Universidade Federal de Pelotas
Instituto de Biologia
Curso de Ciências Biológicas Licenciatura

Trabalho de conclusão de Curso

Drosofilídeos de flor:
Elucidando padrões ecológicos por meio de rede de interações em uma comunidade de Drosophilidae (Insecta: Diptera) no sul do Brasil

João Henrique Figueredo de Oliveira

Pelotas, 2017

João Henrique Figueredo de Oliveira

Drosofilídeos de flor:
Elucidando padrões ecológicos por meio de rede de interações em uma comunidade de Drosophilidae (Insecta: Diptera) no sul do Brasil

Trabalho de conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Professora Dr.ª Juliana Cordeiro

Coorientador: Dr. Jeferson Bugoni

Pelotas, 2017

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

O48d Oliveira, João Henrique Figueredo de

Drosofilídeos de flor : elucidando padrões ecológicos por meio de rede de interações em uma comunidade de Drosophilidae (Insecta: Diptera) no sul do Brasil / Joao Henrique Figueredo de Oliveira ; Juliana Cordeiro, orientadora ; Jeferson Bugoni, coorientador. — Pelotas, 2017.

40 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) — Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, 2017.

1. Rede de interações. 2. Seleção de modelos. 3. Grupo bromeliae. 4. Grupo flavopilosa. 5. Subgênero phloridosa. I. Cordeiro, Juliana, orient. II. Bugoni, Jeferson, coorient. III. Título.

CDD : 584.22

Elaborada por Ubirajara Buddin Cruz CRB: 10/901

João Henrique Figueredo de Oliveira

Drosofilídeos de flor:
Elucidando padrões ecológicos por meio de rede de interações em uma comunidade de Drosophilidae (Insecta: Diptera) no sul do Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, como requisito parcial, para obtenção do grau de Licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 04 de dezembro de 2017

Banca examinadora:

Prof.ª Dr.ª Juliana Cordeiro (Orientador)
Doutor em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. Hermes José Schmitz
Doutor em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. Rafael Antunes Dias
Doutor em Ecologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus por minha vida, família e amigos.

Aos meus pais, Divane Figueredo de Oliveira e João Antonio de Sousa Oliveira e aos meus irmãos, Anderson, Alisson e Felipe que me apoiaram das mais diversas formas para que eu chegasse até este momento.

A Universidade Federal de Pelotas, pelas diversas oportunidades dentro e fora da instituição.

A Professora Dr.ª Juliana Cordeiro, minha orientadora pela oportunidade, apoio e pelo liquidificador. E todos outros professores que fizeram parte da minha formação, mas em especial aos professores e professoras Leila, Rita, Fran, Raquel, Monica, Marco, Robaldo e Edison Zefa.

Aos amigos de sala de aula em especial Marcio, Italo, Rejane, Tais, Debora, Lucas, Yasmin, Sthefani, Carol Braga e Cris, Lis e Andreza pelo incentivo e grande ajuda com o fornecimento de materiais para a realização de trabalhos e provas durante a graduação.

As amigas do laboratório Dani, Nath, Carol, Tais, Angel que fizeram a minha semana e o laboratório melhor.

Aos Amigos do Hospicio da Iza: Vitor, Cesar, Abílio (Os três me ajudaram em parte da atividade prática deste trabalho) Rafael, Paulo, Edmilson (vulgo Edson), Meslisquente (Vulgo Vinicio) e a Fran mais que amiga, companheira.

Aos Amigos da Primeira Igreja Batista de Pelotas Ami, Michelle, Naum, Eliezer, Sandro, Jonhy e outros que passaram por lá e de alguma forma me ajudaram nesta jornada.

Agradeço ao mundo por mudar as coisas, por nunca fazê-las serem da mesma forma, pois assim não teríamos o que pesquisar, o que descobrir e o que fazer.

A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“Não sei, só sei que foi assim!”

(SUASSUNA,1975)

Resumo

OLIVEIRA, João Henrique Figueredo de. **Drosofilídeos de flor: elucidando padrões ecológicos por meio de rede de interações em uma comunidade de Drosophilidae (Insecta: Diptera) no sul do Brasil.** 2017. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas Licenciatura) - Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

Drosofilídeos (Diptera) são organismos que utilizam os mais diversos recursos como sítio de oviposição, bem como, para alimentação. Flores são um dos recursos muito explorados pelos drosofilídeos, e existem aproximadamente 140 espécies que utilizam este tipo de recurso. Recentemente, no Brasil, foi realizado um estudo que descreveu uma fauna composta de 28 espécies de drosofilídeos sendo que 12 eram novas espécies. Desta forma, é visível a lacuna de conhecimento existente acerca desses, igualmente, sobre temas que auxiliem a compreensão dos processos evolutivos que levaram aos padrões de diversidade encontrados nesta família de moscas. Com objetivo de descrever e compreender as interações existentes entre drosofilídeos antófilos e as flores das plantas que são utilizadas como sítio de oviposição, foram realizadas coletas flores em antese de diferentes espécies de plantas durante um ano. As flores foram acondicionadas em potes e colocadas em ambiente com temperatura e umidade controladas. Todas as moscas que emergiram das flores foram coletadas. Posteriormente, foram identificadas ao menor nível taxonômico possível, ou em morfotipos, por meio da análise dos caracteres morfológicos diagnósticos. Neste estudo, identificamos as plantas utilizadas para oviposição por cada espécie de drosofilídeo em uma comunidade no sul do Brasil. Por meio de programas estatísticos específicos, foram feitas análises onde descrevemos o grau de especialização de drosofilídeos em relação à utilização do recurso. Testamos a importância relativa da sobreposição temporal na ocorrência de flores e drosofilídeos, a disponibilidade de recursos florais (abundância de flores) e massa das flores na determinação da frequência das interações. Os nossos resultados apontaram a existência de ampla variação interespecífica no grau de especialização. A frequência de interações foi influenciada positivamente pela sobreposição temporal das espécies de planta e de drosofilídeos. Concluímos que estas interações são as que estruturam uma comunidade de drosofilídeos no Sul do Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: rede de interações, seleção de modelos; grupo *bromeliae*; grupo flavopilosa; subgênero *Phloridosa;*

Abstract

OLIVEIRA, João Henrique Figueredo de. **Flower breeding drosophilids: elucidating ecological patterns through a network of interactions in a community of Drosophilidae (Insecta: Diptera) in southern Brazil**. 2017. 39p. Term paper (Degree in licentiate Biological Sciences) - Institute of Biology, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2017.

Drosophilids (Diptera) use a large range of resources as feeding and breeding sites, and about 140 species of Drosophilidae use flowers as resources. Recently, a study conducted in Brazil reported 28 species that use flowers as oviposition site, and among this 12 were new species. This highlights the lack of knowledge about these organisms. Similarly, there are little knowledge about the evolutionary processes that have led to the diversity patterns of flower-breeding Drosophilidae. This study aims to understand and describe the interaction between drosophilids and plant species that are used as oviposition site. During one year, different plant species at anthesis were collected. The flowers were placed in glassware in a controlled temperature and humidity chamber. All flies that emerged from flowers were collected. Subsequently, they were identified at lowest possible taxon, or in morphotypes, through the analysis of morphological diagnostic characters. Every plant species used as oviposition site for each drosophilids in a community in southern Brazil were identified.Through specific statistical programs, analyzes were made which describe the degree of drosophilids of specialization in relation to the use of the resource. We tested the relative importance of temporal overlap in the occurrence of flowers and drosophilids, the availability of floral resources (flower abundance) and flower mass in determining the frequency of interactions. Our results pointed to the existence of a wide interspecific variation in the degree of specialization. The frequency of interactions was positively influenced by the temporal overlap of flower species and drosophilids. We conclude that these interactions are those that structure a Drosophilidae community in the South of Rio Grande do Sul.

Key-words: interaction network, models selection; *bromeliae* group; *flavopilosa* group; subgenus *Phloridosa.*

Sumário

1 Introdução 09
2 Revisão de literatura 12
3 Material e métodos 17
3.1 Área de estudo 17
3.2 Coleta de dados 17
3.3 Identificação dos drosofilídeos 18
3.4 Análise dos dados..... 18
3.4.1 Lista de espécies 18
3.4.2 Rede de interações observada 19
3.4.3 Especialização dos drosofilídeos em relação à oviposição em flores 19
3.4.4 Construção das matrizes de probabilidade 19
3.4.5 Análises das matrizes de probabilidade 20
4 Resultados 22
5 Discussão 28
6 Conclusões 32
Referências 33
Apêndices 37

1 Introdução

As moscas da família Drosophilidae são conhecidas popularmente como mosca-do-vinagre, mas são em sua maioria saprófitas, alimentando-se de fungos em desenvolvimento sobre material vegetal em decomposição (DAVID et al, 2011). Porém, drosofilídeos podem utilizar vários outros recursos, tanto para alimentação quanto para oviposição, como flores, folhas, madeira, fungos, animais (sendo inquilino ou predadores) e até mesmo guano de morcegos (ASHBURNER, 1981; CARSON, 1971; MARTINS; VILELA; PEREIRA, 1990).

Drosofilídeos que utilizam flores são relativamente pouco estudados em comparação com outros grupos da família. Há mais de 90 anos, duas espécies do gênero *Drosophila* que emergiram de flores com distribuição na América Central foram descritas, sendo elas *Drosophila bromeliae* Sturtevant, 1921 e *D. florae* Sturtevant, 1916 (STURTEVANT, 1921). Algum tempo depois, com uma série de estudos, o pesquisador chileno Danko Brncic estudou, minuciosamente, a relação da *D. flavopilosa* Frey, 1919 e a flor de *Cestrum parque* (BRNCIC, 1962, 1966, 1968). Atualmente, já foram descritas cerca de 140 espécies de Drosophilidae que utilizam flores como recurso de alimentação e oviposição (SCHMITZ, 2010).

No Brasil, se conhece pouco sobre a fauna de drosofilídeos com oviposição restrita à flor. Diversos estudos com drosofilídeos associados a flores foram realizados em vários estados do Brasil (GOTTSCHALK; HOFMANN; VALENTE, 2008; SANTOS; VILELA, 2005; SCHMITZ; HOFMANN, 2005; VIDAL; VILELA, 2015; VILELA, 1984). Porém, em um trabalho recente, Schmitz (2010) amostrou 125 espécies de plantas de 47 famílias na região sul do Brasil, e encontrou 28 espécies de Drosophilidae, sendo que 12 delas ainda não haviam sido descritas. A maioria das espécies pertence aos gêneros *Drosophila* (subgênero *Drosophila* - grupo *bromeliae* e *flavopilosa* - e subgênero *Phloridosa*) e *Zygothrica*. Este estudo demonstrou que existe uma enorme riqueza de espécies de drosofilídeos ainda desconhecida. Dessa forma, os padrões de interação drosofilídeo-flor e os mecanismos ecológicos e evolutivos que os determinam permanecem pouco compreendidos.

Existem diversos trabalhos apontando a relação entre as moscas e as flores. Em geral, estes trabalhos foram realizados na região neotropical

(FIGUERO et al, 2012; HEED; WHEELER, 1957; PIPKIN, 1964; SANTOS; VILELA, 2005). Todavia, existem outros trabalhos fora da região neotropical, como no Havaí (MAGNACCA; FOOTE; O'GRADY, 2008), na Austrália, na Ásia (SUWITO et al, 2002), em Papua Nova Guiné (CARSON; OKADA, 1980) e na África (DAVID et al, 2011).

No Brasil, existem alguns estudos e a maioria deles foi realizada com espécies do grupo *flavopilosa* em três estados, Santa Catarina (SCHMITZ; HOFMANN 2005), São Paulo (SANTOS; VILELA, 2005; VILELA, 1984) e Rio Grande do Sul (SCHMITZ, 2010). Ainda no Brasil, temos representantes do grupo *bromeliae*, como *D. bromelioides* Pavan and da Cunha, 1947 registrada em diversos locais do Brasil (GRIMALDI, 2016).

Ainda no Brasil, é possível encontrar drosofilídeos do subgênero *Phloridosa*. Este subgênero apresenta dois representantes no Brasil, *Drosophila lutzii* Sturtevant, 1916 *e D. denieri* Blanchard, 1938, que podem ser encontrados em espécies vegetais das famílias Convolvulaceae e Solanaceae (SCHMITZ; HOFMANN, 2005). Estas duas espécies parecem possuir ampla distribuição no Brasil.

Por último, espécies do grupo flavopilosa que podem ser encontradas em diversas localidades do Brasil (BRNCIC, 1962; ROBE et al, 2013). O grupo flavopilosa apresenta ecologia restrita a flores da familia Solanaceae, existindo espécies que só são encontradas em flores do gênero *Cestrum* (ROBE et al, 2013).

Os padrões presentes na natureza podem ser resumidos em complexas redes de interações. Desta forma a visualização, bem como, a compreensão destes padrões através destas complexas redes pode revelar um pouco a historia evolutiva de alguns organismos (VÁZQUEZ et al, 2009). Além disso, estas redes de interações podem elucidar algumas questões sobre o comportamento dos organismos estudados. A quantidade e a intensidade das interações pode apontar um padrão generalista ou especialista de determinado organismo. O comportamento dos organismos presentes nesta rede pode guiar a dinâmica de toda a população (BASCOMPTE; JORDANO; OLESEN, 2006).

Uma rede de interações é constituída por diversos fatores que levam o inseto a utilizar a flor como recurso. Estes fatores podem ser abióticos, como temperatura e umidade, ou fatores bióticos, como abundância e massa das

flores, fenologia das flores e padrões temporais das moscas. A compreensão dos fatores que moldam estas interações pode auxiliar na compreensão da ecologia e história evolutiva do grupo taxonômico em questão.

Considerando que existe uma íntima relação entre espécies de drosofilídeos e oviposição em seus recursos florais, demonstrado por trabalhos anteriores, neste estudo trabalhamos com a hipótese de que fatores bióticos regem as interações *Drosophila*-flor. Desta forma, o objetivo geral deste projeto é identificar alguns possíveis fatores abióticos envolvidos com esta estreita relação. Como objetivos específicos: (i) identificar quais espécies vegetais são utilizadas para oviposição por cada espécie de drosofilídeo; (ii) descrever o grau de especialização de drosofilídeos em relação a utilização do recurso (flores); e, (iii) avaliar fatores como sobreposição temporal das espécies vegetais e dos drosofilídeos, abundância de plantas e massa das flores que podem predizer as relações observadas na natureza, que serão descritas no primeiro objetivo.

2 Revisão de literatura

Drosofilídeos (Insecta: Diptera) são pequenas moscas pertencentes à família Drosophilidae, que contém aproximadamente 4.250 espécies (BÄCHLI, 2016). Segundo Ashburner (1981), estes organismos apresentam uma larga variação morfológica, comportamental e ecológica. Porém, existe uma ampla variedade quanto à morfologia (MARKOW; O'GRADY, 2006). Estes animais são amplamente distribuídos no mundo, só não são encontradas em regiões polares.

Há mais de 100 anos, drosofilídeos vem sendo utilizados como animais modelo para estudos em diversas áreas da ciência, como ecologia, evolução, genética e outros. A espécie mais utilizada como modelo é *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830. Pesquisadores como T. H. Morgan e sua equipe composta por C. Bridges, A. Sturtevant e H. J. Muller foram os pioneiros no campo de genética empregando drosofilídeos. Utilizando *Drosophila* como animal modelo, eles conquistaram diversos prêmios científicos como o Nobel de medicina em 1933, por terem identificado que os genes estão localizados nos cromossomos.

Na área da biologia evolutiva, temos o pesquisador Theodosius Dobzhansky que também utilizou a *Drosophila* como animal modelo em suas pesquisas. Em 1937, Dobzhansky escreveu seu trabalho sobre a síntese evolutiva moderna além de ter auxiliado nos estudos sobre a fauna de drosofilídeos do Brasil.

Atualmente, estes organismos continuam sendo estudados e utilizados como animais modelo em diversas áreas de pesquisa. Porém, ainda existem lacunas de informação sobre este organismo em diferentes aspectos da sua biologia. Um dos maiores exemplos é que estas moscas são popularmente conhecidas como "mosca-da-fruta", porém, estes organismos se utilizam de muitos outros recursos como fonte de alimentação e oviposição.

Segundo David et al (2011), a maioria das espécies de drosofilídeos são saprófitas, alimentam-se de fungos em desenvolvimento em material vegetal em decomposição. De acordo com Carson (1971), drosofilídeos utilizam diversos substratos, tanto para alimentação quanto para oviposição, como flores, folhas, fungos e troncos de madeira. Além destes tipos de substratos, há

outros autores que citam que estes organismos podem utilizar outros animais, sendo inquilinos ou predadores (ASHBURNER, 1981), assim como podem utilizar guano de morcego (MARTINS; VILELA; PEREIRA, 1990) como sítio de oviposição.

Segundo Schmitz (2010), em sua revisão de literatura, um dos estudos mais antigos sobre Drosophilidae que utilizam flor é de Meijere em 1914, estudando duas espécies, *Colocasiomya cristata* e *C. crassipes*. Porém, organismos que são dependentes de flores tornaram-se mais conhecidos quando Sturtevant, em 1921, descreveu *Drosophila florae* e *D. bromeliae* que foi coletada como adulto em um fruto de abacaxi na América Central (STURTEVANT, 1921). Do mesmo modo, o pesquisador chileno Danko Brncic realizou estudos (BRNCIC, 1962, 1966, 1968) e descreveu profundamente aspectos da biologia de *D. flavopilosa* e suas relações com flores de *Cestrum parqui* (Solanaceae). Além disso, Brncic (1978 *apud* SCHMITZ, 2010) avançou com o conhecimento da fauna brasileira de drosofilídeos quando descreveu *D. cestri* Brncic, 1978*, D. cordeiroi* Brncic, 1978 e *D. incompta* Wheeler and Takada, in Wheeler et al. 1962, que emergiram de flores de *Cestrum* coletados no Rio Grande do Sul.

Em 1983, Brncic (1983 *apud* SCHMITZ, 2010) escreveu uma revisão sobre drosofilídeos que utilizam flores tanto para alimentação como para oviposição. Nesta revisão, ele lista 140 espécies de Drosophilidae. Estas espécies, em geral, pertencem ao subgênero *Drosophila* e estão posicionadas filogeneticamente em dois grupos: *flavopilosa* e *bromeliae*. Estes dois grupos surgiram da radiação adaptativa *virilis-repleta* que se diversificou na região neotropical (ROBE et al, 2013, De RÉ et al, 2017). Porém, temos também drosofilídeos da radiação *immigrans-hirtodrosophila* que utilizam flores como sitio de oviposição (GRIMALDI, 2016).

Existem registros de Drosophilidae com oviposição restrita a flores em grande parte do mundo, porém, a maioria dos estudos foram realizados na região neotropical (FIGUERO et al, 2012; HEED; WHEELER, 1957; PIPKIN, 1964; SANTOS; VILELA, 2005). Além da região neotropical, podemos encontrar outros casos de relação entre drosofilídeos e flores no Havaí (MAGNACCA; FOOTE; O'GRADY, 2008), na Austrália, na Ásia (SUWITO et al,

2002), em Papua Nova Guiné (CARSON; OKADA, 1980) e na África (DAVID et al, 2011).

No Brasil o primeiro trabalho realizado foi o de Frota-Pessoa em 1952 (SCHMITZ, 2010), no qual foram encontrados *Drosophila ananassae* Doleschall, 1858, *D. bromelioides*, *D. cardinoides* Dobzhansky and Pavan, 1943, *D. denieri*, *Zygothrica díspar* (Wiedemann, 1830) e *Z. prodispar* Duda, 1925. Essas espécies foram coletadas em flores em antese e em flores já caídas no chão, ou seja, em processo de putrefação. A coleta de flores caídas no chão explica a presença de espécies com oviposição não restrita a flores, como por exemplo, *Zygothrica*, que oviposita também em fungos (GOTTSCHALK et al, 2009) e *D. ananasae* e *D. cardinoides* que ovipositam em frutos (De TONI et al, 2007).

A maioria dos estudos foi realizada com espécies do grupo *flavopilosa* em três estados, Santa Catarina (SCHMITZ; HOFMANN 2005), São Paulo (SANTOS; VILELA, 2005; VILELA, 1984) e Rio Grande Sul (SCHMITZ, 2010). Também foram feitas coletas em Santa Catarina (SCHMITZ; HOFMANN, 2005) nas quais foram coletadas flores de *Brugmansia suaveolens* (Solanaceae), *Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae) e *Ipomoea* (Convolvulaceae) e foram encontradas *D. bromelioides*, *D. denieri* e *D. lutzii*. Em 2006, Barbosa realizou um estudo mais intensivo apenas em flores do gênero *Ipomoea* (Convolvulaceae) em Santa Catarina, onde foram coletas *D. lutzii* e *D. bromelioides* em *Ipomoea cairica*, *I. indica* e *I. pes-caparae* (BARBOSA, 2006).

Ainda no Brasil, temos representantes do grupo *bromeliae* como *D. bromelioides* registrada em diversos locais do Brasil (GRIMALDI, 2016). No Pantanal brasileiro foi descrito *D. aguape* Val and Marques, 1996 encontrada na flor de aguapé, *Eichhornia azurea* (Pontederiaceae) (VAL; MARQUES, 1996). Na Amazônia, foi coletada a espécie *D. speciosa* da Silva and Martins, 2004 em *Theobroma speciosum* (Malvaceae) e em *Passiflora edulis* (Passifloraceae) (DA SILVA; MARTINS, 2004). Recentemente, foi publicada uma chave taxonômica completa para o grupo *bromeliae*, descrevendo espécies novas com distribuição na América Central (GRIMALDI, 2016).

O subgênero *Phloridosa* também apresenta dois representantes no Brasil. *Drosophila lutzii e D. denieri* são encontrada emergindo de flores de *Ipomoea* sp., *Brugmansia suaveolens* e *Cucurbita pepo* (SCHMITZ;

HOFMANN, 2005). Estas duas espécies parecem possuir ampla distribuição, sendo encontradas em diversos estados do Brasil. Por último, temos a *D. flavopilosa* que é encontra em *Cestrum parqui* em diversos estados do Brasil (BRNCIC, 1962; ROBE et al, 2013).

Nos últimos anos foram feitas mais coletas visando avançar o conhecimento de drosofilídeos com oviposição restrita a flores. Schmitz (2010) amostrou flores de 125 espécies de plantas de 47 famílias e encontrou 28 espécies de Drosophilidae, sendo que 12 são espécies novas, ainda não descritas (SCHMITZ, 2010). No Cerrado Brasileiro, Vidal (2015) descreveu uma nova espécie de drosofilídeo *Rhinoleucophenga myrmecophaga* Vidal and Vilela, 2015 associado a nectários extraflorais da planta *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) (VIDAL; VILELA, 2015). Porém, ainda falta muito estudo sofre a fauna de drosofilídeos brasileira.

Os padrões de interações ecológicas presentes na natureza podem ser resumidos em complexas redes de interações com diversos fatores. Desta forma, a compreensão destes padrões por meio destas complexas redes pode revelar um pouco a história evolutiva de alguns organismos (VÁZQUEZ et al, 2009). Além disso, estas redes de interações podem mostrar um pouco do comportamento dos organismos estudados. A quantidade e a intensidade das interações pode apontar um padrão generalista ou especialista de determinado organismo. Com esta informação, é possível quantificar o comportamento de uma espécie, variando de generalista a especialista, por meio de alguns índices, como o proposto por Blüthgen et al (2006). Este índice, conhecido como *d'*, leva em consideração a frequência das interações para determinar o grau de especialização do organismo. O comportamento dos organismos presentes nesta rede pode guiar a dinâmica de toda a população (BASCOMPTE; JORDANO; OLESEN, 2006).

Ao observar uma rede de interações, a mesma é constituída por diversos fatores que levam o inseto a utilizar a flor como recurso. Estes fatores podem ser abióticos, como temperatura e umidade, ou fatores bióticos como abundância, massa das flores, fenologia das flores e padrões temporais das moscas. A compreensão dos fatores que moldam populações deste organismo pode nos auxiliar na compreensão da história evolutiva do grupo em questão.

É notável a riqueza de espécies encontradas emergindo de flores. Como descrito acima, as informações existentes são, na grande maioria, descritivas. Abordagens analíticas visando identificar e qualificar essas relações ainda são escassas. Dessa forma, os padrões de interação drosofilídeo-flor e os mecanismos ecológicos e evolutivos que os determinam permanecem pouco compreendidos. Neste sentido, a compreensão acerca da diversidade de drosofilídeos antófilos, por meio de trabalhos de levantamento de espécies e estudos das relações ecológicas, pode auxiliar na elucidação de questões ecológicas acerca de espécies de ecologia restrita, assim como na compreensão da história evolutiva deste grupo; sendo este o foco do presente trabalho.

3 Material e métodos

3.1 Área de estudo

Este projeto foi desenvolvido no Horto Botânico Irmão Teodoro Luis (HBITL), situado no município de Capão do Leão, Rio Grande do Sul (31°48'S e 52°25'O), a uma altitude de 13 metros. A área do HBITL compreende cerca de 25 hectares e possui um perímetro de borda de aproximadamente 3.315 metros. A vegetação do horto é caracterizada por formações pioneiras arbustivo-herbáceas formando dois tipos fisionômicos principais: mata paludosa e mata de áreas alagadas (banhado). O HBITL é uma Área de Preservação Permanente (APP), regulamentada em 1964 (SILVA et al, 2013).

O clima da região é classificado como temperado ou subtropical úmido (MOREIRA, 1997), ou Cfb de acordo com a classificação de Köppen (KUINCHTNER; BURIOL, 2001). A temperatura média anual é de 17,5 °C, sendo janeiro o mês mais quente, com temperatura média de 23 °C, e julho o mês mais frio, com média de 12 °C.

3.2 Coleta de dados

As coletas ocorreram uma vez por mês entre fevereiro de 2016 e janeiro de 2017, em quatro áreas que compreendem as diferentes fisionomias presentes no HBITL sendo elas: banhado, campo, borda de mata e mata paludosa. Mensalmente, cada espécie em floração com uma altura de até dois metros do solo, teve suas flores totais contabilizadas em campo, e cerca de 20% delas foi coletada e acondicionada em saco plástico. Uma exsicata de cada espécie de planta coletada foi depositada no Herbário da Universidade Federal de Pelotas (Herbário Pel). A classificação taxonômica das flores seguiu o sistema de classificação APG IV (CHASE et al, 2016) com o auxílio da taxônoma especialista Dra. Raquel Lüdtke.

Após a coleta em campo, no laboratório as flores foram identificadas e/ou morfotipadas, contabilizadas e pesadas. Cada espécie ou morfotipo de flor foi separadamente acondicionada em vidros com areia esterilizada, e fechados com tecido tipo voil, para que as larvas presentes nas flores completassem o ciclo de vida, emergindo o drosofilídeo adulto. Diariamente, os vidros foram vistoriados para umidificação das flores e verificação de

emergência de adultos. Os adultos emergidos foram recolhidos com aspirador entomológico e armazenados em etanol 90% para posterior identificação.

3.3 Identificação dos drosofilídeos

Após a coleta dos drosofilídeos que emergiram das flores, tanto machos quanto fêmeas foram identificados por meio de carecterísticas da morfologia externa e interna. Para análise da morfologia interna (genitália, espermatecas e ovipositor), o último tergito do abdomem foi retirado e tratado em solução de KOH (hidróxido de potássio) a 10% para digestão das partes moles, e posteriormente corado com fucsina ácida (WHEELER; KAMBYSELLIS 1996, modificada por BÄCHLI et al, 2004). Este procedimento proporciona o melhor isolamento da genitália do macho, das espermatecas e ovipositores das fêmeas. Para a identificação, utilizou-se literatura específica da taxonomia de drosofilídeos (FONSECA, 2015; GRIMALDI, 2016; SCHMITZ, 2010; VILELA, 1984) e auxílio dos taxonomistas especialistas, Dr. Hermes Schmitz e Dr. Marco Gottschalk. As espécies que ainda não foram formalmente descritas, porém já identificadas como novas espécies por Schmitz (2010), foram tratadas como morfotipo.

Após a análise das espermatecas e ovipositores das fêmeas, as fêmeas presentes em flores que possuíam duas ou mais espécies crípticas de machos, identificados pela morfologia da genitália, foram cautelosamente identificadas por meio de características da morfologia das espermatecas e dos ovipositores. As fêmeas que emergiram em flores com apenas uma espécie de macho identificado pela genitália, foram identificadas como pertencentes à mesma espécie do macho, após confirmação por meio da análise da morfologia da espermateca.

3.4 Análise dos dados

3.4.1 Listas de espécies

Todas as espécies ou morfotipos de drosofilídeos, e as plantas das quais emergiram, estão listadas na Tabela 1. Esta tabela inclui todas as espécies de plantas amostradas, inclusive as espécies das quais não houve emergência de drosofilídeos.

3.4.2 Rede de interações observada

Cada indivíduo que emergiu das flores coletadas conforme acima foi considerado como uma interação. Uma matriz de interações drosofilídeo-flor foi construída, onde cada espécie de drosofilídeos constituiu uma coluna e cada espécie de planta uma linha. A frequência de interação entre cada par de espécies foi descrita como o número de indivíduos de drosofilídeos que emergiram de cada espécie de planta. Para testar a suficiência da amostragem para a detecção das interações drosofilídeo-flor utilizou-se uma rarefação baseada em indivíduos e as adaptações sugeridas em Vizentin-Bugoni et al (2014). Esta análise considera o número de *links* distintos, ou seja, o número de parceiros, como equivalente da 'riqueza de espécies' e a frequência de cada *link* como equivalente do 'número de indivíduos' em rarefações clássicas. Para esta análise foi utilizado o programa PAST 3.15 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001). Também foi realizado um teste de correlação de Pearson testando a correlação entre flores coletadas e flores disponíveis em campo O teste de correlação de Pearson indica que o delineamento amostral de coleta de flores (20% do total observado em campo) tem uma correlação proporcional ao total de flores produzidas pelas espécies de plantas amostradas ($r=0.89$; g.l.=7; $p<0.01$). Estas análises demonstram que nossos dados são robustos o suficiente para representar as interações ocorridas na comunidade estudada.

3.3.3 Especialização dos drosofilídeos em relação à oviposição em flores

Utilizamos a matriz de interações observada para descrever a especialização dos drosofilídeos em relação à utilização das flores quanto à oviposição. Neste sentido, foi calculado o índice *d'* utilizado na função *specieslevel* (BLÜTHGEN; MENZEL; BLÜTHGEN, 2006) do pacote *bipartite* (DORMANN; GRUBER; FRÜND, 2008) no software R (R Development Core Team 2012). Este índice descreve o grau da especialização da interação da rede, analisando a frequência das interações realizadas entre drosofilídeos e flores, levando em consideração a distribuição das interações entre os recursos disponíveis.

3.3.4 Construção das matrizes de probabilidade

Para investigar os determinantes da frequência das interações entre drosofilídeos e flores, utilizamos análise de verossimilhança para contrastar a matriz de interações observada (O) com matrizes de probabilidade baseadas em:

- Sobreposição temporal das espécies (T), onde os dados foram obtidos por meio da observação da floração em campo e posterior identificação dos drosofilídeos. A probabilidade de interação é baseada no número de meses em que houve ocorrência de uma dada espécie de drosofilídeo e a floração de uma dada espécie de planta;
- abundância de plantas (A), onde os dados foram obtidos pela contagem de flores em campo. Esta matriz assume que a probabilidade de interação é proporcional à abundância de flores produzidas por cada espécie de planta ao longo do período de floração;
- massa média das flores (M), onde os dados foram obtidos dividindo-se o somatório da massa bruta de cada espécie de flor pelo número de flores coletadas da mesma espécie. Esta matriz assume que a probabilidade de interação está diretamente relacionada ao tamanho da flor;
- matriz nula seguindo a análise proposta por Vizentin-Bugoni et al (2014). Esta matriz assume que as interações ocorrem ao acaso, ou seja, não há nenhum fator que explicaria a ocorrência das interações. A matriz nula serve como hipótese nula, servindo de modelo de exclusão das outras hipóteses testadas, acima citadas.

Para avalizar o efeito conjunto das variáveis, foram montadas matrizes combinadas das matrizes de probabilidade T, M e A, ou seja, combinações TxM, TxA, MxA, e TxMxA. Estas matrizes combinadas foram calculadas pelo método Hadamard (ou Elementwise) e normalizadas para formar a matriz de probabilidade.

3.3.5 Análises das matrizes de probabilidade

A matriz O foi contrastada às matrizes de probabilidade T, M, A, TM, TA, MA, TMA e Nula por meio do Critério de Informação de Akaike (AIC), que utiliza a análise de Verossimilhança como medida da capacidade preditiva de cada modelo estatístico (*i.e.*, matriz de probabilidade). Subsequentemente, foi realizada a seleção do modelo por meio do ΔAIC, que representa a diferença

de cada modelo em relação ao melhor modelo. Modelos com ΔAIC≤2 foram considerados equivalente (BURNHAM & ANDERSON, 2002).

Assumimos que a probabilidade de interação segue uma distribuição multinomial. Para ponderação da complexidade do modelo, definimos o número de parâmetros por meio do número de espécies (n=18) e número de variáveis (uma, duas ou três). Dessa forma, para matrizes contendo oito plantas e nove drosofilídeos (*i.e.* T, M e A), o parâmetro utilizado foi 18, duas matrizes de probabilidade combinadas (TM, TA e MA) assumiram parâmetro 36 e o modelo TMA assumiu parâmetro 54. Para o modelo Nulo foi atribuído o valor de um parâmetro. Foram utilizados os pacotes *bipartite* (DORMANN; GRUBER; FRÜND, 2008) e *ecolnet* (VÁZQUEZ; CHACOFF; CAGNOLO, 2009) no software R (R Development Core Team 2012).

4 Resultados

Foram coletadas 42.322 flores, distribuídas em 83 espécies de plantas, no período de um ano (Tabela 1). Ao todo foram identificadas nove espécies (Figura 1) de plantas como sitio de oviposição de drosofilídeos. Durante este período, nasceram 566 indivíduos de drosofilídeos entre machos e fêmeas que foram identificados ao nível de espécie, e/ou morfotipo, perfazendo nove táxons distintos. A espécie mais coletada foi *Drosophila incompta* (mais de 100 indivíduos); as espécies menos coletadas foram *D. griseolineata* Duda, 1927 e *Zygothrica vittimaculosa* Burla, 1956. A Tabela 1 apresenta os dados de coleta, listando as espécies de plantas e as espécies de Drosophilidae. As espécies ainda não descritas oficialmente estão designadas como morfotipo, conforme Schmitz (2010).

Tabela 1: Lista das espécies de plantas e drosofilídeos associados em uma comunidade no sul do Brasil. Abreviações: **D.brom** = *Drosophila bromelioides*; **III** = Morfotipo III (Schmitz, 2010); **IV** = Morfotipo IV (Schmitz, 2010); **D.inc** = *D. incompta*; **D.lut** = *D. lutzii*; **D.pol =** *D. polymorpha*; **D.car =** *D. carolinae*; **D.gri** = *D. griseolineata* e **Z.vit** = *Zygothrica vittimaculosa;* – ausência de emergência; * Planta exótica. O X na tabela representam as espécies que emergiram em cada espécie de flor.

Espécie	**D.brom**	**III**	**IV**	**D.inc**	**D.lut**	**D.pol**	**D.car**	**D.gri**	**Z.vit**
Acanthaceae									
Justicia brasiliana	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amaryllidaceae									
Habranthus gracilifolius	-	-	-	-	-	-	-	-	-
***Hippeastrum* sp.**	**X**	**X**	-	-	-	-	-	-	-
Apocynaceae									
Asclepias curassavica	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vinca sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asteraceae									
Aspilia montevidensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bidens pilosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campuloclinium macrocephalum	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eupatorium sp 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eupatorium sp 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hypochaeris sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Senecio heterotrichius	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Senecio selloi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solidago chilensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sp 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Balsaminaceae									
*Impatiens walleriana**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Begoniaceae									
Begonia cucullata	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bignoniaceae									
Bignonia callistegioides	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dolichandra unguis-cati	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sp 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bromeliaceae									
Bromelia antiacantha	-	-	-	-	-	X	X	X	-
Tillandsia stricta	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cannaceae									
Canna indica	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Commeliaceae									
Commelina obliqua	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*Tradescantia fluminesis**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tripogandra diuretica	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Convolvulaceae									
Convolvulus montevidensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ipomoea alba	-	-	-	-	X	-	-	-	-
Ipomoea cairica	X	-	-	-		-	-	-	-
Ipomoea purpurea	X	-	-	-	X	-	-	-	-
Ipomoea sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fabaceae									
Calliandra tweedii	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desmodium incanum	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erythrina cristagalli	X	-	-	-	-	-	-	-	-
sp 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vigna adenantha	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrangeaceae									
*Hydrangea macrophylla**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hypericaceae									
Hypericum brasiliense	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Iridaceae									
Cypella herbertii	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gladiolus sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Herbertia lahue	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neomarica candida	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*Watsonia meriana**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sp 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sp 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lamiaceae									
Salvia guaranítica	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Loranthaceae									
Tripodanthus acutifolius	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Malpighiaceae									
Janusia guaraitica	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Malvaceae									
Abutilon umbelliflorum	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*Hibiscus rosa-sinensis**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Luehea divaricata	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pavonia friesii	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pavonia sepium	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Melastomataceae									
Tibouchina gracilis	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tibouchina moricandiana	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Myrtaceae									
*Callistemon lanceolatus**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sp 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oleaceae									
*Jasminum mesnyi**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Onagraceae									
Ludwigia sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oenothera ravenii	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orchidaceae									

Gomesa montana	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orobanchaceae									
Agalinis communis	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Castilleja arvensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxalidaceae									
Oxalis articulata	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxalis sp.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Passifloraceae									
Passiflora caerulea	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Primulaceae									
Anagallis arvensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rosaceae									
Rosa sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solanaceae									
Brugmansia suaveolens	-	X	-	-	X	-	-	-	-
Cestrum strigilatum	-	-	-	X	-	-	-	-	X
Salpichroa origanifolia	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solanum arenarium									
Solanum commersonii	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solanum guaraniticum	X	-	X	-	-	-	-	-	-
Solanum laxum	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vassobia breviflora	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tropaeolaceae									
Tropaeolum pentaphyllum	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turneraceae									
Piriqueta sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Verbenaceae									
Glandularia selloi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*Lantana camara**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lantana fucata	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Verbena rígida	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Não identificadas									
sp 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

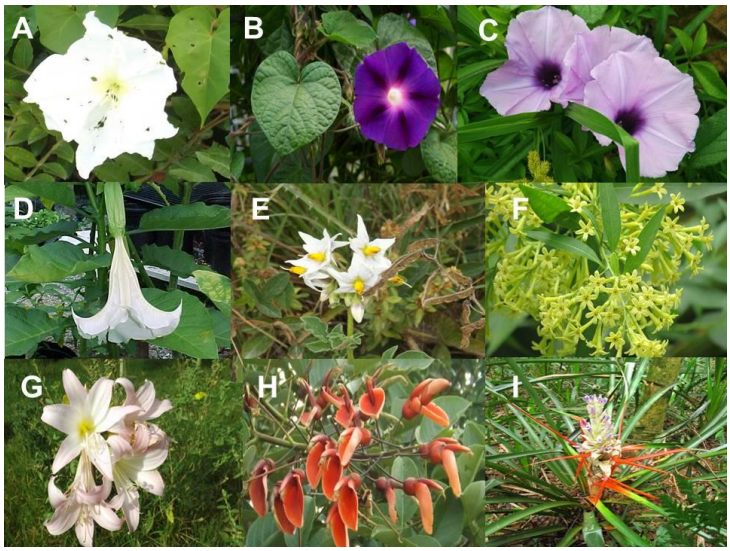

Figura 1: Sítios de oviposição de drosofilídeos no Sul do Rio Grande do Sul. Família Convolvulaceae: A) *Ipomoea* alba; B) *Ipomoea purpurea;* C) *Ipomoea cairica;* Família Solanaceae D) Brugmansia suaveolens; E) *Solanum guaraniticum;* F) *Cestrum strigilatum;* Família Amaryllidaceae *G) Hippeastrum* sp.; Família Fabaceae H) *Erythrina cristagalli*; Família Bromeliaceae I) *Bromelia antiacantha*.

Na análise de rarefação baseada nas interações por número de indivíduos, observa-se uma tendência assintótica (Figura 2). Isto indica que o esforço amostral realizado neste estudo foi suficiente para detectar a maioria das interações ocorridas na comunidade estudada.

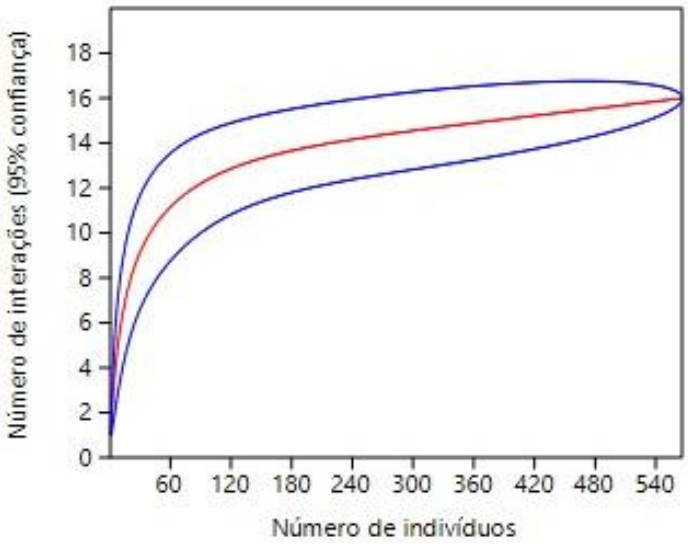

Figura 2: Curva de rarefação baseada no número de interações por número de indivíduos. Linha vermelha: média; linha azul: desvio padrão.

Considerando que cada indivíduo que emergiu das flores foi identificado como uma interação foi feita uma rede de interações (Figura 3), onde foi possível observar as relações entre drosofilídeos e flores. Nos retângulos pretos à direita tem-se as espécies de drosofilídeos e à esquerda as espécies vegetais coletadas. A espessura das linhas significa o número de interações observadas entre a planta e os drosofilídeos. *Drosophila bromelioides* foi à espécie mais encontrada emergindo de diferentes espécies de flores. Esta espécie emergiu de *Ipomoea cairica, I. purpurea, Hippeastrum* sp., *Solanum guaraniticum* e de *Erythrina cristagalli*, sendo esta última a planta de onde mais emergiu. Morfotipo III emergiu de *Hippeastrum sp*. e *Brugmansia suaveolens*. Outra espécie que emergiu de mais de uma planta foi *Drosophila lutzii*, a qual emergiu de *Ipomoea alba, I. purpurea* e *Brugmansia suaveolens*. Os demais drosofilídeos emergiram de uma única espécie de planta. Porém, observa-se que *D. incompta* apresentou um grande número de indivíduos emergidos de *Cestrum strigilatum,* consequentemente obteve um grande número de interações com esta espécie de planta.

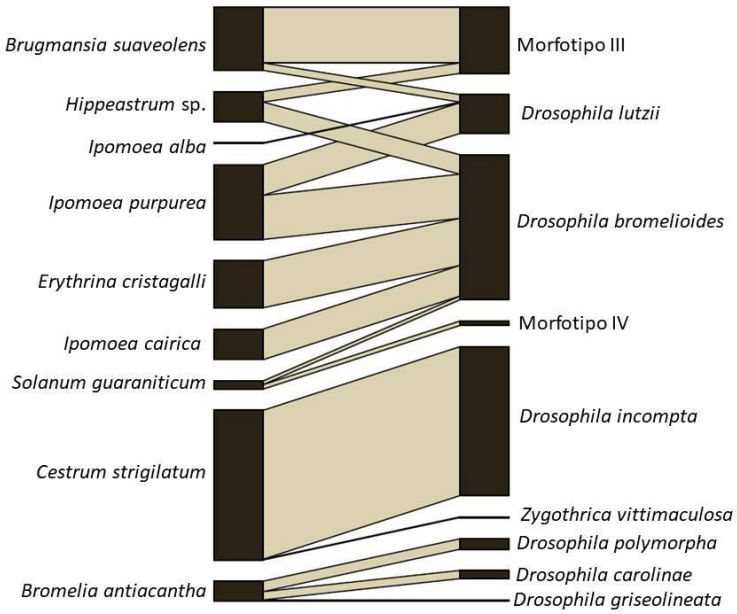

Figura 3: Rede de interações drosofilídeos-plantas no Horto Botânico Irmão Teodoro Luis (HBITL), no município de Capão do Leão, RS, Brasil. À direita tem-se as espécies de drosofilídeos e à esquerda as espécies de plantas. A espessura das linhas está relacionada com o número de interações observadas.

Partindo de um modelo matemático conhecido como *d'*, foi possível analisar o grau de especialização dos indivíduos coletados de acordo com suas interações. No cálculo matemático deste índice é levado em consideração a frequência das interações, a intensidade e a dependência das moscas com as plantas. Este índice vai de 0 a 1, sendo que o valor 0 indica que não há especialização e o valor 1 indica uma interação com alta especialização. Por estas razões, *D. incompta* se mostrou como a espécie mais especializada (*d'*=0.9951961; tabela 2) das espécies de Drosophilidae coletadas. O morfotipo IV foi a segunda espécie com o maior grau de especialização (*d'*=0.8607406), que emergiu de apenas uma espécie de planta, *Solanum guaraniticum*. As demais espécies de Drosophilidae obtiveram valores de *d'* bem próximos, são consideradas espécies generalistas. A robustez e a confiabilidade dos dados informados pelo modelo matemático *d'* é dependente do número de interações ocorridas. Por este motivo, os dados obtidos nas interações das espécies com apenas uma interação, ou seja, *singleton* (*D. griseolineata* e *Z. vittimaculosa* com suas plantas *Bromelia antiacantha* e *Cestrum strigilatum*, respectivamente), obtiveram resultados divergentes (*d'*= 0,385 e *d'*= 0,00, respectivamente), e não são robustos e/ou confiáveis.

Tabela 2*:* Índice de especialização (*d'*). O *d'* é um índice que se utiliza da frequência de interações para apresentar um nível de especialização do organismo de estudo. Este índice vai de 0 a 1, sendo 0 nenhuma especialização e 1 alta especialização.

Drosofilídeos	***d'***
Drosophila incompta	0.9951961
Morfotipo IV (Schmitz, 2010)	0.8607406
Morfotipo III (Schmitz, 2010)	0.8528181
Drosophila polymorpha	0.8310756
Drosophila carolinae	0.7784369
Drosophila bromelioides	0.7768490
Drosophila lutzii	0.5334944
Drosophila griseolineata	0.3850696
Zygothrica vittimaculosa	0.0000000

Como resultados finais, na análise de verossimilhança de modelos no qual pode predizer as interações observadas, o modelo de sobreposição temporal (T) mostrou-se como o melhor modelo para explicar a ocorrência das interações observadas (tabela 3). O modelo T consiste na probabilidade de interações baseada no número de meses em que houve ocorrência simultânea de uma espécie de drosofilídeo e da floração de uma planta. O modelo nulo ficou em terceiro lugar, mostrando que a probabilidade das interações entre drosofilídeos e plantas não apresentam um mesmo valor probabilístico na natureza.

Tabela 3: Valores da análise de verossimilhança testando a capacidade de modelos baseados em predizerem a frequência das interações drosofilídeo-flor observadas no sul do Brasil. Os modelos testados foram: sobreposição temporal (T), abundância de flores (A), massa médias das flores (M), suas combinações e o modelo nulo, que assume probabilidades iguais para todos os tipos de interações. AIC,*Akaike Information criterion*; ∆AIC, diferença do AIC de cada modelo em relação ao melhor modelo; Parâmetros, soma do número de espécies de drosofilídeos e plantas de cada modelo.

Modelo	**AIC**	**∆AIC**	**Parâmetros**
T	1820	0	18
ATM	2644	824	54
Nulo	2674	854	01
TM	2706	886	36
MA	3353	1533	36
AT	3928	2108	36
M	4360	2540	18
A	5017	3197	18

5 Discussão

Das 83 espécies vegetais coletadas na região do Horto Botânico, houve emergência de drosofilídeos em apenas nove espécies, representando aproximadamente 11% da flora amostrada (Tabela 1). Esta flora também apresentou cerca de 11% de vegetação exótica. As plantas não nativas não apresentaram moscas emergidas. Desta fauna inventariada, tivemos duas espécies de *Drosophila* do grupo *bromeliae* que estão em processo de publicação da descrição (SCHMITZ, 2010). As moscas emergiram principalmente de duas famílias botânicas; Convolvulaceae e Solanaceae (Figura 1. A-F).

Em geral, o inventariamento destes organismos é realizado por meio de armadilhas atrativas utilizando frutos como isca, geralmente banana misturada a fermento biológico. Esta forma de captura favorece a organismos saprófitos ou organismo que utilizam matéria vegetal em decomposição como local de reprodução e alimentação. Desta forma, drosofilídeos com oviposição restrita a flores ficam sub-amostrados. Contudo, nos últimos anos vem sendo realizadas coletas de indivíduos em outros recursos, como fungos e flores (GOTTSCHALK et al, 2009; SCHMITZ, 2010, ROBE et al, 2013, FONSECA, 2015).

Como já observado por Schmitz (2010), o grupo *bromeliae* e o subgênero *Phloridosa* foram os táxons mais amostrados da fauna de drosofilideos associados a flores. Porém, o maior número de indivíduos por espécie coletado neste trabalho foi de *Drosophila incompta* (mais de 100 indivíduos), pertencente ao grupo flavopilosa. As espécies do grupo flavopilosa apresentam um alto nível de especialização. Este subgênero é conhecido por apresentar ecologia restrita a flores da familia Solanaceae*,* existindo espécies que só são encontradas em flores do gênero *Cestrum* sp. (BRNCIC, 1962,1966,1968, SCHMITZ, 2010; ROBE et al, 2013). Neste sentido, essas informações corroboram nossos dados observados e calculados mediante o índice de especialização *d'* (Tabela 2). Este índice mostra que *D. incompta* é a espécie mais especialista na comunidade aqui estudada. O morfotipo IV também apresentou um índice de especialização alto, esta espécie emergiu apenas de *Solanum guaraniticum*. O índice *d'* desta espécie foi inferior ao de *D. incompta*. Este resultado pode ser um reflexo do baixo número de indivíduos

amostrados do morfotipo IV (menos de 10 indivíduos). As demais espécies apresentaram um grau de especialização menor, caracterizando-se como espécies generalistas quanto ao uso de espécies de flores para oviposição. Este comportamento generalista é visto na rede de interações (Figura 3) onde estes indivíduos emergiram de mais de uma espécie vegetal.

Trabalhos como o de levantamento faunístico podem servir de base para a compreensão de processos ecológicos. Diversas observações foram feitas durante este estudo que levaram, e podem levar, a produção de novos conhecimentos. Existem eventos ainda não tão bem compreendidos, como a da relação íntima entre alguns drosofilídeos e flores da família Solanaceae, que é o caso das espécies do grupo *flavopilosa*. Outro ponto ainda não compreendido é o que ocorre com os drosofilídeos superespecializados no período de ausência de flores. Acredita-se que possa ocorrer processos como diapausa ou até mesmo uma mudança de recurso em algumas espécies de drosofilídeos (ICHIGÔ et al, 1980; LUMME; LAKOVAARA, 1983). O mesmo pode ocorrer em espécies do grupo *flavopilosa*, porém, se faz necessário outros estudos para a confirmação destas informações.

Em nossas coletas, priorizamos apenas flores vivas com o intuito de coletar apenas indivíduos que utilizavam flores como recurso de oviposição. Todavia, algumas espécies de drosofilídeos que não são restritos a flores emergiram. *Zygothrica vittimaculosa* emergiu de *Cestrum strigilatum,* esta espécie de drosofilídeo também é coletada em corpos de frutificação de fungos e ocasionalmente pode ser coletada em armadilhas com isca de banana (Fonseca, 2015). Desta forma, seu padrão de oviposição parece ser generalista. Na espécie vegetal *Bromelia antiacantha* (Figura 1.I), da família Bromeliaceae, encontramos também três espécies generalistas de drosofilídeos: *Drosophila polymorpha (*Dobzhansky and Pavan, 1943)*, D. carolinae* Vilela, 1983 *e D. griseolineata.* Estas espécies foram coletadas utilizando diversas metodologias, como armadilhas com iscas atrativas de banana, captura de moscas sobrevoando corpos de frutificação fúngica com a ajuda de aspirador entomológico, e a partir da eclosão dos adultos de diversos frutos coletados (De TONI, 2007, GOTTSCHALK et al, 2006; 2009).

Os dados de teste de modelos preditivos de interações (Tabela 3) demonstram que a capacidade preditiva do modelo nulo; que implica que todas as interações drosófila X flor possuem igual probabilidade de ocorrer é bastante baixa. Isto indica que existe algum fator moldando as interações nesta comunidade. Aparentemente, a abundância de flores e seu tamanho, medido pela massa (ambos podendo ser interpretados como potencialidade de atração das flores), também não possuem muita influência na predição das interações entre drosófila e flores. Um exemplo disso é que a planta *Cestrum strigilatum* (Figura 1.F) apresentou a maior abundância e obteve maior número de indivíduos emergidos, e a planta *Brugmansia suaveolens* (Figura 1.D) apresentou a maior massa e obteve o segundo maior número de indivíduos emergidos; mesmo assim esses modelos não conseguem predizer as interações observadas.

Porém, o fator que parece predizer melhor a ocorrência das interações nesta comunidade é a sobreposição temporal (Tabela 3). Estes dados, considerados em conjunto, indicam que existe uma relação mais íntima entre *Drosophila* de oviposição restrita a flores e suas flores hospedeiras do que o que pode ser predito por variáveis bióticas como abundância e potencialidade de atração da flor (SCHMITZ, 2010; ROBE et al, 2013).

Nestes sentido, existem diversos outros fatores externos que poderiam influenciar na dinâmica desta comunidade, como abundância e a massa das flores. Todavia, o fator externo que melhor respondeu a relação observada na natureza foi o da sobreposição temporal das espécies vegetais e dos drosofilídeos. Isto significa que a disponibilidade do recurso é o fator mais importante para a interação, ou seja, deve haver flor disponível de forma simultânea à presença de drosofilídeos. Desta forma, para este trabalho pudemos apresentar dados robustos acerca das interações entre drosofilídeos antófilos e flores; demonstrando que tais interações são harmônicas e dependentes, sendo assim, estas interações são as que estruturam a comunidade de drosofilídeos no Sul do Rio Grande do Sul nesta comunidade estudada.

Em resumo, neste estudo foi possível observar que existe uma diversidade ainda não explorada de drosofilídeos que utilizam flor como sítio de oviposição, mas isto tem sido solucionado com trabalhos como este e os anteriores já realizados (SCHMITZ, 2010). Há diversos graus de especialização dentro desta comunidade, bem como, a existência de espécies bem generalistas em relação ao uso de um grande número de diferentes famílias de flores. Estas comunidades de drosofilídeos e flores são formadas por rede complexas de interações, e estas redes são organizadas como consequência de fatores intrínsecos a mosca (comportamento) e fatores extrínsecos (disponibilidade das flores).

6 Conclusões

O presente estudo trouxe alguns avanços no conhecimento acerca do comportamento ecológico de drosofilídeos restritos as flores. Este trabalho apresentou as nove espécies de drosofilídeos e suas respectivas espécies vegetais utilizadas como recurso de oviposição presentes em uma comunidade no Sul do Rio Grande do Sul. Esta comunidade apresentou moscas com diferentes graus de especialização e de utilização de recurso (flores). Tudo isso foi regido pela sobreposição temporal, onde as espécies vegetais se encontravam em seu estado reprodutivo e ao mesmo tempo as moscas se faziam presentes. Neste sentido, concluímos que as interações das moscas com as flores são determinadas pelo seu grau de especialização e a disponibilidade do recurso. Neste sentido, estes são os fatores que estruturam a comunidade de drosofilídeos aqui estudadas.

Referências

ASHBURNER, M. Entomophagous and other bizarre Drosophilidae. In: Ashburner, M., Carson, H. L. and Thompson, Jr. J. N. (eds). **The Genetics and Biology of Drosophila**, Academic Press, London, p. 395-429, 1981.

BÄCHLI, G.; VILELA, C. R.; ESCHER, S. A.; SAURA, A. The Drosophilidae (Diptera) of Fennoscandia and Denmark. **Fauna Entomologica Scandinavica**, Copenhagen, n.39, p.1-362, 2004.

BÄCHLI, G. TaxoDros: The database on taxonomy of Drosophilidae. Disponível em: <http://www.taxodros.uzh.ch/>. Acesso em: 27 ago. 2016.

BASCOMPTE, J.; JORDANO, P.; OLESEN J. M. Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. **Science,** United states**,** v. 312, p. 431–433, 2006.

BARBOSA, Priscila Mazaro. **Utilização de flores de *Ipomoea* spp. (Convolvulaceae) como sítio de oviposicao de drosfílideos.** 2006. 37 f. Trabalho de conclusão de Curso (Gradução em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

BLÜTHGEN, N.; MENZEL, F.; BLÜTHGEN, N. Measuring specialization in species interaction networks. **BMC Ecology**, London, v. 6, n. 9, p. 1–12, 2006.

BRNCIC, D. Chromosomal structure of populations of Drophila flavopilosa studied in larvae collected in their natural breeding sites. **Chromosoma**, Berlin, v. 13, p. 183–195, 1962.

BRNCIC, D. Ecological and cytogenetic studies of *Drosophila flavopilosa*, a neotropical species living in *Cestrum* flowers. **Evolution**, Oregon, v. 20, n. 1, p. 16–29, 1966.

BRNCIC, D. The effects of temperature on chromosomal polymorphism of *Drosophila flavipilosa* larvae. **Genetics**, Baltimore, v. 58, p. 427–432, 1968.

BURNHAM, Kenneth P. & ANDERSON, David R. **Model Selection and Multimodel Inference**. 2nd. ed. New York, USA: Springer, 2002. 488 p.

CARSON, H. L. The Ecology of Drosophila Breeding sites. Harold L. Lyon Arboretum Lecture two. **University Of Hawaii**, Honolulu, p. 1–32, 1971.

CARSON, H.; OKADA, T. Drosophilidae associated with flowers in Papua New Guinea in Colocasia esculenta. **Kontyû**, Tokyo, v.47, n.1, p. 15-29, 1980

CHASE, M. W; BREMER, B.; BREMER, K.; FAY, M. F.; REVEAL, J. L.; SOLTIS, D. E.; SOLTIS, P. S.; STEVENS, P. F.; ANDERBERG, A. A.; MOORE, M. J.; OLMSTEAD, R. G.; RUDALL, P. J.; SYTSMA, K. J.; DAVID, C. T.; WURDACK, K.; XIANG, J. Q. Y.; AND ZMARZTY, S. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 181, n. 1, p. 1–20, 2016.

DA SILVA, A. R; MARTINS, M. B. A new anthophilic species of Drosophila Fallén belonging to the bromeliae group of species (Diptera, Drosophilidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 21, n. 3, p. 437–453, 2004.

DAVID, J. R.; YASSIN, A.; RASAMIZAFI, L. A.; RAVAOMANARIVO, L. H. R. & DEBAT, V. Scratching for food an original feeding behavior in an African flower breeding drosophila. **Fly**, Austin, v. 5, n. 4, p. 285–290, 2011.

De RÉ, F. C.; ROBE, L. J.; WALLAU, G. L.; LORETO, E. L. S. Inferring the phylogenetic position of the Drosophila *flavopilosa* group: Incongruence within and between mitochondrial and nuclear multilocus datasets. **Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research**, New Jersey, v.55, p. 208–221, 2017.

De TONI, D. C.; GOTTSCHALK, M. S.; CORDEIRO, J.; HOFMANN, P. P.R.; VALENTE, V. L.S. Study of the Drosophilidae (Diptera) communities on Atlantic Forest islands of Santa Catarina State, Brazil. **Neotropical entomology**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 356–75, 2007.

DORMANN, C. F.; GRUBER, B.; FRÜND, J. Introducing the bipartite Package : Analysing Ecological Networks. **R news**, v. 8, n. 2, p. 8–11, 2008.

FIGUERO, M. L.; LEON, R.; RAFAEL, V. and CESPEDES, D. Cuatro nuevas especies del grupo Drosophila onychophora (Diptera, Drosophilidae) en el Parque Arqueológico Rumipamba, Pichincha, Ecuador. **Iheringia**, Rio Grande do Sul, v. 102, n. 2, p. 212–220, 2012.

FONSECA, P. M. **Padrões evolutivos de *Zygothrica* no Brasil , com identificação e descrição de uma espécie-irmã**. 2015. 131 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Animal) programa de Pós Graduação em Biodiversidade Animal. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

GOTTSCHALK, M. S.; DÖGE, J. S.; OLIVEIRA, S. C. F.; DE TONI, D. C.; VALENTE, V. L. S.; HOFMANN,P. R. P. On the geographical distribution of the Drosophila subgenus in southern Brazil (Drosophilidae Diptera). The D. repleta species group Sturtevant 1942. **Tropical Zoology**, Italia, v.19, p. 129-139, 2006.

GOTTSCHALK, M. S.; HOFMANN, P. R. P.; VALENTE, V. L. S. Diptera, Drosophilidae: historical occurrence in Brazil. **Check List**, Rio Grande do Sul, v. 4, n. 4, p. 485–518, 2008.

GOTTSCHALK, M. S.; BIZZO, L.; DÖGE, J.S.; PROFES, M. S.; HOFMANN, P.R. P. & VALENTE, V. L. S. Drosophilidae (Diptera) associated to fungi: differential use of resources in anthropic and Atlantic Rain Forest areas. **Iheringia**, Rio Grande do Sul, v. 99, n. 4, p. 442–448, 2009.

GRIMALDI, D. A. Revision of the Drosophila bromeliae Species Group (Diptera: Drosophilidae): Central American, Caribbean, and Andean Species. **American Museum Novitates**, New York, n. 3859, p. 1–56, 2016.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST : Paleontological Statistics Software Package For Education And Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, Indiana, v. 4, n. 1, p. 1–9, 2001.

HEED, W. B.; WHEELER, M. R. W. Thirteen New Species in the Genus Drosophila from the Neotropical Region. **Genetics of Drosophila**, Texas, v. 5721, p. 17–38, 1957.

ICHIGÔ,N.;KIMURA, M. T.; MINAMI, N. Eco-physological aspects od reproductive diapause in Drosophila sordidula and D. lacertosa (Diptera: Drosophilidae). **Japanese Journal of Ecology**, Tokyo, v.30, p. 221-228, 1980.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. The climate of Rio Grande Do Sul state according to Kóppen and Thornthwaite classification. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciências Exatas, Santa Maria, v.2, n.1, p.171-182, 2001.

LUMME, J.; LAKOVAARA, S. Seasonality and Diapause in drosoplhilids. In: Ashburner, M., Carson, H. L. and Thompson, Jr. J. N. (eds). **The Genetics and Biology of Drosophila**, Academic Press, London, p. 395-429, 1981.

MAGNACCA, K. N.; FOOTE, D.; O'GRADY, P. M. A review of the endemic Hawaiian Drosophilidae and their host plants. **Zootaxa**, New Zeland, v. 58, n. 1728, p. 1–58, 2008.

MARKOW, Therese A.; O'GRADY, Patrick. **Drosophila**: A Guide to Species Identification and Use. London: Elsevier, 2006. 259 p.

MARTINS, M.; VILELA, R.; PEREIRA, R. On a new cave-dwelling species of bat-guano-breeding *Drosophila* closely related to *D. repleta* Wollaston (Diptera, Drosophilidae). **Revista Brasileira de Genetica**, São Paulo, v. 31, p. 19–31, 1990.

MOREIRA, I. **O espaço rio-grandense**. São Paulo: Ática, 1997. 96 p.

PIPKIN, S. B. New flower breeding species of *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae). **Entomogical Society of Washington**, Washington, v. 66, n. 4, p. 216–245, 1964.

ROBE, L.J.; DE RÉ, F.C.; LUDWIG, A. & LORETO E. L. The *Drosophila flavopilosa* species group (Diptera, Drosophilidae). **Fly**, Austin, v. 7, n. 2, p. 59–69, 2013.

SANTOS, R. D. C. O.; VILELA, C. R. Breeding sites of Neotropical Drosophilidae (Diptera). IV. Living and fallen Santos & Vilela flowers of *Sessea brasiliensis* and *Cestrum* spp. (Solanaceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 49, n. 4, p. 544–551, 2005.

SCHMITZ, Hermes José. **Genética , Ecologia e Evolução de drosofilídeos (Insecta , Diptera) associados a flores**. 2010. 190 f. Tese (Doutorado em Ciências) Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2010.

SCHMITZ, H. J.; HOFMANN, P. R. P. First record of subgenus Phloridosa of Drosophila in southern Brazil, with notes on breeding sites. **Drosophila**

Information Service, Oklahoma, v. 11, n. 4, p. 97–101, 2005.

SILVA, J. M.; CUNHA, S. K.; SILVA, E. J. E. & GARCIA, F. R. M. Borboletas frugívoras (Lepidoptera: Nymphalidae) no Horto Botânico Irmão Teodoro Luis, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v. 26, n. 1, p. 87–95, 2013.

STURTEVANT, A. H. The North American species of *Drosophila*. **Carnegie Institution of Washington**, Washington, v. 301, p. 1- 151, 1921.

SUWITO A.; Takahide, A I.; Kouhei, H. & Masahito, K. T. Environmental Adaptations of Two Flower Breeding Species of *Drosophila* from Java, Indonesia. **Entomological Science**, Tokyo, v. 5, n. 4, p. 399–406, 2002..

VAL, F. C. DO; MARQUES, M. D. Drosophilidae (Diptera) from the Pantanal of Mato Grosso (Brazil), with the description of a new species belonging to the bromeliae group of Genus *Drosophila*. **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 39, n. 11, p. 223–230, 1996.

VÁZQUEZ, D. P.; CHACOFF, N. P.; CAGNOLO, L. Evaluating multiple determinants of the structure of plant–animal mutualistic networks. **Ecology**, New York, v. 90, n. 8, p. 2039–2046, 2009.

VÁZQUEZ, D. P.; BLUTHGEN, N.; CAGNOLO, L; CHACOFF, N. P. Uniting pattern and process in plant–animal mutualistic networks: a review. **Annals of Botany**, Oxford, v. 103, n. 9, p. 1445–1457, 2009.

VIDAL, M. C.; VILELA, C. R. A New Species of *Rhinoleucophenga* (Diptera: Drosophilidae) From the Brazilian Cerrado Biome Associated With Extrafloral Nectaries of *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae). **Annals of the Entomological Society of America**, England, v. 108, n. 5, p. 932–940, 2015.

VILELA, C. R. Occurrence of the *Drosophila flavopilosa* species group (Diptera, Drosophilidae) in the State of Sao Paulo (Brazil) with description of one new species. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 63–69, 1984

VIZENTIN-BUGONI, J.; MARUYAMA, P. K.; SAZIMA, M. Processes entangling interactions in communities : forbidden links are more important than abundance in a hummingbird – plant network. **Proceedings of The royal society B**, v. 281, n. 20132397, p. 1–8, 2014.

Apêndices

Apêndice A

Tabela 3: Lista das espécies de plantas em uma comunidade no sul do Brasil.

Família	Espécie
Acanthaceae	*Justicia brasiliana* Roth
Amaryllidaceae	*Habranthus gracilifolius* Herb.
	Hippeastrum sp.
Apocynaceae	*Asclepias curassavica* L.
	Vinca sp.
Asteraceae	*Aspilia montevidensis* (Spreng.) Kuntze
	Bidens pilosa L.
	Campuloclinium macrocephalum (Less.) DC.
	Eupatorium sp 1
	Eupatorium sp 2
	Hypochaeris sp.
	Senecio heterotrichius DC.
	Senecio selloi (Spreng.) DC.
	Solidago chilensis Meyen
	sp 1
Balsaminaceae	*Impatiens walleriana* Hook.f.
Begoniaceae	*Begonia cucullata* Willd.
Bignoniaceae	*Bignonia callistegioides* (Cham.) Bureau ex Griseb
	Dolichandra unguis-cati (L.) L.G.Lohmann.
	sp 1
Bromeliaceae	*Bromelia antiacantha* Bertol.
	Tillandsia stricta Sol.
Cannaceae	*Canna indica* L.
Commelinaceae	*Commelina obliqua* Vahl.
	Tradescantia fluminesis Vell.
	Tripogandra diuretica (Mart.) Handlos
Convolvulaceae	*Convolvulus montevidensis* Spreng.
	Ipomoea alba L.
	Ipomoea cairica (L.) Sweet
	Ipomoea purpurea (L.) Roth.

	Ipomeia sp.
	Calliandra tweedii Benth.
Fabaceae	
	Desmodium incanum DC.
	Erythrina cristagalli L.
	sp 1
	Vigna adenantha (G. Mey.) Maréchal, Mascherpa & Stainier
Hydrangeaceae	*Hydrangea macrophylla* Ser.
Hypericaceae	*Hypericum brasiliense* Choisy
Iridaceae	*Cypella herbertii* Hook
	Gladiolus sp.
	Herbertia lahue (Molina) Goldblatt
	Neomarica candida (Hassl.) Sprague
	Watsonia meriana Mill.
	sp 1
	sp 2
Lamiaceae	*Salvia guaranitica* St.- Hill.
Loranthaceae	*Tripodanthus acutifolius* Thieg.
Malpighiaceae	*Janusia guaranitica* (A. St.-Hil.) A. Juss
Malvaceae	*Abutilon umbelliflorum* A. St.-Hil.
	Hibiscus rosa-sinensis L.
	Luehea divaricata Mart. & Zucc.
	Pavonia friesii Krapov.
	Pavonia sepium A. St.-Hil.
Melastomataceae	*Tibouchina gracilis* (Bonpl.) Cogn.
	Tibouchina moricandiana Baill.
Myrtaceae	*Callistemon lanceolatus* Sweet
	sp 1
Oleaceae	*Jasminum mesnyi* Hance
Onagraceae	*Ludwigia* sp.
	Oenothera ravenii W. Dietr.
Orchidaceae	*Gomesa montana* (Barb. Rodr.) M.W. Chase & N.H.Willians
Orobanchaceae	*Agalinis communis* (Cham. & Schltdl.) D'Arcy
	Castilleja arvensis Schltdl. & Cham.

Oxalidaceae	*Oxalis articulata* Savigny
	Oxalis sp.
Passifloraceae	*Passiflora caerulea* L.
Primulaceae	*Anagallis arvensis L.*
Rosaceae	*Rosa* sp.
Solanaceae	*Brugmansia suaveolens* (Willd.) Bercht. & J.Presl
	Cestrum strigilatum Ruiz & Pav.
	Salpichroa origanifolia (Lam.) Baill.
	Solanum arenarium Spreng.
	Solanum commersonii Dunal
	Solanum guaraniticum A.St.-Hil
	Solanum laxum Spreng.
	Vassobia breviflora (Sendtn.) Hunz.
Tropaeoleaceae	*Tropaeolum pentaphyllum* Lam.
Turneraceae	*Piriqueta sp.*
Verbanaceae	*Glandularia selloi* (Spreng.) Tronc.
	Lantana camara L.
	Lantana fucata Lindl.
	Verbena rigida Spreng.
Não identificado	sp 1