinella flavicrura* (amarelo).



Figura 23. Pontos de ocorrência conhecida para algumas espécies do gênero *Mesembrinella* na região Neotropical: *Mesembrinella chantryi* (vermelho); *Mesembrinella longicercus* (amarelo); *Mesembrinella peregrina* (azul); e *Mesembrinella pictipennis* (verde).

A espécie *M. quadrilineata* possui uma distribuição ampla na porção noroeste da América do Sul, correspondendo às regiões 'D', 'E', 'F', 'G', 'H' e 'J', enquanto a espécie *M. townsendi* possui uma distribuição mais restrita neste mesmo quadrante, distribuindo-se pelas regiões 'D', 'E', 'F' e 'J'. A espécie *M. socors* se restringe a regiões de altas altitudes na porção noroeste da América do Sul e da América Central, ocorrendo nas regiões 'A', 'B' e 'J' (Figura 24).

Com apenas um registro de ocorrência no Peru, a espécie *M. serrata* restringe-se à região 'E'. A espécie *M. semihyalina* possui registros apenas no Brasil, correspondendo às regiões 'F' e 'I', enquanto *M. randa* é mais amplamente distribuída, com registros no Brasil, Bolívia, Colômbia, Peru e Venezuela, correspondendo às regiões representadas pelas letras 'D', 'E', 'F' e 'G'. A espécie *M. velasquezae* possui registro de ocorrência apenas na Venezuela, correspondendo à região 'D'; enquanto *M. umbrosa*, com registros na Costa Rica, Panama, Colômbia, Equador e Bolívia, está presente nas regiões representadas pelas letras 'D', 'E' e 'F' (Figura 25).



Figura 24. Pontos de ocorrência conhecida para algumas espécies do gênero *Mesembrinella* na região Neotropical: *Mesembrinella quadrilineata* (amarelo); *Mesembrinella townsendi* (azul claro); *Mesembrinella socors* (vermelho).



Figura 25. Pontos de ocorrência conhecida para algumas espécies do gênero *Mesembrinella* na região Neotropical: *Mesembrinella serrata* (azul claro); *Mesembrinella semihyalina* (vermelho); *Mesembrinella velasquezae* (azul); *Mesembrinella randa* (amarelo) e *Mesembrinella umbrosa* (lilás).

As espécies do gênero *Laneella* distribuem-se principalmente na América Central e na porção noroeste da América do Sul, com a espécie *L. patriciae* ocorrendo na Colômbia; *L. perisi* na Costa Rica, Colômbia, Equador e Brasil; *L. purpurea* na Costa Rica e Bolívia; *L. fuscusquamata* no México e Guatemala; e *L. fusconitida* na Costa Rica e Equador, correspondendo às regiões 'A', 'B', 'D', 'E', 'F' e 'J'. Apenas a espécie *L. nigripes*, com ocorrência no sudeste do Brasil e Paraguai, é encontrada na região 'I' (Figuras 26 e 27).

Para *Souzalopesiella facialis*, os registros de ocorrência conhecidos se localizam no México, Costa Rica, Panamá, Colômbia e Venezuela, compreendendo as regiões representadas pelas letras 'B' e 'D' (Figura 28).



Figura 26. Pontos de ocorrência conhecida para algumas espécies do gênero *Laneella* na região Neotropical: *Laneella patricea* (azul); *Laneella perisi* (vermelho) e *Laneella nigripes* (amarelo).



Figura 27. Pontos de ocorrência conhecida para algumas espécies do gênero *Laneella* na região Neotropical: *Laneella purpúrea* (azul); *Laneella fuscusquamata* (vermelho) e *Laneella fusconitida* (amarelo).



Figura 28. Pontos de ocorrência conhecida da espécie *Souzalopesiella facialis* na região Neotropical.

3.3.2. Análises filogenética e biogeográfica de Mesembrinellidae

A hipótese filogenética para as relações entre os clados subordinados de Mesembrinellidae apresentada aqui é a mais ampla realizada até o momento para a família em termos de amostragem taxonômica, incluindo 44 das 53 espécies existentes conhecidas e descritas até o momento (Figura 29). Devido à ausência de sequências disponíveis, não foi possível incluir na análise as espécies *M. latifrons*, *M. bolivar*, *M. andina*, *M. xanthorrina*, *M. woodorum*, *M. semiflava*, *M. bequaerti*, *M. serrata* e *M. velasquezae*.

As espécies do gênero *Laneella* foram recuperadas em dois clados separados, sendo um composto pelas espécies *L. fuscusquamata* e *L. purpurea* e o outro pelas espécies *L. nigripes*, *L. perisi*, *L. patriciae* e *L. fusconitida*. O gênero, assim, não foi recuperado como monofilético, formando um grado de linhagens na base da filogenia, o qual inclui também a espécie *Souzalopesiella facialis*.

As demais espécies de Mesembrinellidae, atualmente incluídas no gênero *Mesembrinella*, foram recuperadas em dois grandes grupos monofiléticos compreendendo: (i) um clado composto pelas espécies anteriormente incluídas nos gêneros *Huascaromusca*, *Giovanella*, *Henriquella* e *Thompsoniella*, mais as espécies *M. flavicrura*, *M. bullata* e *M. longicercus* (o qual será referido como 'clado *Huascaromusca*'); e (ii) um clado composto pelas demais espécies inicialmente descritas no gênero *Mesembrinella*, mais as espécies anteriormente alocadas no gênero *Eumesembrinella* (o qual será referido como 'clado *Mesembrinella*').

Os valores de suporte, medidos pelas probabilidades *a posterior* dos clados, foram, em geral, altos, sendo que a maioria dos valores de suporte inferiores à 0,5, considerados baixos, foram recuperados para alguns nós internos do clado *Huascaromusca*.

As estimativas de tempo de divergência indicam que a família surgiu cerca de 38 milhões de anos atrás, com os eventos de diversificação que deram origem às espécies dos gêneros *Laneella* e *Souzalopesiella* ocorrendo até cerca de 30 milhões de anos atrás. A separação entre os clados '*Huascaromusca*' e '*Mesembrinella*' ocorreu por volta de 28 a 30 milhões de anos atrás, com os eventos de cladogênese que resultaram nas linhagens viventes amostradas estendendo-se até o passado recente.

Páginas 70 a 82 não disponíveis.

Os resultados das análises foram, de modo geral, bastante similares, com as diferenças concentrando-se principalmente nas transições de áreas entre as linhagens mais recentes e na incerteza quanto às inferências das áreas ancestrais. Este segundo aspecto foi mais pronunciado nas análises com o modelo DEC no clado '*Mesembrinella*' (Figuras 30 e 32).

Todas as análises sugerem que a linhagem ancestral da família se distribuía na área designada pela letra 'D', correspondendo à 'Sub-Região Brasileira – Domínio do Pacífico' da proposta de Morrone (2014). Os eventos de cladogênese posteriores, os quais deram origem às linhagens ancestrais das espécies viventes dos gêneros *Laneella* e *Souzalopesiella*, ocorreram também nesta área, sendo que muitas das espécies atuais continuam tendo distribuições que incluem esta região. Expansões e/ou transições das áreas de ocorrência ancestrais para outras áreas ocorreram apenas posteriormente. Por exemplo, as transições para as áreas 'A' (Zona de Transição Mexicana) e 'B' (Sub-Região Brasileira – Domínio Mesoamericano) para a espécie *L. fuscosquamata* e para a região 'I' (Sub-Região do Chaco – Domínio do Paraná) para a espécie *L. nigripes* ocorreram apenas entre 12 e 10 milhões de anos atrás.

Com relação ao gênero *Mesembrinella*, como atualmente definido, a linhagem ancestral dos clados '*Huascaromusca*' e '*Mesembrinella*' também se distribuía pela área designada com a letra 'D'. Após o evento de separação destas duas linhagens, o qual ocorreu provavelmente por volta de 28 milhões de anos atrás, a linhagem ancestral do clado '*Huascaromusca*' manteve sua distribuição na mesma área 'D', com as posteriores expansões e/ou transições de áreas de distribuição ocorrendo apenas nos últimos 10 milhões de anos.

Já a linhagem ancestral do clado '*Mesembrinella*' parece ter se estabelecido na região 'F', correspondente à 'Sub-Região Brasileira – Domínio Sul Brasileiro' da proposta de Morrone (2014). Os eventos de cladogênese que deram origem às linhagens atuais deste clado ocorreram na mesma região até cerca de 10 milhões de anos atrás, sendo que as transições e/ou expansões de áreas de distribuição ocorreram após esse período. Uma exceção para este padrão parece ser indicada pelas análises realizadas com o modelo DEC, as quais sugerem que a colonização da região 'I' pela linhagem ancestral do clado que inclui a espécie *M. peregrina* ocorreu antes de 20 milhões de anos atrás. Para o clado '*Mesembrinella*', ainda é importante ressaltar que as duas espécies viventes com maior amplitude de distribuição atual, *M.*

bellardiana e *M. bicolor*, representam linhagens bastante antigas, provavelmente originadas entre 17 e 20 milhões de anos atrás. Assim, sua distribuição ao longo de praticamente todas as sub-regiões da região Neotropical ocorreu ao longo de um tempo bastante extenso.

Considerando-se todas as análises realizadas, compreendendo três modelos distintos (DEC, DIVA-like e BAYAREA), com ou sem a adição do parâmetro 'J', foram realizados ainda dois testes estatísticos baseados em verossimilhança para avaliar qual modelo possuía o melhor ajuste aos dados.

O primeiro teste realizado foi o teste hierárquico de verossimilhança, o qual utiliza os valores de verossimilhança (ou o seu Log natural – 'LnL') para testar, dentre modelos com números de parâmetros diferentes, qual possui melhor ajuste aos dados. Como o teste apenas pode ser realizado entre modelos que são 'aninhados', ou seja, quando um modelo representa uma condição mais ampla ou mais restrita do outro (ou seja, quando há a inclusão ou fixação de um parâmetro, respectivamente), o mesmo só foi realizado para comparações dentro de um mesmo modelo referente à inclusão ou não do parâmetro 'J'. O resultado (Tabela 4) mostra que apenas para o modelo BAYAREA a inclusão do parâmetro 'J' resultou em um melhor ajuste aos dados.

Tabela 4. Resultado do teste hierárquico de verossimilhança realizado com os modelos DEC, DIVA-like e BAYAREA, comparando-se o ajuste aos dados quando da inclusão ou não do parâmetro 'J'. LnL = logaritmo natural da verossimilhança do modelo; DF = graus de liberdade.

| Modelo 1 | Modelo 2 | LnL (modelo 1) | LnL (modelo 2) | DF (1) | DF (2) | DF | Dstatistic | p-valor |
|------------|----------|----------------|----------------|--------|--------|----|------------|--------------|
| DEC+J | DEC | -228,4 | -229,6 | 3 | 2 | 1 | 2,4 | 0,12 |
| DIVALIKE+J | DIVALIKE | -239,2 | -239,2 | 3 | 2 | 1 | 0,092 | 0,76 |
| BAYAREA+J | BAYAREA | -242,2 | -245,4 | 3 | 2 | 1 | 6,51 | <u>0,011</u> |

O segundo teste realizado, baseado no Critério de Informação de Akaike corrigido (AICc), não restringe as comparações apenas entre modelos 'aninhados'. Sendo assim, todos os seis modelos foram comparados com relação ao seu ajuste aos dados (Tabela 5). Os resultados mostram que o modelo com o melhor ajuste aos dados, ou seja, com o menor valor de AICc, é o modelo DEC+J. Sendo assim, para a próxima seção da dissertação, decidimos por discutir principalmente os resultados obtidos a partir das análises com este modelo.

Tabela 5. Resultado do teste realizado com o Critério de Informação de Akaike corrigido (AICc) para os seis modelos utilizados nas análises biogeográficas. LnL = logaritmo natural da verossimilhança; 'd', 'e' e 'j' representam os valores de cada parâmetro inferidos durante as análises.

| Modelo | LnL | Número de parâmetros | D | e | j | AICc | AICc weight |
|------------|--------|----------------------|--------|---------|--------|--------------|-------------|
| DEC | -229,6 | 2 | 0,0089 | 1,0E-12 | 0,0000 | 463,5 | 0,49 |
| DEC+J | -228,4 | 3 | 0,0087 | 1,0E-12 | 0,0089 | <u>463,4</u> | <u>0,51</u> |
| DIVALIKE | -239,2 | 2 | 0,0100 | 1,0E-02 | 0,0000 | 482,7 | 3,3E-05 |
| DIVALIKE+J | -239,2 | 3 | 0,0100 | 1,0E-02 | 0,0001 | 484,9 | 1.1E-05 |
| BAYAREA | -245,4 | 2 | 0,0100 | 1,0E-02 | 0,0000 | 495,1 | 6,5E-08 |
| BAYAREA+J | -242,2 | 3 | 0,0100 | 1,0E-02 | 0,0001 | 490,9 | 5,4E-07 |

3.4. Discussão

Com o aumento significativo na amostragem taxonômica, sobretudo no que se refere às espécies novas descritas por Whitworth e Yusseff-Vanegas (2019), a hipótese para as relações filogenéticas dentro de Mesembrinellidae apresentada aqui é a mais ampla desenvolvida até o momento para a família, deixando poucas espécies não incluídas, o que representa um importante avanço para compreender a evolução do grupo. Os resultados das análises filogenéticas para a família nos mostraram resultados gerais semelhantes as publicações feitas por Marinho *et al.* (2017) e Cerretti *et al.* (2017), sendo este um fato esperado, visto que as análises são baseadas, em parte, nas mesmas sequências. Contudo, as relações diferem significativamente das anteriormente apresentadas por Toma e Carvalho (1995), Bonatto (2001) e Moll (2014), pois as análises realizadas por esses autores basearam-se em dados morfológicos, além das diferenças relacionadas à amostragem taxonômica.

Dentro os novos resultados apresentados para o gênero *Laneella*, nosso estudo foi o primeiro a recuperar o grupo como parafilético. Neste contexto, é importante ressaltar que as hipóteses filogenéticas apresentadas anteriormente para a família foram inferidas incluindo-se as espécies conhecidas até o momento para o gênero (*L. nigripes*, *L. perisi* e *L. patriciae*), as quais compõe um agrupamento monofilético nas análises aqui apresentadas. A parafilia do gênero incidiu devido à separação do clado composto pelas espécies *L. purpurea* e *L. fuscosquamata*, com a presença de *S. facialis* no grado composto por estas linhagens. Considerando-se que estas espécies possuem apenas sequências para o marcador molecular 'COI' disponíveis, análises posteriores, com mais marcadores, deverão fornecer evidências adicionais quanto a esta questão.

Com relação às demais espécies da família, atualmente alocadas todas no gênero *Mesembrinella* (WHITWORTH; YUSSEFF-VANEGAS, 2019), as análises filogenéticas apontam para a existência de pelo menos dois clados bem definidos dentro do gênero, aqui referidos como os clados '*Mesembrinella*' e '*Huascaromusca*'. As sugestões para a sistemática e taxonomia do grupo não serão aqui discutidas com maior aprofundamento, visto que este não compreendia um dos objetivos iniciais do estudo. Contudo, de acordo com os resultados obtidos, é possível sugerir que o gênero *Mesembrinella*, como atualmente definido, seja dividido em dois. O primeiro, o qual manteria o nome '*Mesembrinella*', incluiria as espécies inicialmente descritas neste gênero, acrescidas das espécies anteriormente descritas no gênero *Eumesembrinella*. O segundo, o qual receberia o nome '*Huascaromusca*', revalidando assim o gênero, incluiria as espécies anteriormente descritas neste gênero, além das espécies descritas anteriormente nos gêneros *Giovanella*, *Henriquella* e *Thompsoniella*.

Com relação às datações obtidas na análise de estimativa de tempos de divergências, as mesmas são um pouco mais recentes quando comparadas com as inicialmente apresentadas por Cerretti *et al.* (2017). Para o surgimento da família Mesembrinellidae, Cerretti *et al.* (2017) apresentaram uma estimativa de 40 milhões de anos atrás, comparada aos 38 milhões de anos atrás inferidos na análise apresentada neste estudo. Já para a separação entre os clados '*Mesembrinella*' e '*Huascaromusca*', a estimativa apresentada aqui, de cerca de 28 milhões de anos atrás, é significativamente mais recente que a apresentada por Cerretti *et al.* (2017), há 35 milhões de anos. Considerando-se as diferenças compreendidas entre os dois estudos no que se refere à amostragem taxonômica e de marcadores moleculares, contudo, essas diferenças eram esperadas.

Por fim, com relação às análises biogeográficas, a discussão apresentada a seguir será focada principalmente nos resultados da análise realizada utilizando o modelo DEC+J, o qual apresentou o maior valor de verossimilhança segundo o teste realizado com o critério AICc.

Apesar deste não ser um resultado apresentado neste estudo, as hipóteses filogenéticas mais recentes apontam para a família Mesembrinellidae ser grupo-irmão da família monotípica Ulurumyiidae, a qual possui distribuição conhecida restrita à Austrália (CERRETTI *et al.*, 2017; KUTTY *et al.*, 2019). A data estimada para a separação entre estas duas linhagens é de 45 milhões de anos (CERRETTI *et al.*,

2017), a qual é condizente com a datação para a disjunção entre essas duas áreas (América do Sul e Austrália), as quais permaneceram interconectadas após a separação do supercontinente Gondwana através de ‘pontes’ de terra que incluíam o continente da Antártida (VAN DEN ENDE; WHITE; WELZEN, 2017).

A partir desta separação, o ancestral comum de todos Mesembrinellidae parece ter se estabelecido na região noroeste da América do Sul, correspondendo à ‘Sub-Região Brasileira – Domínio do Pacífico’ da proposta de Morrone (2014). Este resultado é condizente com o proposto por Moll (2014). Essa região, atualmente, é marcada por paisagens de Savanas (mais ao norte), Florestas Equatoriais (Floresta Amazônica) e por áreas com vegetação de altitude associadas à porção norte da Cordilheira dos Andes. Assim, como sabemos que a existência dos mesembrinelídeos atualmente ocorre em áreas de matas, acredita-se que a existência da Floresta Amazônica e de Florestas de Altitude foram os principais fatores que influenciaram essa diversificação inicial das linhagens de Mesembrinellidae.

De acordo com evidências paleobotânicas, as formações florestais no norte da América do Sul, incluindo a Floresta Amazônica, começaram a se formar e a se estabelecer no Eoceno (56 a 34 milhões de anos atrás), sendo que há evidências não conclusivas sobre uma formação ainda anterior, no Paleoceno (65 a 56 milhões de anos atrás) (BURNHAM; JOHNSON, 2004). Ainda de acordo com Burnham e Johnson (2004), nesse período, a composição taxonômica da vegetação já se assemelhava a composição atual. Sendo assim, a origem do grupo há aproximadamente 38 milhões de anos é condizente com um cenário onde a paisagem de florestas já se encontrava estabelecida na região.

Ainda sobre a formação da região, há algumas controvérsias sobre os processos que deram origem à Cordilheira dos Andes, com propostas mais antigas apresentando uma hipótese de soerguimento contínuo e lento, e outras mais recentes sugerindo uma hipótese de ‘surto’ de crescimento entremeados por períodos de maior estabilidade (CHEN; WU; SUPPE, 2019). Estima-se que os processos geológicos que deram início ao surgimento da Cordilheira dos Andes se iniciaram no Cretáceo, há aproximadamente 100 milhões de anos (CHEN; WU; SUPPE, 2019), sendo que a formação da porção norte da Cordilheira foi bastante influenciada pela interação com a placa tectônica do Pacífico desde o início do Cretáceo (~65 milhões de anos) até meados do Mioceno (~13 milhões de anos atrás) (RAMOS, 2009). Segundo algumas evidências recentes, a Cordilheira já apresentava altitudes

expressivas no início do Mioceno (~23 milhões de anos) ou até mesmo em meados do Oligoceno (~30 milhões de anos) (EVENSTAR *et al.*, 2015). Neste cenário, é possível que os eventos de diversificação das linhagens ancestrais das espécies viventes de Mesembrinellidae tenham sido também influenciados, em parte, pelas alterações do relevo na região relacionados ao soerguimento da Cordilheira.

Dentro do gênero *Mesembrinella*, o evento inicial de separação entre os clados ‘*Huascaromusca*’ e ‘*Mesembrinella*’, há ~28 milhões de anos, foi acompanhado, para o segundo, de uma transição para a região correspondente à ‘Sub-Região Brasileira – Domínio Sul Brasileiro’ da proposta de Morrone (2014). Esta área corresponde, majoritariamente, à cobertura vegetal de Floresta Equatorial (Floresta Amazônica), a qual, como discutido acima, se formou e se estabeleceu ao longo do Eoceno (56 a 34 milhões de anos atrás), sendo este, assim, um cenário plausível.

Um aspecto importante da história biogeográfica de Mesembrinellidae é a presença de táxons com ocorrência na região I, correspondente à ‘Sub-Região do Chaco – Domínio do Paraná’ na proposta de Morrone (2014). Esta região, atualmente, compreende uma vegetação de Floresta Tropical (Mata Atlântica), cuja formação se deu anteriormente à da Floresta Amazônica, há aproximadamente 65 ou 60 milhões de anos atrás (COLOMBO; JOLY, 2010). A presença de espécies de Mesembrinellidae nesta região, contudo, é relativamente recente, provavelmente datando entre os últimos 12 e 8 milhões de anos, de acordo com as estimativas de tempo de divergência inferidas neste estudo. Apenas para a linhagem ancestral do clado que inclui a espécie *M. peregrina* há indicativos de uma colonização mais antiga desta região, há pouco mais de 20 milhões de anos atrás, como indicado pelas análises realizadas com o modelo DEC.

Segundo Batalha-Filho *et al.* (2013), houve pelo menos duas conexões históricas entre a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica que poderiam explicar a transição de área de ocorrência para algumas espécies de Mesembrinellidae: (i) uma conexão ao sul, que integrava as regiões atualmente de Chaco da Bolívia, Paraguai e Brasil (nos estados do Mato Grosso do Sul e Paraná), a qual permaneceu disponível durante quase todo o Mioceno (entre 23 e 5 milhões de anos atrás); e (ii) uma mais ao norte, através das regiões costeiras dos estados brasileiros do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, a qual ficou disponível entre os períodos Plioceno e Pleistoceno (aproximadamente entre 5 e 0,01 milhões de anos atrás). Apesar da hipótese apresentada por Batalha-Filho *et al.* (2013) ser baseada em grupos de aves,

o modelo prevê também a existência de pontes de fragmentos florestais que permitiriam também o deslocamento de animais terrestres. Considerando-se os tempos de divergência inferidos em Mesembrinellidae, é mais provável que a ocupação da Mata Atlântica por algumas linhagens do grupo se deu através do primeiro cenário (ao sul).

Um segundo aspecto importante relativo à história biogeográfica dos mesembrinelídeos é a ocorrência de táxons nas regiões A (Zona de Transição Mexicana) e B (Sub-Região Brasileira – Domínio Mesoamericano), que correspondem à América Central e ao México. De acordo com os tempos de divergência inferidos a partir de nossas análises, os eventos de cladogênese que deram origem às linhagens com ocorrência nessas regiões ocorreram entre 10 e 4 milhões de anos atrás, com a ocupação da região podendo ocorrer apenas após a formação do Istmo do Panamá. De acordo com as hipóteses mais recentes (O'DEA *et al.*, 2016), o Istmo do Panamá, na sua configuração atual, se originou há ~2,8 milhões de anos, apesar do mesmo já existir como uma cadeia de ilhas 'semi-emergidas' há pelo menos 30 milhões de anos. Considerando os tempos estimados de ancestralidade, o cenário mais plausível indicaria uma colonização dessas regiões em um período no qual o Istmo do Panamá encontrava-se em uma configuração mais próxima à atual.

Um outro ponto importante a ser analisado na história biogeográfica de Mesembrinellidae é a existência no grupo de ao menos duas espécies com ampla distribuição na região Neotropical, *M. bellardiana* e *M. bicolor*. Para estas espécies, dois cenários são a princípio possíveis: (i) a espécie nominal, como atualmente reconhecida, é composta por mais de uma linhagem evolutiva, sem diferenciação morfológica (espécies crípticas), as quais ocorrem em áreas distintas; ou (ii) a espécie nominal compreende uma única linhagem evolutiva, com grande capacidade de dispersão e de adaptação à diferentes ambientes, o que responderia pela sua ampla distribuição. Apesar da resolução desta questão ainda necessitar de análises adicionais, para *M. bellardiana*, evidências moleculares indicam que há ao menos duas linhagens evolutivas distintas no grupo, com ocorrências independentes (norte e sul) da América do Sul, como inferido pelas distâncias genéticas estimadas a partir do marcador molecular COI (maiores do que 3%) (MARINHO *et al.*, 2017).

Por fim, é necessário ressaltar que, dentre as dez regiões biogeográficas consideradas por Morrone (2014) na região Neotropical, apenas a região C (Sub-Região das Antilhas) não apresenta registros conhecidos de espécies viventes de

Mesembrinellidae. Contudo, há uma ocorrência registrada de uma espécie extinta, referente ao fóssil da espécie *M. caenozoica*, datado entre 20 e 15 milhões de anos atrás, encontrado na República Dominicana (CERRETTI *et al.*, 2017). A existência deste fóssil fornece, assim, evidências de que há padrões históricos na evolução da linhagem dos mesembrinelídeos que não são considerados quando analisamos exclusivamente as espécies viventes do grupo.

A partir das discussões acima, destaca-se que a análise da história biogeográfica de Mesembrinellidae relaciona-se com a própria história biogeográfica da América do Sul e da região Neotropical como um todo, sobretudo interconectando-se com a história da formação de áreas florestais na região. Assim, trata-se de um cenário complexo, sendo que para se ter uma compreensão maior sobre esta história, análises adicionais ainda serão necessárias. Como um exemplo, temos a perspectiva de que as análises realizadas aqui trabalharam com regiões biogeográficas pré-definidas (MORRONE, 2014), considerando-se apenas os limites atuais para cada uma dessas regiões, os quais não foram os mesmos ao longo de todo o tempo geológico. Assim, análises futuras deverão explorar com maior profundidade esta questão, definindo-se 'camadas' de tempo na análise que contemplem, em cada uma, os limites dinâmicos das diferentes regiões definidas.

3.5. Conclusões

- A partir da proposta para as relações filogenéticas entre as linhagens subordinadas de Mesembrinellidae apresentadas neste estudo, temos que o gênero *Laneella*, como atualmente definido, é composto por um grupo de linhagens na base da filogenia da família, o qual também inclui a única espécie conhecida do gênero *Souzalopesiella*, *S. facialis*. Para *Mesembrinella*, também na sua proposta mais recente de formação, as análises mostraram que o gênero é composto por dois clados bem demarcados, aqui definidos como clado '*Mesembrinella*', o qual contempla espécies anteriormente descritas nos gêneros *Mesembrinella* e *Eumesembrinella*, e o clado '*Huascaromusca*', o qual contempla espécies previamente descritas nos gêneros *Huascaromusca*, *Giovanella*, *Henriquella* e *Thompsoniella*;
- Mesembrinellidae provavelmente se originou há cerca de 38 milhões de anos atrás, sendo que a linhagem ancestral da família se estabeleceu e se diversificou inicialmente na região noroeste da América do Sul (Sub-Região Brasileira – Domínio do Pacífico). O surgimento da linhagem ancestral do gênero *Mesembrinella*, bem como a separação dentro do gênero entre os clados '*Mesembrinella*' e '*Huascaromusca*', ocorreu entre aproximadamente 30 e 28 milhões de anos atrás, na mesma região. Após a separação, o clado '*Huascaromusca*' parece ter se mantido na mesma região, enquanto a distribuição do clado '*Mesembrinella*' sofreu uma transição mais ao sul (Sub-Região Brasileira – Domínio Sul Brasileiro);
- A colonização e o estabelecimento das linhagens de Mesembrinellidae em sub-regiões mais periféricas da região Neotropical, como as áreas A (Zona de Transição Mexicana), B (Sub-Região Brasileira – Domínio Mesoamericano) e I

(Sub-Região do Chaco – Domínio do Paraná), ocorreram mais recentemente no tempo geológico (provavelmente nos últimos 12 milhões de anos), sendo condicionais à existência de ‘pontes’ que permitiram esses eventos de dispersão, como a formação do Istmo do Panamá (áreas A e B) e das interconexões históricas entre a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica (área I).

4. Considerações finais

A partir do estudo de levantamento de fauna realizado nas áreas do Horto Botânico Irmão Teodoro Luis (Capão do Leão – RS) e na FLONA de São Francisco de Paula (São Francisco de Paula – RS), observamos uma diversidade considerável de Calliphoridae em ambas as localidades, enquanto espécimes de Mesembrinellidae foram coletados apenas na FLONA de São Francisco de Paula (novo registro para o Estado). Quando comparadas as duas áreas de amostragem, o número de espécies distintas (riqueza) foi maior na localidade da FLONA de São Francisco de Paula, embora este seja um resultado que requer cautela, consideradas as diferenças de esforço amostral e os períodos das coletas realizadas nas localidades.

Embora a espécie predominante tenha sido a mesma em ambas as áreas (*Lucilia eximia*), a composição restante da fauna foi diferente, refletindo provavelmente as diferenças de clima, vegetação e de nível de perturbação antrópica nos dois ambientes. Para o Horto Botânico Irmão Teodoro Luis, no qual as coletas aconteceram com periodicidade mensal ao longo de um ano, foi possível constatar também as alterações temporais que ocorrem na composição da fauna de califorídeos, associadas principalmente às diferenças climáticas (temperatura e índices de precipitação) ao longo do ano. Espera-se que estudos futuros realizados com essas famílias, abrangendo outras localidades do Estado ou, no caso do Horto Botânico, replicando a metodologia de coleta em outros anos, auxiliem na proposição de padrões gerais referentes à composição da fauna de califorídeos e mesembrinelídeos no Rio Grande do Sul, tanto com relação à diversidade pontual das mesmas, quanto com relação às flutuações temporais observadas.

Com relação à análise biogeográfica de Mesembrinellidae, os dados compilados neste estudo, bem como os resultados apresentados, representam uma importante contribuição para a diminuição do *déficit Wallaceano* para o grupo. Assim,

observamos que a evolução do grupo, em especial no contexto espacial relacionado à diversificação de suas linhagens, parece ter sido bastante influenciado por grandes eventos que ocorreram na América do Sul, modificando as variáveis climáticas e ambientais (formação das áreas florestais, sobretudo da Floresta Amazônica) e também o seu relevo (soerguimento da Cordilheira dos Andes). Assim, têm-se que a história biogeográfica de Mesembrinellidae se interconecta com a própria história das alterações de paisagens na América do Sul. Espera-se que estudos subsequentes realizados neste contexto, refinando as análises biogeográficas iniciais realizadas neste trabalho, auxiliem na compreensão de padrões mais amplos que ocorreram ao longo do tempo neste continente, bem como na região Neotropical como um todo.

REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, M.T.A. Vegetação. *In: Geografia do Brasil, Região Sul, Volume 5.* IBGE, Rio de Janeiro, p. 534, 1977.

ALEIXO, A.; ALBERNAZ, A. L.; GRELLE, C. E. V.; VALE, M. M.; RANGEL, T. F. Mudanças Climáticas e a Biodiversidade dos Biomas Brasileiros: Passado, Presente e Futuro, **Natureza & Conservação**, v. 8, n. 2, p. 194-196, 2010.

AMENDT, J.; KRETTEK, R.; ZEHNER, R. Forensic Entomology. **Naturwissenschaften, The Science of Nature**, v. 91, n. 2, p. 51–65, 2004.

AMORIM, D. S.; SILVA, V. C; BALBI, M. I. P. A. Estado do conhecimento de Diptera Neotropicais. *In: COSTA, C.; VANIN, S. A.; LOBO, J. M.; MELIC, A. (Eds.). Projecto Red Iberoamerica de Biogeografia y Entomologia Sistemática (PRIBES).* Zaragoza. Sociedad Entomológica Aragonesa- SEA. v. 2, p. 29–36, 2002.

AZEVEDO, R.R.; KRÜGER, R. F. The influence of temperature and humidity on abundance and richness of Calliphoridae (Diptera). **Iheringia, Série Zoologia**, v. 103, n. 2, p. 145–152, 2013.

BARBOSA, L. S.; CUNHA, A. M.; COURI, M. S.; MAIA, V. C. Muscidae, Sarcophagidae, Calliphoridae e Mesembrinellidae (Diptera) da Estação Biológica de Santa Lúcia (Santa Teresa, Espírito Santo, Brasil). **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 33, p. 131–140, 2014.

BATALHA-FILHO, H.; FJELDSÅ, J.; FABRE, P.H.; MIYAKI, C.Y. Connections between the Atlantic and the Amazonian forest avifaunas represent distinct historical events. **Journal of Ornithology**, v. 154, p. 41–50, 2013.

BAUMGARTNER, D.L. & GREENBERG, B. The genus *Chrysomya* (Diptera: Calliphoridae) in the New World. **Journal of Medical Entomology**, v. 21, n. 1, p. 105–113, 1984.

BONATTO, Sionei Ricardo. **Revisão e análise cladística de Mesembrinellidae stat. rev. (Diptera, Oestroidea).** Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Entomologia)), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2001.

BONATTO, S. R. & MARINONI, L. Gêneros e espécies novos de Mesembrinellinae (Diptera, Calliphoridae) da Costa Rica e Venezuela. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, p. 883–890, 2005.

BOUCKAERT, R.; VAUGHAN, T.G.; BARIDO-SOTTANI, J.; DUCHÊNE, S.; FOURMENT, M.; GAVRYUSHKINA, A., *et al.* BEAST 2.5: An advanced software platform for Bayesian evolutionary analysis. **PLoS Computational Biology**, v. 15, n. 4, p. e1006650, 2019.

BROWN, C.J. House flies and *Helicobacter pylori*. **Canadian Medical Association Journal**, v. 157, p. 130–133, 1997.

BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. **Biogeography**. Sunderland: Sinauer, 1998.

BURNHAM, R.; JOHNSON, K. South American paleobotany and the origins of Neotropical rainforests. **Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences**, v. 359, n. 1450, p. 1595-1610, 2004.

CABRINI, I., GRELLA, M. D., ANDRADE, C. F. S. & THYSSEN, P. J. Richness and composition of Calliphoridae in an Atlantic Forest fragment: implication for the use of dipteran species as bioindicators. **Biodiversity and Conservation**, v. 22, p. 2635–2643, 2013.

CARNEIRO, J. S.; PIRES, E. M.; NOGUEIRA, R. M.; SHIOMI, H. F.; SOARES, M. A.; OLIVEIRA, M. A.; MELO, I. S. Bacteria carried by *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) (Diptera: Calliphoridae) in Sinop, Mato Grosso, Brazil. **Scientific Electronic Archives**, v. 6, p. 18–22, 2014.

CARRARO, V.M.; RODRIGUES, A.U.; MILWARD-DE-AZEVEDO, E.M.V. Quantitative description of *Phaenicia eximia* (Wiedemann, 1819) (Diptera, Calliphoridae) in Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Campus using sardine trap: preliminar study. **Revista Brasileira de Zociências Juiz de Fora**, v. 6, n. 1, p. 129–134, 2004.

CARVALHO, C.J.B.; PONT, A.C. Taxonomy, cladistics and biogeography of the South American genus *Brachygasterina* Macquart (Diptera: Muscidae). **Zootaxa** (Auckland. Print), Auckland, v. 1151, p. 1–26, 2006.

CARVALHO, C. J. B.; RIBEIRO, P. B. Chave de identificação das espécies de Calliphoridae (Diptera) do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 2, n. 9, p. 169–173, 2000.

CERRETTI, P.; STIREMAN, J. O.; PAPE, T.; O'HARA, J. E.; MARINHO, M. A. T.; ROGNES, K.; GRIMALDI, D. A. First fóssil of na oestroid fly (Diptera: Calyptratae: Oestroidea) and the dating of oestroid divergences. **Plos One**, v.12, n. 8, 2017.

CERRETTI, P.; STIREMAN, J.O.; BADANO, D.; GISONDI, S.; ROGNES, K.; GIUDICE, G.L.; PAPE, T. Reclustering the cluster flies (Diptera: Oestroidea, Polleniidae). **Systematic Entomology**, v. 44, n. 4, p. 957–972, 2019.

CHEN, Y.W.; WU, J.; SUPPE, J. Southward propagation of Nazca subduction along the Andes. **Nature**, v. 565, n. 7740, p. 441–447, 2019.

COLOMBO, A.F. & JOLY, C.A. Brazilian Atlantic Forest *lato sensu*: the most ancient Brazilian Forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 3, pp. 697–708, 2010.

CORDEIRO, J.L.; HASENACK, H. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. **Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**, cap. 23, p. 285, 2009.

CROSSKEY, R.W. A systematic revision of the Ameniinae (Diptera: Calliphoridae). **Bulletin of the British Museum (Natural History) Entomology**, v. 16, p. 35–140, 1965.

D'ALMEIDA, J.M.; LOPES, H.S. Sinantropia de dípteros caliptrados (Calliphoridae) no Estado do Rio de Janeiro. **Arquivos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, v. 6, p. 38–48, 1983.

DEAR J.P. A revision of the New World Chrysomyini (Diptera, Calliphoridae). **Revista Brasileira de Zoologia**. v. 3, p. 109–169, 1985.

DEAR, J. P. A revision of Toxotarsinae (Diptera: Calliphoridae). **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 32, p.145–182, 1979.

DESZO, Marina Santos. **Genômica funcional da preferência alimentar em espécies da superfamília Oestroidae**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências, na Área de Genética e Biologia Evolutiva) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

DIAS, L.S.; FILHO, L.R.A.G.; GUIMARÃES, R.B. Avaliação do impacto do programa de coleta seletiva de lixo na frequência de Calliphoridae e Muscidae em Tupã-SP. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v.1, n. 26, p. 127–137, 2014.

EMBRAPA, **Embrapa Clima Temperado**, Disponível em: <<https://www.embrapa.br/clima-temperado>> Acessado dia 10 de março de 2019.

EVENSTAR, L.A.; STUART, F.M.; HARTLEY, A.J.; TATTITCH, B. Slow Cenozoic uplift of the western Andean Cordillera indicated by cosmogenic ³He in alluvial boulders from the Pacific Planation Surface. **Geophysical Research Letters**, v. 42, n. 20, 8448–8455, 2015.

FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira**. ed. 2, Fortaleza, Multigraf, 2000.

FERRAZ, A.C.P.; GADELHA, B.Q.; AGUIAR-COELHO, V.M. Influência climática e antrópica na abundância e riqueza de Calliphoridae (Diptera) em fragmento florestal da Reserva Biológica do Tinguá, RJ. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 4, p. 476–485, 2010.

FERREIRA, M.J.M.; BARBOLA, I.F. Sinantropia de califorídeos (Insecta: Calliphoridae) de Curitiba, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**. v. 58, n. 2, p. 203–209. 1998.

FISCHER, O.; MÁTLOVÁ, L., DVORSKÁ, L., SVÁSTOVÁ, P., BARTL, J., MELICHÁREK, I., WESTON, R. T., PAVLÍK, I. Diptera as vector of mycobacterial infections in cattle and pigs. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 15, p. 208–211, 2001.

FURUSAWA, G. P.; CASSINO, P. C. R. Ocorrência e distribuição de Calliphoridae (Diptera, Oestroidea) em um fragmento de Mata Atlântica Secundária no Município de Engenheiro Paulo de Frontin, Médio Paraíba, RJ. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 1, p. 152–164, 2006.

GADELHA, B. de Q.; FERRAZ, A.C.P.; COELHO, V.M.A. A importância dos Mesembrinélneos (Diptera: Calliphoridae) e seu potencial como indicadores de preservação ambiental. **Oecologia Brasiliensis**, n. 13, p. 661–665, 2009.

GOMES, A.; KOLLER, W.W.; BARROS, A.T.M. Sazonalidade da mosca-varejeira, *Cochliomyia macellaria* (Diptera: Calliphoridae), na região dos cerrados, Campo Grande, MS. **Revista Brasileira Parasitologia Veterinária**, v. 9, p. 125–128, 2000.

GONÇALVES, I.; DIAS, A.; ESPINDOLA, C. B.; ALMEIDA, F. S. Inventário de Calliphoridae (Diptera) em manguezal e fragmento de Mata Atlântica na região de Barra de Guaratiba, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n.1, p. 50–55, 2011.

GRISI, L.; LEITE, R. C.; MARTINS, J. R. D. S.; BARROS, A. T. M. D.; ANDREOTTI, R.; CANÇADO, P. H. D.; LEÓN, A. A. P.; VILLELA, H. S. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 23, n. 2, p. 150–156, 2014.

GUIMARÃES, J.H. A systematic revision of the Mesembrinellidae stat. nov. (Diptera, Cyclorrhapha). **Arquivos de Zoologia**, n. 29, p. 1–109, 1977.

GUIMARÃES J. H., PRADO, A. P. & LINHARES, A. X. Three newly introduced blowfly species in Southern Brazil (Diptera, Calliphoridae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 22, n. 1, p. 53–60, 1978.

GUIMARÃES, J.H.; PAPAVERO, N. **Myiasis in man and animals in the Neotropical Region**. Bibliographic database, 308 pp., 120 figs. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo & Editora Plêiade, São Paulo, 1999.

GUIMARÃES, J.H.; PAPAVERO, N.; PRADO, A.P. As miíases na Região Neotropical (Identificação, Biologia, Bibliografia). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 1, n. 4, p. 239–416, 1983.

HALL, D. G. The blowflies of North America. *In* **Entomological Society of America**, Thomas Say Foundation. Washington, D.C, v. 4, p. 51, 1948.

HASEYAMA, K.L.F.; WIEGMANN, B.M.; ALMEIDA, E.A.B.; DE CARVALHO, C.J.B. Say goodbye to tribes in the new house fly classification: A new molecular phylogenetic analysis and an updated biogeographical narrative for the Muscidae (Diptera). **Molecular Phylogenetics and Evolution** (Print), v. 89, p. 1–12, 2015.

HENNIG, W. Diptera (Zweiflügler). **Handbuch Zool.**, v. 4, n. 2, p. 1–337, 1973.

HSIEH, T.C.; MA, K.H.; CHAO, A. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). **Methods in Ecology and Evolution**, v. 7, n. 12, p. 1451–1456, 2016. Disponível em: <<https://chao.shinyapps.io/iNEXT> Online/>, acessado dia 27 de junho de 2020.

HUSON, D.H.; RICHTER, D.C.; RAUSCH, C.; DEZULIAN, T.; FRANZ, M.; RUPP, R. Dendroscope: an interactive viewer for large phylogenetic trees. **BMC Bioinformatics**, v. 8, n. 1, p. 460, 2007.

HUSON, D.H.; SCORNAVACCA, C. Dendroscope 3: An interactive tool for rooted phylogenetic trees and networks. **Systematic Biology**, v. 62, n. 6, p. 1061–1067, 2012.

ICMbio, **Floresta Nacional de São Francisco de Paula**, Disponível em: <<http://www.florestanacional.com.br/>> Acessado dia 10 de março de 2019.

JAMES, M.T. Family Calliphoridae. *In*: **A Catalogue of the Diptera of the Americas South of the United States**. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, n. 102, p. 1-28, 1970.

KATO, K.; MISAWA, K.; KUMA, K.; MIYATA, T. MAFFT: a novel method for rapid multiple sequence alignment based on fast Fourier transform. **Nucleic Acids Research**, v. 30, p. 3059–3066, 2002.

KATO, K.; STANDLEY, D.M. MAFFT multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability. **Molecular Biology and Evolution**, v. 30, p. 772-780, 2013.

KOSMANN, C.; MELLO, R.P.; HARTERREITEN-SOUZA, E.S.; PUJOL-LUZ, J.R.A. List of current valid blow fly names (Diptera: Calliphoridae) in the Americas South of Mexico with key to the Brazilian species. **Entomo Brasilis**, v. 1, n. 6, p. 74–85, 2013.

KOSMANN, C.; PRESTES, A.C.; TEPEDINO, K.P.; FRANCO, A.C.; PUJOL-LUZ, C.V.A.; PUJOL-LUZ, J.R. Lista das espécies de Calliphoridae (Diptera, Oestroidea) do Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Iheringia Série Zoologia**, 107 (supl), 2017.

KOVACH, W. L. **ORIANA for windows, version 4.02**. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, UK, 2013.

KUMAR, S.; STECHER, G.; TAMURA, K. MEGA 7: Molecular Evolutionary Analysis Version 7.0 for Bigger Datasets. **Molecular Biology and Evolution**, v. 33, n. 7, p. 1870–1874, 2016.

KUTTY, S.N.; PAPE, T.; WIEGMAN, B.M.; MEIER, R. Molecular phylogeny of the Calyptratae (Diptera: Cyclorrhapha) with an emphasis on the superfamily Oestroidea and the position of the Mystacinobiidae and Mcalpine's Fly. **Systematic Entomology**, n. 35, p. 614–635, 2010.

KUTTY, S.N.; MEUSEMANN, K.; BAYLESS, K.M.; MARINHO, M.A.T.; PONT, A.C.; ZHOU, X.; MISOF, B.; WIEGMANN, B.M.; YEATES, D.; CERRETTI, P.; MEIER, R.; PAPE, T. Phylogenomic analysis of Calyptratae: resolving the phylogenetic relationships within a major radiation of Diptera. **Cladistics**, v. 35, n. 6, p. 605–622, 2019.

LANFEAR, R.; CALCOTT, B.; HO, S.Y.W.; GUINDON, S. PartitionFinder: combined selection of partitioning schemes and substitution models for phylogenetic analyses. **Molecular Biology and Evolution**, v. 29, p. 1695–1701, 2012.

LEANDRO, M.J.F.; ALMEIDA, J.M.D. Levantamento de Calliphoridae, Fanniidae, Muscidae e Sarcophagidae em um fragmento de mata na Ilha do Governador, Rio de Janeiro, Brasil. **Iheringia Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 95, p. 377–381, 2005.

LINHARES, A.X. Sinantropia de Calliphoridae e Sarcophagidae (Diptera) na cidade de Campinas, São Paulo, **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 25, p. 189–215, 1981.

LOMOLINO, M.V.; RIDDLE, B.R.; BROWN, J.H. **Biogeography**. Ed. 3, Sunderland: Sinauer, 2006.

LÖWENBERG-NETO, P. Neotropical region: a shapefile of Morrone's (2014) biogeographical regionalization. **Zootaxa**, v. 3802, n. 2, p. 300–300, 2014.

LÖWENBERG-NETO, P.; DE CARVALHO, C.J.B. Areas of endemism and spatial diversification of the Muscidae (Insecta: Diptera) in the Andean and Neotropical regions. **Journal of Biogeography** (Print), v. 36, p. 1750–1759, 2009.

LÖWENBERG-NETO, P.; DE CARVALHO, C. J. B.; HAWKINS, B. A. Tropical niche conservatism as a historical narrative hypothesis for the Neotropics: a case study using the fly family Muscidae. **Journal of Biogeography** (Print), v. 38, p. 1936–1947, 2011.

LÖWENBERG-NETO, P.; HASEYAMA, K.L.F.; CARVALHO, C.J.B. DE. Historical biogeography of the Fanniidae (Insecta, Diptera): a commentary on the age of the family. **Revista Chilena de História Natural** (Impresa), v. 85, p. 335–338, 2012.

MALDONADO, M.A.; CENTENO, N. Quantifying the potential pathogens transmission of the blowflies (Diptera: Calliphoridae). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 98, n. 2, p. 213–216, 2003.

MARILUIS, J. C. A new species of Mesembrinellidae. **Eos**, v. 63, p. 107–113, 1987.

MARINHO, C.R.; BARBOSA, L.S.; AZEVEDO, A.C.G.; QUEIROZ, M.M.C.; VALGODE, M.A.; AGUIAR-COELHO, V. M. Diversity of Calliphoridae (Diptera) in Brazil's Tinguá Biological Reserve. **Brazilian Journal Biology**, v. 66, n. 1a, p. 95–100, 2006.

MARINHO, M.A.T.; JUNQUEIRA, A.C.M.; PAULO, D.F.; ESPOSITO, M.C.; VILLET, M.H.; AZEREDO-SPIN, A.M.L. Molecular phylogenetics of Oestroidea (Diptera: Calyptratae) with emphasis on Calliphoridae: insights into the inter-familial relationships and additional evidence for paraphyly among blowflies. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, n. 65, p. 840–854, 2012.

MARINHO, M.A.T.; WOLFF, M.; RAMOS-PASTRANA, Y.; AZEREDO-ESPIN, A.M.L.; AMORIM, D.S. The first phylogenetic study of Mesembrinellidae (Diptera: Oestroidae) based on molecular data: clades and congruence with morphological characters. **Cladistics**, v. 33, n. 2, p. 134–152, 2017.

MARQUEZ-ACERO, A. S., VIDAL-GARCIA, J. M., GALINDO, L. F. B. & GARCIA, A. G. Molecular identification of six species of Calliphoridae (Diptera) with forensic interest in Bogotá, Colombia. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 57, n. 12, p. 141–147, 2017.

MATZKE, N. **BioGeoBEARS: BioGeography with Bayesian (and Likelihood) Evolutionary Analysis in R Scripts**. University of California, Berkeley, Berkeley, CA, 2013.

MATZKE, N. Founder-event speciation in BioGeoBEARS package dramatically improves likelihoods and alters parameter inference in Dispersal-Extinction-Cladogenesis (DEC) analyses. **Frontiers of Biogeography**, v. 4 (suppl. 1), p. 210, 2012.

MCALPINE, J.F.; PETERSON, B.V.; SHEWELL, G.H.; TGESKEY, H.J.; VOCHEROTH, J.R.; WOOD, D.M. **Manual of Nearctic Diptera**. Agriculture Canada, Canadá, v. 1, p. 9–64, 1981.

MCALPINE, J.F. (ed.) **Manual of Nearctic Diptera**. Volume 3. Agriculture Canada Monograph 32, i–vi, 1333–1581, 1989.

MEIER, R., KOTRBA, M. & FERRAR, P. Ovoviviparity and viviparity in the Diptera. **Biological Reviews**, v. 74, p. 199–258, 1999.

MELLO, R.P. Contribuição ao estudo do gênero *Phaenicia* (R.D., 1963) (Diptera, Calliphoridae). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 59, p. 259–278, 1961.

MELLO, R.P. Contribuição ao estudo dos Mesembrinellinae sulamericanos (Dipt., Calliphoridae). **Revista Internacional de Entomologia**. v. 10, p. 1–80, 1967.

MELLO, R.P.; GREDILHA, R.; NETO, E.G.G. Dados preliminares sobre sinantropia de califorídeos (Diptera: Calliphoridae) no município de Paracambi-RJ. **Revista Universidade Rural**, v. 24, n. 2, p. 97–101, 2004.

MELLO, R.S.; QUEIROZ, M.M.C.; VALGODE, M.A. & AGUIAR-COELHO, V.M. Population fluctuations of calliphorid species (Diptera, Calliphoridae) in the Biological Reserve of Tinguá, state of Rio de Janeiro, Brazil. **Iheringia**, v. 97, p. 1–5, 2007.

MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA NETO, J. A. A. **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. Editora UFV, Viçosa, v. 2, p. 452-473, 2015.

MILLER, M.A., PFEIFFER, W., SCHWARTZ, T. Creating the CIPRES Science Gateway for inference of large phylogenetic trees. In: **Proceedings of the Gateway Computing Environments Workshop (GCE)**, New Orleans, LA, p. 1–8, 2010.

MMA. **Biomass**. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/biomass.html>>. Acesso em: 28 de junho de 2020.

MOLL, Priscylla. **Análise cladística e biogeográfica de Mesembrinellidae (Diptera, Oestroidea)**, Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

MONTEIRO, T.T.; SILVA, E.N.; BRAVO, F.R. Levantamento taxonômico e sazonalidade de Calliphoridae, Muscidae e Fanniidae (Insecta: Diptera) em Feira de Santana, Bahia, Brasil. **Entomo Brasilis**, v. 7, n. 3, p. 171–177, 2014.

MOREIRA, A.A.N.; LIMA, G.R. Relevô, In: **Geografia do Brasil – Região Sul**. IBGE, Rio de Janeiro, v. 5, p. 1–34, 1977.

MORENO, J.A. Clima do Rio Grande do Sul. **Secretaria da Agricultura**, Porto Alegre, p. 41, 1961.

MORRONE, J.J. América do Sul e geografia da vida: Comparação de algumas propostas de regionalização. p. 14-40. In: CARVALHO, C. J. B.; ALMEIDA, E. A. B. (Eds.). **Biogeografia da América do Sul: Padrões e processos**. São Paulo: Roca, 2010

MORRONE, J.J. Presentación sintética de un nuevo esquema biogeográfico de América Latina y El Caribe. p. 267-275. In: COSTA, C.; VANIN, S. A. (Orgs) **Proyecto de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática**, PrIBES. m3m-Monografias Terver Milénio. v. 2, Zaragoza, Comunidad Entomológica Aragonesa, 2002.

MORRONE, J.J. Biogeographical regionalisation of the Neotropical region. **Zootaxa**, v. 3782, n. 1, p. 1–110, 2014.

MOURA, M.O.; CARVALHO, C.J.B.; MONTEIRO-FILHO, E.L.A. Uma análise preliminar de insetos de importância medico-legal em Curitiba, Estado do Paraná. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 92, p. 269–274, 1997.

NAVARRO, G.; MALDONADO, M. **Geografía ecológica de Bolivia: Vegetación y ambientes acuáticos**. Cochabamba: Centro de Ecología Simón I, Patiño, Departamento de Difusión, 2002.

NETO, J.J.C.; GOMES, L. Abundância e flutuação populacional de *Chrysomya albiceps* (Wiedman, 1819) (Diptera: Calliphoridae) associadas a carcaças de *Sus scrofa* (Linnaeus, 1758) na região norte do Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 1, n. 19, p. 67–76, 2018.

NIHEI, S.S.; DE CARVALHO, C.J.B. Distributional patterns of the Neotropical fly genus *Polietina* Schnabl & Dziedzicki (Diptera, Muscidae): a phylogeny-supported analysis using panbiogeographic tools. **Papéis Avulsos de Zoologia** (USP. Museu de Zoologia. Impresso), São Paulo, v. 45, n. 25, p. 313–326, 2005.

NIHEI, S. S.; DE CARVALHO, C. J. B. Taxonomy, cladistics and biogeography of *Coenosopsia* Malloch (Diptera, Anthomyiidae) and its significance to the evolution of anthomyiids in the Neotropics. **Systematic Entomology** (Print), Oxford, UK, v. 29, p. 260–275, 2004.

NIMER, E. Clima. In: **Geografia do Brasil – Região Sul**. IBGE, Rio de Janeiro, v. 5, p. 534, 1977.

O'DEA, A.; LESSIOS, H.A.; COATES, A.G.; EYTAN, R.I.; RESTREPO-MORENO, S.A.; CIONE, A.L.; COLLINS, L.S.; DE QUEIROZ, A.; FARRIS, D.W.; NORRIS, R.D.; STALLARD, R.F.; WOODBURNE, M.O.; AGUILERA, O.; AUBRY, M.P.; BERGGREN, W.A.; BUDD, A.F.; COZZUOL, M.A.; COPPARD, S.E.; DUQUE-CARO, H.; FINNEGAN, S.; GASPARINI, G.M.; GROSSMAN, E.L.; JOHNSON, K.G.; KEIGWIN, L.D.; KNOWLTON, N.; LEIGH, E.G.; LEONARD-PINGEL, J.S.; MARKO, P.B.; PYENSON, N.D.; RACHELLO-DOLMEN, P.G.; SOIBELZON, E.; SOIBELZON, L.; TODD, J.A.; VERMEIJ, G.J.; JACKSON, J.B.C. Formation of the Isthmus of Panama. **Science Advances**, v. 2, n. 8, p. e1600883, 2016.

OLIVEIRA-COSTA, J. **Entomologia Forense, quando os insetos são os vestígios**. 3º ed. Campinas: Millennium Editora (Tratado de Perícias Criminalísticas), p. 520, 2011.

OLIVEIRA-COSTA, J.; OLIVEIRA, R.G.; BASTOS, C.S. Diptera Calliphoridae de importância forense no município do Rio de Janeiro. **Revista Eletrônica Novo Enfoque**, v. 16, n. 16, p. 41–52, 2013.

OLIVEIRA-FILHO, A.T. Um Sistema de classificação fisionômico-ecológico da vegetação Neotropical: segunda aproximação. In: EISENLOHR, P. V.; FELFILI, J. M.; MELO, M.M.R.F.; ANDRADE, L.A.; NETO, J.A.A.M. **Fitossociologia no Brasil: Volume II**, Editora UFV, Viçosa, p. 474, 2015.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BUDKE, J. C.; JARENKOW, J. A.; EISENLOHR, P. V.; NEVES, D. R. M. 2013. Delving into the variations in tree species composition and richness across South American subtropical Atlantic and Pampean forests. **Journal of Plant Ecology**, v. 8, n. 3, p. 242-260, 2015.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; JARENKOW, J.A.; RODAL, M.J.N.. Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution patterns. In: PENNINGTON, R. T.; RATTER, J. A.; LEWIS, G. P. (Orgs.) **Neotropical savannas and dry forests: Plant diversity, biogeography and conservation**. Boca Raton: CRC Press, p. 159–192, 2006.

PAPE, T. Phylogeny of the Tachinidae Family–Group (Diptera: Calypratae). **Tijdschrift Voor Entomologie**, n. 135, p.43–86, 1992.

PAPE, T.; THOMPSON, F.C. **Systema Dipteroorum**. v. 1.0, 2010. Disponível em: <<http://www.diptera.org>>. Acessado dia 28 de junho de 2020.

PAPE, T.; BLAGODEROV, V.; MOSTOVSKI, M.B. Order Diptera Linnaeus, 1758. In: ZHANG, Z.Q. (ed.). Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. **Zootaxa**, v. 3148, p. 222–229, 2011

PARALUPPI, N.D.; VASCONCELOS, J.C.; AQUINO, J.S.; CASTELLÓN, E.G.; SILVA, M.S.B. Calliphoridae (Diptera) in Manaus: IV. Bacteria isolated from blowflies collected in street markets. **Acta Amazonica**, v. 26, n.1/2, p. 93–96, 1996.

PINTO, D.M.; BERNARDI, E.; FELCHICHER, F.; COSTA, J.H.; ZIMMER, C.R.; RIBEIRO, P.B. Levantamento e flutuação populacional de Calliphoridae, em criação de bovinos leiteiros, no Sul do Rio Grande do Sul, **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, n. 3, p. 561–569, 2010.

PONT, A.C. Catalogue of the Diptera of the Afrotropical Region. **Natural History Museum**, Lodon, British, p. 1457, 1980.

Quantum GIS Development Team. Quantum GIS v.3.8.3 software. 2018. Disponível em <https://www.qgis.org/pt_BR/site/index.html>.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acessado dia 30 de junho de 2020.

RAFAEL, J.A. Diptera. In: **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. 2020. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do>>.

RAMOS, V.A. Anatomy and global context of the Andes: Main geologic features and the Andean orogenic cycle. In: KAY, S.M.; RAMOS, V.A.; DICKINSON, W.R. **Backbone of the Americas: Shallow Subduction, Plateau Uplift, and Ridge and Terrane Collision**, The Geological Society of America, Memoir 204, Colorado, USA, p. 31–65, 2009

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. v. 1, ed. 1, São Paulo, EDUSP, 1976.

ROBACK, S. S. A Classification of the Muscoid Calypratae Diptera. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 44, p. 327–361, 1951.

ROCHA, Y.T. **Técnicas em Estudos Biogeográficos**. Departamento de Geografia-UFPR, p.398–427, 2011.

RODRIGUES-GUIMARÃES, R.; BORJA, G.E.M.; PILE, E.A.; GUIMARÃES, R.R.; SAMPAIO, F.R. Constance coeficiente of blowflies (Diptera: Calliphoridae) in Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, Brazil. **Boletín de la Sociedad Entomologica Aragonesa**, n. 35, p. 251–255, 2004.

ROGNES, K. The Calliphoridae (Blowflies) (Diptera: Oestroidea) are not a monophyletic group. **Cladistics**, n. 13, p. 27–66, 1997.

SANDOVAL, Rafael Cedro de Souza. **Revisão taxonômica e filogenia do gênero *Paralucilia* Brauer & Bergenstamm, 1891 (DIPTERA: CALLIPHORIDAE)**, Tese (Doutorado em Biologia Animal na área de Biodiversidade Animal) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2015.

SCLATER, P.L. On the general geographical distribution of the members of the class Aves. **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 2, n. 7, p. 130–145, 1858.

SHANNON, R.C. Genera of nearctic Calliphoridae (blowflies) with revision of the Calliphorini (Diptera). **Insecutor Inscitiae Menstruus** n. 11, p. 101–118, 1923.

SILVEIRA, L.; BEISIEGEL, B.M.; CURCIO, F.F.; VALDUJO, P.H.; DIXO, M.; VERDADE, V.K.; MATTOX, G.M.T.; CUNNINGHAM, P.T.M. Para que servem os inventários de fauna? **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, 2010.

SINGH, B.; CRIPPEN, T. L.; ZHENG, L.; FIELDS, A. T.; YU, Z.; Ma Q.; WOOD, T. K.; DOWD, S. E.; FLORES, M.; TOMBERLIN, J. K.; TARONE, A. M. A metagenomic assessment of the bacteria associated with *Lucilia sericata* and *Lucilia cuprina* (Diptera: Calliphoridae). **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 99, n. 2, p. 869–883, 2015.

SINGH, B.; WELLS, J.D. Molecular systematics of the Calliphoridae (Diptera: Oestroidea): evidence from one mitochondrial and three nuclear genes. **Journal of Medical Entomology**, n. 50, p. 15–23, 2013.

SOUZA, A.M.; LINHARES, A.X. Diptera and Coleoptera of potential forensic importance in southeastern Brazil: relative abundance and seasonality. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 11, p. 8–12, 1997.

STEVENS, J.R.; WALLMAN, J.F.; OTRANTO, D.; WALL, R.; PAPE, T. The evolution of myiasis in humans and other animals in the Old and New Wolds (part II): biological and life-history studies. **Trends in Parasitology**, v. 22, n. 4, p. 181–188, 2006.

THOMAZINI, M.J.; THOMAZINI, A.P.B.W. A fragmentação florestal e a diversidade de insetos nas florestas tropicais úmidas. **Rio Branco: Embrapa Acre**, n. 57, p. 21, 2000.

TOMA, R. & CARVALHO, C.J.B. Estudo filogenético de Mesembrinellinae com ênfase no gênero *Eumesembrinella* Townsend (Diptera: Calliphoridae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 12, p. 127–144, 1995.

UEHARA-PRADO, M.; BROWN JR., K. S.; LUCCI FREITAS, A. V. Species richness, composition and abundance of fruit-feeding butterflies in the Brazilian Atlantic Forest: comparison between a fragmented and a continuous landscape. **Global Ecology and Biogeography**, Malden, n. 16, p. 43–54, 2007.

VALE, M. M. COHN-HAFT, M.; BERGEN, S.; PIMM, S. L. Effects of Future Infrastructure Development on Threat Status and Occurrence of Amazonian Birds, **Conservation Biology**, 2008.

VAN DEN ANDE, C.; WHITE, L.T.; WELZEN, P.C. The existence and break-up of the Antarctic land bridge as indicated by both amphi-Pacific distributions and tectonics. **Gondwana Research**, v. 44, p. 219–227, 2017.

VARGAS, J.; WOOD, D.M. (2010). Calliphoridae. In: BROWN, B. V.; BORKENT, A.; CUMMING, J. M.; WOOD, D. M.; WOODLEY, N. E. & ZUMBADO, M. A. Eds. **Manual of Central American Diptera**. Boca Raton, NCR Research Press, vol. 2., p.1297–1304, 2010.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991.

VIANNA, E.E.S.; BRUM, J.G.; RIBEIRO, P.B.; BERNE, M.E.A.; SILVEIRA J.R.P. Synanthropy of Calliphoridae (Diptera) in Pelotas, Rio Grande do Sul State, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia**. Vet., v. 7, n. 2, p. 141–147, 1998.

VIANNA, E.E.S.; COSTA, P.R.P.; FERNANDES, A.L.; RIBEIRO, P.B. Abundância e flutuação populacional das espécies de *Chrysomya* (Diptera, Calliphoridae) em Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 3, n. 94, p. 231–234, 2004.

VIEIRA, E. F.; RANGEL, S. S. **Planície costeira do Rio Grande do Sul: Geografia física, vegetação e dinâmica sócio-econômica**. Sagra, Porto Alegre, 1988.

VINOGRADOVA, E.B. The blowfly *Calliphora vicina* as a model object for physiological and ecological studies. **Proceedings of the Zoological**, Akad, Nauk SSSR, n. 118, p. 1–272, 1984.

VINOGRADOVA, E.B.; REZNIK, S.Y. Seasonal development of the blowfly *Calliphora vicina* R.-D. (Diptera, Calliphoridae) in the environments of St. Petersburg. **Entomological Review**, v. 96, n. 3, 2016.

WALLACE, A.R. The geographical distribution of animals. v. I e II, p. 576-650, **Harper and Brothers**, New York, 1876.

WATTS, D. **Principles of Biogeography**. London: McGraw-Hill, 1971.

WHITWORTH, T.; YUSSEFF-VANEGAS, S. A revision of the genera and species of the Neotropical family Mesembrinellidae (Diptera: Oestroidea). **Zootaxa**, v. 4659, n. 1, p. 1–146, 2019.

WOLFF, M. A new species of *Mesembrinella* (Diptera: Calliphoridae: Mesembrinellinae) from Colombia. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 39, n. 1, p. 120–124, 2013.

WOLFF, M.; BONATTO, S.R.; DE CARVALHO, C. J. B. Review of *Thompsoniella* Guimarães with description of a new species from Colombia (Diptera, Calliphoridae, Mesembrinellinae). **Revista Brasileira de Entomologia**. n. 58, p. 319–325, 2014.

WOLFF, M.; PASTRANA-RAMOS, Y.; PULJOL-LUZ, J. R. A new species of *Giovanella* Bonatto (Diptera, Calliphoridae, Mesembrinellinae) from Colombia. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 57, n. 2, p. 129–132, 2013.

WOLFF, M.; RAMOS-PASTRANA, Y.; MARINHO, M.A.T.; AMORIM, D. S. Two new species of *Husascaromusca* Townsend from Colombia, and a new combination for *Giovanella carvalhoi* (Diptera: Mesembrinellidae). **Zootaxa**, v. 4231, n. 2, p. 251–263, 2017.

ZUNINO, M.; ZULLINI, A. **Biogeografía: la dimensión espacial de la evolución**. Ciudad de México: FCE, 2003.