

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS**  
**AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**DISSERTAÇÃO**

**Fenologia e ecologia da polinização de duas espécies  
de Bromeliaceae na Ilha da Marambaia, RJ.**

**Alexandre Santos de Meireles**

**2011**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E**  
**FLORESTAIS**

**FENOLOGIA E ECOLOGIA DA POLINIZAÇÃO DE DUAS ESPÉCIES**  
**BROMELIACEAE NA ILHA DA MARAMBAIA, RJ.**

**ALEXANDRE SANTOS DE MEIRELES**

*Sob a orientação do Professor*

**André Felipe Nunes-Freitas**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

Seropédica, RJ

Maio de 2011

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E**  
**FLORESTAIS**

**ALEXANDRE SANTOS DE MEIRELES**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração em Conservação da Natureza.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 25/05/2011

---

**André Felipe Nunes-Freitas. Prof. Dr. UFRRJ**  
(Orientador)

---

**Leandro Freitas. Dr. IP-JBRJ**

---

**Tiago Boer Breier. Prof. Dr. UFRRJ**

*Dedico este trabalho à minha família,  
principalmente aos meus pais que me  
inspiram sempre, a novas conquistas.*

## AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Antonio Meireles, minha mãe Dora Meireles e meu irmão Natanael pelo apoio e por compreender a minha ausência ao longo desses últimos dois anos. Amo vocês. Ao meu sobrinho Gustavo (5 anos), um obrigado muito especial, pela alegria, pelo sorriso e principalmente por não ter cumprido sua ameaça de jogar meu laptop na piscina (prometo passar mais tempo com você!).

Ao Professor Dr. André Felipe Nunes-Freitas, pela orientação, parceria e amizade. Obrigado!

Ao Coordenador do curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Professor Dr. Roberto Lelis, por ser sempre tão solícito e gentil. Pela ajuda nas atividades acadêmicas.

Às secretárias Lenice, Solange e Patrícia pela presteza e boa vontade em todos os momentos.

À CAPES pela oferta da bolsa através do Programa REUNI de Assistência ao Ensino, o que viabilizou a execução deste trabalho;

Ao prof. Dr. Roberto de Xerez por sempre viabilizar nossas entradas na Ilha da Marambaia para realização dos trabalhos de campo;

À Marinha do Brasil, em especial ao Centro de Adestramento da Ilha da Marambaia (CADIM) por viabilizar o desenvolvimento deste projeto;

Aos especialistas que gentilmente identificaram as espécies. A André Barbosa Vargas (Lab. De Ecologia e Conservação - DCA/IF/UFRRJ), que identificou as formigas. À Juliana Almeida Braga (Programa de Pós Graduação em Zootecnia/UFRRJ), que identificou as abelhas. Ao Prof. Dr. Marcelo Duarte (Museu de Zoologia – USP), que identificou a espécie de Lepidoptera. À Prof. Dr. Sonia Maria Lopes e Edivar Heeren (Museu Nacional/UFRRJ) que identificou a espécie de Blattaria. À Prof. Dr. Andrea Ferreira (Museu Nacional/UFRRJ), que identificou as bromélias. À Rafaela Antonini (UFRRJ) que identificou dos beija-flores.

Aos professores da disciplina de Ecologia de campo, André Felipe, Leandro Freitas, Alexandra Pires e Tiago Breier, pelos valiosos ensinamentos e trocas de experiências.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia Florestal e Biologia Vegetal (Guilherme, Danilo Braga, Débora Ribeiro, Raoni, Kelly Critina, Wagner Francisco, Aline Dias e Alan), que estiveram presentes durante a realização deste trabalho, pela ajuda no campo, discussões e claro, as tantas risadas que tornaram as longas horas de trabalho de campo mais fáceis.

A Danilo Braga Azevedo, pelo auxílio no trabalho de campo.

À Débora Ribeiro, grande amiga e uma grande descoberta. Sem dúvida, sua amizade, seu bom humor, sua companhia e seus conselhos foram fundamentais para a realização de mais uma etapa na minha vida. Obrigado, Deb's!

À Tatiana Oliveira, por ser amiga e irmã em todas as horas ao longo desses últimos oito anos. Pessoa incrível e bem humorada que esteve ao meu lado em incontáveis aventuras

profissionais e que sempre me ajuda a passar por momentos difíceis e tornar os bons momentos ainda melhores (Obrigado, Tati!).

À Débora Souza pela amizade, parceria e carinho em tantos momentos importantes nesses últimos dois anos. Pela valiosa parceria durante a disciplina de Ecologia de Campo, mantendo-se firme e de bom humor, analisando dados, dançando um forrozinho e discutindo resultados noite à fora (Você foi incrível!).

A Ralph Mansur, por ser companheiro e amigo. Pelo apoio e incentivo aos meus projetos ao longo desses últimos seis anos.

## RESUMO

MEIRELES, Alexandre Santos de. **Fenologia e ecologia da polinização de duas espécies de Bromeliaceae na Ilha da Marambaia, Mangaratiba, RJ.** 114p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

A Floresta Atlântica é uma das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade devido ao seu alto grau de endemismo e elevada taxa de destruição de seus habitats. Considerando a família Bromeliaceae, 28% das espécies ocorrem neste bioma, e cerca de 84% delas são endêmicas. Na Floresta Atlântica e em seus ecossistemas associados, a família Bromeliaceae é considerada ampliadora da biodiversidade por representar uma importante fonte de recursos para uma rica fauna associada, incluindo os polinizadores. A avaliação da fenologia de uma espécie vegetal permite compreender não só a dinâmica de populações e comunidades vegetais, mas também a organização espaço-temporal dos recursos disponíveis para polinizadores. Neste estudo analisamos a fenologia e a guilda de visitantes florais de duas espécies de Bromeliaceae na Ilha da Marambaia, Mangaratiba, RJ. Para tanto, foram marcados 80 indivíduos de *Neoregelia cruenta* e 50 indivíduos de *Vriesea procera*. Mensalmente cada indivíduo foi vistoriado e analisado com relação ao seu estado fenológico (não-reprodutivo, em flor, em fruto ou em dispersão). Durante a época de floração das espécies, identificado durante o estudo da fenologia, estabelecemos sítios de observação, onde foram realizadas observações dos visitantes florais, desde o horário anterior ao da abertura das flores, até o horário posterior ao fechamento das mesmas. As observações fenológicas foram realizadas desde 2007 e revelaram a associação do início do período reprodutivo das espécies estudadas com a estação úmida. A frutificação de *N. cruenta* esteve associada ainda à estação úmida e a frutificação de *V. procera* à estação seca. Foram registradas 14 espécies realizando visitas às flores de *N. cruenta*, no entanto, a guilda de visitantes florais desta bromélia foi composta principalmente por abelhas. Para a área de estudo, *Bombus* sp foi o visitante mais freqüente nas duas estações reprodutivas e foi considerado o potencial polinizador de *N. cruenta*. Para *V. procera* foram registradas cinco espécies de aves (*Thalurania glaucopis*, *Florisuga fusca*, *Eupetomena macroura*, *Amazilia fimbriata* e *Coereba flaveola*) e uma espécie de abelha (*Trigona spinipes*) visitando as flores, sendo *Trigona spinipes*, o visitante mais freqüente nas duas estações reprodutivas. Entre os animais vertebrados, as aves, principalmente os beija-flores, têm sido citados na literatura como os mais comuns visitantes florais das Bromeliaceae. No presente estudo, considerando as espécies de bromélias observadas, o maior número de visitas ocorreu por invertebrados, principalmente abelhas, no entanto, esses organismos foram considerados os principais visitantes e potenciais polinizadores de *N. cruenta*, devido a frequência e comportamento durante as visitas, já para *V. procera*, esses organismos apesar da alta frequência de visitas, não apresentaram comportamento adequado à polinização.

**Palavras-chave:** fenologia, Bromeliaceae, ecologia da polinização, Ilha da Marambaia, Visitantes florais.

## ABSTRACT

MEIRELES, Alexandre Santos de Meireles. **Phenology and ecology of pollination of Bromeliaceae in the Marambaia island, Mangaratiba, RJ.** 114p. Dissertation (Master Science in Environmental and Forest Science). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

The Atlantic Forest is one of the priority areas for biodiversity conservation because of its high endemism and high rate of their habitats destruction. Considering the Bromeliaceae family, 28% of species occur in this biome, and about 84% are endemic. In the Atlantic Forest and in the ecosystems associated, the Bromeliaceae family is considered the bioersity growing because it represents an important resource for a rich associated fauna, including pollinators. The phenology evaluation of a plant species not only allows us to understand the dynamics of populations and plant communities, but also the space-time organization of available resources for pollinators. In this study we analyze the phenology and guild of floral visitors of two Bromeliaceae species in Marambaia Island, Mangaratiba, RJ. In order to achieve this purpose, we marked 80 *Neoregelia cruenta* individuals and 50 *Vriesea procera* individuals. Monthly each individual was surveyed and analyzed in relation to its phonological stage (non-reproductive, in flower, fruit or dispersion). During the flowering period of species, identified in the phenology study, we established observation places where floral visitors observations were made, from the previous time before the opening of the flowers to its closing time. The phenological observations were performed since 2007 and revealed the association in the beginning of the reproductive period of the species, in the wet season. The *N. cruenta* fruiting was still associated with the wet season and *V. procera* fruiting to the dry season. We recorded 14 species visiting the *N. cruenta* flowers, however, the guild of floral visitors of this bromeliad was composed mainly by bees. For the study area, *Bombus sp* was the most frequent visitor in two breeding seasons and was considered its potential pollinator of *N. cruenta*. To *V. procera* were registered five birds species (*Thalurania glaucopis*, *Florisuga fusca*, *Eupetomena macroura*, *Amazilia fimbriata* and *Coereba flaveola*) and one bee specie (*Trigona spinipes*) visiting the flowers, being *Trigona spinipes*, the most frequent visitor in two breeding seasons. Among vertebrates, birds, specially hummingbirds which have been mentioned in the literature as the most common floral visitors of Bromeliaceae. In the present study, considering the observed bromeliads species, the highest number of visits occurred by invertebrates, mainly bees, however, these organisms were considered the main visitors and potential pollinators of *N. cruenta*, because the frequency and behavior during the visits, while for *V. procera*, these organisms despite the high frequency of visits did not show appropriate behavior for pollination.

**Key words:** phenology, Bromeliaceae, pollination ecology, Marambaia Island, Floral visitors.



## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Localização da Ilha da Marambaia em relação ao Estado do Rio de Janeiro e ao Brasil (modificado a partir de SOUZA <i>et al.</i> , 2007). .....  | 14 |
| Figura 2: Diagrama Ombrotérmico da Marambaia, Rio de Janeiro. (modificado a partir de MATTOS, 1995).....  | 15 |
| Figura 3: Ilha da Marambaia e parte da Restinga da Marambaia. O retângulo vermelho indica a localização da Praia Grande, com destaque para a área de estudo onde os indivíduos foram amostrados e monitorados na Restinga da Praia Grande.....                          | 17 |
| Figura 4: Sub-bosque de um trecho da Restinga da Praia Grande dominado por <i>Neoregelia</i> sp. Na área de estudo estas bromélias ocupam preferencialmente o hábito terrestre, formando densas touceiras. ....   | 18 |
| Figura 5: Na área de estudo, <i>Vriesea procera</i> forma moitas de indivíduos menos densas, e apresenta-se tanto com hábito epifítico quanto terrestre.....  | 18 |
| Figura 6: Vista geral da área de estudo na Restinga da Praia Grande, com solo coberto por densa camada de serrapilheira e parcialmente sombreada em função do componente arbóreo. O sub-bosque apresenta-se pobre em espécies herbáceas.....                            | 19 |
| Figura 7: Variação da pluviosidade mensal média e normal (em mm) (A) e das temperaturas mínima, máxima e normal (em °C) (B) na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro.....   | 33 |
| Figura 8: Variação das fenofases reprodutivas de <i>Neoregelia cruenta</i> na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro. ....   | 35 |
| Figura 9: Indivíduo em floração (A) e detalhe aproximado da flor (B) de <i>Neoregelia cruenta</i> amostrada na área da Praia Grande, na Ilha da Marambaia, RJ.....  | 36 |
| Figura 10: Indivíduos de <i>Neoregelia cruenta</i> com frutos em formação (A) e já formados (B), amostrados na área da Praia Grande, na Ilha da Marambaia, RJ.....  | 37 |
| Figura 11: Relação entre (A) temperatura média normal (em °C; período de 1986-1998) e (B) precipitação média normal (em mm; período de 1986-1998) e número de indivíduos de <i>Neoregelia cruenta</i> em floração (%) na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil..... | 40 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 12: Relação entre a temperatura mínima de lag-1 (em °C) e número de indivíduos de <i>N. cruenta</i> em frutificação (%) (A) e entre a temperatura máxima de lag-1 (em °C) e número de indivíduos de <i>N. cruenta</i> em frutificação (%) (B) na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. ....  | 41 |
| Figura 13: Frequência de indivíduos de <i>Vriesea procera</i> em floração, frutificação, dispersão e reprodução vegetativa na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. ....  | 43 |
| Figura 14: Início do período reprodutivo de <i>V. procera</i> na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil, representado através do surgimento e desenvolvimento do escapo da inflorescência (A e B); (C) Inflorescência formada de <i>V. procera</i> . ....   | 44 |
| Figura 15: Flores em antese (A e B) e fruto em desenvolvimento (C) de <i>V. procera</i> na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. ....   | 45 |
| Figura 16: Fruto deiscente de <i>V. procera</i> dispersando numerosas sementes com apêndices plumosos (A) e fruto de <i>V. procera</i> já disperso (B) na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. ....  | 46 |
| Figura 17: Relação entre a temperatura média normal (em °C; período de 1986-1998) e número de indivíduos de <i>Vriesea procera</i> em floração (%) (A); entre a temperatura mínima Lag-1 (em °C) e número de indivíduos de <i>Vriesea procera</i> em floração (%) (B) e entre a temperatura máxima Lag -1 (em °C) e o número de indivíduos de <i>Vriesea procera</i> em floração (%) (C) na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. ....  | 49 |
| Figura 18: Relação entre a precipitação normal (em mm; período de 1986-1998) e o número de indivíduos de <i>Vriesea procera</i> em frutificação (A); entre a temperatura normal (em °C; período de 1986-1998) e número de indivíduos em frutificação (%) (B); entre a temperatura mínima (em °C) e número de indivíduos em frutificação (%) (C); entre a temperatura máxima (em °C) e o número de indivíduos em frutificação (%) (D) e entre a precipitação mensal e o número de indivíduos de <i>Vriesea procera</i> em frutificação (E) na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. .... | 50 |
| Figura 19: Diferença de tonalidade da cor das pétalas das flores entre indivíduos de <i>N. cruenta</i> na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. A coloração mais clara é a mais comum na área de estudo. ....   | 70 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 20: Valores médios de volume (em <i>ul</i> ) e concentração (em %) de néctar, coletado nas flores de <i>N. cruenta</i> ao longo do dia em intervalos regulares (N = 10), na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. ....  | 71 |
| Figura 21: Padrão geral de visitação da guilda de visitantes florais de <i>Neoregelia cruenta</i> na área de restinga da Praia Grande, Ilha da Marambaia, RJ. ....  | 74 |
| Figura 22: Frequência de indivíduos e atividade ao longo do dia dos visitantes florais de <i>N. cruenta</i> em área de restinga na Praia Grande, Ilha da Marambaia, RJ. ....  | 74 |
| Figura 23: Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitando flores de <i>N. cruenta</i> na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. A e B – <i>Bombus</i> sp.; C e D – <i>Euglossa cordata</i> ; E e F – <i>Halictidae</i> sp.; G – <i>Trigona spinipes</i> . Notar o acúmulo de pólen nas patas traseiras de <i>T. spinipes</i> e <i>Halictidae</i> sp. Fotos: A.S. Meireles. ....   | 75 |
| Figura 24: Visitantes florais de <i>N. cruenta</i> na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. A - <i>Geyeria decussata</i> (Lepidoptera); B – Diptera sp.; C e D – <i>Curculionidae</i> sp. (Coleoptera); E – <i>Pinaconota</i> sp. (Blattaria) e F – <i>Thalurania glaucopis</i> . Fotos: A.S. Meireles. ....   | 76 |
| Figura 25: Flores de <i>Vriesea procera</i> durante a antese na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. Anteras levemente inclusas na corola e heterostilia observada em flores de <i>V. procera</i> , evidenciando diferenças quanto ao comprimento do estilete/estigma entre indivíduos na mesma população (A e B); Detalhe de antera deiscente de <i>V. procera</i> com liberação de grande quantidade de pólen (C); Anteras “limpas” após a retirada do pólen pelos visitantes florais (D). .... | 78 |
| Figura 26: Valores médios de volume (em <i>ul</i> ) e concentração (em %) de néctar, coletado nas flores de <i>N. cruenta</i> ao longo do dia em intervalos regulares (N = 10), na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. ....  | 79 |
| Figura 27: Padrão geral de visitação por seis espécies de visitantes florais às flores de <i>V. procera</i> em 12 dias de observação nas estações reprodutivas de 2008/2009 e de 2009/2010, na área da Praia Grande, Ilha da Marambaia, RJ. ....  | 81 |
| Figura 28: Frequência de indivíduos e atividade ao longo do dia dos visitantes florais de <i>V. procera</i> em área de restinga na Praia Grande, Ilha da Marambaia, RJ. ....  | 81 |

Figura 29: *Trigona spinipes* visitando flores de *Vriesea procera* na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. *T. spinipes* efetua longas visitas às flores de *V. procera* e ao raspar o pólen das anteras, recebem cargas de pólen em várias regiões do corpo (A e B); Detalhe da corbícula úmida na pata traseira de *T. spinipes* (C); Acúmulo de pólen nas corbículas das patas traseiras de *T. spinipes*. Fotos: A.S.Meireles. ....82

Figura 30: Aves visitantes florais de *Vriesea procera* na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. *Thalurania glaucopis* fêmea (sobre botão floral de *V. procera*) (A) e macho (B) foram as principais aves visitantes das flores; *Florisuga fusca* (C) (foto: R.D. Antonini); *Coereba flaveola* (D) (fotos: A.S.Meireles). ....83

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1: Resultados das correlações entre as fenofases reprodutivas de <i>N. cruenta</i> e as variáveis climáticas da região onde se localiza a área de estudo. Os valores “normais” das variáveis climáticas referem-se as médias normais climatológicas da região durante o período de 1986-1998 (MATTOS 2005). Tmax = temperatura máxima; Tmin = temperatura mínima; Tmed = temperatura média normal; Pmensal = precipitação mensal ao longo do período de estudo; Pmed = precipitação média normal..... | 39 |
| Tabela 2: Resultados das correlações entre as fenofases reprodutivas de <i>V. procera</i> e as variáveis climáticas da região onde se localiza a área de estudo. Os valores “normais” das variáveis climáticas referem-se as médias normais climatológicas da região durante o período de 1986-1998 (MATTOS 2005). Tmax = temperatura máxima; Tmin = temperatura mínima; Tmed = temperatura média normal; Pmensal = precipitação mensal ao longo do período de estudo; Pmed = precipitação média normal..... | 48 |
| Tabela 3: Visitantes florais de <i>Neoregelia cruenta</i> em um trecho de restinga da Ilha da Marambaia e suas respectivas taxas de visitação durante a estação reprodutiva 2008/2009 e 2009/2010, na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil.....   | 73 |
| Tabela 4: Visitantes florais de <i>V. procera</i> na Ilha da Marambaia e suas respectivas taxas de visitação durante a estação reprodutiva 2008/2009 e 2009/2010, na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil.....  | 80 |

## SUMÁRIO

|       |                            |     |
|-------|----------------------------|-----|
| 1     | INTRODUÇÃO GERAL           | 1   |
| 2     | REVISÃO DE LITERATURA      | 4   |
| 2.1   | A família Bromeliaceae     | 4   |
| 2.2   | Fenologia                  | 6   |
| 2.3   | Ecologia da Polinização    | 9   |
| 3     | ÁREA DE ESTUDO             | 12  |
| 4     | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 20  |
|       | CAPÍTULO I                 | 29  |
| 1.1   | INTRODUÇÃO                 | 29  |
| 1.2   | OBJETIVOS                  | 31  |
| 1.3   | MATERIAIS E MÉTODOS        | 31  |
| 1.4   | RESULTADOS                 | 32  |
| 1.4.1 | Variações climáticas       | 32  |
| 1.4.2 | <i>Neoregelia cruenta</i>  | 33  |
| 1.4.3 | <i>Vriesea procera</i>     | 42  |
| 1.5   | DISCUSSÃO                  | 52  |
| 1.6   | CONCLUSÕES                 | 60  |
| 1.7   | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 61  |
|       | CAPÍTULO II                | 66  |
| 2.1   | INTRODUÇÃO                 | 66  |
| 2.2   | OBJETIVOS                  | 68  |
| 2.3   | MATERIAIS E MÉTODOS        | 68  |
| 2.4   | RESULTADOS                 | 69  |
| 2.5   | DISCUSSÃO                  | 69  |
| 2.6   | CONCLUSÃO                  | 91  |
| 2.7   | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 92  |
| 5     | CONCLUSÕES GERAIS          | 100 |

# 1 INTRODUÇÃO GERAL

A Floresta Atlântica brasileira é uma das áreas prioritárias para a conservação da diversidade biológica do planeta, devido ao seu alto grau de endemismo e elevada taxa de destruição de seus habitats (MYERS *et al.* 2000; MITTERMEIER *et al.*, 2005). Os remanescentes florestais deste bioma abrigam cerca de 20.000 espécies de plantas, entre as quais 40% são consideradas endêmicas. Calcula-se ainda que este domínio abrigue 936 espécies de aves (sendo 148 endêmicas), 263 espécies de mamíferos (71 endêmicos), 306 espécies de répteis (94 endêmicos) e 475 de anfíbios (286 endêmicos) (MITTERMEIER *et al.*, 2005).

Desde a colonização pelos portugueses e espanhóis, a Floresta Atlântica passou por uma longa história de uso intensivo da terra para exportação de produtos, incluindo os ciclos de exploração do pau-brasil, da cana-de-açúcar, do café, do cacau e da pecuária (GALINDO-LEAL & CÂMARA, 2005). Como resultado de um longo processo de degradação, que continua de forma intensa e sistemática, a Floresta Atlântica que ocupava quase toda a costa brasileira foi reduzida a fragmentos de matas cercadas por cidades e áreas agrícolas (RIZZINI, 1983; MORELLATO & HADDAD, 2000).

No estado do Rio de Janeiro os remanescentes florestais deste domínio e seus ecossistemas associados, como restingas e manguezais, somam hoje 861.126 hectares, o que representa 19,59% da área original do bioma no Estado (S.O.S. MATA ATLANTICA, 2010). No entanto, esta área encontra-se dividida em fragmentos de tamanhos e graus de isolamento variados, onde a maioria deles, não possuem dimensões suficientes para manter populações genética e ecologicamente sustentáveis (CÂMARA & COIMBRA-FILHO, 2000; ROCHA *et al.*, 2001).

O litoral sul do Rio de Janeiro possui numerosas ilhas costeiras situadas nas enseadas de Mangaratiba e Paraty, que abrigam habitats de Mata Atlântica em bom estado de conservação (CARVALHO & ARAÚJO, 2004). A Ilha da Marambaia constitui um desses importantes remanescentes de Floresta Atlântica no litoral sul do Estado, que se destaca por apresentar florestas de encosta, com elementos típicos da Serra do Mar e um mosaico vegetacional que recobre as planícies arenosas por cerca de 40 Km de extensão (MENEZES

*et al.*, 2005). A Marambaia juntamente com a Ilha Grande e outras áreas insulares e continentais pertencentes a Paraty, Angra dos Reis, Mangaratiba, Rio Claro e o extremo oeste do município do Rio de Janeiro, formam uma das regiões com maior extensão de floresta contínua e conservada do Estado do Rio de Janeiro, conhecida como Bloco Sul Fluminense (OLIVEIRA, 2010). Outras importantes extensões de florestas contínuas deste bioma estão localizadas no interior do estado, na região serrana, indo desde a Reserva Biológica de Tinguá, passando pelo Parque Nacional da Serra dos Órgãos e indo até o Parque Estadual do Desengano (RAMBALDI *et al.*, 2003).

O conjunto de fitofisionomias que constitui a Floresta Atlântica propiciou uma grande diversidade ambiental o que, por sua vez, deu origem a um complexo biótico de natureza vegetal e animal altamente rico (CAMPANILI & PROCHNOW, 2006). Neste bioma, a família Bromeliaceae está entre as famílias de maior riqueza e diversidade tanto genérica, quanto específica (MARTINELLI *et al.*, 2008) apresentando ainda, um elevado grau de endemismo. Das cerca de 3080 espécies de bromélias conhecidas (LUTHER 2006), aproximadamente 860 espécies ocorrem na Floresta Atlântica, e 84% destas são endêmicas para o bioma (FORZZA *et al.*, 2010).

Na Floresta Atlântica e em seus ecossistemas associados, a família Bromeliaceae é considerada ampliadora da biodiversidade por representar uma importante fonte de recursos para uma rica fauna associada, que encontram em sua complexa arquitetura foliar, uma extensa gama de microhábitats com condições necessárias à sua sobrevivência (ROCHA *et al.*, 1997; 2004).

A família Bromeliaceae apresenta também uma grande variedade de formas, estruturas e recursos florais que durante seu período de floração constituem uma importante fonte de alimento, atraindo uma grande variedade de polinizadores como abelhas, vespas, mariposas, borboletas, beija-flores e morcegos (ROCHA *et al.*, 1997). A maioria dos estudos tem apontado os beija-flores como sendo o principal agente polinizador de Bromeliaceae, no entanto, os registros de polinização por insetos vêm crescendo gradualmente (FISCHER, 1994; SIQUEIRA FILHO, 1998; VARASSIN & SAZIMA, 2000; SIQUEIRA FILHO & LEME, 2002; ROCHA-PESSÔA, 2004; ARAÚJO *et al.*, 2004; MORILLO *et al.*, 2008; NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011).



Estudos sobre a fenologia e polinização da família Bromeliaceae tem revelado valiosas informações sobre o ciclo de vida dessas plantas e a organização espaço-temporal dos recursos disponíveis no ambiente aos animais associados. Em uma comunidade, diferentes espécies de bromélias podem apresentar uma distribuição vertical e horizontal no espaço e um padrão de floração sequencial, o que confere grande importância para a manutenção dos agentes polinizadores na área, pois ofertam recursos para esses animais de maneira temporal e espacialmente abrangente (COGLIATTI-CARVALHO, 2000; MACHADO & SEMIR, 2006). Desta forma, o padrão de floração sequencial observado em alguns estudos (ARAUJO *et al.*, 1994; MACHADO & SEMIR, 2006; COSER, 2008; MARQUES & LEMOS-FILHO, 2008) contribui para a eficiência no sistema de polinização de outras espécies ornitófilas da comunidade (MACHADO, 2000).

A variada oferta de recursos temporal e espacialmente distribuídos na comunidade, aliada a alta riqueza de espécies e alto grau de endemismo, torna a família Bromeliaceae, de suma importância para a conservação da biodiversidade nacional. Compreender de que forma esses recursos (néctar, frutos e outros) estão disponíveis ao longo do ano na comunidade e quais organismos se beneficiam deles, identificando a importância dessas interações, é fundamental para compor estratégias de conservação e manejo dessas espécies, que incluem tanto espécies endêmicas quanto ameaçadas de extinção.

Este estudo visa analisar os padrões fenológicos de *Neoregelia cruenta* e *Vriesea procera* (Bromeliaceae) da Ilha da Marambaia (Mangaratiba/RJ), identificando as diferentes fenofases (floração, frutificação, dispersão e crescimento vegetativo) do ciclo de vida das plantas. Além disso, visa identificar os visitantes florais que utilizam as flores das espécies de Bromeliaceae como fonte de recursos. Para tanto, buscamos responder as seguintes questões:

1. Qual a época de floração, frutificação, dispersão e crescimento vegetativo das espécies de Bromeliaceae estudadas na Ilha da Marambaia?
2. Qual a duração de cada uma das fenofases de cada espécie de Bromeliaceae estudada?
3. Em que grau as fenofases das espécies de Bromeliaceae estudadas da Ilha da Marambaia estão relacionadas com a pluviosidade e a temperatura?

4. Quais os visitantes florais de cada uma das espécies de Bromeliaceae estudadas na Ilha da Marambaia? Existe uma variação interanual na guilda de visitantes florais? Quais podem ser considerados polinizadores e quais são pilhadores de recursos?

A presente dissertação está organizada em dois capítulos. O primeiro capítulo analisa a fenologia de *Neoregelia cruenta* e *Vriesea procera* na Ilha da Marambaia, identificando o período e a extensão das fenofases de floração, frutificação, dispersão e reprodução vegetativa, buscando compreender em que grau as fenofases de floração, frutificação e reprodução vegetativa das plantas estão ajustadas às variáveis ambientais de temperatura e precipitação da área de estudo. O segundo capítulo analisa a guilda de visitantes florais de *Neoregelia cruenta* e *Vriesea procera* na Ilha da Marambaia, identificando a composição, taxas de visitação e variação interanual.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A família Bromeliaceae

A família Bromeliaceae é característica dos neotrópicos, distribuindo-se desde o sul do Texas até a Patagônia. Possui aproximadamente 3.086 espécies distribuídas em 56 gêneros e três subfamílias (LUTHER 2006). Apenas uma única espécie, *Piticairnia feliciana* (A. Chev.) Harms & Mildbr., é encontrada fora do continente americano, na região da Guiné, na África, e provavelmente representa um caso recente de dispersão (MACWILLIAMS, 1974; BENZING, 1980; DAHLGREN *et al.*, 1985).

As bromeliáceas percorreram um longo caminho evolutivo e sua capacidade de adaptação a fatores ambientais muito variáveis permitiu que ocupassem os mais diversos habitats, até mesmo os considerados mais hostis (COSTA *et al.*, 1988), ocorrendo em substratos e nichos dos mais variados tipos (MARTINELLI *et al.*, 2006). Outras, no entanto, tiveram suas populações limitadas a áreas restritas, seja pelas exigências ecofisiológicas por determinadas condições ambientais, ou pelo isolamento geográfico, o que foi determinante

para o elevado grau de endemismo, que é uma característica marcante na família (COSTA *et al.*, 1988).

Esta família tem como um dos seus centros de dispersão o leste brasileiro, sendo encontrada com elevada diversidade e alto grau de endemismo na Floresta Atlântica (SMITH, 1955; REITZ, 1983; FONTOURA *et al.*, 1991), devido à sua alta taxa de especiação sugeridas para esta região e pela exigência por condições microclimáticas particulares (GENTRY & DODSON, 1987). Os outros dois principais centros de diversidade de espécies de Bromeliaceae são os Andes, com extensão para as florestas das encostas baixas andinas (Colômbia e Equador), e o Planalto das Guianas (MARTINELLI *et al.*, 2006).

Nos diversos biomas brasileiros, dados recentes indicam a ocorrência de 1207 espécies de 42 gêneros da família, dos quais 30 gêneros são registrados na Floresta Atlântica, envolvendo aproximadamente 860 espécies (FORZZA *et al.*, 2010). Nove desses gêneros (*Canistrum*, *Nidularium*, *Quesnelia*, *Wittrockia*, *Canistropsis*, *Edmundoa*, *Fernseea*, *Lymania* e *Portea*) e 726 espécies são consideradas endêmicas para o bioma (FORZZA *et al.*, 2010). No domínio da Mata Atlântica, a família Bromeliaceae ocorre na maioria dos ecossistemas e tipos vegetacionais, ocupando todas as faixas de altitude, desde o nível do mar até os extremos altitudinais das regiões montanhosas, nas mais diversas condições climáticas, topográficas e pedológicas (MARTINELLI, *et al.*, 2006). Nestes ambientes, as bromélias se distribuem horizontal e verticalmente no hábitat, contribuindo para o aumento da heterogeneidade ambiental, que somado a outros fatores é responsável pelo aumento e manutenção da diversidade de outros grupos (VARASSIM & SAZIMA, 2000; ROCHA *et al.*, 2004), dentre eles, a de polinizadores.

Esta família constitui uma das mais importantes dentre as monocotiledôneas neotropicais, seja em função da riqueza de espécies, seja por sua capacidade adaptativa em conquistar habitats diversos, ou por disponibilizar recursos para diversas formas de vida, ampliando a biodiversidade local (BENZING, 1980, 2000; ROCHA *et al.*, 2004; MARTINELLI *et al.*, 2006). Estes recursos, que em parte, são proporcionados pela sua arquitetura foliar, incluem moradia, fonte de água e alimentos, local de reprodução, sítio de germinação e refúgio contra predadores ou contra as condições ambientais desfavoráveis encontradas no exterior da planta (LEME *et al.*, 1993; ROCHA *et al.*, 1997).

No entanto, os recursos oferecidos pelas bromélias vão muito além daqueles

produzidos pela sua arquitetura foliar. Suas flores e frutos constituem importante fonte de recurso alimentar (SIQUEIRA-FILHO & MACHADO, 2001; HOELTGEBaum, 2003; ROCHA *et al.*, 2004; KAEHLER & VARASSIN, 2005; LENZI *et al.*, 2006) que atraem variados tipos de visitantes, que ao obter o recurso, podem atuar na polinização e dispersão. Esses recursos têm sido considerados particularmente importantes para determinados grupos de polinizadores. No Sudeste brasileiro, as bromélias representam 30 e 36% das plantas usadas por morcegos e beija flores respectivamente (SAZIMA *et al.*, 1996; SAZIMA *et al.*, 1999). Para outros grupos de visitantes florais, como abelhas e borboletas, as informações ainda são escassas (VARASSIN & SAZIMA, 2000; NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011).

Estudos sobre fenologia e polinização de bromélias realizados nos últimos anos confirmam a importância dessas plantas pela variada cadeia de interações com animais e plantas associados (ARAÚJO *et al.*, 1994; FISCHER, 1994; MARTINELLI, 1997; VARASSIN & SAZIMA, 2000; NARA & WEBBER, 2002; SIQUEIRA-FILHO, 2003; KAEHLER *et al.*, 2005; NEGRELE & MURARO, 2006; MARQUES & LEMOS FILHO, 2008; KAMKE, 2009; SANTANA & MACHADO, 2010; NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011). Tais estudos são fundamentais para se entender a organização da comunidade e como ocorre a disponibilidade de recursos aos polinizadores ao longo do ano (SIQUEIRA-FILHO, 2003, SANTANA & MACHADO, 2010).

## **2.2 Fenologia**

Os estudos sobre fenologia são de grande importância para o conhecimento sobre a dinâmica das comunidades, pois estuda as fases ou atividades do ciclo de vida das espécies vegetais e sua manifestação ao longo de um período de observação, auxiliando em estudos sobre a disponibilidade de recursos florestais (SARAIVA *et al.*, 2010). As fases do ciclo de vida dos vegetais analisados por estudos fenológicos reúnem informações sobre a época e duração da floração, frutificação, dispersão e emissão foliar, e procuram relacionar esses dados a fatores climáticos e ecológicos (ALMEIDA, 2000; PINTO *et al.*, 2005, 2008). A fenologia é, portanto, uma importante ferramenta de estudo que permite não só conhecer o ciclo de vida das plantas, mas compreender a organização temporal e espacial de recursos na comunidade, além de fornecer valiosas informações a respeito da interação animal-plantas em relação à polinização, dispersão e predação de sementes (LIETH, 1974, MORELLATO, 1991;

NEWSTROM, *et al.* 1994).

A fenologia permite também, determinar os ciclos de crescimento e a época correta de coleta de frutos e obtenção de sementes (SARAIVA *et al.*, 2010) e é considerada um dos principais indicadores dos impactos das mudanças climáticas em ecossistemas terrestres (SCHWARTZ, 1999; MENZEL *et al.*, 2006), revelando uma indicação da sensibilidade das espécies vegetais às mudanças climáticas, como por exemplo, através de alterações na época de floração (FITTER & FITTER, 2002; NATÉRCIA, 2006), que trazem consequências para a biodiversidade, interações bióticas, agricultura, entre outras (MENZEL *et al.*, 2006; RUBIM *et al.*, 2010; SARAIVA *et al.*, 2010).

Essas alterações no período de floração podem reduzir as chances de encontro entre polinizadores e as flores, ocorrendo uma dessincronização entre os ciclos das plantas e o dos animais que delas extraem recursos como pólen, néctar e sementes. Assim, os efeitos sobre os ecossistemas como um todo podem ser desastrosos (NATERCIA, 2006). Nos trópicos, a escassez de dados fenológicos de longa duração aliado ao fato de que as estações não são tão bem definidas como ocorre em outras regiões, como por exemplo, em regiões temperadas dificultam este tipo de abordagem (NATERCIA, 2006).

A maior parte dos estudos sobre a fenologia e ecologia reprodutiva de bromeliáceas foi realizado no Brasil, em áreas de cerrado (PEREIRA E QUIRINO, 2008), de campos rupestres (SANTANA & MACHADO, 2010) e remanescentes de floresta atlântica no nordeste do país (SIQUEIRA-FILHO & MACHADO, 2001); na Amazônia Central (NARA & WEBBER, 2002) e em área de Floresta Ombrófila Densa Aluvial no Sul do país (NEGRELLE & MURARO, 2006). No entanto, a maior parte dos trabalhos concentra-se em regiões da Mata Atlântica no sudeste do Brasil (SANTANA & MACHADO, 2010; ROCHA *et al.*, 2011).

A fenologia de Bromeliaceae tem sido estudada tanto a nível específico (NARA & WEBBER, 2002; NEGRELLE & MURARO, 2006; PEREIRA & QUIRINO, 2008; ROCHA-PESSÔA & ROCHA, 2008; NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011) quanto a um nível mais amplo, envolvendo comunidades em diferentes regiões (ARAUJO *et al.*, 1994; MARTINELLI, 1997; SANTOS, 2000; COSER, 2008; MARQUES & LEMOS-FILHO, 2008; SANTANA & MACHADO, 2010). Nos trabalhos que tem focado espécies em particular, os autores fornecem informações mais detalhadas sobre a fenologia de cada uma

das espécies (SIQUEIRA-FILHO, 2003).

Os estudos que abordam a fenologia em nível de comunidades têm revelado diferentes padrões de floração. A floração sequencial ao longo do ano entre diferentes espécies de bromélias foi evidenciada em alguns trabalhos (ARAÚJO *et al.*, 1994; MACHADO & SEMIR, 2006; COSER, 2008; MARQUES & LEMOS-FILHO, 2008), e é apontada como um dos fatores que minimizam a competição por polinizadores e que atuam na manutenção destes na área (MACHADO & SEMIR, 2006). No entanto, este padrão de floração sequencial apresentou-se pouco definido em um estudo sobre a biologia reprodutiva de bromélias em área de Floresta Montana no Rio de Janeiro (MARTINELLI, 1997). Neste estudo, 57% das espécies estudadas apresentaram sincronia de floração convergente nos meses de dezembro a janeiro.

Com relação às estratégias fenológicas identificadas na família, as bromeliáceas podem apresentar três estratégias distintas, baseadas em Gentry (1974): a do tipo disponibilidade regular (ou *steady state*), caracterizada por espécies que apresentam poucas flores em antese por dia, durante um longo período. Esta estratégia foi encontrada em *Canistrum aurantiacum* (SIQUEIRA FILHO & MACHADO, 2001), *Aechmea caudata* (KAMKE, 2009) e *Canistropsis microps* (NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011); cornucópia, quando as plantas produzem um grande número de flores, por um período mais extenso, de até dez semanas, encontrada em *Vriesea philippocoburgii* (MACHADO, 2000); e a floração do tipo explosiva (ou “Big Bang”) no qual um grande número de flores são disponibilizadas por um curto período de tempo, de até três semanas, encontrada em *Neoglaziovia variegata* (PEREIRA E QUIRINO, 2008).

Embora outros padrões de floração, como cornucópia e *big bang* tenham sido registrados em Bromeliaceae, a estratégia *steady state* parece ser a mais comum na família (CANELA & SAZIMA, 2003). Em um estudo sobre a biologia reprodutiva de Bromeliaceae em Floresta Montana do Rio de Janeiro, 80% das espécies estudadas tiveram sua estratégia fenológica classificada como *steady state*, e apenas 20% como cornucópia (MARTINELLI, 1997). Resultado semelhante foi encontrado por Siqueira Filho (2003) em uma área de Floresta Atlântica do nordeste do Brasil, onde 69% das espécies estudadas apresentaram a disponibilidade regular (*steady state*) como estratégia de floração, e apenas 20% e 11% apresentaram a estratégia explosiva e cornucópia, respectivamente. A predominância de

disponibilidade regular garante a oferta de flores por um longo período de tempo o que propicia a oferta de recursos aos polinizadores e um aumento da polinização cruzada (SIQUEIRA-FILHO, 2003).

Muitos estudos indicam que as fenofases das plantas estão correlacionadas não somente a fatores endógenos, mas também a condições ambientais tais como luz, precipitação e temperatura (CRUZ *et al.*, 2006; NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011). Essas correlações são apresentadas em diversos estudos sobre a fenologia e biologia reprodutiva da família Bromeliaceae, sendo destacada a relação entre a floração e a composição da guilda e o comportamento dos visitantes florais. A maioria dos estudos aponta um predomínio da fenofase de floração das espécies na estação chuvosa, como observado por Fischer & Araújo (1995), Martinelli (1997), Lopes (2002), Machado & Semir (2006), Marques & Lemos Filho (2008) e Nunes-Freitas & Rocha (2011). Já a floração em estação seca é menos comum na família, e foi registrada em *Aechmea bromelifolia* (SANTANA & MACHADO, 2010), *Aechmea lamarchei*, *Billbergia amoena*, *Tillandsia geminiflora*, *T. stricta* e *Vriesea bituminosa* (MARQUES & LEMOS FILHO, 2008).

### **2.3 Ecologia da Polinização**

Durante as fenofases de floração e frutificação ocorre uma variada oferta de recursos para animais em uma comunidade. Dentre as principais estruturas que ofertam recursos à fauna estão as flores, que são órgãos de reprodução especializados na produção de diferentes recursos que atraem e recompensam seus visitantes, que ao obter seu alimento, realizam a polinização. Estas interações são fundamentais para a reprodução vegetal e também para os animais que utilizam estes recursos como fonte de alimento, mantendo processos importantes, tais como a manutenção da diversidade biológica (e.g. FONTAINE *et al.*, 2006). Nesse aspecto, a família Bromeliaceae é ricamente variada em formas, cores e recursos que atraem diferentes tipos de polinizadores (BENZING, 1980; GARDNER, 1986; LEME, 1997; ROCHA *et al.*, 2004). As flores das bromeliáceas são importantes fontes de néctar para comunidades animais na Floresta Atlântica e muitos trabalhos apontam o padrão de floração sequencial das bromélias ao longo do ano como um dos fatores principais para a manutenção de polinizadores em determinadas áreas (ARAUJO *et al.*, 1994; FISHER, 1994; VAN SLUYS e STOTZ, 1995; COGLIATTI-CARVALHO, 2000; MACHADO & SEMIR, 2006).

Tanto vertebrados quanto invertebrados são visitantes das flores das bromélias (ROCHA *et al.*, 2004). No entanto, a maior parte dos estudos que tratam da ecologia da polinização de bromélias indica os vertebrados, principalmente os beija-flores, como os principais visitantes e polinizadores das flores das diferentes espécies da família (KESSLER & KROMER, 2000; ALVES *et al.*, 2000; SIQUEIRA FILHO & MACHADO, 2001; KAEHLER *et al.*, 2005; MACHADO & SEMIR, 2006). Características como tamanho, forma, cor, quantidade e concentração de açúcares no néctar na maioria das espécies de bromélias estudadas, aliado a alta sobreposição nas distribuições das famílias Bromeliaceae e Trochilidae, sugerem uma co-evolução entre as duas famílias, levando-se a conclusão de que os beija-flores são seus principais polinizadores (SMITH E DOWNS, 1974; SICK, 1984; FISHER, 1994; SICK, 1997).

Além das espécies visitadas por beija-flores, na família Bromeliaceae são conhecidas espécies visitadas por morcegos (SAZIMA *et al.*, 1989, 1995, MARTINELLI, 1997), por abelhas (GARDNER, 1986; SIQUEIRA FILHO, 1998; ARAÚJO *et al.*, 2004; ROCHA-PESSÔA, 2004; MORILLO *et al.*, 2008; NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011), por borboletas (SIQUEIRA FILHO, 1998; VARASSIN & SAZIMA, 2000), mariposas (SIQUEIRA FILHO & LEME, 2002) e até mesmo, polinizadas por roedores (COCUCCI & SÉRCIC, 1998), revelando uma ampla irradiação adaptativa com relação aos seus polinizadores (VOGEL, 1990; BENZING, 2000).

As abelhas são consideradas os principais agentes polinizadores nas Angiospermas (BAWA, 1990). No entanto, para a família Bromeliaceae, apesar de serem registradas realizando visitas às flores de várias espécies (SIQUEIRA FILHO & MACHADO, 2001; NARA & WEBBER, 2002; ROCHA-PESSÔA, 2004; SANTANA & MACHADO, 2010; NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011), não tem sido atribuída grande importância na polinização, sendo consideradas como visitantes ocasionais e raros ou pilhadoras de recursos. No entanto, Almeida *et al.* (2004) registraram uma maior taxa de visitação (93,3%) de abelhas (*Euglossa* sp., *Apis mellifera scutellata* e *Trigona* sp.) às flores de *Tillandsia stricta* na Restinga de Jurubatiba, corroborando os dados encontrados por Alves *et al.* (2000) que também encontraram alta frequência de visitas por insetos (66%) e baixa para aves (34%) na mesma espécie, apesar desta possuir características para a ornitofilia. É possível que a participação de invertebrados na polinização da família seja maior que atualmente estimada,



mesmo para as espécies cujas flores possuam características para outras síndromes de polinização.

Assim como nos estudos que abordam a fenologia, a maioria dos estudos sobre ecologia da polinização e biologia reprodutiva da família foram realizados na Floresta Atlântica do nordeste, sudeste e sul do país, tanto em nível populacional (VAN SLUYS *et al.*, 2001; SIQUEIRA FILHO & MACHADO, 2001; ROCHA-PESSÔA, 2004; BONATO & MURARO, 2006; PEREIRA & QUIRINO, 2008; ROCHA-PESSÔA & ROCHA, 2008; NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011), quanto da comunidade de bromélias (MARTINELLI, 1997; VARASSIM & SAZIMA, 2000; KAEHLER *et al.*, 2005; MACHADO & SEMIR, 2006; MARQUES & LEMOS FILHO, 2008; SANTANA & MACHADO, 2010) ou de comunidades vegetais das quais as bromeliáceas fazem parte (ARAÚJO, 1996; BUZATO *et al.*, 2000; LOPES, 2002; MACHADO, 2009). Em outras regiões do Brasil foram realizados estudos com espécies ornitófilas de bromeliáceas em área de campo rupestre da Chapada Diamantina, na Bahia (SANTANA & MACHADO, 2001), na Amazônia Central (NARA & WEBBER, 2002) e na Caatinga paraibana (PEREIRA & QUIRINO, 2008).

O número de estudos sobre a fenologia e biologia reprodutiva da família Bromeliaceae tem aumentado nos últimos anos, no entanto, muitos desses estudos têm sido realizados em uma escala temporal curta, que muitas vezes não representa o ciclo reprodutivo das espécies tropicais, que mesmo no caso de plantas herbáceas, pode durar mais do que cinco anos, o que dificulta a compreensão dos efeitos de fatores bióticos e abióticos sobre as populações em longo prazo. Se levarmos ainda em consideração os efeitos das mudanças climáticas globais, é possível que estas estejam modificando a biologia reprodutiva das espécies em ambientes tropicais, alterando seu período de ocorrência, reduzindo a taxa reprodutiva e podendo levar diferentes espécies a extinção devido a essas modificações.

Assim, compreender a fenologia e a biologia reprodutiva das espécies tropicais tem um efeito direto sobre a sua conservação, podendo gerar informações para o seu manejo, evitando que a perda de espécies alcance escalas mais amplas. Dessa forma, os dados sobre a fenologia e polinização da família Bromeliaceae são bastante relevantes considerando sua importância ecológica, sobretudo no contexto do bioma Mata Atlântica, uma vez que as bromélias constituem um importante grupo taxonômico, indicador e ampliador de biodiversidade dentro de um cenário de profundas alterações da paisagem natural.

### 3 ÁREA DE ESTUDO

A Ilha da Marambaia, localizada entre as coordenadas 23° 04' 51" S - 44° 00' 39" W e 23° 03' 48" S - 43° 33' 96" W, situa-se no município de Mangaratiba, no Litoral Sul do Rio de Janeiro (Figura 1). O que convencionamos chamar de “ilha” é, na verdade, a ponta de uma restinga do mesmo nome, que possui aproximadamente 81 km<sup>2</sup> (incluindo ilha e restinga) e, portanto, a Ilha da Marambaia é o trecho de relevo montanhoso pertencente à Restinga da Marambaia (MENEZES, 1996; MENEZES & ARAÚJO, 2005; YABETA e ARRUTI, 2010). Sua porção norte está voltada para a Baía de Sepetiba e sua porção sul é banhada pelo Oceano Atlântico (CONDE et al, 2005).

Entre a Restinga e a Ilha da Marambaia há um trecho alargado e uma baía, formada pela projeção de um esporão arenoso, a Ponta da Pombeba (23°04 S / 43°53 W). A Restinga e a Ilha da Marambaia são separadas do continente pelo canal do Bacalhau, na Barra de Guaratiba, município do Rio de Janeiro (CONDE *et al.*, 2005). É parte integrante da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e está assinalada como pertencente à Área de Proteção Ambiental (APA) de Mangaratiba (CONDE *et al.*, 2005).

Tanto a Restinga quanto a Ilha da Marambaia é ricamente variada em formações vegetais. A diversidade de ambientes encontrados na Restinga da Marambaia está relacionada com os processos de sua formação, que deram, por consequência, origem a diferentes feições geológicas, como dunas, praias, cristas praias, cordões arenosos e depressões intercordões (MENEZES e ARAÚJO, 2005). Os diferentes tipos de vegetação ocorrentes na Restinga da Marambaia variam desde formações herbáceas, passando por formações arbustivas, abertas ou fechadas, chegando a florestas cujo dossel varia em altura, geralmente não ultrapassando os 25 m (MENEZES e ARAÚJO, 2005).

Já na Ilha da Marambaia a vegetação é, em grande parte, dominada por Floresta Ombrófila Densa Submontana, que é substituída por vegetação rupestre apenas nos pontos mais elevados, onde os matacões de rocha estão expostos, como no Pico da Marambaia, ponto culminante da ilha na altitude de 640 m acima do nível do mar (SILVA, 2011). É formada por um mosaico vegetacional onde também são encontradas restingas, manguezais e porções de Floresta Atlântica em diferentes estágios de regeneração. O dossel florestal de um modo geral alcança 12 m de altura, porém árvores emergentes, de até 30 m, são frequentes. A vegetação, embora tenha sofrido interferências diversas, encontra-se relativamente bem preservada,

principalmente na vertente Sul (voltada para o Oceano Atlântico). A vertente voltada para a Baía de Sepetiba sofreu maior desmatamento, em decorrência de povoamento mais intenso, cultivos agrícolas e pastoreio (PEREIRA *et al.*, 1990; MENEZES, 1996; 2005; CONDE *et al.*, 2005). É até hoje a mais passível de distúrbio, especialmente do fogo e da exploração em pequena escala (CONDE *et al.*, 2005).

O clima na região, segundo KÖEPPEN, enquadra-se no macroclima AW (clima tropical chuvoso), com temperaturas do ar típicas das áreas litorâneas tropicais. As médias mensais da temperatura do ar situam-se acima de 20,0°C e a média anual na região alcança 23,7°C, sendo mais alta em fevereiro, com 26,8°C, e menor em julho, com 20,9°C (MENEZES, 1996; MENEZES & ARAÚJO, 2005; MATTOS, 2005). A precipitação média anual é de 1239,7 mm, e praticamente 37% da precipitação anual ocorre no verão, quando o número de dias chuvosos está em torno de 40. Entre novembro e março os índices pluviométricos médios são sempre superiores a 100 mm. Nesta época as precipitações são originárias de nuvens que são formadas geralmente no final do dia, em função do intenso calor comum nesses meses, o que provoca uma grande evaporação da água da superfície. As chuvas são intensas e normalmente de curta duração. O mês de março é o mais chuvoso com 140,6 mm. Os meses de inverno são os mais secos, onde ocorrem apenas 15% da precipitação média anual, distribuída em torno de 21 dias. Em julho e agosto a precipitação média mensal varia de 40 a 55 mm distribuídos por um período de 2 a 4 dias. Por diversos anos já foram registrados valores abaixo de 30 mm nesta época do ano. Na primavera e outono onde o número médio de dias de chuva em cada estação é praticamente igual e em torno de 21, acontecem os 48% restantes do total de precipitação média anual. A relação entre a temperatura do ar e a precipitação na área é demonstrada pelo diagrama ombrotérmico (Figura 2) e caracteriza o clima da região como super-úmido, com pouco ou nenhum déficit hídrico, em função da ausência de mês seco durante o ano (MENEZES, 1996; MENEZES *et al.*, 2005; MATTOS, 2005).

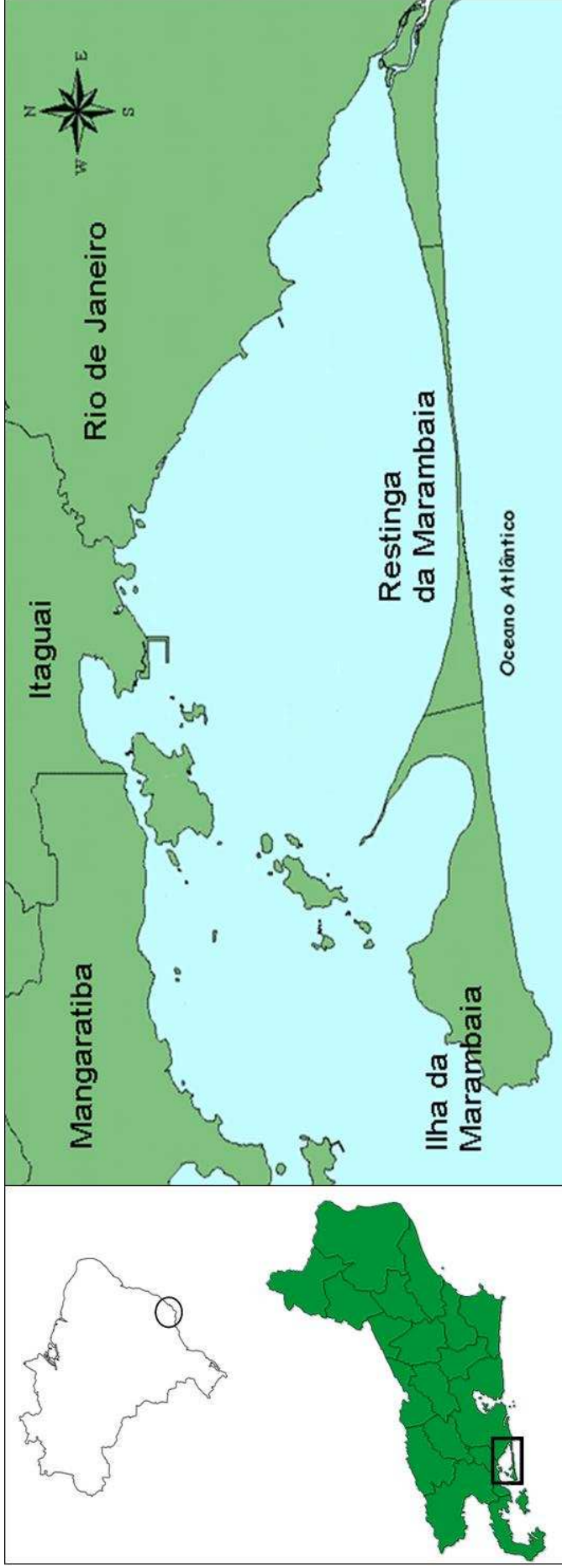


Figura 1: Localização da Ilha da Marambaia em relação ao Estado do Rio de Janeiro e ao Brasil (modificado a partir de SOUZA *et al.*, 2007).

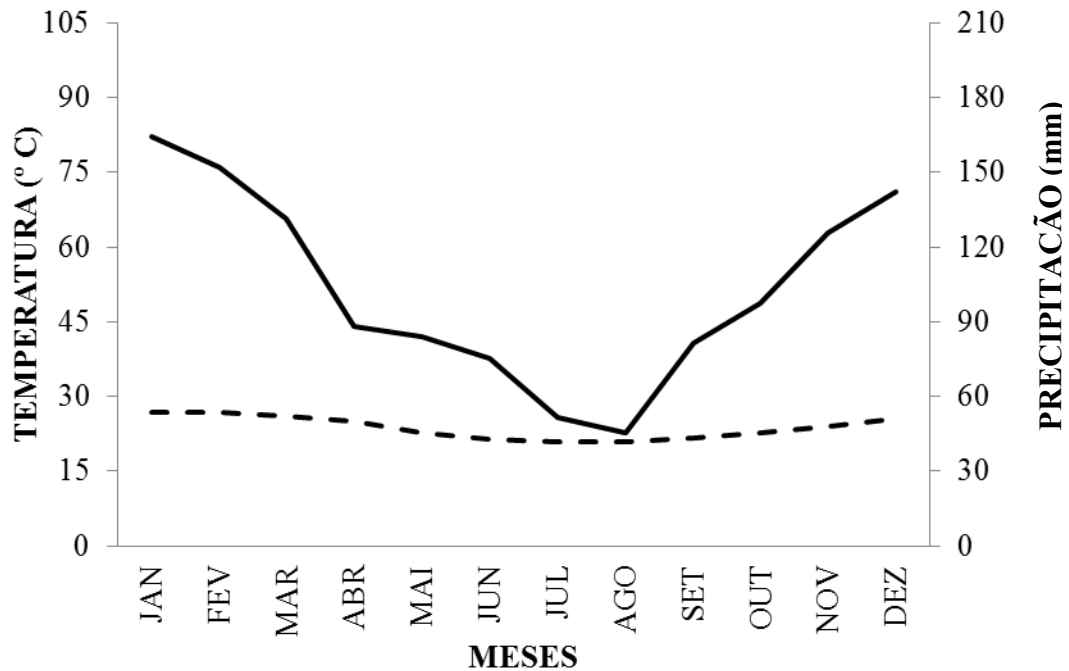


Figura 2: Diagrama Ombrotérmico da Marambaia, Rio de Janeiro. (modificado a partir de MATTOS, 1995). Temperatura média anual: 23,7°; precipitação média anual: 1239,7 mm.

Desde a sua ocupação em 1614 até meados de 1896 a Ilha da Marambaia sofreu interferências de diferentes tipos e intensidades (CONDE et al, 2005). Foi usada como entreposto negreiro até 1888, quando ocorreu a abolição da escravatura. Em 1891 foi vendida à Companhia Promotora de Indústria e Melhoramentos que, em 1896 passou a propriedade ao Banco da República do Brasil (PEREIRA *et al.*, 1990; NÓBREGA *et al.*, 2004; MALERBA e SILVA, 2009). Em 1908 a Marinha do Brasil instalou a Escola de Aprendizes Marinheiros na Marambaia, transferida dois anos depois para o município de Campos do Goytacazes e em 1933, o Exército instalou, na parte arenosa, o que hoje se denomina Campo de Provas da Marambaia (PEREIRA et al., 1990). Com o objetivo de estimular o desenvolvimento de pesquisas biológicas na área, foi assinado no final da década de 80 um convênio entre a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e o CADIM, o qual fornece apoio logístico para a execução das atividades (CONDE et al., 2005). A Ilha da Marambaia pertence hoje a Marinha do Brasil na qual sedia o Centro de Adestramento da Ilha da Marambaia (CADIM). A região abriga uma população descendente de antigos moradores que sobrevivem basicamente da pesca. À leste, em direção à restinga, e a oeste, em direção à ponta da

Marambaia, situam-se as antigas casas de alvenaria que abrigam uma população de cerca de noventa famílias (ARRUTI, 2003).

O trabalho foi realizado em uma área conhecida como Praia Grande (Figura 3), uma pequena área de restinga, localizada na porção oeste da Ilha da Marambaia. A Restinga da Praia Grande é, em sua maior parte, recoberta por uma vegetação arbórea, cujo dossel pode alcançar até 13 metros de altura e em menor parte por trechos dominados por gramíneas e moitas de *Tibouchina* sp. (Melastomataceae) entre os fragmentos arbóreos ou em pequenas clareiras no interior da restinga (OLIVEIRA, 2010). O sub-bosque é pobre em plantas herbáceas, sendo dominado por Bromeliaceae, principalmente por *Vriesea procera* e bromélias do gênero *Neoregelia* e em menor quantidade por *Bromelia antiacantha* (figura 4). Na área de estudo *Bromelia antiacantha* predomina na faixa de vegetação herbáceo-arbustivo (Pós-praia), juntamente com *Sophora tomentosa* (Leguminosae). O solo é bastante arenoso, podendo apresentar-se exposto, recoberto por gramíneas (OLIVEIRA, 2010), principalmente nas áreas de clareiras, ou recoberto por serrapilheira, que em alguns trechos forma uma densa camada sobre o solo de aproximadamente 15 cm, como observado por Menezes & Araújo (2005) em outras áreas de restinga com formação arbórea na Marambaia. Por estar próxima da área urbana da Ilha da Marambaia, que inclui área aberta a visitantes civis e localização de residências quilombolas, esta região apresenta sinais de ação antrópica, como por exemplo, armadilhas de caça e presença de lixo doméstico.

Na Restinga da Praia Grande, as espécies de bromélias com hábito terrestre formam numerosos agrupamentos (touceiras) ao redor de árvores de portes variados, sendo poucos os indivíduos que ocorrem isoladamente (figura 4 a 6). Na área de estudo observa-se um grande número de plântulas de *Vriesea* sp. e *Tillandsia* sp. e, segundo Oliveira (2010), o recrutamento de plântulas e o estabelecimento destas na Restinga da Praia Grande estão sendo favorecidos pela maior oferta de substrato adequado e possivelmente pela incidência de ventos do norte para o sul que podem levar propágulos que se estabelecem mais facilmente na Restinga da Praia Grande por esta ser mais exposta a estes ventos.



Figura 3: Ilha da Marambaia e parte da Restinga da Marambaia. O retângulo vermelho indica a localização da Praia Grande, com destaque para a área de estudo onde os indivíduos foram amostrados e monitorados na Restinga da Praia Grande.



Figura 4: Sub-bosque de um trecho da Restinga da Praia Grande dominado por *Neoregelia* sp. Na área de estudo estas bromélias ocupam preferencialmente o hábito terrestre, formando densas touceiras.

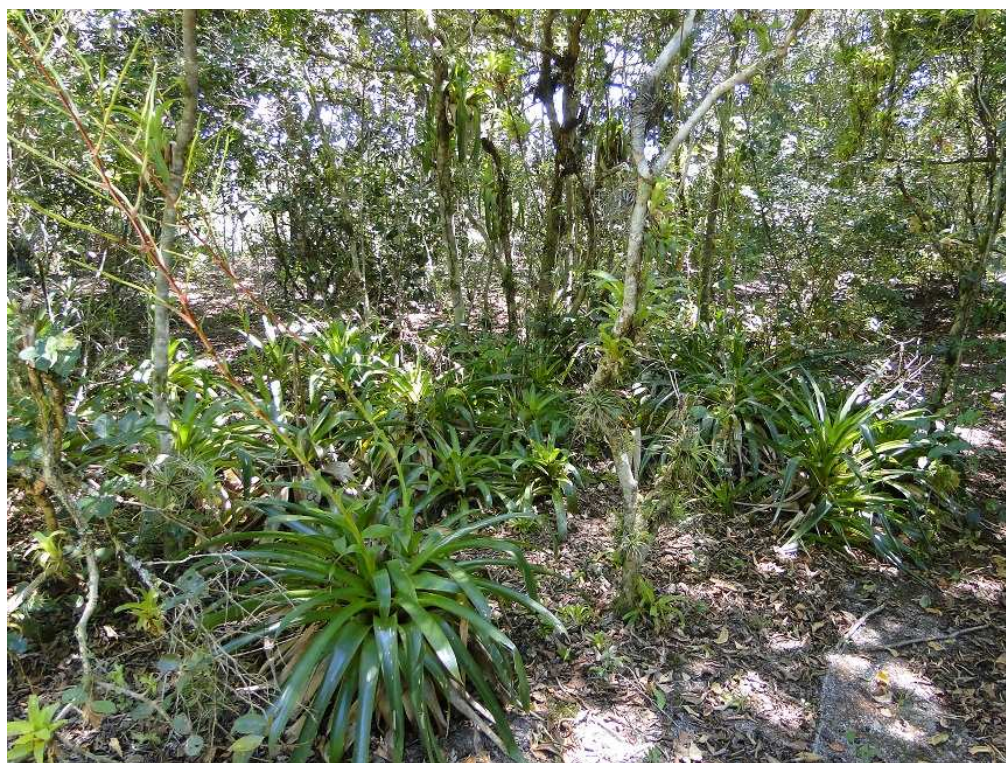


Figura 5: Na área de estudo, *Vriesea procera* forma moitas de indivíduos menos densas, e apresenta-se tanto com hábito epifítico quanto terrestre.





Figura 6: Vista geral da área de estudo na Restinga da Praia Grande, com solo coberto por densa camada de serrapilheira e parcialmente sombreada em função do componente arbóreo. O sub-bosque apresenta-se pobre em espécies herbáceas.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E.M. **Fenologia, distribuição espacial e polinização de duas espécies de *Psychotria* (Rubiaceae) em área de Floresta Atlântica, Rio de Janeiro.** Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000. 113 p.
- ALMEIDA, E.M.; STORNI, A.; RITTER, P.D.; ALVES, M.A.S. Floral visitors of *Tillandsia stricta* Sol. (Bromeliaceae) at Restinga of Jurubatiba, Macaé, Rio de Janeiro, Brazil. **Vidalia**, V. 2, n. 1, p. 30-35, 2004.
- ALVES, M.A.S., ROCHA, C.F.D., VAN SLUYS, M., BERGALLO, H.G. Guildas de beija-flores polinizadores de quatro espécies de Bromeliaceae de Mata Atlântica da Ilha Grande, RJ, Brasil: composição e taxas de visitação. In: **A ornitologia no Brasil: pesquisa atual e perspectivas.** Editora da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p. 171-185, 2000.
- ARAÚJO, A.C., E.A. FISCHER, M. SAZIMA. Floração seqüencial e polinização de três espécies de *Vriesea* (Bromeliaceae) na região da Juréia, Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** V.17, p. 113-118, 1994.
- ARRUTI, J. M. **Relatório Parcial de caracterização da Comunidade negra da Ilha da Marambaia - Relatório preliminar sobre organização social, história e situação legal. Projeto Egbé – Territórios Negros.** KOINONIA – Presença Ecumênica e Serviço, Rio de Janeiro. 40 p., 2002.
- BAWA, S. K. Plant-pollinator interactions in tropical rain forest. **Annu. Rev. Ecol. Syst., Palo Alto**, V. 21, p. 399-422, 1990.
- BENZING, D. H. **The Biology of Bromeliads.** Mad River Press, Cambridge, 1980.
- BENZING, D.H. **Bromeliads - Profile of an adaptative radiation,** Cambridge University Press. New York, 690 p., 2000.
- CÂMARA, I.G., COIMBRA-FILHO, A.F. Proposta para uma política de conservação ambiental para o Estado do RJ. In: **A fauna ameaçada de extinção do Estado do RJ.** Editora da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Eduerj). p. 137-143, 2000.

- FONTAINE, C., DAJOZ, I., MERIGUET, J., LOREAU, M. Functional diversity of plant-pollination interactions webs enhances the persistence of plant communities. **Plos Biology** V.4, n. 1, p. 129-135, 2006.
- CARVALHO, A.L.G., ARAÚJO, A.F.B. Ecologia dos lagartos da ilha da Marambaia, RJ. **Rev. Univ. Rural**, Sér. Ci. Vida. Seropédica, RJ, EDUR. V. 24, n. 2, Jul.-Dez. p.159-165, 2004.
- COGLIATTI-CARVALHO, L., ALMEIDA, D.R., ROCHA, C.F.D. Distribuição vertical, uso de substratos e hábitos das bromeliáceas da Mata Atlântica da Ilha Grande. **Bromélia** V. 7, p. 1-4, 2000.
- COMPONILI, M., PROCHONOW, M. (orgs). **Mata Atlântica – Uma Rede pela floresta**. Brasília: RMA, 2006.
- CONDE, M.M.S.; LIMA, H.R.P.; PEIXOTO, A.L. Aspectos florísticos e vegetacionais da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. *In: História Natural da Marambaia*. Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. p.133-168. 2005.
- COSER, T. S. **Bromeliaceae Juss. dos campos rupestres do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais, Brasil: florística e aspectos fenológicos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. 84 p, 2008.
- COSTA, A.; FONTOURA, T.; WENDT, T. Bromélias do Rio de Janeiro. **Ciência Hoje**, V. 9, n. 49, p 8-9, 1988.
- CRUZ, D. D.; MELLO, A. R.; VAN SLUYS, M. Phenology and floral visitors of two sympatric *Heliconia* species in the Brazilian Atlantic Forest. **Flora**, n. 201, p. 519 -527, 2006.
- DAHLGREN, R.M.; H.T. CLIFFORD; P.E. YEO. **The families of monocotyledons**. Springer-Verlag, Berlin. 529 p., 1985.
- FISCHER, E.A. **Polinização, Fenologia e distribuição Espacial de Bromeliaceae numa comunidade de Mata Atlântica, litoral Sul de São Paulo**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, SP. 83 p., 1994.
- FISCHER, E.A.; ARAUJO, A.C. Spatial organization of a bromeliad community in the Atlantic Rainforest, South-Eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**. V. 11, p. 559—567, 1995.

- FITTER, A. H.; FITTER, R. S. R. Rapid changes in flowering time in British plants. **Science**, n. 296, p. 1689 – 1691, 2002.
- FONTOURA, T.; A. COSTA; T. WENDT. Preliminary checklist of the Bromeliaceae of Rio de Janeiro State, Brazil. **Selbyana**, V.12, p. 5-45, 1991.
- FORZZA, R.C.; COSTA, A.; SIQUEIRA FILHO, J.A.; MARTINELLI, G. Bromeliaceae *in* **Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB000066>), 2010.
- GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. Status do Hotspot Mata Atlântica: uma síntese. *In* **Mata Atlântica: Biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Belo Horizonte. SOS Mata Atlântica / Conservação Internacional Brasil. p. 3-11, 2005.
- GARDNER, C.S. Inferences about pollination in *Tillandsia* (Bromeliaceae). **Selbyana** V. 9, p. 76-87, 1986.
- GENTRY, A.H.; C.H. DODSON. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. **Ann. Missouri Bot. Gard.** V. 74, p. 205-233, 1987.
- GENTRY, A.H. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica**, V. 6, p. 64-68, 1974.
- HOELTGEBAUM, M. P. **Composição florística e distribuição espacial de bromélias epifíticas em diferentes estádios sucessionais da floresta ombrófila densa – Parque Botânico do Morro Baú - Ilhota/SC**. Dissertação de Mestrado – UFSC – Florianópolis – SC. 138 p, 2003.
- KAEHLER, M.; VARASSIN, I.G.; GOLDENBERG, R. Polinização em uma comunidade de bromélias em Floresta Atlântica Alto Montana no Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, V. 28, n. 2, p. 219-228, 2005.
- KAMKE, R. **Polinização por abelhas em *Aechmea caudata* lindm., uma bromélia com características ornitófilas, na ilha de Santa Catarina, sul do Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 44 p., 2009.
- LEME, E.M.C. **Parque da Gleba E**. Carvalho Hosken S.A., Marigo Comunicações Visual, Rio de Janeiro. p.42-54, 1993.

- LEME, E.M.C. **Bromélias da Mata Atlântica – *Canistrum***. Salamandra Consultoria Editorial Ltda, Rio de Janeiro. p.102-107, 1997.
- LENZI, M.; MATOS, J.Z.; ORTH, A.I. Variação morfológica e reprodutiva de *Aechmea lindenni* (E. Morren) Baker var. *lindenni* (Bromeliceae). **Acta bot. Bras.** V. 20, n. 2, p. 487-500, 2006.
- LIETH, H. Introduction to phenology and themodeling of seasonality. *In: Phenology and seasonality modeling Ecological Studies*. Berlin-Springer-Verlag. V. 8, p. 3- 19, 1974.
- LUTHER, H.E. **An alphabetical list of bromeliad binomials**. The Bromeliad Society International. 10ed. The Marie Selby Botanical Gardens. Sarasota, Florida. USA. 116 p, 2006.
- MACHADO, C.G.; SEMIR, J. Fenologia da floração e biologia floral de bromeliáceas ornitófilas de uma área de Mata Atlântica do Sudeste brasileiro. **Revista Bras. Bot.**, V.29, n.1, p. 163-174, 2006.
- MACHADO, C. G. **Distribuição espacial, fenologia e polinização de Bromeliaceae na Mata Atlântica do Alto da Serra de Paranapiacaba, SP**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, 2000. 98 p.
- MALERBA, J.P.; SILVA, S. Resistindo à invisibilidade: batalhas discursivas, jurídicas e midiáticas na Ilha da Marambaia. **Anais do XIV Congresso de Ciências da Comunicação da Região Sudeste**. UFRJ, Rio de Janeiro. p. 16, 2009.
- MARQUES, A. R.; LEMOS FILHO, J. P. Fenologia reprodutiva de espécies de bromélias na Serra da Piedade, MG, Brasil. **Acta bot. Bras.** V. 22, n. 2, p. 417-424, 2008.
- MARTINELLI, G. Biologia reprodutiva de Bromeliaceae na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. *In: Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação em Mata Atlântica*. Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro. p. 213-250, 1997.
- MARTINELLI, G. Manejo de Populações e Comunidades Vegetais: Um Estudo de Caso na Conservação de Bromeliaceae. *In: Biologia da Conservação: Essências*. p. 479 – 503, 2006.
- MARTINELLI, G.; VIEIRA, C.M.; GONZALEZ, M.; LEITMAN, P.; PIRATININGA, A.; COSTA, A.F.; FORZZA, R.C. Bromeliaceae da Mata Atlântica brasileira: lista de espécies, distribuição e conservação. **Rodriguésia**, V. 59, n. 1, p. 209-258, 2008.

McWILLIAMS, E.L. Evolutionary Ecology. *In: Neotrop. Monogr.* Hafner Press, New York. V. 14, p. 1-658, 1974.

MENEZES, L.F.T. **Caracterização de comunidades vegetais praianas da Restinga da Marambaia, R.J.** Dissertação de Mestrado, UFRRJ, 1996, 89p.

MENEZES, L. F. T.; ARAUJO, D. S. D. Formações vegetais da Ilha da Marambaia. *In: História Natural da Marambaia.* Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. p. 67-120, 2005.

MENZEL, A.; SPARKS, T.H.; ESTRELLA, N.; KOCH, E.; AASA, A.; AHAS, R.; ALM-KUBLER, K.; BISSOLLI, P.; BRASLAVSKA, O.; BRIEDE, A.; CHMIELEWSKI, F.M.; CREPINSEK, Z.; CURNEL, Y.; DAHL, A.; DEFI LA, C.; DONNELLY, A.; FILELLA, Y.; JATCZA, K.; MAGE, F.; MESTRE, A.; NORDLI, O.; PENUELAS, J.; PIRINEN, P.; REMISOVA, V.; SCHEIFINGER, H.; STRIZ, M.; SUSNIK, A.; VAN VLIET, A.J.H.; WIELGOLASKI, F.E.; ZACH, S. & ZUST, A. European phenological response to climate change matches the warming pattern. **Global Change Biology**, V. 12, p. 1969-76, 2006.

MITTERMEIER, R. A. et al. **Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions.** 2005, 392 p.

MORELLATO, L.P.C. **Fenologia de árvores, arbustos e lianas em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil.** Tese de doutorado, Universidade de Campinas, Campinas, 1991. 203p.

MORELLATO, L. P. C.; HADDAD, C. F. B. Introduction: the Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, V. 32, n. 4b, p. 786-792, 2000.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B. & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, V. 403, p. 853-858, 2000.

NATERCIA, F. Efeito-estufa adianta a primavera. **Ciência e Cultura**, vol. 58, n. 1. São Paulo. p. 14-15, 2006.

NARA, A. K.; WEBBER, A. C. Biologia floral e polinização de *Aechmea beeriana* (Bromeliaceae) em vegetação de baixio na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, V. 32, n. 4, p. 571 – 588, 2002.

- NEGRELLE, R. R. B.; MURARO, D. Aspectos fenológicos e reprodutivos de *Vriesea incurvata* Gaudich (Bromeliaceae). **Acta Sci. Bio. Sci.** V.28, n.2, p. 95-102, 2006.
- NEWSTRON, L.E.; FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. A new classification of plant phenology based on flowering patterns in lowlands tropical rain forest trees at la Selva, Costa Rica. **Biotropica**, 26: 141-159, 1994.
- NÓBREGA, L. A. Marambaia: imaginário e história. **Revista Universidade Rural: Série Ciências Humanas**, Seropédica, RJ: EDUR, V. 26, n.1-2, p. 115-123, 2004.
- NUNES-FREITAS, A.F.; ROCHA, C. F. D. Reproductive phenology and flower visitor's guild of *Canistropsis microps* (Bromeliaceae) in an Atlantic Rainforest of south-eastern Brazil. **Journal of Natural History**. 2011, 29 p.
- OLIVEIRA, W. F. **Estrutura da taxocenose de Bromeliaceae em duas áreas de restinga da Ilha da Marambaia, Baía de Sepetiba, RJ**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010. 98 p.
- PEREIRA, L. A.; XEREZ, R.; PEREIRA, A. M. C. Ilha da Marambaia (baía de Sepetiba, RJ): resumo fisiográfico, histórico e importância ecológica atual. **Ciência e Cultura**, V. 42, p. 384-389, 1990.
- PEREIRA, F. R. L.; QUIRINO, Z. G. M. Fenologia e biologia floral de *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae) na caatinga paraibana. **Rodriguésia**, V. 59, n. 4, p. 835-844, 2008.
- PINTO, A. M.; MORELLATO, L.P.C.; BARBOSA, A.P. Fenologia reprodutiva de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (Fabaceae) em duas áreas de floresta na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, V. 38, n. 4, p. 643 – 650, 2008.
- PINTO, A. M.; RIBEIRO, R.J.; ALENCAR, J.C.; BARBOSA, A.P. Fenologia de *Simarouba amara* Aubl. na reserva florestal Adolpho Ducke, Manaus, AM. **Acta Amazonica**. V. 35, n. 3, p. 347 – 352, 2005.
- RAMBALDI, D.M. **A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: CNRBMA, 2003, 61p.
- REITZ, R. Bromeliáceas e a malária-bromélia endêmica. *In: Flora Ilustrada Catarinense*. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, p. 1-559, 1983.

- RIZZINI, C.T. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**. V.25, n.1, p.3-64, 1983.
- ROCHA, C.F.D. *et al.* Bromélias: Amplificadoras da Biodiversidade. **Bromélia**, V. 4, n. 4, p. 7-10, 1997.
- ROCHA, C.F.D.; VAN SLUYS, M.; ALVES, M.A. & BERGALLO, H.G. **Corredores de vegetação e sua importância em propostas de reflorestamento no Estado do Rio de Janeiro**. IQM-verde, Fundação Cide, Centro de Informações e dados do Rio de Janeiro. 2001. CD-Rom.
- ROCHA, C.F.D. *et al.* Conservando uma larga porção da diversidade biológica através da conservação de Bromeliaceae. **Vidália**, V. 2, n. 1, p. 52-68, 2004.
- ROCHA-PESSÔA, T. C. **Ecologia de *Pitcairnia flammea* Lindley (Bromeliaceae: Pitcairnioidea) em uma área insular de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2004. 69 p.
- ROCHA-PESSÔA, T. C.; ROCHA, C. F. D. Reproductive cycle of *Pitcairnia flammea* Lindl. (Bromeliaceae/Pitcairnioideae) in an insular Atlantic rainforest area in southeastern Brazil. **Flora**, V. 203, p. 229 – 233, 2008.
- RUBIM, P.; NASCIMENTO, H.E.M.; MORELLATO, L.P.C. Variações Interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Acta bot. bras.** V. 24, n. 3, p. 756-764, 2010.
- SANTANA, C. S.; MACHADO, C. G. Fenologia de floração e polinização de espécies ornitófilas de bromeliáceas em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, BA, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, V.33, n.3, p. 469-477, 2010.
- SARAIVA, S.C.; NASCIMENTO, M.H.E.; SOUZA, C.A.S.; BENTOS, T.V. Fenologia de uma comunidade arbórea da Amazônia Central como ferramenta para conservação. **Anais do I Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia**, 2010. 8p.
- SAZIMA, I., BUZATO, S. & SAZIMA, M. An assemblage of hummingbird pollinated flowers in a Montane Forest of southeastern Brazil. **Botanica Acta** V. 109:149-160, 1996.



- SAZIMA, M., BUZATO, S.; SAZIMA, I. Bat-pollinated flower assemblages and bat visitors at two Atlantic Forest sites in Brazil. **Annals of Botany**, V. 83, p. 705-712, 1999.
- SCHWARTZ, M. D. Advancing to full bloom: planning phenological research for the 21st century. **International Journal of Biometeorology**, V.42, p.113-118, 1999.
- SICK, H. **Ornitologia brasileira, uma introdução**. Brasília, Ed Universidade de Brasília. Vol. 1, 1984.
- SICK, H. **Ornitologia brasileira**. Ed. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1997.
- SIQUEIRA-FILHO, J.A. **Fenologia da floração, ecologia da polinização e conservação de Bromeliaceae na Floresta Atlântica Nordestina**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, 2003. 144 pp.
- SIQUEIRA FILHO, J. A.; MACHADO, I. C. S. Biologia reprodutiva de *Canistrum aurantiacum* E. Morren (Bromeliaceae) em remanescente da Floresta Atlântica, Nordeste do Brasil. **Acta bot. Bras**, V. 15, n. 3, p. 427 – 443, 2001.
- SMITH, L. B. The Bromeliaceae of Brazil. **Smithsonian Miscellaneous Collections**, V. 126, n. 1, p. 1-290, 1955.
- SMITH, L.B.; DOWNS, R.J. Pitcairnioideae (Bromeliaceae). **Flora Neotropica, Monographics 14**. Part I, Hafner Press, New York, 1974.
- S.O.S. MATA ATLANTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica período 2008-2010: dados parciais dos estados avaliados até maio de 2010**. São Paulo, 2010. Acessado em 20 de Fevereiro de 2011. Disponível em: <http://www.sosmatatlantica.org.br/index.php?section=atlas&action=atlas>
- SOUZA, M.C.; MORIM, M.P.; CONDE, M. M. S.; MENEZES L. F. T. Subtribo Myrciinae O. Berg (Myrtaceae) na Restinga da Marambaia, RJ, Brasil. **Acta Bot. Bras**. V.21, n. 1, 2007.
- VAN SLUYS, M.; STOTZ, D.F. Padrões de visitação a *Vriesea neoglutinosa* por beija-flores no Espírito Santo, sudeste do Brasil. **Bromelia**, V. 2, p. 27-35, 1995.
- VARASSIM, I.G. & SAZIMA, M. Recursos de Bromeliaceae utilizados por beija-flores e borboletas em Mata Atlântica no Sudeste do Brasil. **Bol. Mus. Biol. Mello Leitão**, V. 11/12, p. 57-70, 2000.

YABETA, D.; ARRUTI, J.M. A Ilha da Marambaia no pós-abolição. **Anais do XIV Encontro Regional da AMPUH-RIO – Memória e Patrimônio**. UNIRIO, Rio de Janeiro. p.7.2010.

## CAPÍTULO I

### FENOLOGIA DE *Neoregelia Cruenta* (Graham) L.B. Smith e *Vriesea procera* (Mart. ex Schult. & Schult.f.) Wittm. (BROMELIACEAE) NA ILHA DA MARAMBAIA.

#### 1.1 INTRODUÇÃO

Estudos sobre a fenologia de uma espécie reúnem informações sobre o seu estabelecimento, períodos de crescimento, reprodução e a disponibilidade de recursos alimentares (MORELLATO & LEITÃO FILHO, 1992). No caso dos vegetais, a fenologia diz respeito ao período e à duração da floração, da frutificação e da emissão foliar (ALMEIDA, 2000).

O ciclo fenológico de uma espécie vegetal pode estar relacionado a dois fatores distintos, que podem atuar conjuntamente, definindo o padrão fenológico de uma espécie: o primeiro diz respeito às diferentes relações entre animais e plantas (ALMEIDA, 2000), enquanto o segundo enfoca as respostas de uma espécie vegetal aos fatores ambientais (LENNARTSSON, 1997). Esses dois fatores podem levar diferentes populações de uma mesma espécie a apresentar variações no seu padrão fenológico devido a características fixadas geneticamente como resultado de variações das condições ambientais locais e das interações (TURESSON, 1922).

Alguns estudos reforçam a ideia de que os padrões fenológicos de diferentes espécies podem estar ajustados à dinâmica da fauna associada, especialmente devido aos diferentes tipos de interações existentes entre os vegetais e os animais. Assim, os ciclos de floração e de frutificação de uma espécie podem estar relacionados à dinâmica dos herbívoros (JANZEN, 1967; HOWE & PRIMACK, 1975; FEISINGER *et al.*, 1985; BAWA, 1990; MORELLATO & LEITÃO FILHO, 1992, GALETTI & PIZO, 1996), à maximização da polinização (AUGSPURGER, 1980, 1981) e à redução da competição por polinizadores e dispersores (JANZEN, 1967; WASER 1978a, 1978b; ZIMMERMAN, 1980; RATHCKE, 1983; BORCHET, 1983). Isso pode levar, em uma comunidade vegetal a estabelecer um padrão de floração seqüencial entre as diferentes espécies, especialmente naquelas que são congênicas, reduzindo a competição por polinizadores (SNOW, 1965; GENTRY, 1974; STILES, 1975;

GRANJA e BARROS, 1992; ARAÚJO *et al.*, 1994; POULIN *et al.*, 1999). Este padrão fenológico na comunidade foi observado em estudos com a família Bromeliaceae, sendo considerada uma importante fonte de recurso ao longo do ano para animais na comunidade (ARAÚJO *et al.*, 1994; FISHER, 1994; VAN SLUYS e STOTZ, 1995; COGLIATTI-CARVALHO, 2000; MACHADO & SEMIR, 2006). Da mesma forma, os padrões de frutificação da comunidade também podem fortemente influenciados por dispersores e por predadores (SNOW, 1965; MORELLATO & LEITÃO FILHO, 1992).

Dessa forma, um conjunto de fatores pode influenciar a fenologia de floração e de frutificação das espécies vegetais, estabelecendo padrões para uma população e dentro de uma comunidade. Como diversas espécies animais dependem dos vegetais como fonte de recursos (HERRERA, 1984; CAMPBELL, 1985; WHITAKER, 1987; BIZERRIL & GASTAL, 1997; HERNANDEZ CONRIQUE *et al.*, 1997; CORLETT & LAFRANKIE, 1998; ALMEIDA, 2000), compreender o padrão fenológico de uma espécie vegetal é um aspecto importante para auxiliar a compreensão da dinâmica de populações animais relacionadas a estas plantas (ALMEIDA, 2000).

O estudo de fenologia em bromélias constitui um importante objeto de pesquisa, uma vez que fornece valiosas informações a respeito da organização espaço-temporal dos recursos alimentares disponíveis na comunidade e da dinâmica das interações animal X planta dentro de um ecossistema. Em uma comunidade, as diferentes espécies de bromélias podem apresentar uma distribuição vertical e horizontal no espaço e um padrão de floração seqüencial, o que confere grande importância para a manutenção dos agentes polinizadores na área, pois ofertam recursos para esses animais de maneira temporal e espacialmente abrangente (COGLIATTI-CARVALHO, 2000; MACHADO & SEMIR, 2006). Sendo assim, compreender a fenologia das bromeliáceas e a organização e distribuição dos recursos aos polinizadores permitem não só o entendimento dos processos reprodutivos das plantas, mas também, padrões de interação com a fauna associada. Este capítulo visa analisar os padrões fenológicos de duas espécies de Bromeliaceae em uma área de restinga da Ilha da Marambaia.

## 1.2 OBJETIVOS

Analisar a fenologia da floração e frutificação e a reprodução vegetativa de *Neoregelia cruenta* (Graham) L.B. Smith e *Vriesea procera* (Mart. Ex Schult. & Schult.f.) Wittm. na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro, identificando o período e a extensão das fenofases reprodutivas (floração, frutificação e reprodução vegetativa), relacionando a ocorrência dessas fenofases à diferentes variáveis ambientais da área de estudo. Para tanto, buscamos responder as seguintes questões:

I – Qual a época e a extensão das fenofases de floração, frutificação, dispersão e reprodução vegetativa de *Neoregelia cruenta* e *Vriesea procera* na Ilha da Marambaia.

II – As fenofases de floração, frutificação e reprodução vegetativa dessas espécies estão ajustadas às variáveis ambientais de temperatura e precipitação da área de estudo?

## 1.3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para estudarmos a fenologia de *N. cruenta* e *V. procera* na Ilha da Marambaia, foram selecionados 80 indivíduos (rosetas) de *N. cruenta* e 50 indivíduos (rosetas) de *V. procera*, que foram marcados e numerados com etiquetas plásticas. Cada indivíduo selecionado encontrava-se em touceiras distintas e distanciando um do outro por cerca de cinco metros. Mensalmente, cada indivíduo foi vistoriado para verificarmos o estado fenológico em que se encontrava: não-reprodutivo, em flor, em fruto e com frutos dispersos. As observações das fenofases de *N. cruenta* foram realizadas mensalmente de Setembro de 2007 a Setembro de 2010, e as observações das fenofases de *V. procera* ocorreram de Janeiro de 2008 a Dezembro de 2010.

Neste estudo, o início do período reprodutivo de *N. cruenta* e *V. procera* foi caracterizado através do início do desenvolvimento do escapo da inflorescência e o consequente alargamento do tanque central formado pelas bainhas foliares. A fenofase de floração foi determinada a partir do momento no qual as primeiras flores formadas iniciaram a antese (Figura 9 A e B) e a frutificação foi caracterizada a partir da observação das modificações do ovário da flor, que quando fecundadas, torna-se entumescido e com alterações em sua coloração (Figura 10 A e B). Os frutos foram considerados maduros quando tornavam-se vermelhos e com suculentos em *N. cruenta* ou quando as cápsulas de *V. procera*

estavam secas e na eminência de se abrir. O início da dispersão foi determinado a partir do momento em que as primeiras bagas foram retiradas da infrutescência, no caso de *N. cruenta*, e quando as primeiras cápsulas se tornaram deiscentes em *V. procera*. A reprodução vegetativa foi evidenciada mediante o surgimento e contagem de brotos laterais ligados à planta-mãe, aqui considerados como os indivíduos marcados para o estudo de fenologia.

A época reprodutiva de cada uma das espécies foi caracterizada através da identificação das datas do ano em que ocorrem a floração, a frutificação e a dispersão de frutos através da frequência de cada fenofase ao longo dos meses e a eventual existência de um pico de atividade reprodutiva. A taxa mensal de cada fenofase foi obtida através da divisão do número de indivíduos marcados na determinada fenofase pelo número total de indivíduos marcados na população. Para não subestimarmos a taxa mensal de cada fenofase, retiramos o número cumulativo mensal de indivíduos mortos e o número de indivíduos reprodutivos na estação reprodutiva do ano anterior (NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011).

Para verificar possíveis relações entre as taxas mensais de cada uma das fenofases e as variáveis climáticas (médias mensais e históricas de precipitação e temperatura), realizamos o teste de correlação de Pearson (ZAR, 1999). Para as variáveis climáticas foram utilizadas médias mensais de temperatura mínima, temperatura máxima e precipitação mensal (dados cedidos pelo INMET) e dados históricos de temperatura média e precipitação para o período de 1986-1998 (MATTOS 2005). Para verificar a existência de uma possível resposta fenológica atrasada à determinada variável ambiental (MARQUES *et al.*, 2004), verificou-se também a relação entre as fenofases e as variáveis climáticas do mês anterior ao evento fenológico, representados por Lag-1.

## **1.4 RESULTADOS**

### **1.4.1 Variações climáticas**

As variáveis ambientais de temperatura e precipitação foram maiores nos meses de outubro a abril e comparativamente menores de maio a setembro. A temperatura apresentou valores relativamente constantes entre as estações reprodutivas, não apresentando grandes variações entre os meses. A precipitação na área de estudo variou mensalmente, sendo que as maiores precipitações ocorreram nos meses de dezembro/2009 (319,1 mm) e abril/2010

(331,2 mm) e as menores nos meses de Julho/2008 (15,4 mm) e agosto/2010 (22,6 mm) (Figura 7 A e B).

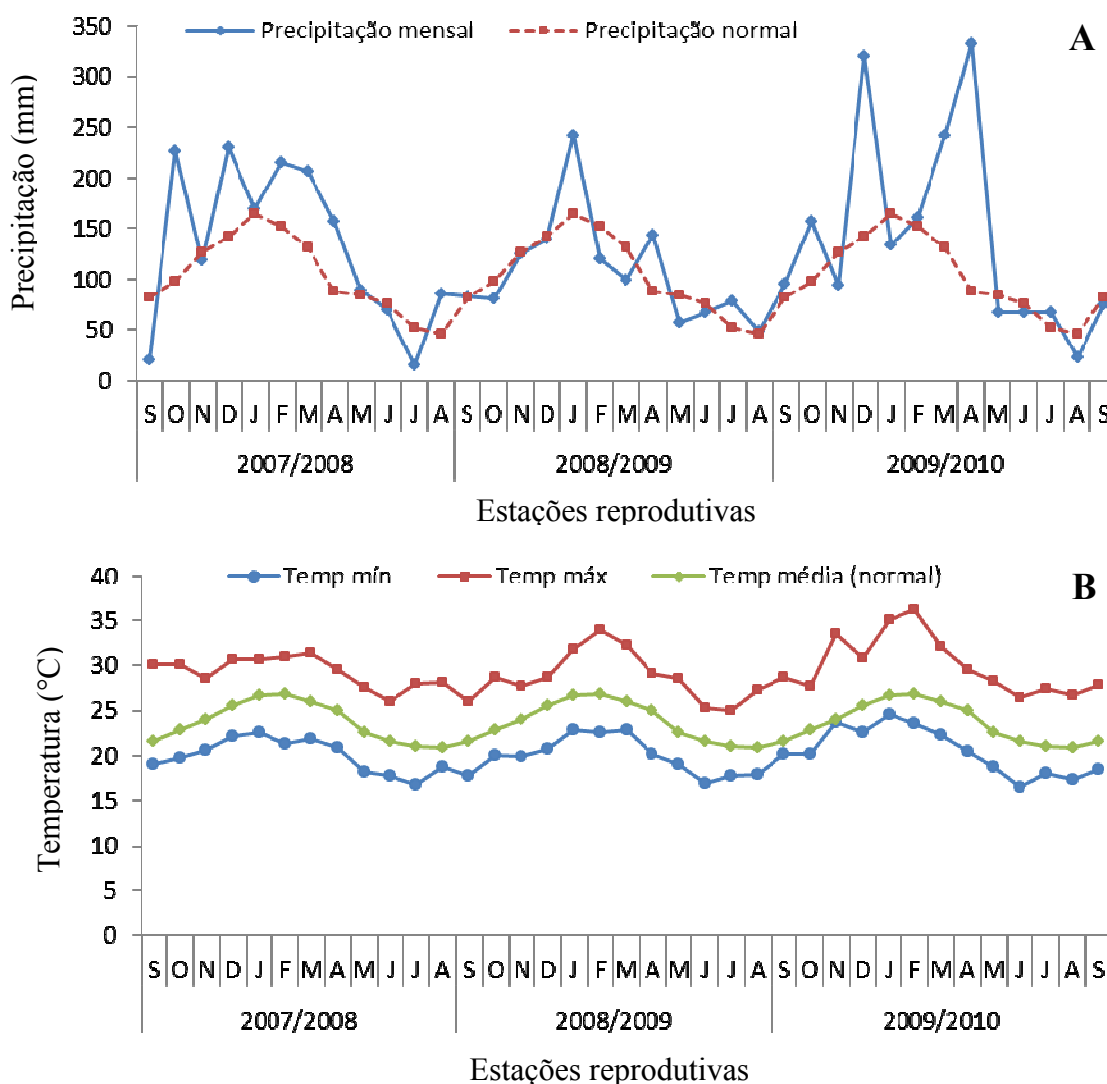


Figura 7: Variação da pluviosidade média mensal durante o período de estudo e pluviosidade normal durante o período de 1986-1998 (em mm) (A) e das temperaturas mínima e máxima durante o período de estudo e temperatura normal de 1986-1998 (em °C) (B) na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro.

#### 1.4.2 *Neoregelia cruenta*

A emissão do escape de *N. cruenta* iniciou no mês de outubro, nas três estações reprodutivas estudadas (2007/2008, 2008/2009 e 2009/2010) e cerca de trinta dias após o

desenvolvimento do escapo, teve início a floração propriamente dita. A época e a extensão da fenofase de floração de *N. cruenta* observada ao longo das três estações reprodutivas sofreram poucas variações, sendo a estação reprodutiva 2009/2010 a que mais se diferenciou, apresentando a menor extensão desta fenofase (quatro meses) (Figura 8).

A floração de *N. cruenta* na Ilha da Marambaia ocorreu, de forma geral, entre os meses de novembro a abril, coincidindo com o período chuvoso na região. O número de indivíduos de *N. cruenta* em floração variou entre os meses do período de floração ( $N_{\min} = 2$ ;  $N_{\max} = 22$ ) e o número total de indivíduos em floração também variou entre as estações reprodutivas ( $N_{\min}$  na estação de 2009/2010 = 16;  $N_{\max}$  na estação de 2007/2008 = 22). Na estação reprodutiva de 2007/2008, *N. cruenta* floresceu de novembro à abril, sendo os meses de fevereiro e março caracterizados como o pico de atividade de floração nesta estação reprodutiva, onde 44% dos indivíduos encontrava-se em floração. Já na estação reprodutiva de 2008/2009, a floração ocorreu de outubro a abril, sendo os meses de novembro e dezembro considerados como o pico de floração, com 30,4% e 31,8% dos indivíduos em floração, respectivamente. Já na estação de 2009/2010, a extensão da floração foi mais curta, ocorrendo de novembro a fevereiro. O maior número de indivíduos em floração nesta estação reprodutiva (26,2 %) foi observado no mês de Janeiro. A determinação de um período regular de pico de atividade de floração para a espécie na área apresentou-se pouco definido durante o estudo, pois ocorreu em meses diferentes nas três estações reprodutivas (Figura 8).

Cada indivíduo de *N. cruenta* pode produzir flores por cerca de quatro meses. No entanto, o número de flores abertas por dia pode ser considerado baixo ( $2,4 \pm 0,96$ ,  $N = 10$ ;  $\min = 1$ ;  $\max = 4$ ), sendo comuns, intervalos de dois a três dias durante a floração, em que não se observam flores em antese em alguns indivíduos.

O início da fenofase de frutificação ocorreu entre os meses de dezembro e novembro (Figura 8) e, em geral, esta fenofase durou cerca de seis meses, ocorrendo sobreposição de floração e frutificação em todas as estações estudadas. Desta forma, foi possível observar ao mesmo tempo e no mesmo indivíduo, flores e frutos em formação ou maduros. À medida que os frutos se desenvolvem, tornam-se vermelhos e aumentam de tamanho (figura 10 A e B). A frutificação de *N. cruenta* na Ilha da Marambaia apresentou período e extensão variáveis ao longo das estações, mas de uma forma geral, coincidindo com o final do período chuvoso na região, estando a maior parte dos frutos maduros no início da estação seca, quando começa a



dispersão. O número de indivíduos de *N. cruenta* em frutificação variou entre os meses do período desta fenofase ( $N_{\min} = 1$ ;  $N_{\max} = 19$ ) e o número total de indivíduos em frutificação variou entre as estações reprodutivas ( $N_{\min}$  na estação de 2008/2009 e 2009/2010 = 16;  $N_{\max}$  na estação de 2007/2008 = 22). Na estação reprodutiva 2007/2008 *N. cruenta* frutificou de dezembro à maio, sendo o mês de abril, o período em que se observou o maior número de indivíduos em frutificação (38%). Na estação reprodutiva 2008/2009 a frutificação ocorreu de novembro a junho, com a maioria dos indivíduos frutificando em março (28%). Já no período reprodutivo 2009/2010, *N. cruenta* frutificou de novembro a março, e apresentou um pico de atividade desta fenofase em fevereiro, onde 26,2 % dos indivíduos encontravam-se em frutificação (Figura 8).

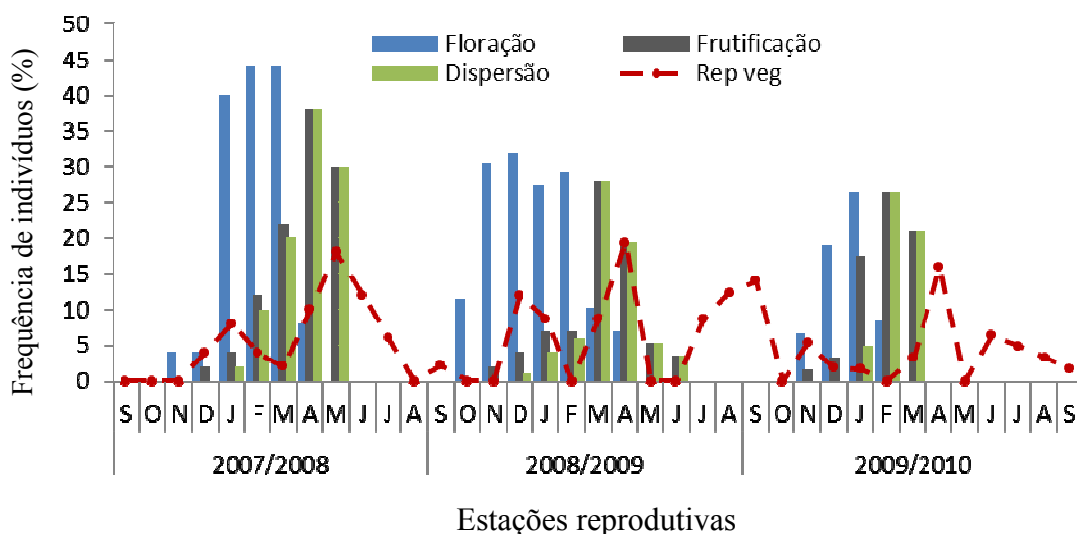


Figura 8: Fenodinâmica reprodutiva de *Neoregelia cruenta* na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro (n = 80 indivíduos).



Figura 9: Indivíduo em floração (A) e detalhe aproximado da flor (B) de *Neoregelia cruenta* amostrada na área da Praia Grande, na Ilha da Marambaia, RJ.



Figura 10: Indivíduos de *Neoregelia cruenta* com frutos em formação (A) e já formados (B), amostrados na área da Praia Grande, na Ilha da Marambaia, RJ.

A dispersão dos frutos de *N. cruenta* ocorreu de janeiro à maio na estação reprodutiva 2007/2008 e o maior número de indivíduos registrados dispersando seus frutos (38%) ocorreu em abril. Sendo assim, ainda durante a fenofase de frutificação tem início a dispersão dos frutos maduros. Na estação reprodutiva 2008/2009 a dispersão dos frutos ocorreu de março a junho e o maior número de indivíduos nesta fenofase foi observado em março (28%), sendo possível neste mês registrar indivíduos que apresentavam as últimas flores em antese, flores fecundadas com frutos em desenvolvimento, frutos maduros e em dispersão. Na estação reprodutiva 2009/2010 a dispersão ocorreu de janeiro à março com um maior número de indivíduos dispersando frutos em Fevereiro (26,2%).

A reprodução vegetativa de *N. cruenta* através da emissão de brotos laterais variou de um a quatro brotos por indivíduo durante o seu ciclo de vida. Não foi observado neste estudo um período do ano em que ocorre a reprodução vegetativa, uma vez que os indivíduos da população estudada produziam brotos ao longo de todo o ano (Figura 8).

As correlações entre as variáveis ambientais e a frequência de indivíduos em floração e frutificação revelaram que diferentes variáveis ambientais afetaram significativamente estas fenofases, enquanto que nenhuma das variáveis explicou de forma significativa a reprodução vegetativa (Tabela 1).

A fenofase de floração esteve significativamente correlacionada com a temperatura média normal ( $r = 0,709$ ;  $p < 0,001$ ) e a precipitação média normal (valores normais) ( $r = 0,707$ ;  $p < 0,001$ ) (Tabela 1; Figuras 11<sup>a</sup> e B). As outras variáveis ambientais (temperatura máxima, temperatura mínima, precipitação mensal, temperatura mínima lag-1 e precipitação mensal lag-1, também apresentaram uma correlação positiva e significativa, no entanto estas variáveis explicaram pouco esta relação ( $r \leq 0,5$ ) (Tabela 1).

A frequência de indivíduos em frutificação esteve positiva e significativamente correlacionada com a temperatura mínima lag -1 ( $r = 0,629$ ;  $p < 0,001$ ) e a temperatura máxima lag-1 ( $r = 0,659$ ;  $p < 0,001$ ) (Figuras 12<sup>a</sup> e B). A frutificação esteve significativamente correlacionada também com a temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média (valores normais) e precipitação mensal lag-1 (Tabela 1;  $r < 0,5$ ). As variáveis precipitação mensal e média normal não estiveram correlacionadas com a frutificação (Tabela 1). Não houve correlação significativa entre quaisquer das variáveis ambientais e a reprodução vegetativa de *N. cruenta* ( $p > 0,05$ ) (Tabela 1).

Tabela 1: Resultados das correlações entre as fases reprodutivas de *N. cruenta* e as variáveis climáticas da região onde se localiza a área de estudo. Os valores “normais” das variáveis climáticas referem-se as médias normais climatológicas da região durante o período de 1986-1998 (MATOS 2005). Tmax = temperatura máxima; Tmin = temperatura mínima; Tmed (normal) = temperatura média normal; Precip mensal = precipitação mensal durante o período de estudo; Precip med (normal) = precipitação média normal; Tmin (lag-1), Tmáx (lag-1) e Precip mensal (lag-1) = dados do mês anterior.

### VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

|                     | Tmáx               | Tmin               | Tmédia<br>(normal) | Precip mensal<br>(normal) | Precip méd<br>(normal) | Tmín<br>(Lag -1) | Tmáx<br>(Lag -1) | Precip mensal<br>(Lag -1) |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|------------------------|------------------|------------------|---------------------------|
| <b>FENOFASES</b>    |                    |                    |                    |                           |                        |                  |                  |                           |
|                     | <b>r = 0,474</b>   | <b>r = 0,572</b>   | <b>r = 0,709</b>   | <b>r = 0,400</b>          | <b>r = 0,707</b>       | <b>r = 0,485</b> | <b>r = 0,286</b> | <b>r = 0,431</b>          |
| <b>FLORAÇÃO</b>     | <b>p = 0,002</b>   | <b>p = 0,000</b>   | <b>p = 0,000</b>   | <b>p = 0,012</b>          | <b>p = 0,000</b>       | <b>p = 0,002</b> | <b>p = 0,073</b> | <b>p = 0,005</b>          |
|                     | <b>r = 0,461</b>   | <b>r = 0,403</b>   | <b>r = 0,475</b>   | <b>r = 0,200</b>          | <b>r = 0,260</b>       | <b>r = 0,629</b> | <b>r = 0,659</b> | <b>r = 0,367</b>          |
| <b>FRUTIFICAÇÃO</b> | <b>p = 0,003</b>   | <b>p = 0,011</b>   | <b>p = 0,002</b>   | <b>p = 0,222</b>          | <b>p = 0,106</b>       | <b>p = 0,000</b> | <b>p = 0,000</b> | <b>p = 0,020</b>          |
|                     | <b>r = - 0,147</b> | <b>r = - 0,073</b> | <b>r = - 0,001</b> | <b>r = 0,096</b>          | <b>r = - 0,184</b>     | <b>r = 0,098</b> | <b>r = 0,005</b> | <b>r = 0,040</b>          |
| <b>REP VEGETAT</b>  | <b>p = 0,373</b>   | <b>p = 0,660</b>   | <b>p = 0,994</b>   | <b>p = 0,562</b>          | <b>p = 0,257</b>       | <b>p = 0,549</b> | <b>p = 0,973</b> | <b>p = 0,807</b>          |

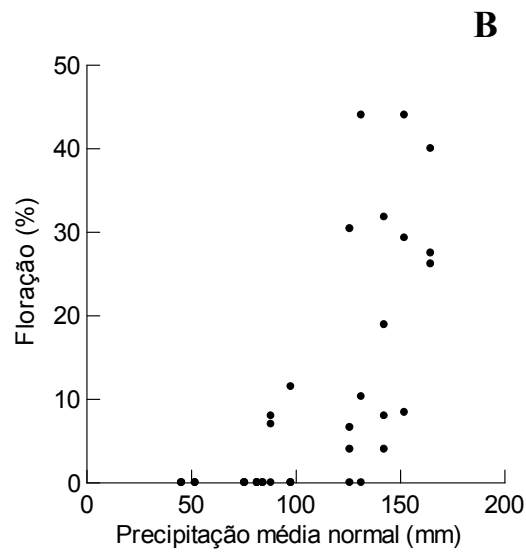
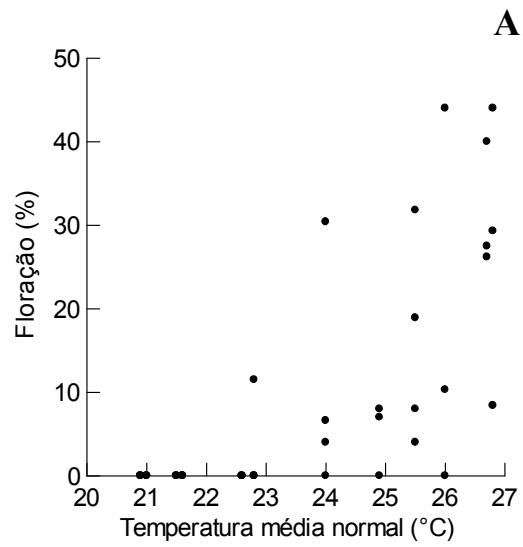


Figura 11: Relação entre (A) temperatura média normal (em °C; período de 1986-1998) e (B) precipitação média normal (em mm; período de 1986-1998) e número de indivíduos de *Neoregelia cruenta* em floração (%) na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil.

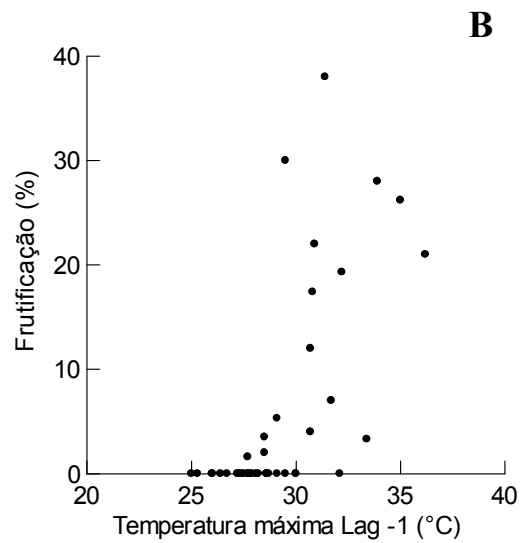
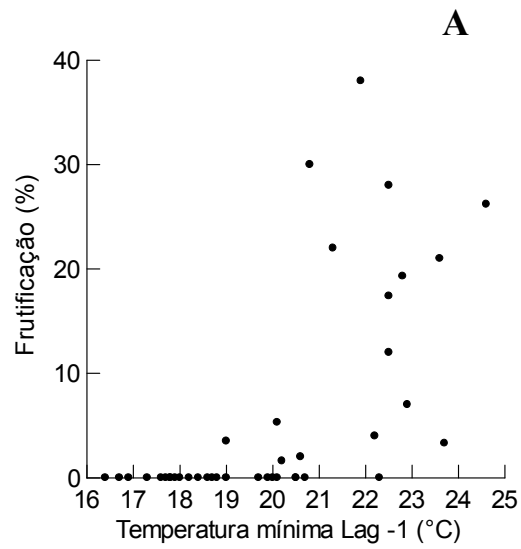


Figura 12: Relação entre a temperatura mínima de lag-1 (em °C) e número de indivíduos de *N. cruenta* em frutificação (%) (A) e entre a temperatura máxima de lag-1 (em °C) e número de indivíduos de *N. cruenta* em frutificação (%) (B) na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil.

### 1.4.3 *Vriesea procera*

O período reprodutivo de *V. procera* na Ilha da Marambaia iniciou-se em novembro com a formação do escapo da inflorescência (Figura 14 A e B) e após cerca de três meses, teve início a floração. Neste período o escapo assume uma coloração vermelha, contrastando com os botões florais de cor amarela (Figura 14 C). A inflorescência de *V. procera* pode alcançar até dois metros de comprimento e abrigar, em média, 115 botões florais. Apesar da grande quantidade de flores produzidas por inflorescência ao longo da floração, poucas flores permanecem abertas por dia ( $2 \pm 1,16$ ; min = 1, máx = 4) (Figura 15A e B). A fenofase de floração de *V. procera* na Ilha da Marambaia ocorreu, de forma geral, de fevereiro a maio, entre os meses finais da estação chuvosa e início da estação seca (Figura 13). O número de indivíduos de *V. procera* em floração variou entre os meses do período de floração ( $N_{\min} = 2$ ;  $N_{\max} = 20$ ) e o número total de indivíduos em floração variou entre as estações reprodutivas ( $N_{\min}$  na estação de 2010 = 10;  $N_{\max}$  na estação de 2009 = 20). Na estação reprodutiva de 2008 *V. procera* floresceu de fevereiro a maio, sendo o mês de abril considerado como o pico de atividade de floração nesta estação reprodutiva, onde 26% dos indivíduos encontravam-se nesta fenofase (Figura 13). Na estação de 2009, a floração de *V. procera* ocorreu de fevereiro a abril e o maior número de indivíduos observados em floração foi nos meses de março e abril (54%). Já na estação de 2010 esta fenofase ocorreu de fevereiro a maio, com pico de floração em março (26,6%) (Figura 13).

A fenofase de frutificação de *V. procera* ocorreu de março à outubro nas estações reprodutivas 2008 e 2009, e de fevereiro à novembro na estação reprodutiva 2010, ocorrendo sobreposição entre as fenofases de floração e frutificação em todas as estações. *V. procera* começa a produzir frutos no final da estação chuvosa, porém, a maior extensão da frutificação é observada durante a estação seca (Figura 13). Assim como a fenofase de floração, o número de indivíduos de *V. procera* em frutificação também variou entre os meses do período de floração ( $N_{\min} = 2$ ;  $N_{\max} = 20$ ) e o número máximo de indivíduos em frutificação variou entre as estações reprodutivas ( $N_{\min}$  na estação de 2010 = 10;  $N_{\max}$  na estação de 2009 = 20). Os frutos de *V. procera* se desenvolvem lentamente, estando os frutos maduros disponíveis em plena estação seca, quando se tornavam deiscentes e liberavam numerosas sementes plumosas que eram levadas pelo vento (Figuras 16 A e B).



O período e a extensão da dispersão de sementes de *V. procera* foram diferentes nas três estações reprodutivas estudadas, mas de uma forma geral, ocorreu durante a estação seca (Figura 13). Na estação reprodutiva 2008 os indivíduos dispersaram suas sementes de julho à outubro com pico de atividade em agosto e setembro, onde 26% dos indivíduos marcados estavam em dispersão. Na estação 2009, a dispersão ocorreu de maio à outubro, com um maior número de indivíduos dispersando sementes em julho e agosto (54%). E na estação reprodutiva 2010, *V. procera* dispersou sementes de junho à novembro, com pico em Junho e Julho (30%).

A reprodução vegetativa em *V. procera* ocorreu após o período de floração e de uma forma geral concomitante à frutificação, onde cada planta emitia em média de um a três brotos. No entanto, o maior número de indivíduos observados nesta fenofase ocorreu após o término de todo período reprodutivo e o máximo de indivíduos emitindo brotos variou entre as estações reprodutivas (12,8% na estação de 2008; 18,7% na estação de 2009 e 10% na estação de 2010) (Figura 13). As análises de correlação de Pearson não apresentaram resultados significativos entre esta fenofase e quaisquer variáveis ambientais estudadas (Tabela 2).

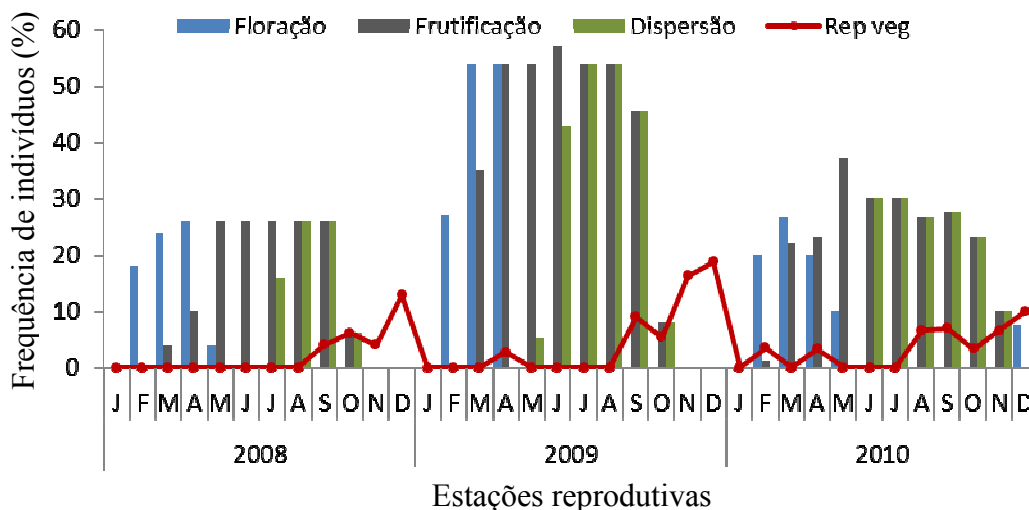


Figura 13: Frequência de indivíduos de *Vriesea procera* em floração, frutificação, dispersão e reprodução vegetativa na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil.



Figura 14: Início do período reprodutivo de *V. procera* na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil, representado através do surgimento e desenvolvimento do escapo da inflorescência (A e B); (C) Inflorescência formada de *V. procera*.



Figura 15: Flores em antese (A e B) e fruto em desenvolvimento (C) de *V. procera* na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil.



Figura 16: Fruto deisciente de *V. procera* dispersando numerosas sementes com apêndices plumosos (A) e fruto de *V. procera* já disperso (B) na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil.

A fenofase de floração de *V. procera* esteve positiva e significativamente correlacionada com a temperatura média normal ( $r = 0,507$ ;  $p = 0,002$ ), a temperatura mínima (Lag -1) ( $r = 0,616$ ,  $p < 0,001$ ) e a temperatura máxima (Lag -1) ( $r = 0,697$ ,  $p < 0,001$ ) (Figuras 17A a C). Houve correlação significativa também entre a floração e a temperatura máxima e mínima durante o período de estudo (Tabela 2;  $r < 0,5$ ). Não houve correlação significativa entre esta fenofase e a precipitação ( $p > 0,05$ ) (Tabela 2).

A frutificação de *V. procera* apresentou correlação negativa e significativa com diferentes variáveis analisadas, no entanto esta relação apresentou-se mais fortemente correlacionada à precipitação normal ( $r = -0.745$ ,  $p < 0.001$ ), temperatura normal ( $r = -0.657$ ,  $p < 0.001$ ), temperatura mínima ( $r = -0.649$ ,  $p < 0.001$ ), temperatura máxima ( $r = -0.594$ ,  $p < 0.001$ ) e precipitação mensal na região ( $r = -0.489$ ,  $p = 0.003$ ) (Tabela 2; Figuras 18A a E). Já a reprodução vegetativa não esteve correlacionada com nenhuma das variáveis climáticas analisadas ( $p > 0,05$ ) (Tabela 2).

Tabela 2: Resultados das correlações entre as fenofases reprodutivas de *V. procera* e as variáveis climáticas da região onde se localiza a área de estudo. Os valores “normais” das variáveis climáticas referem-se as médias normais climatológicas da região durante o período de 1986-1998 (MATTOS 2005). Tmax = temperatura máxima; Tmin = temperatura mínima; Tmed (normal) = temperatura média normal; Precip mensal = precipitação mensal durante o período de estudo; Precip med (normal) = precipitação média normal; Tmin (lag-1), Tmax (lag-1) e Precip mensal (lag-1) = dados do mês anterior.

### VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

| FENOFASES    | Tmax              | Tmin              | Tmed<br>(normal)  | Precip mensal     | Precip med<br>(normal) | Tmin<br>(Lag -1)  | Tmax<br>(Lag -1) | Precip mensal<br>(Lag -1) |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------|---------------------------|
| FLORAÇÃO     | <b>r = 0,423</b>  | <b>r = 0,376</b>  | <b>r = 0,507</b>  | r = 0,298         | r = 0,236              | <b>r = 0,616</b>  | <b>r = 0,697</b> | r = 0,298                 |
|              | <b>p = 0,011</b>  | <b>p = 0,026</b>  | <b>p = 0,002</b>  | p = 0,082         | p = 0,165              | <b>p = 0,000</b>  | <b>p = 0,000</b> | p = 0,078                 |
| FRUTIFICAÇÃO | <b>r = -0,594</b> | <b>r = -0,649</b> | <b>r = -0,657</b> | <b>r = -0,489</b> | <b>r = -0,745</b>      | <b>r = -0,420</b> | r = -0,276       | <b>r = -0,352</b>         |
|              | <b>p = 0,000</b>  | <b>p = 0,000</b>  | <b>p = 0,000</b>  | <b>p = 0,003</b>  | <b>p = 0,000</b>       | <b>p = 0,011</b>  | p = 0,103        | <b>p = 0,035</b>          |
| REP VEGETAT  | r = 0,106         | r = 0,238         | r = 0,076         | r = 0,211         | r = 0,215              | r = 0,028         | r = -0,059       | r = -0,220                |
|              | p = 0,544         | p = 0,169         | p = 0,660         | p = 0,224         | p = 0,208              | p = 0,869         | p = 0,733        | p = 0,198                 |

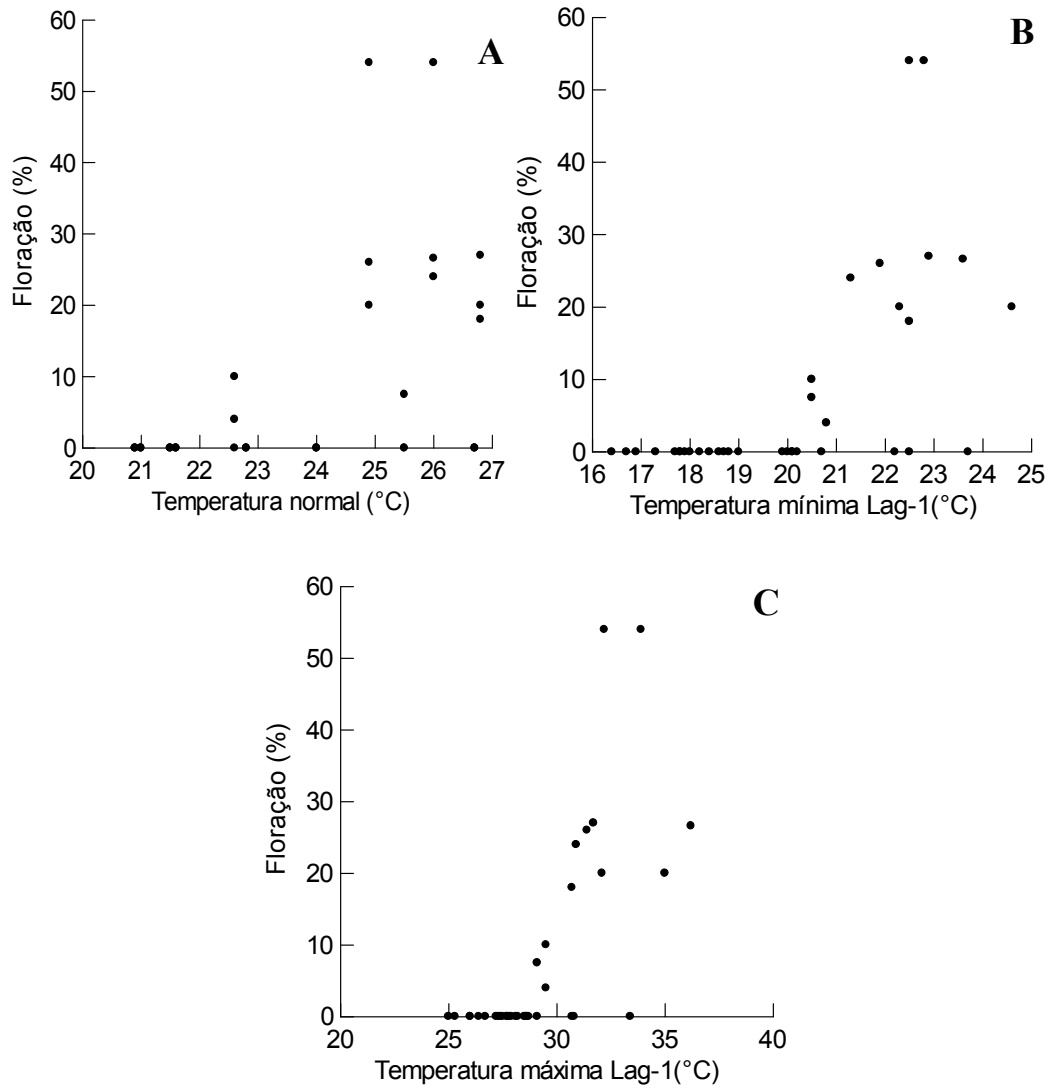


Figura 17: Relação entre a temperatura média normal (em °C; período de 1986-1998) e número de indivíduos de *Vriesea procera* em floração (%) (A); entre a temperatura mínima Lag-1 (em °C) e número de indivíduos de *Vriesea procera* em floração (%) (B) e entre a temperatura máxima Lag -1 (em °C) e o número de indivíduos de *Vriesea procera* em floração (%) (C) na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil.

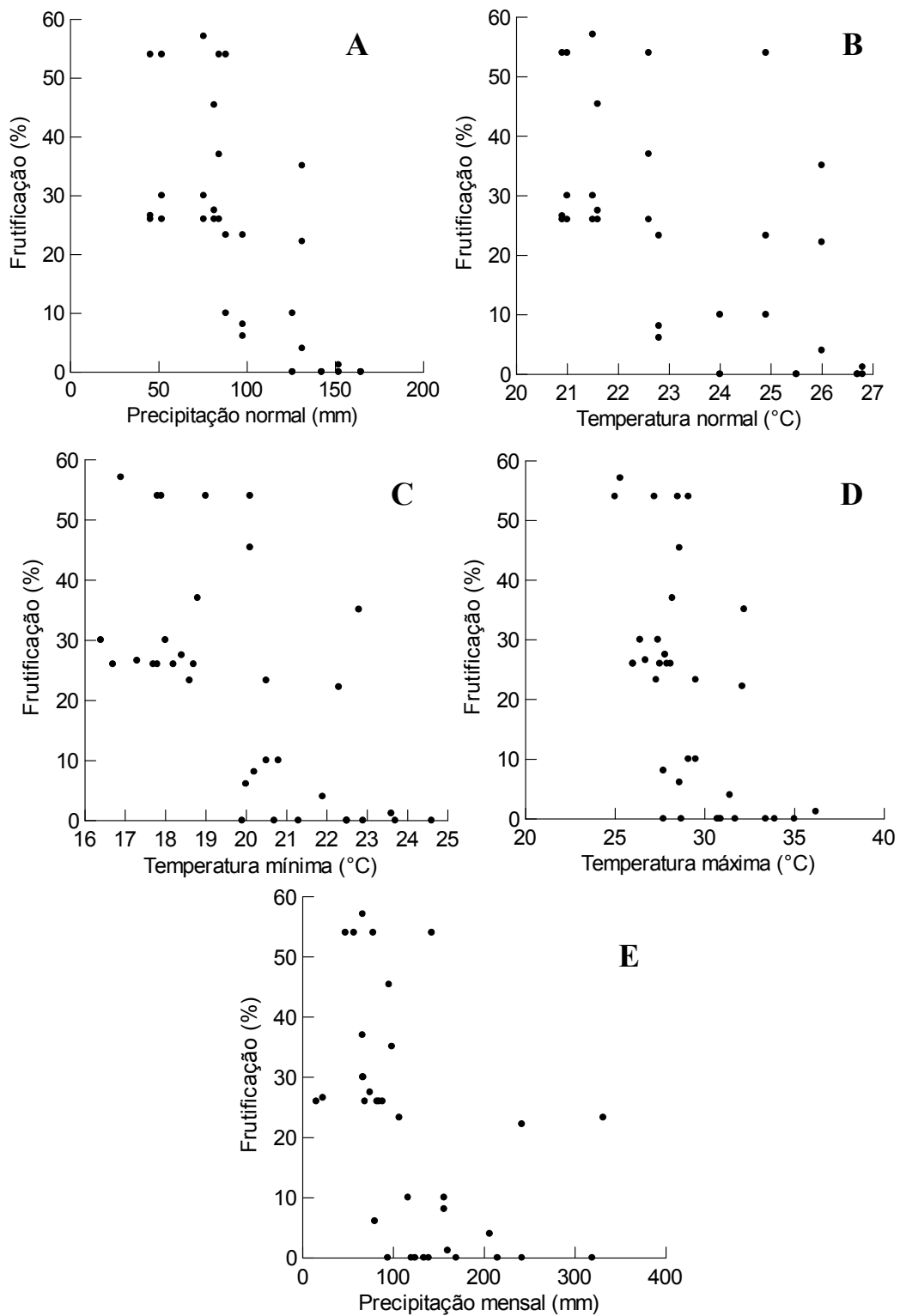


Figura 18: Relação entre a precipitação normal (em mm; período de 1986-1998) e o número de indivíduos de *Vriesea procera* em frutificação (A); entre a temperatura normal (em °C; período de 1986-1998) e número de indivíduos em frutificação (%) (B); entre a temperatura mínima (em °C) e número de indivíduos em frutificação (%) (C); entre a temperatura máxima (em °C) e o número de



indivíduos em frutificação (%) (D) e entre a precipitação mensal e o número de indivíduos de *Vriesea procera* em frutificação (E) na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil.

## 1.5 DISCUSSÃO

Tanto *N. cruenta*, quanto *V. procera* apresentaram uma única estação reprodutiva por ano, que foi relativamente fixa nas três estações estudadas. Segundo a classificação de Newstrom *et al.* (1994), as populações de *N. cruenta* e *V. procera* observadas neste estudo possuem ciclo fenológico anual onde há um único episódio de florescimento durante o ano. O padrão de floração anual em nível populacional é comum em espécies de Bromeliaceae (ARAÚJO *et al.*, 1994; SAZIMA *et al.*, 1996; MARTINELLI, 1997; SIQUEIRA-FILHO E MACHADO, 2001; CANELA E SAZIMA, 2003; MACHADO & SEMIR, 2006; ROCHA-PESSÔA & ROCHA, 2008; SANTANA & MACHADO, 2010; NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011). Espécies que possuem mais de um ciclo reprodutivo por ano, revelando um padrão sub-anual de floração (NEWSTRON *et al.* 1994) são menos comuns na família, mas pode-se citar *Aechmea beeriana* (NARA & WEBER, 2002), *Araecoccus parviflorus*, *Lymania smithii* e *Billbergia morelii* (SIQUEIRA-FILHO, 2003) e *Dyckia tuberosa* (VOSGUERITCHIAN & BUZATO, 2006).

O período e a extensão da floração de *N. cruenta* foram relativamente semelhantes ao encontrado por Buzato *et al.* (2000), para *N. johannis* (novembro a março), em área de Floresta Atlântica no Estado de São Paulo, e por Mantuano (2008) para *N. cruenta* (outubro a dezembro), no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba no estado do Rio de Janeiro. Em ambos os estudos, a floração das espécies ocorreu durante a estação chuvosa. Já o período e a extensão da floração de *V. procera* observado no presente estudo, também foi semelhante ao encontrado por Buzato *et al.* (2000) (janeiro a abril), ocorrendo no final da estação chuvosa. Estes resultados diferem dos encontrados por Van Sluys *et al.* (2001) que registrou o período de floração de *V. procera* na Ilha Grande, Rio de Janeiro, de novembro a março. De uma forma geral o período e extensão das estações reprodutivas entre espécies do gênero *Vriesea* é bastante variável, incluindo espécies que iniciam sua estação reprodutiva tanto na época chuvosa quanto na seca (ARAUJO *et al.*, 1994; SAZIMA *et al.*, 1999; BUZATO *et al.*, 2000; SANTOS, 2000; NEGRELLE & MURARO, 2006; MARQUES & LEMOS-FILHO, 2008). A escassez de dados sobre a fenologia de *N. cruenta* e de *V. procera* impedem uma comparação mais aprofundada quanto ao padrão fenológico entre diferentes populações dessas duas espécies.

O período e extensão da estação reprodutiva de uma mesma espécie em diferentes localidades podem apresentar-se bastante variável em relação à época do ano e grau de perturbação do ambiente, como observado por Negrelle & Muraro (2006) para *V. incurvata*, que variou de quatro a seis meses em diferentes localidades. Segundo os autores, possivelmente esta diferença está associada à posição latitudinal, que gera condições climáticas específicas que podem influenciar os diferentes eventos fenológicos. Esta mesma relação foi observada por Machado (2000) para nove espécies de bromeliáceas do Parque Estadual Intervalos, em São Paulo, que diferiam sua época de floração de outros três estudos, todos realizados na Mata Atlântica do Estado de São Paulo. De acordo com Machado (2000) essas diferenças quanto ao início e extensão do período de floração observadas nas mesmas espécies ocorrentes em diferentes áreas, corroboram Kockmer & Handel (1986) demonstrando que fatores ambientais são mais preponderantes na fenologia dessas espécies que fatores intrínsecos, determinados geneticamente, como ocorre com outras espécies.

Esta relação entre fatores ambientais e a fenologia foi observada neste estudo, onde as fenofases de floração e frutificação de *N. cruenta* e *V. procera* estiveram correlacionadas com algumas das variáveis climáticas analisadas, indicando que estas exercem influência sobre a ocorrência das fenofases das espécies observadas. A floração de *N. cruenta* esteve correlacionada positivamente com a temperatura normal e a precipitação normal da região, indicando que o período reprodutivo desta espécie está ajustado à estação chuvosa, caracterizada como o período onde as condições ambientais são mais favoráveis.

Essa tendência confirma o padrão esperado em ambientes tropicais, onde os períodos mais favoráveis, onde ocorrem os maiores valores de temperatura e pluviosidade, são aqueles em que vai haver uma alta produtividade primária (PANDEY & SINGH 1992). Dessa forma, a ocorrência de uma precipitação pronunciada após o período de estresse hídrico representam o estímulo indutor da floração nos trópicos, sendo esta, portanto, desencadeada pelo aumento do fotoperíodo, temperatura e umidade na transição da estação seca para a úmida (TALORA & MORELLATO, 2000; MARQUES & OLIVEIRA, 2004). Ainda que de forma moderada, a temperatura mínima, máxima e a precipitação mensal durante o estudo também apresentaram correlações positivas e significativas com a fenofase de floração de *N. cruenta*, contribuindo para corroborar esta relação. Este ajuste da floração à estação úmida foi encontrado também em outras espécies de bromélias (ARAUJO *et al.*, 1994; FISCHER & ARAÚJO, 1995;

MARTINELLI, 1997; LOPES, 2002; MACHADO & SEMIR, 2006, MARQUES & LEMOS FILHO, 2008; NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011) e parece ser predominante na família Bromeliaceae.

Já a floração de *V. procera* esteve significativamente correlacionada com a temperatura mínima do mês anterior (Lag -1) e máxima do mês anterior (Lag -1), sugerindo que a floração está mais relacionada com as variáveis climáticas do mês que antecede a floração do que com o período de produção de flores. Não foi encontrada correlação significativa entre a fenofase de floração e a precipitação registrada durante os meses de monitoramento fenológico ou mesmo considerando o mês anterior. Estes resultados sugerem que a temperatura seja, talvez, a variável climática que mais contribui para induzir a floração de *V. procera* na Ilha da Marambaia. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados em estudos anteriores com *V. incurvata* em Floresta Ombrófila Densa no estado do Paraná, onde não foram encontradas correlações significativas entre as fenofases reprodutivas da espécie e a precipitação e foi observada correlação positiva e significativa entre a emissão da inflorescência e a temperatura de dois meses anteriores ao evento (NEGRELLE & MURARO, 2006).

A produção de poucas flores em antese por dia e uma duração de floração relativamente longa, observada nas duas espécies estudadas, caracterizam esta estratégia de floração como *steady state* (ou disponibilidade regular), segundo Gentry (1974). Este tipo de estratégia de floração parece ser até o momento, predominante na família Bromeliaceae, uma vez que a maioria dos estudos que tratam da fenologia da família aponta esta estratégia como sendo a mais comum (ARAUJO *et al.*, 1994; MARTINELLI, 1997; SIQUEIRA FILHO & MACHADO, 2001; SIQUEIRA FILHO, 2003; CANELA & SAZIMA, 2003; KAMKE, 2009; ROGALSKI, *et al.*, 2009; NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011). A predominância de disponibilidade regular garante a oferta de flores por um longo período de tempo (GENTRY, 1974), podendo até mesmo, dependendo da comunidade analisada, propiciar a oferta de recursos durante um ano inteiro aos polinizadores. Este tipo de floração, aliado à baixa quantidade de néctar, favorece o padrão de visitas em “linhas de captura” (*trap-lining*, *sensu* JANZEN, 1971 *apud* ARAUJO *et al.*, 1994), em que os polinizadores percorrem circuitos extensos em intervalos regulares, a fim de suprir suas necessidades energéticas (MACHADO & ROCCA, 2008), promovendo um maior fluxo polínico entre as plantas. Abelhas que

realizam *trap-lining* também são eficientes na transferência de pólen entre indivíduos distantes de populações pequenas, podendo favorecer assim a polinização cruzada (CARVALHO & OLIVEIRA, 2003; OLIVEIRA & SIGRIST, 2008).

Os padrões de floração em espécies tropicais devem ser explicados como resultado do contexto geral do desenvolvimento vegetal, determinado por fatores climáticos, edáficos e também bióticos (BORCHERT, 1983). Dentre os fatores bióticos, a polinização pode ter um papel fundamental na regulação da época de floração das espécies (ALMEIDA, 2000; TALORA & MORELLATO, 2000) através da disponibilidade e frequência de polinizadores. A ocorrência da floração de *N. cruenta* durante a estação chuvosa pode também ser explicado pela abundância de insetos durante esta estação, uma vez que estes organismos constituíram o maior grupo de visitantes florais de *N. cruenta* e também de *V. procera* na Ilha da Marambaia (Capítulo II). Atualmente, sabe-se que há sazonalidade na ocorrência de insetos tropicais, e sugere-se que a estacionalidade na distribuição de recursos alimentares e a previsibilidade climática na alternância entre estações secas e chuvosas, são as principais hipóteses para a variabilidade na abundância deste grupo de organismos (OLIVEIRA & FRIZZAS, 2008). Alguns estudos têm sugerido que o aumento da disponibilidade de água no solo e nas bacias hidrológicas e do ar no início da estação chuvosa pode funcionar como um estímulo inicial ou um “gatilho” para que as populações de insetos retomem a atividade, tendo a disponibilidade de recursos alimentares durante a estação chuvosa um papel importante na sazonalidade de insetos (WOLDA, 1988). Da mesma forma, Oliveira & Frizzas (2008) sugerem que a elevação da temperatura na transição da estação seca e chuvosa, o aumento da disponibilidade de água no solo e de recursos alimentares no início da estação chuvosa sejam os fatores que mais contribuam para o padrão de sazonalidade apresentado por esses organismos.

A frutificação de *N. cruenta* durou cerca de seis meses e teve início ainda na estação chuvosa e prosseguindo até a estação seca. O período de frutificação de *N. cruenta* correlacionou-se positiva e significativamente com todas as variáveis de temperatura analisadas, estando mais fortemente correlacionada com a temperatura mínima do mês anterior (de Lag-1) e temperatura máxima do mês anterior (de Lag-1), indicando que esta fenofase pode ser desencadeada pelo aumento da temperatura no período que antecede a frutificação. Não foi observada correlação significativa com a precipitação registrada durante o período de estudo ou com a precipitação normal, somente com a precipitação do mês anterior, no entanto

esta correlação ainda que significativa, foi fraca. A ausência de correlação entre a frutificação e a precipitação foi encontrada também para *Neoglaziovia variegata*, e os autores sugerem que a frutificação parece não sofrer influência direta da precipitação, já que esta fenofase ocorre mesmo quando o período chuvoso inexistente, indicando que o processo de amadurecimento dos frutos uma vez desencadeado, estará submetido a fatores internos e não mais a externos (PEREIRA & QUIRINO, 2008). A resposta fenológica atrasada à determinada variável ambiental também foi observada em *V. incurvata*, onde a frutificação esteve negativa e significativamente correlacionada com o fotoperíodo e a temperatura registrados durante o período de estudo, e apresentou-se positiva e significativamente correlacionada ao fotoperíodo e a temperatura relativos a quatro meses de antecedência (NEGRELLE & MURARO, 2006). Segundo os autores, em regiões onde a pluviosidade não representa fator limitante, os eventos fenológicos seriam mais fortemente influenciados pelo fotoperíodo e temperatura. Essa relação foi observada em *Canistropsis microps* em área de Floresta Atlântica na Ilha Grande, Rio de Janeiro, onde a frutificação esteve significativamente correlacionada com a precipitação e com a temperatura, indicando que o ajuste da frutificação à estação úmida pode ser explicado pela disponibilidade de nutrientes neste período, que somada a outros fatores edáficos e climáticos, é importante para o acúmulo e alocação destes nutrientes pela planta para a formação de frutos (NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011). Resultado similar foi encontrado para *Pitcairnia flammea* (Pitcairnioideae) na mesma área de estudo na Ilha Grande, Rio de Janeiro (ROCHA-PESSÔA & ROCHA, 2008).

Neste presente estudo *N. cruenta* investiu em uma reprodução relativamente longa, com a floração e o início da frutificação associadas ao período de maior temperatura e pluviosidade, e com a frutificação associada ao período mais seco. Além dos fatores abióticos, outro fator que atuaria na determinação do período de frutificação de uma planta seria a associação desta a um determinado tipo de dispersor, que poderia atuar também como forma de seleção para o período de frutificação (NUNES-FREITAS, 2000). O início da frutificação de *N. cruenta* durante o final da estação úmida garante a oferta de frutos maduros durante a estação seca, sugerindo a atração de dispersores que utilizem seus frutos carnosos como fonte de alimento rico em nutrientes e água, recursos muito importantes para os animais durante um período desfavorável do ano. A presença de mucilagem envolvendo as sementes é

característica da subfamília Bromelioideae (OLIVEIRA, 2010) e segundo Pereira *et al.* (2008), a mucilagem auxilia a fixação das sementes em locais apropriados para germinação, além de ser um atrativo muito apreciado por aves (PAULA, 2000), representando um mecanismo facilitador na dispersão de sementes.

A dispersão de sementes representa uma fase extremamente importante do ciclo reprodutivo das plantas, sendo crucial na regeneração de populações e comunidades naturais (JANZEN, 1988). As sementes frequentemente possuem adaptações que facilitam a dispersão, bastante evidentes em sua morfologia, permitindo relacioná-las, por exemplo, com seus agentes dispersores (PEREIRA *et al.*, 2008). Espécies com baga vistosa e suculenta como em *N. cruenta* e outros representantes da subfamília Bromelioideae sugere que a dispersão seja endozoocórica, através de vertebrados frugívoros (BENZING, 2000) e alguns estudos apontam as aves como sendo os principais dispersores deste tipo de bromélia. Os frutos arroxeados de *Canistrum aurantiacum* são procurados por aves generalistas de diversas famílias, dentre elas, *Tangara faustuosa* e *Pipra rubrocapilla* (SIQUEIRA-FILHO & MACHADO, 2001). Em *Aechmea lindenii*, este papel foi desempenhado por *Chiroxiphia* sp (Thraupinae) e *Tangara* sp. (Pipridae) (LENZI *et al.*, 2006).

Neste presente estudo, não foi registrada em observações durante o dia, a ação de vertebrados consumindo os frutos de *N. cruenta*. No entanto, frequentemente eram encontrados frutos já consumidos e abandonados sobre a infrutescência ou no solo junto à planta ao amanhecer, sugerindo que a retirada e consumo dos frutos de *N. cruenta* na Ilha da Marambaia sejam realizados por um animal de hábito noturno, como observado para outras espécies de Bromeliaceae (RAÍCES & BERGALLO, 2008), não sendo descartada a ação de um eventual dispersor diurno.

O período reprodutivo de *V. procera* (cerca de dez meses) registrado neste estudo foi relativamente longo, semelhante ao encontrado por Marques e Lemos Filho (2006) para onze espécies de Tillandsioideae em diferentes gradientes altitudinais na Serra da Piedade (MG), cujo período reprodutivo de algumas espécies, desde a formação das estruturas de reprodução até o período de dispersão, durou mais que doze meses. A frutificação de *V. procera* foi mais longa que a de *N. cruenta*, durando cerca de oito meses, e esteve ajustada à estação seca, padrão esperado para espécies pertencentes a subfamília Tillandsioideae, que possuem frutos capsulares que se abrem na estação seca e liberam sementes com apêndices plumosos. Esse

tipo de dispersão é facilitado pelas baixas temperatura e umidade, maiores ventos e ausência de chuvas (BENZING, 2000), eventos característicos desta estação. Espécies da subfamília Tillandsioideae que foram observadas dispersando sementes durante a estação chuvosa não são comuns na literatura, mas pode-se citar *Racinaea arisincola* (MARQUES & LEMOS FILHO, 2006) e *V. philippocoburgii* (MACHADO, 2000). A chuva pode atuar como um fator complicador para a dispersão dessas sementes, pois quando encharcadas aderem em galhos e folhas onde acabam germinando, mas não se estabelecendo (obs. Pessoal).

A frutificação de *V. procera*, apresentou correlações negativas com todas as variáveis analisadas, sendo mais significativas com a temperatura máxima, mínima e a precipitação durante o estudo, e com os valores de temperatura e precipitação normais da região. Estes resultados demonstram que a frutificação de *V. procera* está ajustada ao período em que há menores valores de temperatura e precipitação, condições ambientais necessários para o desenvolvimento e deiscência de seus frutos. A baixa umidade do ar neste período é um fator importante no processo de secagem que ocorre durante a maturação das cápsulas (JARAMILLO & CAVALIER, 1998), permitindo que estas sejam abertas, dispersando as sementes.

Além do investimento na reprodução sexuada, *N. cruenta* e *V. procera* também apresentam a produção de brotos clonais como estratégia de reprodução. Este tipo de reprodução normalmente está associado ao período após a floração, como um complemento à reprodução sexuada, e uma forma de crescimento e de persistência das populações locais (SAMPAIO *et al*, 2002), sendo uma estratégia muito difundida na maioria dos representantes da família Bromeliaceae (REITZ, 1983; BENZING 2000). Este padrão foi observado para *V. procera* que emitia brotos apenas uma vez ao ano, após o período reprodutivo e geralmente associado ao início do período chuvoso. A produção de brotos é um investimento em rápido crescimento, sendo vantajoso para bromélias de ambientes instáveis, com grandes distúrbios e altas taxas de mortalidade (BONNET, 2006).

O crescimento clonal em plantas resulta no recrutamento de novos indivíduos, geneticamente idênticos, que tem a sua fase inicial de desenvolvimento subsidiada pelo indivíduo parental (MANTUANO & MARTINELLI, 2007). A reprodução assexuada faz parte do crescimento vegetativo do indivíduo e, portanto, está ligado ao balanço de carbono do ramete parental (MANTUANO, 2008). Embora numerosas respostas fenológicas tenham



sido associadas a sazonalidade e a fatores climáticos locais nos trópicos, pouco se sabe sobre como estes fatores afetam a intensidade da reprodução clonal (MANTUANO, 2008). Neste presente estudo, os resultados das correlações mostraram que nenhuma das variáveis ambientais analisadas esteve significativamente relacionadas à fenofase de emissão de brotos, o que indica que esta estratégia reprodutiva possa estar relacionada à outra variável ambiental na área de estudo, ou talvez, seja desencadeada por outros fatores ecológicos. A correlação entre variáveis ambientais e a emissão clonal foi observada em *V. incurvata* em área de Floresta Ombrófila Densa, onde os autores encontraram correlação negativa e significativa entre a emissão clonal e o fotoperíodo e a temperatura registrados durante o período de estudo. Quando consideraram as mesmas variáveis com quatro meses de antecedência, encontraram correlações positivas entre esta fenofase e o fotoperíodo e a temperatura (NEGRELLE & MURARO, 2006). Para *Dyckia brevifolia*, houve um predomínio da reprodução assexuada sobre a sexuada em função do baixo número de plântulas aliado a alta porcentagem de indivíduos agrupados, sugerindo-se que a herbivoria possa ser o fator que estimula a emissão de um número maior de clones (ROGALSKI, 2007). Mantuano (2008) em um estudo sobre o crescimento clonal de *N. cruenta* em microhábitats com diferentes níveis de exposição à radiação solar na Restinga de Jurubatiba (RJ) sugeriu que o crescimento vegetativo e a reprodução clonal de *N. cruenta* respondia negativamente ao aumento dos níveis de luminosidade, onde, na condição sombreada, o investimento de carbono é transferido da reprodução clonal para o crescimento vegetativo. Desta forma, a reprodução clonal não parece ser uma simples extensão do crescimento vegetativo, mas sim uma das alterações na arquitetura da roseta, juntamente com outras respostas de aclimatação (abertura do copo e comprimento das folhas) à variação ambiental (MANTUANO, 2008). Na restinga de Jurubatiba, *N. cruenta* tem reprodução assexuada anual ou sub-anual (MANTUANO, 2008), o que se assemelha ao presente estudo, uma vez que não há um único período do ano em que esta reprodução aconteça na população de *N. cruenta* estudada na Ilha da Marambaia.

## 1.6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo indicaram que tanto *N. cruenta*, quanto *V. procera* não se reproduzem continuamente ao longo do ano, possuindo um único evento de reprodução com período e extensão relativamente fixos. No caso de *N. cruenta* a floração foi mais longa e associada à estação chuvosa, enquanto *V. procera* floresceu por um período mais curto entre a estação chuvosa e seca. A frutificação das espécies estudadas apresentaram diferentes relações com as variáveis do clima na área de estudo. *N. cruenta* frutificou no final da estação chuvosa, estando a maior parte dos frutos maduros no início da estação seca, quando eram consumidos e suas sementes dispersas. Já *V. procera* teve o longo período de maturação dos seus frutos associado à estação seca, período do ano em que abriga condições microclimáticas fundamentais para a deiscência de seus frutos e dispersão de suas sementes anemocóricas. A reprodução vegetativa de *N. cruenta* ocorreu em momentos diferentes do ciclo de vida e independente do período reprodutivo não apresentando correlação significativa com nenhuma das variáveis climáticas estudadas. Estes resultados sugerem que esta fase do ciclo de vida não depende diretamente de nenhum desses fatores ambientais e parece estar associada a outra variável ambiental não testada neste estudo ou mesmo à fatores intrínsecos. Já a reprodução vegetativa de *V. procera*, apesar de também não ter apresentado correlações significativas com as variáveis testadas, parece seguir um padrão, no qual esta espécie inicia a emissão de brotos vegetativos no final da estação seca e apenas uma vez durante seu ciclo de vida, após o período reprodutivo.

## 1.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E.M. **Fenologia, distribuição espacial e polinização de duas espécies de *Psychotria* (Rubiaceae) em área de Floresta Atlântica, Rio de Janeiro.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

ARAÚJO, A.C.; FISCHER, E.A.; SAZIMA M. Floração seqüencial e polinização de três espécies de *Vriesea* (Bromeliaceae) na região da Juréia, Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** V. 17, p. 113-118, 1994.

BENZING, D.H. **Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation.** Cambridge University Press, 2000. 675 p.

BONNET, A. **Caracterização fitossociológica das bromeliáceas epifíticas e suas relações com os fatores geomorfológicos e pedológicos da planície do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil.** Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. 377 pp.

BORCHERT, R. Phenology and control of flowering in tropical trees. **Biotropica** V. 15, p. 81–89, 1983.

BUZATO, S.; SAZIMA, M.; SAZIMA, I. Hummingbird-Pollinated Floras at Three Atlantic Forest Site. **BIOTROPICA** V. 32, n. 4b, p. 824–841, 2000.

CANELA, M.B.F.; SAZIMA, M. *Aechmea pectinata*: a Hummingbird-dependent Bromeliad with Inconspicuous Flowers from the Rainforest in South-eastern Brazil. **Annals of Botany** Vol. 92, p. 731-737, 2003.

CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA, P. E. Biologia reprodutiva e polinização de *Senna sylvestris* (Vell.) H.S. Irwin & Barneby (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Revista Brasil. Bot.** V.26, n.3, p. 319-328, 2003.

FISCHER, E.A.; ARAUJO, A.C. Spatial organization of a bromeliad community in the Atlantic Rainforest, South-Eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology** Vol. 11, p. 559-567, 1995.

GENTRY, A.H. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica** Vol 6, p. 64-68, 1974.

JANZEN, D.H. Management of habitat fragments in a tropical dry forest: growth. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, V. 75, p. 105-116, 1988.

JARAMILLO, M. A.; CAVELIER, J. Fenologia de dos espécies de *Tillandsia* (Bromeliaceae) en un bosque montano alto de la cordillera oriental Colombiana. **Selbyana**, V. 19, n. 1, p. 44-51, 1998.

KAMKE, R. **Polinização por abelhas em *Aechmea caudata* Lindl., uma bromélia com características ornitófilas, na ilha de Santa Catarina, sul do Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 2009. 44p

LENZI, M.; MATOS, J. Z.; ORTH, A. I. Variação morfológica e reprodutiva de *Aechmea lindenii* (E. Morren). Baker var. *lindenii* (Bromeliaceae). **Acta bot. bras.**, V. 20, n. 2, p. 487-500, 2006.

LOPES, A.V.F. **Polinização por beija-flores em remanescente da Mata Atlântica Pernambucana, Nordeste do Brasil**. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2002. 126p.

MACHADO, C. G. **Distribuição espacial, fenologia e polinização de Bromeliaceae na Mata Atlântica do Alto da Serra de Paranapiacaba, SP**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. 2000. 98 p.

MACHADO, C.G.; SEMIR, J. Fenologia da floração e biologia floral de bromeliáceas ornitófilas de uma área de Mata Atlântica do Sudeste brasileiro. **Revista Bras. Bot.**, V.29, n.1, p. 163-174. 2006.

MACHADO, C.G.; ROCCA, M.A. Protocolos para o estudo da polinização por aves. *In: Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento*. Technical Books, Rio de Janeiro, p. 471-489. 2008.

MANTUANO, D. G. **Crescimento clonal em *Neoregelia cruenta* (R. Graham) L.B. Smith (Bromeliaceae) na Restinga de Jurubatiba: estrutura populacional, plasticidade morfo-anatômica e integração fisiológica**. Tese de Doutorado. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Escola Nacional de Botânica Tropical, 2008. 113 p.

- MANTUANO, D. G.; MARTINELLI, G. Estrutura populacional e crescimento da bromélia clonal *Neoregelia cruenta* na Restinga de Jurubatiba. **Revista Brasileira de Biociência**. Porto Alegre, V. 5, n. 1, p. 876-878, 2007.
- MARQUES, M. C. M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, V. 27, n. 4, p. 713-723, 2004.
- MARQUES, A. R.; LEMOS FILHO, J. P. Fenologia reprodutiva de espécies de bromélias na Serra da Piedade, MG, Brasil. **Acta bot. Bras.** V. 22, n. 2, p. 417-424, 2008.
- MARTINELLI, G. Biologia reprodutiva de Bromeliaceae na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. *In: Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação em Mata Atlântica*. Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro. p. 213-250. 1997.
- MORELLATO, L.P.C.; LEITÃO-FILHO, H.F. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. *In História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Editora da Unicamp/Fapesp, Campinas, p. 112-140. 1992.
- TALORA, D.C.; MORELLATO, L.P.C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, V. 23, p. 13-26, 2000.
- NEWSTRON, L.E.; FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. A new classification of plant phenology basead on flowering patterns in lowlands tropical rain forest trees at la Selva, Costa Rica. **Biotropica**, V. 26, p. 141-159, 1994.
- NEGRELLE, R. R. B.; MURARO, D. Aspectos fenológicos e reprodutivos de *Vriesea incurvata* Gaudich (Bromeliaceae). **Acta Sci. Bio. Sci.** V. 28, n. 2, p. 95-102, 2006.
- NUNES-FREITAS, A.F. **Fenologia, ecologia da polinização e distribuição espacial de *Canistropsis microps* (Bromeliaceae: Bromelioidae) em uma área de Mata Atlântica da Ilha Grande, RJ**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000. 102 p.
- NUNES-FREITAS, A.F.; ROCHA, C.F.D. Reproductive phenology and flower visitors' guild of *Canistropsis microps* (Bromeliaceae) in an Atlantic Rainforest of southeastern Brazil. **Journal of Natural History**, V. 45, n. 17-18, p. 1021-1034, 2011.

- OLIVEIRA, D. M. Morfologia das sementes de Bromeliaceae ocorrentes no portal da Amazônia. **Anais 3ª Jornada Científica da UNEMAT**, UNEMAT Cáceres/MT, Brasil, p. 20-24, 2010.
- OLIVEIRA, C. M.; FRIZZAS, M. R.. **Insetos de Cerrado: distribuição estacional e abundância**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento 216. Planaltina, DF, 2008. 26 p.
- OLIVEIRA, M. I. B.; SIGRIST, M. R. Fenologia reprodutiva, polinização e reprodução de *Dipteryx alata* Vogel (Leguminosae-Papilionoideae) em Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, V.31, n.2, p.195-207, 2008.
- PANDEY, C.B., SINGH S.J. Rainfall and grazing effects on net primary productivity in a tropical savanna, India. **Ecology**, V. 73, n. 6, p. 2007-2021, 1992.
- PAULA, C.C. **Cultivo prático de bromélias**. UFV, Editora Aprenda Fácil, 2000. 140 p.
- PEREIRA, A. R.; PEREIRA, T. S.; RODRIGUES, A. S.; ANDRADE, A. C. S. Morfologia de sementes e do desenvolvimento pós-seminal de espécies de Bromeliaceae. **Acta bot. bras.** V. 22, n. 4, p. 1150-1162, 2008.
- PEREIRA, F. R. L.; QUIRINO, Z. G. M. Fenologia e biologia floral de *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae) na caatinga paraibana. **Rodriguésia**, V. 59, n. 4, p. 835-844, 2008.
- RAÍCES, D.S.L.; BERGALLO, H.G. Taxa de germinação de sementes defecadas pelos marsupiais, *Didelphis aurita* e *Micoureus paraguayanus* (Mammalia, Didelphimorphia) no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. *In: Ecologia de Mamíferos*, Londrina: Editora Technical Books, p. 33-42, 2008.
- REITZ, R. Bromeliáceas e a malária-bromélia endêmica. *In Flora ilustrada catarinense* (R. Reitz, ed.). Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí. 1983.
- ROCHA-PESSÔA, T. C.; ROCHA, C. F. D. Reproductive cycle of *Pitcairnia flammea* Lindl. (Bromeliaceae/Pitcairnioideae) in an insular Atlantic rainforest area in southeastern Brazil. **Flora**, V. 203, p. 229 – 233. 2008.
- ROGALSKI, J. M.; REIS, A.; REIS, M. S; HMELJEVSKI, K. V. Biologia reprodutiva da reófito *Dyckia brevifolia* Baker (Bromeliaceae), no Rio Itajaí-Açu, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, V. 32, n. 4, p. 691-702, 2009.

- SAMPAIO, M. C.; PERISSE, L. E.; OLIVEIRA, G. A.; RIOS, R. I. The contrasting clonal architecture of two bromeliads from sandy coastal plains in Brazil. **Flora**. V. 197, p. 443-451, 2002.
- SAZIMA, I.; BUZATO, S.; SAZIMA, M. An assemblage of hummingbird-pollinated flowers in a montane forest in southeastern Brazil. **Botanica Acta**, V. 109, p. 149-160, 1996.
- SAZIMA, M.; BUZATO, S.; SAZIMA, I. Bat-pollinated flower assemblages and bat visitors at two Atlantic Forest sites in Brazil. **Annals of Botany**, V. 83, p. 705-712, 1999.
- SIQUEIRA FILHO, J.A. **Fenologia da Floração, ecologia da polinização e conservação de Bromeliaceae na Floresta Atlântica Nordestina**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, 2003. 144 p.
- SIQUEIRA FILHO, J. A.; MACHADO, I. C. S. Biologia reprodutiva de *Canistrum aurantiacum* E. Morren (Bromeliaceae) em remanescente da Floresta Atlântica, Nordeste do Brasil. **Acta bot. Bras.** V. 15, n. 3, p. 427 – 443, 2001.
- WOLDA, H. Insect Seasonality, Why? **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, V. 19, p. 1-18, 1988.
- VAN SLUYS, M.; CARDOZO, C.A.; MANGOLIN, R.; ROCHA, C.F.D. Taxas de visitação de polinizadores a *Vriesea procera* (Bromeliaceae) na Ilha Grande, Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil. **Bromélia**, V. 6, p. 19-24, 2001.
- VOSGUERITCHIAN, S.B.; BUZATO, S. Reprodução sexuada de *Dyckia tuberosa* (Vell.) Beer (Bromeliaceae, Pitcairnioideae) e interação planta-animal. **Revista Brasileira de Botânica**, V. 29, p. 433-442, 2006.

## CAPÍTULO II

### GUILDA DE VISITANTES FLORAIS DE DUAS ESPÉCIES DE BROMELIACEAE EM UM TRECHO DE RESTINGA NA ILHA DA MARAMBAIA

#### 2.1 INTRODUÇÃO

Organismos polinizadores obtêm recursos alimentares das flores que visitam, sendo este um relacionamento mutuamente benéfico, em que os animais obtêm recursos nas plantas e, em contrapartida, estes realizam o transporte de pólen de uma flor para outra (PROCTOR & YEO, 1996). Para que a transferência de pólen aconteça, as plantas muitas vezes oferecem recompensas aos animais que visitam suas flores, tais como néctar, óleo, resina, pólen, tecidos florais, locais de reprodução e outros, e atraem seus agentes polinizadores através de vários estímulos, sejam eles sinais olfativos ou visuais, ou mesmo pistas táteis para orientá-los da proximidade dos recursos (PROCTOR & YEO, 1996; MAYER *et al.*, 2011). Características florais (como p.ex., cor, forma, odor e disponibilidade de recursos), além de outros aspectos, podem determinar o tipo de visitante floral, bem como influenciar seu comportamento (FAEGRI & VAN DER PIJL, 1979; PROCTOR & YEO, 1996). A determinação destes visitantes florais como potenciais vetores de pólen é importante para se caracterizar os polinizadores (FAEGRI & VAN DER PIJL 1979; ENDRESS 1994; PROCTOR *et al.* 1996; MACHADO & LOPES, 2004), sendo portanto, a ecologia da polinização uma questão chave para o estudo das interações entre plantas e animais, fundamentais para a reprodução vegetal e para a determinação de prioridades de conservação de plantas e seus polinizadores (MAYER *et al.*, 2011).

A família Bromeliaceae apresenta ampla radiação adaptativa na sua diversidade de polinizadores, que em parte está relacionada à grande diversificação das características florais observada na família (BENZING 1980, VOGEL 1990, BENZING 2000). Esta família compreende plantas que são ricamente variadas em formas e estruturas florais, mas que possuem, em geral, inflorescências desenvolvidas no centro da roseta, podendo ser pendentes, projetadas para cima ou embutidas no fundo da mesma (BENZING, 1980; LEME, 1997). Tanto a inflorescência quanto as flores são frequentemente coloridas (BENZING, 1980;



LEME, 1997). A diversificação de formas, cores e recursos por elas produzidos atraem uma grande variedade de polinizadores (HEITHAUS, 1979; BENZING, 1980; GARDNER, 1986; LEME, 1997; ROCHA, *et al.*, 2004), tais como morcegos (SAZIMA *et al.*, 1989, 1995, 1999; KAEHLER *et al.*, 2005), beija-flores (REITZ, 1983; FISCHER, 1994; ARAÚJO *et al.*, 1994; VAN SLUYS & STOTZ, 1995; MARTINELLI, 1997; BUZATO *et al.*, 2000; VARASSIN & SAZIMA, 2000; KAEHLER *et al.*, 2005; MACHADO & SEMIR, 2006; PIACENTINI, 2006; SIQUEIRA-FILHO & MACHADO, 2006; SANTANA & MACHADO, 2010), abelhas, vespas, borboletas e mariposas (GARDNER, 1986; SIQUEIRA-FILHO, 1998; ROCHA *et al.*, 1997; VARASSIN & SAZIMA, 2000; ROCHA-PESSÔA, 2004; LENZI, *et al.*, 2006; ROGALSKI, 2007; PEREIRA & QUIRINO, 2008; KRIECK, 2008; RIOS *et al.*, 2010; SANTANA & MACHADO, 2010; NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011) que nelas vão obter recursos alimentares.

Como a polinização por animais vertebrados é supostamente predominante na maioria das espécies das três subfamílias de bromeliáceas (REITZ, 1983; FISCHER, 1994; MARTINELLI, 1997), e por ocorrer uma considerável sobreposição nas distribuições da família Trochilidae (beija-flores) e da família Bromeliaceae, é possível que tenha ocorrido co-evolução entre elas, causando uma possível interdependência entre estas duas famílias (SICK, 1984). No entanto, o número de estudos que descrevem a polinização destas plantas por invertebrados vem aumentando (GARDNER, 1986; SIQUEIRA-FILHO, 1998; ROCHA *et al.*, 1997; VARASSIN & SAZIMA, 2000; ROCHA-PESSÔA, 2004; LENZI, *et al.*, 2006; ROGALSKI, 2007; PEREIRA & QUIRINO, 2008; KRIECK, 2008; RIOS *et al.*, 2010; SANTANA & MACHADO, 2010; NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011), e é possível que a participação destes organismos como polinizadores da família Bromeliaceae esteja subestimada (NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011).

*Neoregelia cruenta* (R.Graham) L.B. Sm. é uma bromélia-tanque de hábito preferencialmente terrestre pertencente à subfamília Bromelioideae, endêmica das áreas de Floresta Atlântica e seus ecossistemas associados dos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Espírito Santo e Bahia, ocorrendo em abundância nas restingas do Rio de Janeiro (ARAUJO, 2000; FORZZA *et al.*, 2010). Já *Vriesea procera* (Mart. ex Schult. & Schult. f.) Wittm., pertencente à subfamília Tillandsioideae, é uma espécie que possui ampla distribuição geográfica no país, ocorrendo em diversos estados do nordeste, sudeste e sul do Brasil,

abrangendo diferentes domínios fitogeográficos, tais como a Floresta Atlântica, a Caatinga e o Cerrado (FORZZA *et al.*, 2010). Nas restingas do sudeste essas duas espécies podem ocorrer em simpatria, sendo geralmente encontradas em elevadas abundâncias (NUNES-FREITAS *et al.*, 2000; COGLIATTI-CARVALHO *et al.*, 2001; ROCHA *et al.*, 2004; NUNES-FREITAS *et al.*, 2006, 2007; COGLIATTI-CARVALHO *et al.*, 2008; ROCHA-PESSÔA *et al.*, 2008; NUNES-FREITAS *et al.*, 2009; COGLIATTI-CARVALHO *et al.*, 2010).

## 2.2 OBJETIVOS

Este capítulo visa estudar a guilda de visitantes florais de *N. cruenta* e *V. procera* na Ilha da Marambaia, e identificar a composição, taxas de visitação e variação interanual da guilda de visitantes florais. Para tanto buscamos responder as seguintes perguntas: i – Qual a guilda de visitantes florais de *N. cruenta* e *V. procera* na Ilha da Marambaia? ii – Qual é a taxa de visitação às flores de *N. cruenta* e *V. procera*? iii – Quais visitantes realizam visitas legítimas às flores e quais são visitantes ocasionais (pilhadores de recursos)?

## 2.3 MATERIAIS E MÉTODOS

Durante o período de floração de *Neoregelia cruenta* e *Vriesea procera*, identificado durante o estudo da fenologia, estabelecemos sítios de observação, nos quais foram realizadas observações desde o horário anterior ao da abertura das flores, até o horário posterior ao fechamento das mesmas. A cada intervalo de hora realizamos observações de 30 minutos (duas observações de 15 minutos cada, intercaladas por um intervalo de mesma duração). Durante os períodos de observação, foram registradas: i – as espécies de visitantes que realizavam atividade de obtenção de néctar e/ou pólen (categorizados como morfoespécies); ii – o número de visitas realizadas por cada morfoespécie às inflorescências; iii – o número de plantas visitadas por cada morfoespécie; iv – o número de flores visitadas por cada morfoespécie; v – o comportamento do visitante durante a visita, permitindo classificar a visita como legítima (quando toca as estruturas de reprodução da flor) ou ilegítima (quando não as toca), sendo as visitas consideradas completas quando o visitante efetuou todas as etapas de obtenção de recurso floral, que inclui a chegada do polinizador à inflorescência, inserção do bico ou aparelho bucal na flor para a obtenção do néctar ou raspagem das anteras

para obtenção de pólen, o consumo desses recursos e a saída por completo daquela inflorescência (ROCHA-PESSÔA, 2004). As observações dos visitantes florais de *N. cruenta* ocorreram ao longo de nove dias na estação reprodutiva de 2008/2009 e sete dias na estação de 2009/2010, perfazendo um total de 100 horas de observação. Já para *V. procera* ocorreram ao longo de cinco dias na estação reprodutiva de 2009 e sete dias na estação reprodutiva de 2010, perfazendo um total de 71 horas de observação.

Calculamos as taxas de visitação por intervalo horário tanto para a guilda de visitantes florais, como para cada espécie de visitante isoladamente. As espécies observadas realizando visitas de obtenção de recursos nas flores das espécies estudadas foram coletadas e/ou fotografadas para posterior identificação.

Para caracterizar o padrão de produção de néctar e a variação da sua produção e da concentração de açúcares ao longo do dia, foram selecionadas para cada uma das espécies, dez flores em cinco inflorescências distintas. As flores foram previamente ensacadas com saquinhos de filó e no dia seguinte, foram efetuadas medidas destes parâmetros em intervalos regulares de duas horas durante todo o período de antese. O volume do néctar foi medido com auxílio de microseringa graduada (10  $\mu\ell$ ) e a concentração de açúcares com um refratômetro portátil (%). A receptividade do estigma foi testada quimicamente em dez flores, em cinco inflorescências distintas com peróxido de hidrogênio a 10%, em diferentes horas do dia (DAFNI, 1992).

## 2.4 RESULTADOS

### 2.4.1 – *Neoregelia cruenta*

Na Ilha da Marambaia, as flores de *N. cruenta* iniciam a antese por volta das 0500 h, estando as flores completamente abertas por volta das 0600 h. O estigma apresenta-se receptivo já nas primeiras horas da manhã (entre 0600 e 0700 h), recoberto por uma camada de exsudato úmida e viscosa, e com os grãos de pólen ainda não disponibilizados. As anteras se tornam deiscentes a partir das 0730 h, coincidindo com o início do período de maior atividade de visitação. No final da manhã, a maior parte das flores já não apresenta pólen. O estigma deixa de ser receptivo por volta das 1630 h, quando as flores começam a murchar. As flores de *N. cruenta* são diurnas e duram apenas um dia, permanecendo abertas e disponíveis

aos visitantes até aproximadamente as 1830 h, quando se fecham completamente. Tanto as anteras quanto o estigma permanecem inclusos na corola. As pétalas apresentam diferentes tonalidades entre os indivíduos, variando do roxo intenso ao lilás, quase branca, com o ápice das pétalas em tons claros de roxo, sendo esta última mais comum (Figura 19). O número médio de flores produzidas por inflorescência foi de  $70,9 \pm 16,01$  (N = 10; mín = 55; Max = 106) e o número de flores abertas por indivíduo/dia em *N. cruenta* foi de  $2,4 \pm 0,96$  (N = 10; min = 1; máx = 4).

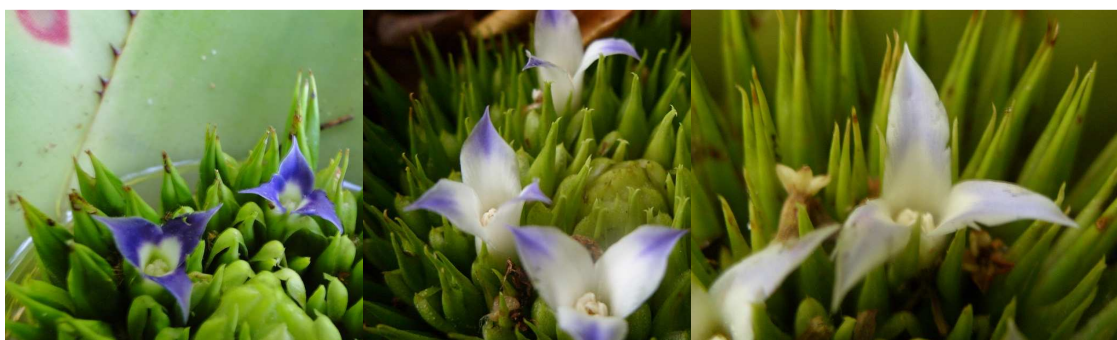


Figura 19: Diferença de tonalidade da cor das pétalas das flores entre indivíduos de *N. cruenta* na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. A coloração mais clara é a mais comum na área de estudo.

As flores produzem diferentes quantidades de néctar ao longo do dia, sendo maior no período da manhã (entre 0700 e 1100 h) (Figura 20). A concentração de açúcares no néctar também foi maior na parte da manhã, diminuindo ao longo do dia. O néctar apresentou maior concentração média de açúcares às 0700 h (34,7%) e menor às 1700 h (1,7%) (N = 10). A média do volume de néctar coletado ao longo do dia por indivíduo foi de  $67,85 \pm 16,7 \mu\ell$  (N = 10; mín =  $47,5 \mu\ell$ ; máx =  $91,9 \mu\ell$ ).

Durante todo o período de observação foram registradas 14 espécies de visitantes florais realizando um total de 336 visitas às flores de *N. cruenta* (Tabela 3). As visitas, de uma forma geral, ocorreram durante todo o dia, desde o início até o final da antese, mas tenderam a se concentrar no período da manhã (Figura 21).

As abelhas (Hymenoptera: Apoidea) representaram o principal grupo de visitantes florais de *N. cruenta*. Quatro espécies de abelhas visitaram as flores: *Trigona spinipes*, *Euglossa cordata*, *Bombus* sp. e Halictidae sp., totalizando 220 visitas (65,5% do total de visitas), mas somente *Bombus* sp. foi responsável por 172 dessas visitas, sendo portanto, a

espécie observada com maior frequência de visitação em todo o estudo (51,2%). De uma forma geral, *Bombus* sp. visita todas as flores abertas na inflorescência em busca de pólen e principalmente de néctar preferencialmente entre 0700 e 1000 h (Figura 22). Esta abelha pousa na inflorescência e introduz sua probóscide no tubo floral, inserindo sua cabeça parcialmente na flor, repetidas vezes, tocando as estruturas de reprodução (Figura 23A e B).

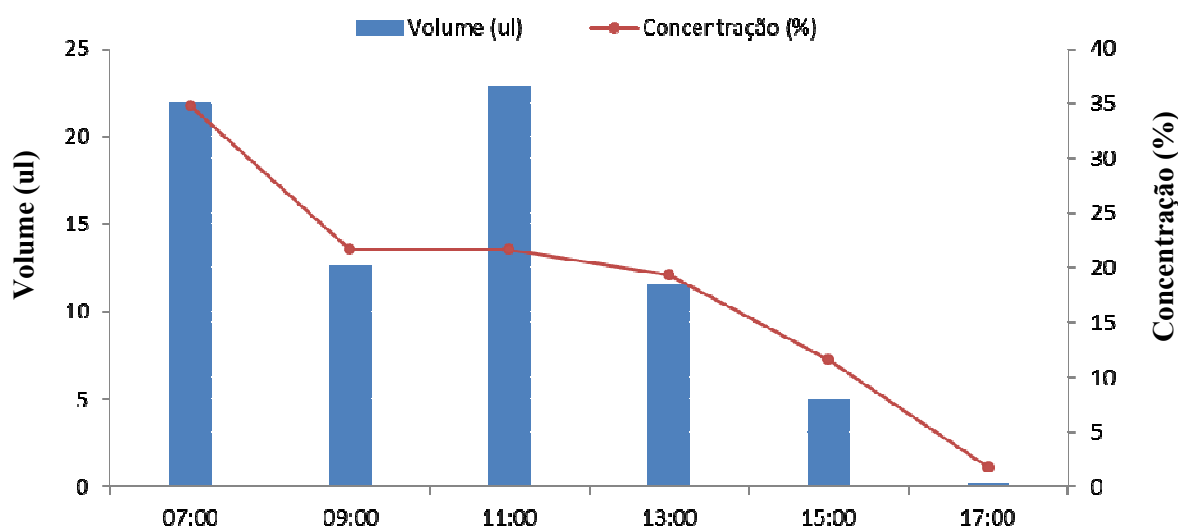


Figura 20: Valores médios de volume (em *ul*) e concentração (em %) de néctar, coletado nas flores de *N. cruenta* ao longo do dia em intervalos regulares (N = 10), na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil.

Já *E. cordata* foi responsável por 6,2% das visitas às flores de *N. cruenta*. Esta abelha pousa na inflorescência ou nas pétalas das flores mantendo a cabeça elevada e introduzindo sua longa probóscide no tubo floral, para alcançar o néctar, podendo eventualmente contatar o estigma e as anteras com a mesma (Figura 23C e D). Esta abelha também visita todas as flores abertas na inflorescência e ao se deslocar de uma flor para outra, permanecem com a probóscide estendida, efetuando a limpeza dessa estrutura com as pernas dianteiras, provavelmente para a retirada do pólen que fica aderido nesta. *Trigona spinipes* e *Halictidae* sp. realizaram 5,7 % e 2,4 % das visitas às flores de *N. cruenta*, que se restringiram à parte da manhã. Essas abelhas inseriam parte do corpo no tubo floral e permaneciam na flor por longos períodos. *Trigona spinipes* coletava pólen com as patas dianteiras e posteriormente o transferia para as corbículas das patas traseiras (Figura 23E e F). *Halictidae* sp. acumulava

pólen nas patas posteriores e na região ventral do abdome (Figura 23G). Esta abelha foi observada algumas vezes, caminhando pelos filetes em direção à base do tubo floral, provavelmente em busca de néctar. Durante a raspagem de pólen das anteras, tanto *Trigona spinipes*, quanto *Halictidae* sp. tocavam o estigma. *Trigona spinipes* visitava as flores solitariamente ou em grupos de dois ou três indivíduos. Já *Halictidae* sp. só foi registrada realizando visitas solitárias.

As formigas *Linepithema* sp, *Crematogaster* sp e *Pseudomyrmex tenuis* (Hymenoptera: Formicidae) entravam na flor em direção à base do tubo da corola, provavelmente em busca de néctar. Essas formigas representaram juntas 15,1% das visitas às flores de *N. cruenta*, e juntamente com Diptera sp. (11,5%), foram consideradas neste estudo como pilhadoras de recursos, pois não contactavam o estigma.

As duas espécies de beija-flores (*Thalurania glaucopis* e *Amazilia fimbriata*) tiveram baixa frequência de visita (4,1% e 0,6%, respectivamente) e apresentaram o mesmo comportamento durante a visita: visitavam mais de uma flor da inflorescência e realizavam pequenos vôos de reconhecimento ao redor da planta entre a visita a uma flor e outra (Figura 24 F). Após a visita, as aves deslocam-se para outras inflorescências, no entanto, não permanecendo na área. Desta forma, não foi observado comportamento territorialista por parte dessas espécies. As outras espécies de visitantes florais, *Geyeria decussata* (Lepidoptera, Castniidae, Castniinae), *Pinaconota* sp. (Blattaria, Blaberidae) e Curculionidae sp. (Coleoptera) também apresentaram baixas frequências de visita (em geral, inferiores a 1,5%; Tabela 3) e foram consideradas pilhadoras de recursos, uma vez que são visitantes ocasionais e podem contactar o estigma apenas de forma eventual, com exceção do Curculionidae sp, que foi observado tocando anteras e estigma (Figura 24A a E).

O número de espécies visitantes, bem como o número de visitas realizadas foi diferente entre as estações reprodutivas, sendo maior na estação reprodutiva de 2008/2009 e menor na estação de 2009/2010 (Tabela 3). Durante as duas estações reprodutivas estudadas, as flores de *N. cruenta* foram quase que exclusivamente visitadas pelas quatro espécies de abelhas registradas (*Bombus* sp., *Euglossa cordata*, *Trigona spinipes* e *Halictidae* sp.). Além das espécies de abelhas, a formiga *Linepithema* sp. e o beija-flor *Thalurania glaucopis*, estiveram presentes nas duas estações reprodutivas (Tabela 3). Todas as outras espécies

registradas na primeira estação reprodutiva foram visitantes ocasionais e não visitaram as flores na segunda estação.

Tabela 3: Visitantes florais de *Neoregelia cruenta* em um trecho de restinga da Ilha da Marambaia, RJ, suas respectivas taxas de visitaç o durante a estaç o reprodutiva 2008/2009 e 2009/2010, principal recurso obtido e papel na polinizaç o (polinizador / pilhador).

| Visitantes                  | (2008/2009) |      | (2009/2010) |     | Total<br>(N) | Recurso | Papel   |
|-----------------------------|-------------|------|-------------|-----|--------------|---------|---------|
|                             | N           | (%)  | N           | (%) |              |         |         |
| Hymenoptera: Apoidae        |             |      |             |     |              |         |         |
| <i>Bombus</i> sp.           | 152         | 53   | 20          | 40  | 172          | n ectar | poliniz |
| <i>Euglossa cordata</i>     | 14          | 4,9  | 7           | 14  | 21           | n ectar | poliniz |
| <i>Trigona spinipes</i>     | 18          | 6,3  | 1           | 2   | 19           | p len   | poliniz |
| Halictidae sp               | 4           | 1,4  | 4           | 8   | 8            | p len   | poliniz |
| Hymenoptera: Formicidae     |             |      |             |     |              |         |         |
| <i>Linepithema</i> sp.      | 26          | 9,0  | 10          | 20  | 36           | n ectar | pilhada |
| <i>Pseudomyrmex tenuis</i>  | 3           | 1    | -           | -   | 3            | n ectar | Pilhada |
| <i>CreMATogaster</i> sp.    | 12          | 4,1  | -           | -   | 12           | n ectar | Pilhada |
| Diptera sp.                 | 39          | 13,6 | -           | -   | 39           | n ectar | pilhada |
| Trochilidae                 |             |      |             |     |              |         |         |
| <i>Thalurania glaucopis</i> | 6           | 2    | 8           | 16  | 14           | n ectar | Poliniz |
| <i>Amazilia fimbriata</i>   | 2           | 0,7  | -           | -   | 2            | n ectar | poliniz |
| Lepidoptera                 |             |      |             |     |              |         |         |
| <i>Geyeria decussata</i>    | 5           | 1,7  | -           | -   | 5            | n ectar | pilhada |
| Coleoptera                  |             |      |             |     |              |         |         |
| Curculionidae sp.           | 3           | 1    | -           | -   | 3            | n ectar | poliniz |
| Blattaria                   |             |      |             |     |              |         |         |
| <i>Pinaconota</i> sp.       | 2           | 0,7  | -           | -   | 2            | -       | pilhada |
| TOTAL                       | 287         | 100  | 50          | 100 | 336          |         |         |

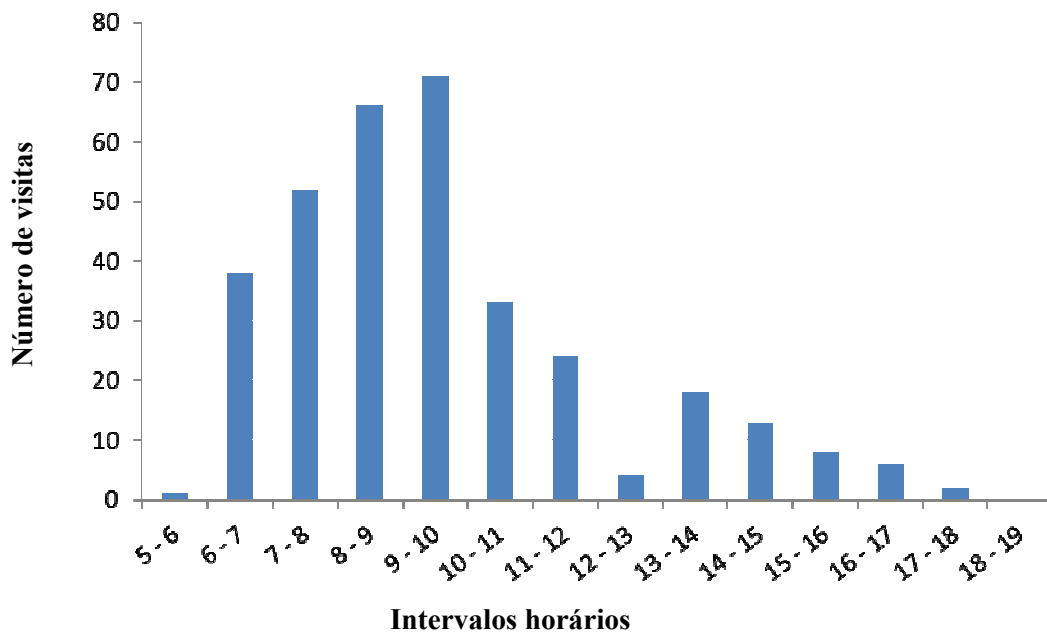


Figura 21: Padrão geral de visitação da guilda de visitantes florais de *Neoregelia cruenta* na área de restinga da Praia Grande, Ilha da Marambaia, RJ.

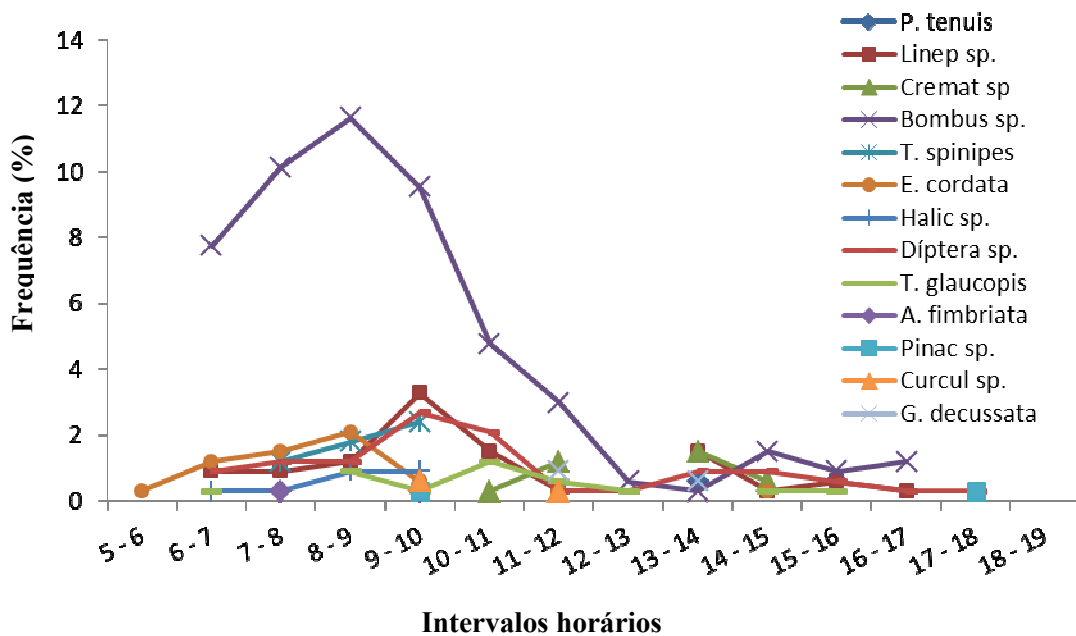


Figura 22: Frequência de indivíduos e atividade ao longo do dia dos visitantes florais de *N. cruenta* em área de restinga na Praia Grande, Ilha da Marambaia, RJ.



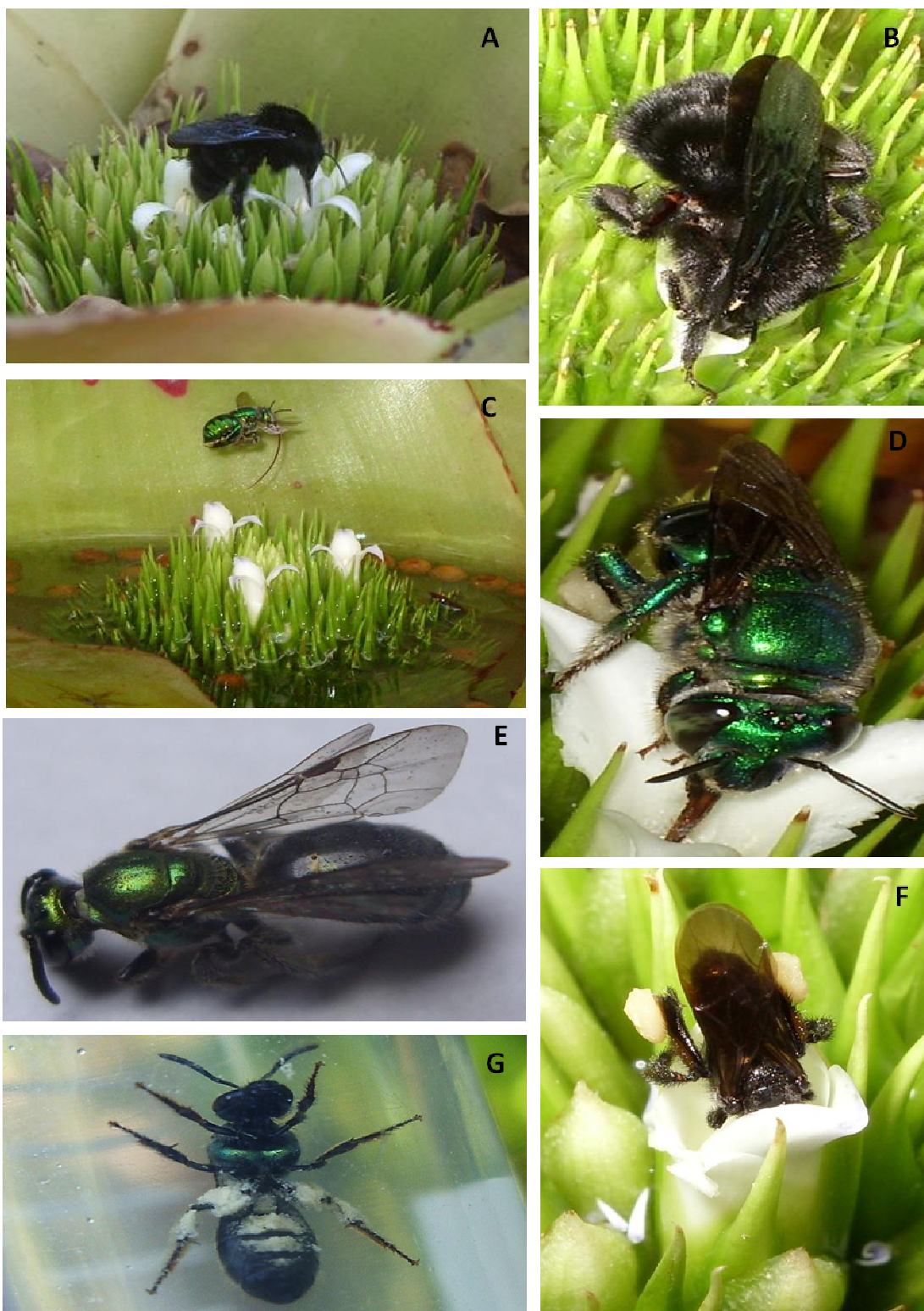


Figura 23: Abelhas (Hymenoptera: Apoidae) visitando flores de *N. cruenta* na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. A e B – *Bombus* sp.; C e D – *Euglossa cordata*; E e G – Halictidae sp; F – *Trigona spinipes*; Notar o acúmulo de pólen nas patas traseiras de *T. spinipes* e Halictidae sp. Fotos: A.S. Meireles.



Figura 24: Visitantes florais de *N. cruenta* na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. A - *Geyeria decussata* (Lepidoptera); B - *Diptera* sp.; C e D - *Curculionidae* sp. (Coleoptera); E - *Pinaconota* sp. (Blattaria) e F - *Thalurania glaucopis*. Fotos: A.S. Meireles.

#### 2.4.2 - *Vriesea procera*

As flores de *V. procera* iniciam a antese a partir das 0530 h, estando completamente abertas as 0600 h. A partir das 1600 h as flores começam a murchar e as 1830 h já encontram-se completamente fechadas. As flores de *V. procera* duram apenas um dia e produzem grandes quantidades de pólen que são liberados quando as anteras se tornam deiscentes, em geral a partir das 0830 h. O estigma encontra-se receptivo durante toda a antese. No final da manhã já não se observa pólen nas anteras. Todas as peças florais são amarelas contrastando com o escapo da inflorescência que é vermelho vivo. Os estames são levemente inclusos na corola e o estigma apresenta-se tanto incluso (na altura média das anteras) quanto exserto (acima das anteras) (Figura 25A e B).

O número de flores abertas por indivíduo/dia foi de  $2 \pm 1,16$  (min = 1, máx = e o número médio de flores produzidas por inflorescência foi de  $121,6 \pm 62,34$  (N=10; mín = 30; máx = 225). Os maiores volume e concentração de néctar produzidos pelas flores de *V. procera* ocorrem nas primeiras horas da manhã, sendo reduzido progressivamente ao longo do dia (Figura 26). O néctar apresentou maior concentração média de açúcares às 0700 h (27,1%) e menor às 1700 h (3,6 %) (N = 10). O volume médio de néctar acumulado ao longo do dia foi de  $50,19 \pm 31,6 \mu\ell$  (N = 10; mín = 15  $\mu\ell$ ; máx = 103,5  $\mu\ell$ ).

Durante o período de estudo foram registradas 159 visitas às flores de *V. procera*. As visitas ocorreram durante todo o período de antese, mas tenderam a se concentrar no período da manhã, com pico de atividade entre 0900 e 1000 h (Figura 27).

Foram registradas cinco espécies de aves (*Thalurania glaucopis*, *Florisuga fusca*, *Eupetomena macroura*, *Amazilia fimbriata* e *Coereba flaveola*) e uma espécie de abelha (*Trigona spinipes*) visitando as flores de *V. procera* na Ilha da Marambaia (Tabela 4). Todos os beija-flores registrados efetuaram visitas legítimas às flores, não sendo observadas tentativas de perfurações na corola para pilhagem do néctar. *Coereba flaveola* visitou as flores de forma legítima, inserindo o bico no tubo da corola, e também de forma ilegítima, pilhando néctar através de perfurações na base da corola.

Todos os visitantes tiveram contato direto com os órgãos reprodutores da flor. *Trigona spinipes*, foi o visitante mais freqüente das flores de *V. procera* na Ilha da Marambaia nas duas estações reprodutivas, 2009 e 2010, realizando 62,7% e 68,4% do total de visitas,

respectivamente (Tabela 4, Figura 28). Esta abelha iniciou suas atividades por volta das 0630 h, recolhendo pólen das flores antes mesmo das anteras se tornarem deiscentes.



Figura 25: Flores de *Vriesea procera* durante a antese na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. Anteras levemente inclusas na corola e hercogamia observada em flores de *V. procera*, evidenciando diferenças quanto ao comprimento do estilete/estigma entre indivíduos na mesma população (A e B); Detalhe de antera deiscente de *V. procera* com liberação de grande quantidade de pólen (C); Anteras “limpas” após a retirada do pólen pelos visitantes florais (D).

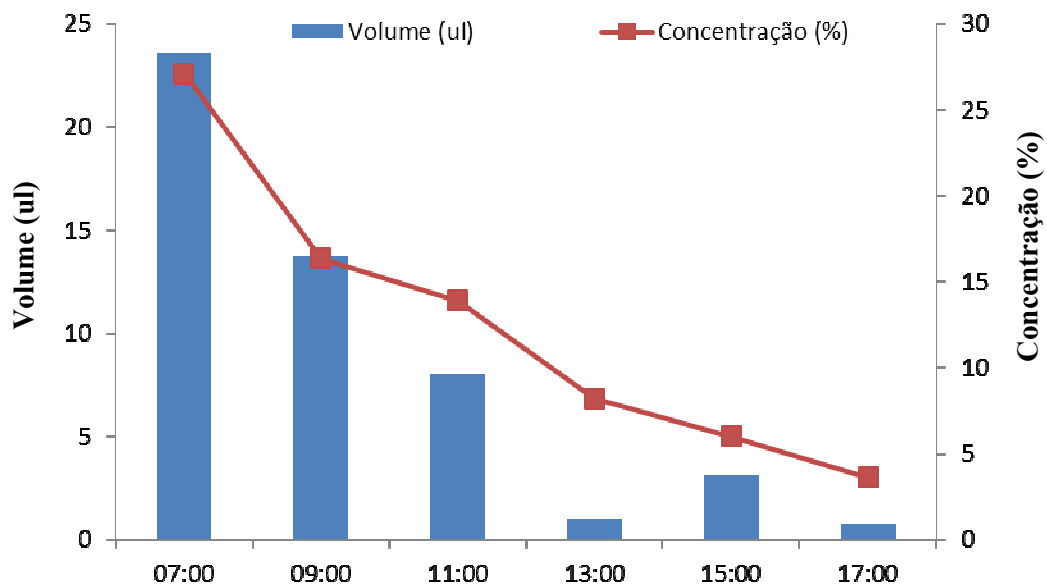


Figura 26: Valores médios de volume (em  $\mu\text{l}$ ) e concentração (em %) de néctar, coletado nas flores de *N. cruenta* ao longo do dia em intervalos regulares ( $N = 10$ ), na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil.

*Trigona spinipes* visitou as flores durante toda a manhã, no entanto a maior parte de suas visitas (43,1%) ocorreu entre 0900 e 1000 h nos dois anos de estudo. Ao raspar o pólen das anteras, muitas vezes esta abelha utiliza o estigma como um “trampolim” ou suporte para alcançar o pólen em outras anteras. Devido a grande quantidade de grãos de pólen produzidos nas anteras, estes se acumulam em diferentes partes do seu corpo durante a visita, tanto na região dorsal, quanto ventral do corpo (Figura 29A a D). O pólen coletado das anteras e também aquele recolhido do próprio corpo com as pernas dianteiras eram transferidos para as corbículas das pernas traseiras (Figura 29C e D). De uma forma geral, *T. spinipes* visita todas as flores abertas da inflorescência.

Entre as aves, o beija-flor *T. glaucopis* (Figura 30A e B) apresentou maior frequência de visitação na estação reprodutiva de 2009 (30%) e *A. fimbriata* na estação reprodutiva de 2010 (14%). O maior número de visitas registradas entre os beija-flores foi de fêmeas de *T. glaucopis*, ( $N = 23$ ; 52% das 44 visitas realizadas por essas aves durante todo o estudo). Os beija-flores iniciaram suas visitas a partir das 0700 h e permaneceram em atividade durante quase todo o período de antese. Inicialmente essas aves faziam um vôo de reconhecimento

sobre a área, vocalizando, e logo em seguida se dirigia à flor. Não foi registrado nenhum encontro agressivo entre essas espécies.

*Coereba flaveola* (Figura 30 D) visitou as flores de *V. procera* somente na segunda estação reprodutiva e durante a sua visita, introduzia seu bico através do tubo da corola com o intuito de alcançar o néctar, mas, na maior parte das vezes, esta ave perfurava a base da corola para extrair o néctar. Após sua visita, as flores encontravam-se danificadas, porém, ainda com suas estruturas de reprodução intactas.

Tabela 4: Visitantes florais de *V. procera* na Ilha da Marambaia e suas respectivas taxas de visitação durante a estação reprodutiva 2008/2009 e 2009/2010, na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil.

| Visitantes                    | 2009 |      | 2010 |      | Total<br>(N) | Recurso | Papel   |
|-------------------------------|------|------|------|------|--------------|---------|---------|
|                               | N    | (%)  | N    | (%)  |              |         |         |
| Hymenoptera: Apoidea          |      |      |      |      |              |         |         |
| <i>Trigona spinipes</i>       | 64   | 62,7 | 39   | 68,4 | 103          | pólen   | poliniz |
| Aves: Trochilidae             |      |      |      |      |              |         |         |
| <i>Thalurania glaucopis</i> ♂ | 11   | 10,8 | 1    | 1,7  | 12           | néctar  | poliniz |
| <i>Thalurania glaucopis</i> ♀ | 20   | 19,6 | 3    | 5,3  | 23           | néctar  | poliniz |
| <i>Amazilia fimbriata</i>     | -    | -    | 8    | 14,0 | 8            | néctar  | poliniz |
| <i>Florisuga fusca</i>        | 4    | 3,9  | -    | -    | 4            | néctar  | poliniz |
| <i>Eupetomena macroura</i>    | 3    | 2,9  | 2    | 3,5  | 5            | néctar  | poliniz |
| Passeriformes: Thraupidae     |      |      |      |      |              |         |         |
| <i>Coereba flaveola</i>       | -    | -    | 4    | 7,0  | 4            | néctar  | pillhad |
| TOTAL                         | 102  | 100  | 57   | 100  | 159          | -       | -       |

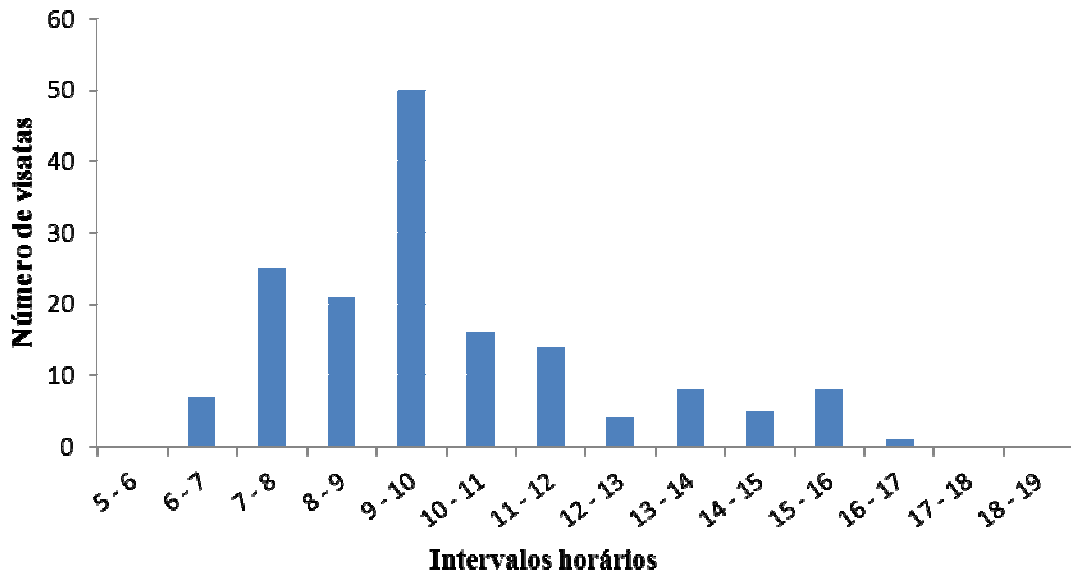


Figura 27: Padrão geral de visitação por seis espécies de visitantes florais às flores de *V. procera* em 12 dias de observação nas estações reprodutivas de 2008/2009 e de 2009/2010, na área da Praia Grande, Ilha da Marambaia, RJ.

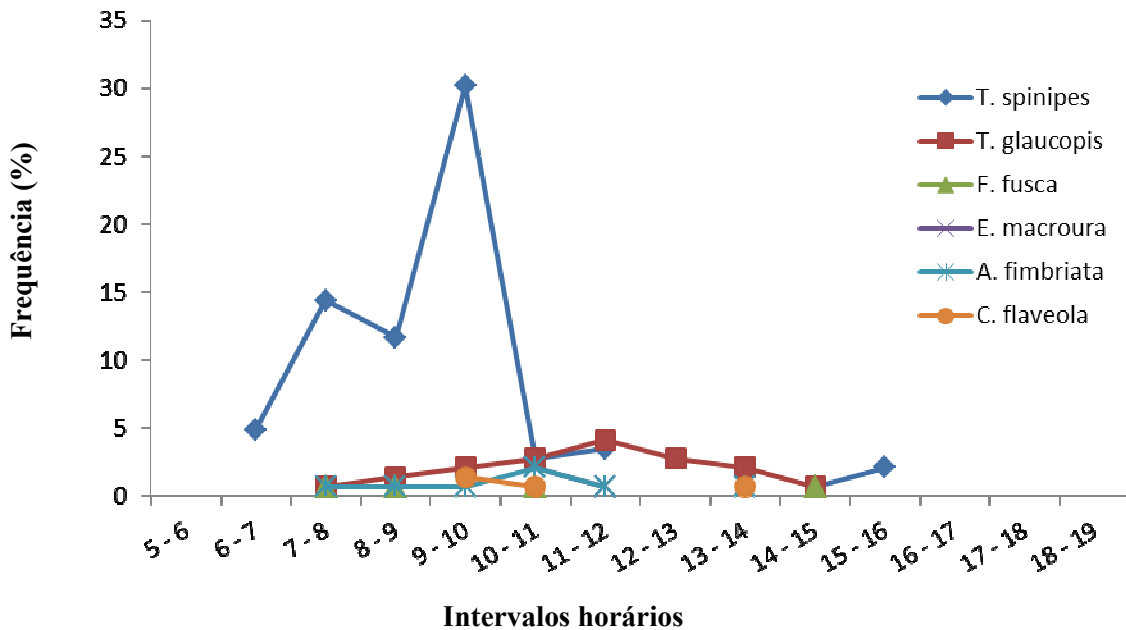


Figura 28: Frequência de indivíduos e atividade ao longo do dia dos visitantes florais de *V. procera* em área de restinga na Praia Grande, Ilha da Marambaia, RJ.



Figura 29: *Trigona spinipes* visitando flores de *Vriesea procera* na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. *T. spinipes* efetua longas visitas às flores de *V. procera* e ao raspar o pólen das anteras, recebem cargas de pólen em várias regiões do corpo (A e B); Detalhe da corbícula úmida na pata traseira de *T. spinipes* ©; Acúmulo de pólen nas corbículas das patas traseiras de *T. spinipes*. Fotos: A.S.Meireles.





Figura 30: Aves visitantes florais de *Vriesea procera* na Ilha da Marambaia, RJ, Brasil. *Thalurania glaucopsis* fêmea (sobre botão floral de *V. procera*) (A) e macho (B) foram as principais aves visitantes das flores; *Florisuga fusca* (C) (foto: R.D. Antonini); *Coereba flaveola* (D) (fotos: A.S.Meireles).

## 2.5 DISCUSSÃO

*Neoregelia cruenta* e *Vriesea procera* possuem flores com antese diurna e longevidade curta, de apenas um dia como observado para a maioria das espécies de Bromeliaceae (MARTINELLI, 1997; SIQUEIRA FILHO & MACHADO, 2001; NARA & WEBBER, 2002; CANELA & SAZIMA, 2003; SIQUEIRA-FILHO, 2003; LENZI *et al.*, 2006; MACHADO & SEMIR, 2006; MORILLO *et al.*, 2008; SANTANA & MACHADO, 2010). Segundo Siqueira-Filho (2003), a antese diurna e a curta duração das flores (um dia) parece ser um padrão na subfamília Bromelioideae e esta característica pode estar associada a uma maior especialização da interação planta-polinizador, garantindo uma polinização mais eficiente (BENZING *et al.*, 2000). Já na subfamília Tillandsioideae, sobretudo no gênero *Tillandsia*, anteses mais prolongadas parecem ser mais comuns (TILL, 1992). Flores diurnas com duração de mais de um dia são menos comuns na família (p.ex. *Neoglaziovia variegata* e *Dyckia brevifolia*), o que pode estar relacionado com a possibilidade de acesso aos polinizadores noturnos ativos (BENZING *et al.*, 2000).

A polinização da maioria das bromeliáceas está relacionada à animais vertebrados, principalmente os beija-flores (ARAUJO *et al.*, 1994; FISCHER, 1994; MARTINELLI, 1997; VARASSIM & SAZIMA, 2000; KAEHLER *et al.*, 2005; MACHADO & SEMIR, 2006; PIACENTINI, 2006; SANTANA & MACHADO, 2010), sendo considerada a família mais importante na guilda de ornitofilia da Floresta Atlântica do Sudeste (BUZATO *et al.*, 2000) e do nordeste do Brasil (SIQUEIRA-FILHO & MACHADO, 2006). No entanto, a entomofilia, apesar de pouco constatada na família Bromeliaceae, tem sido considerada uma estratégia de polinização intermediária, e em muitos casos, funcional (BENZING, 2000).

Os resultados do presente estudo indicaram que as espécies de bromeliáceas estudadas na Ilha da Marambaia têm a sua guilda de visitantes florais composta principalmente por espécies de invertebrados, em especial abelhas (Hymenoptera). Insetos visitantes ou polinizadores das flores de bromeliáceas já foram registrados em outros estudos (FISCHER, 1994; ARAUJO *et al.*, 1994; SIQUEIRA-FILHO & MACHADO, 2001; NARA & WEBBER, 2002; ROCHA-PESSÔA, 2004; LENZI, *et al.*, 2006; ROGALSKI, 2007; PEREIRA & QUIRINO, 2008; KRIECK, 2008; RIOS *et al.*, 2010; SANTANA & MACHADO, 2010; NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011), no entanto, na maior parte desses

estudos, os insetos são considerados visitantes ocasionais e pouco importantes para a polinização.

Nossos resultados mostraram que a guilda de polinizadores de *N. cruenta* é composta tanto por vertebrados quanto por invertebrados, mas que as abelhas representaram o principal grupo de visitantes nas duas estações reprodutivas observadas, e foram consideradas as mais eficientes em função da frequência de visitas e do comportamento realizado durante a mesma. Este resultado corrobora estudos anteriores (ALVES *et al.*, 2000; SIQUEIRA-FILHO, 2003; ALMEIDA, *et al.*, 2004; ROGALSKI, 2007; NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011) em que, dependendo da espécie de bromélia, os insetos podem constituir importantes grupos de polinizadores. Em alguns casos, estas relações tem sido demonstradas como específicas, como por exemplo, em *Aechmea elifera* (FISCHER 1994), *Araecoccus parviflorus* (SIQUEIRA-FILHO, 2003), *Aechmea cylindrata* (KAEHLER *et al.*, 2005), *Aechmea caudata* (KAMKE, 2009) e *Canistropsis microps* (NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011), que foram exclusivamente polinizadas por abelhas.

*Neoregelia cruenta* apresenta características florais (flores com pétalas roxas, quase azuis à pétalas claras, quase brancas, corola relativamente pouco profunda, antese diurna, flores voltadas para cima) adaptadas à síndrome de polinização por abelhas (Apini) (melitofilia). Flores com tais características são observadas principalmente na sub-família Bromelioidea (SIQUEIRA-FILHO, 2003). Dentre as espécies de abelhas visitantes de *N. cruenta* na Ilha da Marambaia, *Bombus* sp. foi considerada o principal polinizador, seja pela sua frequência de visitação ou pelo seu comportamento durante a visita, no qual tocava as estruturas de reprodução. Abelhas deste gênero têm sido frequentemente observadas realizando visitas às flores de Bromeliaceae. *Bombus morio* foi considerado o polinizador efetivo de *Aechmea elifera* no litoral sul do estado de São Paulo (FISCHER, 1994), além de visitar outras três espécies de Bromeliaceae. *Aechmea cylindrata* teve *Bombus brasiliensis* como seu único polinizador na Floresta Atlântica Alto-Montana no estado do Paraná (KAEHLER *et al.*, 2005). Em *Aechmea lindenii*, Lenzi *et al.* (2006), registraram visitas de *Bombus* sp. às flores desta bromélia e as classificou como potenciais polinizadores em função do seu comportamento intra e interfloral durante as visitas, tocando as estruturas de reprodução. *Bombus atratus* e *Bombus morio* foram observados realizando visitas as flores de *Dyckia brevifolia*, e segundo os autores, apresentaram comportamento adequado à

polinização, apesar de apresentarem baixas frequências de visitação (ROGALSKI, 2007). As outras espécies de abelhas (*T. sinipes*, *E. cordata* e abelhas Halictidae) já foram registradas realizando visitas às flores de outras espécies de bromélias (SIQUEIRA-FILHO, 2003; KRIECK, 2008; KAMKE, 2009; RIOS *et al.*, 2010), sendo *T. spinipes* a abelha visitante mais frequente e abundante em algumas delas, como por exemplo, em *Pitcairnia flammea* (ROCHA-PESSÔA, 2004), *Dyckia brevifolia* (ROGALSKI, 2007) e *Canistropsis microps* (NUNES-FREITAS & ROCHA, 2011). Nesses mesmos estudos, os autores registraram o comportamento agressivo da espécie em relação à outras abelhas ou borboletas. Em *Bromelia antiacantha* o comportamento agressivo de *T. spinipes* também afetou a visita de beija-flores (CANELA E SAZIMA, 2005).

Os outros grupos de visitantes florais observados nas flores de *N. cruenta* apresentaram menor taxa de visitação e, em sua maioria, representaram visitantes ocasionais que não foram observados nos dois anos de estudo. Os beija-flores apresentaram baixa taxa de visitação durante o estudo e somente *Thalurania glaucopis* esteve presente nas duas estações reprodutivas. As visitas deste beija-flor ocorreram durante praticamente todo o período de antese, sendo mais frequentes no período da manhã. Tanto *T. glaucopis*, quanto *A. fimbriata*, realizaram visitas legítimas, contatando os órgãos reprodutores das flores de *N. cruenta*. Durante a visita, os beija-flores introduziam o bico de duas a três vezes no tubo da corola, coletando néctar, e neste momento contatam as anteras e/ou o estigma, ficando com o pólen aderido ao bico.

Os indivíduos de *Geyeria decussata* (Lepidoptera: Castniidae) visitaram as flores somente na primeira estação reprodutiva, e possivelmente são visitantes oportunistas, pois apresentam probóscide muito longa em relação ao tubo floral de *N. cruenta*, e não contata o estigma, como observado por Rogalski (2007) em flores de *Dyckia brevifolia*, que foram visitadas por borboletas Hesperíidae. Resultados semelhantes foram registrados para outras bromeliáceas (MARTINELLI, 1997; VOSGUERITCHIAN & BUZATO, 2006; PEREIRA & QUIRINO, 2008). Os Hesperíidae também não foram considerados polinizadores de *Hohembergia ridleyi*, por também possuírem probóscide muito comprida em relação ao tubo floral (SIQUEIRA-FILHO, 1998). Em *Canistrum auratiacum*, os *elífera*s foram considerados ineficientes pela baixa *elífera*a, comportamento e morfologia do corpo (SIQUEIRA FILHO E MACHADO, 2001). No entanto, duas espécies de borboletas do

gênero *Heliconius* (Nymphalidae) visitaram as flores de *Aechmea lindenii* frequentemente ao longo do dia e foram consideradas polinizadores potenciais, pois, ao introduzir seguidamente a probóscide no tubo da corola para sugar o néctar, introduziam também parte da cabeça no tubo floral, tocando o estigma e as anteras (LENZI *et al.*, 2006).

As visitas das formigas ocorreram praticamente durante toda a antese e apresentaram taxa de visitação relativamente alta quando comparada a outros visitantes, sendo até mesmo maior do que a taxa de visitação de algumas abelhas. No entanto, não foram classificadas como polinizadoras, pois, apesar de as formigas entrarem no tubo da corola, provavelmente em busca de néctar, não tocavam as estruturas de reprodução, como observado por Lenzi *et al.* (2006). A alta taxa de visitação de formigas às flores de *N. cruenta* na área de estudo, pode ser explicado pela ocorrência de ninhos de formigas associados às touceiras de bromélias ou mesmo ao próprio indivíduo observado, uma vez que todos os indivíduos de *N. cruenta* observados neste estudo e cujas flores foram visitadas por formigas, apresentaram esta relação.

Formicidae e Bromeliaceae se ajustam em muitos tipos de interações (Benzing, 2000). A planta pode oferecer recursos alimentares, por exemplo, através de nectários extra-florais, como em *Dyckia floribunda* (VESPRINI *et al.*, 2003). A bromélia pode servir de ninho e conter em seu interior ovos, larvas e pupas, como observado em vários indivíduos no campo (observação pessoal). Já as formigas podem beneficiar as bromélias através da proteção contra herbivoria, por dispersão de sementes e por alimentação com produtos abandonados em suas cavidades, que podem ser absorvidos pela planta (DEJEAN & OLMSTED, 1997; VESPRINI *et al.*, 2003).

A barata *Pinaconota* sp. também só foi observada na primeira estação reprodutiva. No entanto, não foi possível determinar que tipo de recurso estes organismos obtêm nas flores de *N. cruenta*. Baratas são organismos comumente encontrados associados a tanques de bromélias e frequentemente são registrados em trabalhos que tratam da fauna associada a estas plantas (COTGREAVE *et al.*, 1993; WITTMAN, 2000; ARAÚJO *et al.*, 2007; ZANIN & TUSSET, 2007; SEPKA, 2008). Trabalhos que relatam a ocorrência de Blattodea como visitantes de flores ou eventuais polinizadoras são escassos na literatura. No entanto, Nagamitsu & Inoue (1997) (*apud* CARVALHO *et al.*, 2000), reportaram Blattodea como polinizadores de uma espécie de Annonaceae. Andrich (2008) registrou a presença de

Blattodea como visitantes florais de *Bathysa australis* (Rubiaceae) e Storti (2007) observou a presença desses animais como visitantes ocasionais, alimentando-se de peças florais de *Cattleya eldorado* (Orchidaceae). Kamke (2009) registrou a presença de Blattodea como visitante floral de *Aechmea caudata*, porém, este visitante não consumiu nenhum recurso floral e sua presença na flor, segundo os autores, ocorreu devido a atividades de patrulhamento na inflorescência.

Os indivíduos de *Diptera* sp observados neste estudo efetuavam visitas rápidas ao interior das flores, e permaneciam na inflorescência por longo período durante a antese. Ao entrar no tubo da corola, provavelmente em busca de néctar, estes organismos não contatavam as estruturas de reprodução. Já o Curculionidae registrado visitando as flores de *N. cruenta* poderia ocasionalmente polinizar as flores, uma vez que contactava as anteras e estigma, ao tentar alcançar o néctar com seu aparelho bucal. A presença de Curculionidae (Coleoptera) em flores de Bromeliaceae também foi registrado por Siqueira-Filho & Machado (2001) e Nara e Webber (2002).

As flores de *V. procera* apresentam atributos florais relacionados à síndrome de ornitofilia, tais como corola tubular, pétalas amarelas, órgãos sexuais distantes da câmara nectarífera e ausência de odor (senso FAEGRI & VAN DER PIJL, 1979). Este conjunto floral, em contraste com o vermelho intenso observado no escapo da longa inflorescência, sugere uma forte atração para pássaros. No entanto, neste estudo, o principal visitante floral de *V. procera* foi *Trigona spinipes* (Hymenoptera: Apidae), nas duas estações reprodutivas estudadas. O comportamento desta abelha durante a visita às flores permitia o contato de diferentes partes do seu corpo tanto com as anteras, acumulando pólen em diferentes regiões, quanto com o estigma. Estes resultados diferem dos encontrados por Van Sluys *et al.* (2001), que estudaram as taxas de visitação de polinizadores a *V. procera* em área de Floresta Atlântica na Ilha Grande (RJ) e registraram maior frequência de visitas por beija-flores (92%) e menor por Hymenoptera. Estes autores concluíram que os beija-flores constituem os polinizadores efetivos de *V. procera* na área de estudo, corroborando estudos anteriores para outras quatro espécies de *Vriesea* que foram exclusivamente polinizadas por beija-flores no sudeste do Brasil (ARAÚJO *et al.*, 1994; VAN SLUYS & STOTZ, 1995).

No entanto, Alves *et al.* (2000) observaram insetos e beija-flores visitando as flores de quatro espécies de bromeliáceas em área de Floresta Atlântica na Ilha Grande, RJ, e

registraram alta frequência de visitação por insetos (66%) e baixa por aves (34%) em flores ornitófilas de *Tillandsia stricta*. Almeida *et al.* (2004), registrou as taxas de visitação de polinizadores à essa mesma bromélia na Restinga de Jurubatiba, RJ, e encontrou resultado semelhante, no qual 93,3% do total de visitas foram realizados por abelhas (*Euglossa* sp, *Apis melifera* e *Trigona* sp.). Segundo os autores a predominância de visitas por abelhas às flores de *T. stricta*, ocorreu possivelmente por conta do baixo volume de néctar produzido ao longo do dia (2,85  $\mu\ell$  e 17,4%), sendo este recurso mais importante para as abelhas e menos para os beija-flores que necessitam de maiores quantidades de recursos energéticos. Outras espécies de bromeliáceas ornitófilas (*Pseudananas sagenarius* e *Portea leptantha*) foram registradas por Siqueira-Filho (2003) sendo eventualmente polinizadas por insetos (Hesperiidae e Euglossini).

A área da restinga da Praia Grande, na Ilha da Marambaia, está inserida dentro da área urbana da Ilha, onde se localiza o CADIM (Centro de adestramento da Ilha da Marambaia) e as antigas casas de alvenaria de moradores quilombolas. Desta forma, a área de estudo sofre certo grau de pressão antrópica, seja pela atividade extrativista dos moradores quilombolas, seja pelas atividades de treinamento militar ou mesmo pela atividade turística civil. Desta forma é possível que a alta taxa de visitas realizadas por essas abelhas às flores de *V. procera*, que é uma bromélia tipicamente ornitófila, possa estar relacionado à escassez de recursos ou perturbação antrópica na área, como observado por Pereira & Quirino (2008) para *Neoglaziovia variegata*. Abelhas do gênero *Trigona* são frequentemente registradas realizando visitas oportunistas às flores de bromeliáceas ornitófilas (segundo SIQUEIRA-FILHO, 2003).

A atividade de visitação de *T. spinipes* às flores de *V. procera* ocorreu quase que exclusivamente durante a manhã, período no qual as anteras disponibilizam o pólen, que é o principal recurso procurado por esta abelha nestas flores. *Trigona spinipes* só foi observada duas vezes entrando na flor em direção a base do tubo da corola, provavelmente em busca de néctar. Esta abelha permanecia por um longo tempo na mesma flor ou inflorescência, raramente se movimentando entre as plantas, sendo comum a presença de duas ou três abelhas visitando a mesma inflorescência. Comportamento similar de *T. spinipes* também foi observado em espécies de *Pitcairnia* (WENDT *et al.*, 2001; ROCHA-PESSÔA, 2004) e em *Bromelia antiacantha* (CANELA & SAZIMA 2005). Durante o período da manhã foram

observadas poucas visitas dos beija-flores às flores de *V. procera*, que, no entanto, apresentaram uma leve alta na frequência de visitas quando as abelhas diminuíram sua atividade. É reconhecido na literatura o comportamento agressivo dessas abelhas durante atividades de visitação, expulsando outros visitantes, investindo inclusive, em ataques diretos (ROCHA-PESSÔA, 2004; CANELA & SAZIMA, 2005; ROGALSKI, 2007). Desta forma, embora não se tenha observado neste estudo a ocorrência de interações agonísticas entre essas espécies, é possível que a presença de *T. spinipes* na inflorescência de *V. procera* possa inibir a atividade de visitação das aves.

Devido ao comportamento de visitação observado por *T. spinipes* (visitas longas e repetidas à mesma flor e normalmente permanecendo em uma mesma inflorescência) e a autocompatibilidade apresentada pela espécie (WENDT *et al.*, 2004), é possível que as principais formas de polinização promovidas na população estudada, sejam a autopolinização e a geitonogamia. O predomínio da autopolinização e de geitonogamia sugerem que o fluxo gênico via pólen prevalece dentro das populações (ROGALSKI *et al.*, 2009). Desta forma, apesar de apresentar a maior taxa de visitação, *T. spinipes* não foi considerado o polinizador efetivo desta espécie de bromélia na Ilha da Marambaia, sendo este papel, provavelmente desempenhado de maneira mais eficiente pelos beija-flores.

*Coereba flaveola* (Aves: Coerebidae) foi registrado visitando flores de *Aechmea bromelifolia*, *Hohenbergia ramageana*, *Orthophytum albopictum*, *O. mucugense* (SANTANA & MACHADO, 2010) e *Dyckia brevifolia* (ROGALSKI, 2007) e, de forma semelhante ao presente estudo, visitava as flores de forma legítima, contatando as estruturas de reprodução, e ilegítima, atuando como pilhador ao perfurar a base da corola para obtenção de néctar.



## 2.6 CONCLUSÃO

*N. cruenta* é uma planta que ocorre em grande abundância na Restinga da Praia Grande, na Ilha da Marambaia, RJ e cujas flores possuem características voltadas para a síndrome da melitofilia.

A guilda de visitantes florais de *N. cruenta* é constituída quase que exclusivamente por espécies de invertebrados, em especial, abelhas. O principal polinizador dessa espécie foi *Bombus* sp. que apresentou a maior frequência de visitação durante todo o estudo bem como, comportamento adequado a polinização.

Já *V. procera* é uma planta tipicamente ornitófila, mas que foi principalmente visitada pela abelha *T. spinipes*. Esta abelha visitou as flores de *V. procera* durante todo o período da manhã nos dois anos de estudo, no entanto não foi considerada o principal polinizador da espécie, uma vez que a atividade de visitação dessa abelha possivelmente favoreça a autopolinização e impeça a atividade de visitação de beija-flores às flores de *V. procera*, sendo estes os visitantes conhecidamente mais eficientes nesta relação.

## 2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E.M.; STORNI, A.; RITTER, P.D.; ALVES, M.A.S. Floral visitors of *Tillandsia stricta* Sol. (Bromeliaceae) at Restinga of Jurubatiba, Macaé, Rio de Janeiro, Brazil. **Vidalia**, V. 2, n. 1, p. 30-35, 2004.
- ALVES, M.A.S.; ROCHA, C.F.D.; VAN SLUYS, M.; BERGALLO, H.G. Guildas de beija-flores polinizadores de quatro espécies de Bromeliaceae de Mata Atlântica da Ilha Grande, RJ, Brasil: composição e taxas de visitação. *In* **A ornitologia no Brasil: pesquisa atual e perspectivas**. Editora da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p. 171-185. 2000.
- ANDRICH, M. **Sistema reprodutivo e polinização em duas espécies arbóreas e Simpátricas de Bathysa (Rubiaceae)**. Dissertação de mestrado. Escola Nacional de Botânica tropical, 2008. 59 p.
- ARAÚJO, A.C.; FISCHER, E.A.; SAZIMA, M.. Floração seqüencial e polinização de três espécies de *Vriesea* (Bromeliaceae) na região da Juréia, Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, V. 17, p. 113-118, 1994.
- ARAÚJO, D.S.D. **Análise florística e fitogeográfica das restingas do Estado do Rio de Janeiro**. Tese de Doutorado, PPGE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2000.
- ARAÚJO, V.A.; MELO, S.K.; ARAÚJO, A.P.A.; GOMES, M.L.M.; CARNEIRO, M.A.A. Relationship between invertebrate fauna and bromeliad size. **Braz. J. Biol.**, V. 67, n. 4, p. 611-617, 2007.
- BENZING, D.H. **The biology of the bromeliads**. MadRiver Press, California. 1980.
- BENZING, D.H. **Bromeliaceae: Profile of an adaptive radiation**. Cambridge: Cambridge University Press. 2000.
- BUZATO, S.; SAZIMA, M.; SAZIMA, I. Hummingbird-pollinated floras at three Atlantic forest sites. **Biotropica**, V. 32, p. 824-841, 2000.
- CANELA M.B.F.; SAZIMA, M. *Aechmea pectinata*: a hummingbird-dependent bromeliad with inconspicuous flowers from the rainforest in south-eastern Brazil. **Annals of Botany**, V. 92, p. 731-737, 2003.

- CANELA, M.B.F.; SAZIMA, M. The pollination of *Bromelia antiacantha* (Bromeliaceae) in the southeastern Brazil: ornithophilous versus melittophilous features. **Plant Biology**, V. 7, p. 411-416, 2005.
- CARVALHO, R; WEBBER, A.C. Biologia floral de *Unonopsis guatterioides* (A. D.C.) R.E. Fr., uma Annonaceae polinizada por Euglossini. **Rev. bras. Bot.** V. 23, n. 4, p. 421-425, 2000.
- COGLIATTI-CARVALHO, L; ROCHA-PESSÔA, T.C.; NUNES-FREITAS, A.F.; ROCHA, C.F.D. Volume de água armazenado no tanque de bromélias, em restingas da costa brasileira. **Acta Botanica Brasílica**, V. 24, p. 84-95, 2010.
- COGLIATTI-CARVALHO, L.; ROCHA-PESSÔA, T.C.; NUNES-FREITAS, A.F.; ROCHA, C.F.D. Bromeliaceae species from coastal restinga habitats, States of Rio de Janeiro, Espírito Santo and Bahia, Brazil. **Check List**, V. 4, n. 3, p. 234-239, 2008.
- COGLIATTI-CARVALHO, L.; NUNES-FREITAS, A.F.; ROCHA, C.F.D.; SLUYS, M.V. Variação na estrutura e composição de Bromeliaceae em cinco zonas de restinga no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ. **Revista Brasileira de Botânica**, V. 21, n. 1, p. 1-9, 2001.
- COTGREAVE, P.; HILL, M.J.; MIDDLETON, D.A.J. The relationship between body size and population size in bromeliad tank faunas. **Biological Journal of the Linnean Society**, V. 49, p. 367-380, 1993.
- DAFNI, A. **Pollination Ecology: A Practical Approach**. Oxford: IRL, 1992, 250p.
- DEJEAN, A.; OLMSTED, I. Ecological studies on *Aechmea bracteata*(Swartz) (Bromeliaceae). **Journal of Natural History**, V. 31, p. 1313-1334, 1997.
- FAEGRI, K.; PIJL, V. D. **The principles of pollination ecology**. Pergamon Press, Oxford, New York, 244p, 1979.
- FISCHER, E.A. **Polinização, Fenologia e distribuição Espacial de Bromeliaceae numa comunidade de Mata Atlântica, litoral Sul de São Paulo**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, SP. 1994. 83 p.

- FORZZA, R.C., COSTA, A., SIQUEIRA FILHO, J.A., MARTINELLI, G. Bromeliaceae in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB000066>), 2010.
- GARDNER, C.S. Inferences about pollination in Tillandsia (Bromeliaceae). **Selbyana**, V. 9, p. 76-87, 1986.
- HEITHAUS, E.R. Community structure of neotropical flower visiting bees and wasps: diversity and phenology. **Ecology**, V. 60, p. 190-202, 1979.
- KAEHLER, M, VARASSIN, I.G.; GOLDENBERG, R. Polinização em uma comunidade de bromélias em Floresta Atlântica Alto-montana no Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, V.28, n.2, p.219-228, 2005.
- KAMKE, R. **Polinização por abelhas em *Aechmea caudata* lindm., uma bromélia com características ornitófilas, na ilha de Santa Catarina, sul do Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. 45 p.
- KRIECK, C. **Ecologia reprodutiva de *Dyckia encholirioides* var. *encholirioides* (gaud) Mez. (Bromeliaceae) em costões oceânicos em Florianópolis, Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis, 2008. 67 p.
- LEME, E.M.C. **Bromélias da Mata Atlântica – Canistrum**. Salamandra Consultoria Editorial Ltda, Rio de Janeiro. p.102-107, 1997.
- LENZI, M.; ZARUR, Z. M.; ORTH, A. I. Variação morfológica e reprodutiva de *Aechmea lindenii* (E. Morren). **Acta Botanica Brasilica**, V. 20, n. 2, p. 487-500, 2006.
- MACHADO, C.G.; SEMIR, J. Fenologia da floração e biologia floral de bromeliáceas ornitófilas de uma área de Mata Atlântica do Sudeste brasileiro. **Revista Bras. Bot.**, V. 29, n. 1, p. 163-174, 2006.
- MACHADO, I. C.; LOPES, A. V. Floral Traits and Pollination Systems in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry Forest. **Annals of Botany**, V. 94, p. 365–376, 2004.
- MARTINELLI, G. Biologia reprodutiva de Bromeliaceae na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. In: **Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação em Mata Atlântica**. Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro. p. 213-250. 1997.

- MACHADO, C.G.; SEMIR, J. Fenologia da floração e biologia floral de bromeliáceas ornitófilas de uma área de Mata Atlântica do Sudeste brasileiro. **Revista Bras. Bot.**, V. 29, n. 1, p. 163-174, 2006.
- MAYER, C., ADLER, L., ARMBRUSTER, S.; DAFNI, A., EARDLEY, C., HUANG, S., KEVAN, P., OLLERTON, J., PACKER, L. & SSYMANK, A. Pollination ecology in the 21st Century: key questions for future research. **Journal of Pollination Ecology**, V. 3, n. 2, p. 8-23, 2011.
- MORILLO, I.M.R.; MAY, F.C.; FERNÁNDEZ-CONCHA, G.C.; FILOGONIO, M.P. Reproductive biology of *Hechtia schottii*, a dioecious Bromeliaceae, in Mexico. **Rev. Biol. Trop.** V. 56, n. 1, p. 279-289, 2008.
- NARA, A. K.; WEBBER, A. C. Biologia floral e polinização de *Aechmea beeriana* (Bromeliaceae) em vegetação de baixio na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, V. 32, n. 4, p. 571 – 588, 2002.
- NUNES-FREITAS, A.F.; COGLIATTI-CARVALHO, L.; SLUYS, M. V.; ROCHA, C.F.D. Distribuição espacial de bromélias na Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, V. 14, n. 1, p. 175-180, 2000.
- NUNES-FREITAS, A.F.; ROCHA-PESSÔA, T.C.; COGLIATTI-CARVALHO, L.; ROCHA, C.F.D. Bromeliaceae da restinga da Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul: composição, abundância e similaridade da comunidade. **Acta Botanica Brasilica**, V. 20, p. 709-717, 2006.
- NUNES-FREITAS, A.F.; ROCHA, C.F.D. Spatial distribution by *Canistropsis microps* (E. Morren ex Mez) Leme (Bromeliaceae:Bromelioideae) in the Atlantic rain forest in Ilha Grande, Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, V. 67, p. 631-637, 2007.
- NUNES-FREITAS, A.F. ; ROCHA-PESSÔA, T. C.; DIAS, A.S.; ARIANI, C. V.; ROCHA, C.F.D. da. Bromeliaceae da Ilha Grande, RJ: revisão da lista de espécies. **Biota Neotropica** (Ed. Portuguesa) V. 9, n. 2, p. 213-219, 2009.
- NUNES-FREITAS, A.F.; ROCHA, C.F.D. Reproductive phenology and flower visitors' guild of *Canistropsis microps* (Bromeliaceae) in an Atlantic Rainforest of southeastern Brazil. **Journal of Natural History**, V. 45, n. 17-18, p. 1021-1034, 2011.

- PEREIRA, F.R.L.; QUIRINO, Z.G.M. Fenologia e biologia floral de *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae) na caatinga paraibana. **Rodriguésia**, V. 59, n. 4, p. 835-844, 2008.
- PIACENTINI, V.Q. **Relações entre floração de bromélias e uma comunidade de beija flores numa área de Floresta Ombrófila Densa do Sul do Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, 2006. 31p.
- PROCTOR, M., YEO, P.; LACK, A. **The natural history of pollination**. Harper Collins Publishers, London, 1996.
- RIOS, P.A.F.; SILVA, J.B.; MOURA, F.B.P. Visitantes florais de *Aechmea constantinii* (Mez) L. B. Sm. (Bromeliaceae) em um remanescente da Mata Atlântica do Nordeste Oriental. **Biotemas**, V. 23, n. 4, p. 29-36. 2010.
- REITZ, R. Bromeliáceas e a malária-bromélia endêmica. *In: Flora ilustrada catarinense* (R. Reitz, ed.). Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí. 1983.
- ROCHA, C.F.D.; NUNES-FREITAS, A.F.; COGLIATTI-CARVALHO, L.; ROCHA-PESSÔA, T.C. Habitat disturbance in Brazilian Coastal sand dune vegetation and the related richness and diversity of bromeliad species. **Vidalia**, V. 2, n. 2, p. 50-56, 2004.
- ROCHA, C.F.D. *et al.* Conservando uma larga porção da diversidade biológica através da conservação de Bromeliaceae. **Vidália**, V. 2, n. 1, p. 52-68. 2004.
- ROCHA-PESSÔA, T. C. **Ecologia de *Pitcairnia flammea* Lindley (Bromeliaceae: Pitcairnioidea) em uma área insular de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2004. 69 p.
- ROCHA-PESSÔA, T. C.; ROCHA, C. F. D. Reproductive cycle of *Pitcairnia flammea* Lindl. (Bromeliaceae/Pitcairnioideae) in an insular Atlantic rainforest area in southeastern Brazil. **Flora**, V. 203, p. 229 – 233, 2008.
- ROCHA-PESSÔA, T.C.; NUNES-FREITAS, A.F.; COGLIATTI-CARVALHO, L.; ROCHA, C.F.D. Species composition of Bromeliaceae and their distribution at the Massambaba Restinga in Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, V. 68, p. 251-257, 2008.

ROGALSKI, M.J. **Biologia da Conservação da reófito *Dyckia brevifolia* Baker (Bromeliaceae), Rio Itajaí-Açu, SC.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007. 93 p.

ROGALSKI, J.M.; REIS, A.; REIS, M.S.; HMELJEVSKI, K.V. Biologia reprodutiva da reófito *Dyckia brevifolia* Baker (Bromeliaceae), no Rio Itajaí-Açu, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, V.32, n.4, p.691-702, 2009.

ROCHA, C.F.D. *et al.* Bromélias: Amplificadoras da Biodiversidade. **Bromélia**, V 4, n. 4, p. 7-10, 1997.

SANTANA, C. S.; MACHADO, C. G. Fenologia de floração e polinização de espécies ornitófilas de bromeliáceas em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, BA, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, V.33, n.3, p. 469-477, 2010.

SEPKA, E. R.. **Estudo de macroinvertebrados associados a Bromeliaceae em uma área de mata atlântica no estado do Paraná, Brasil, com ênfase na família Syrphidae (DIPTERA)** – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Dissertação de Mestrado, 2008. 94 p.

SICK, H. **Ornitologia brasileira, uma introdução.** Brasília, Ed Universidade de Brasília. V. 1, 1984.

SIQUEIRA-FILHO, J.A. **Fenologia da Floração, ecologia da polinização e conservação de Bromeliaceae na Floresta Atlântica Nordestina.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, 2003. 144 p.

SIQUEIRA FILHO, J. A.; MACHADO, I. C. S. Foral biology of *Hohenbergia ridleyi* (Baker) Mez. **Bromelia**, V. 5, n. 1-4, p. 3-13. 1998.

SIQUEIRA FILHO, J. A.; MACHADO, I. C. S. Biologia reprodutiva de *Canistrum aurantiacum* E. Morren (Bromeliaceae) em remanescente da Floresta Atlântica, Nordeste do Brasil. **Acta bot. Bras.** V. 15, n. 3, p. 427 – 443, 2001.

SIQUEIRA-FILHO, J.A.; MACHADO, I. C. Floração e polinização das bromélias da Mata Atlântica nordestina. *In: Fragmentos de Mata Atlântica do Nordeste – Biodiversidade, Conservação e suas Bromélias.* Andrea Jakobsson Estúdio, Rio de Janeiro. p. 158-189, 2006.

STORTI, E. F. **Dinâmica populacional e biologia reprodutiva de *Cattleya eldorado* Linden (Orchidaceae)**. Tese de Doutorado. INPA, 2007.

TILL W. Systematics and evolution of the tropical-subtropical Tillandsia subgenus Diaphoranthema (Bromeliaceae). **Selbyana**, V. 13, p. 88-94, 1992.

VAN SLUYS, M.; CARDOZO, C.A.; MANGOLIN, R.; ROCHA, C.F.D. Taxas de visitação de polinizadores a *Vriesea procera* (Bromeliaceae) na Ilha Grande, Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil. **Bromélia**, V. 6, p. 19-24, 2001.

VAN SLUYS, M.; STOTZ, D.F. Padrões de visitação a *Vriesea neoglutinosa* por beija-flores no Espírito Santo, sudeste do Brasil. **Bromelia**, V. 2, p. 27 - 35, 1995.

VARASSIM, I.G.; SAZIMA, M. Recursos de Bromeliaceae utilizados por beija-flores e borboletas em Mata Atlântica no Sudeste do Brasil. **Bol. Mus. Biol. Mello Leitão**. V. 11/12, p. 57-70, 2000.

VESPRINI, J. L.; GALETTO, L.; BERNARDELLO, G.. The beneficial effect of ants on the reproductive success of *Dyckia fl oribunda* (Bromeliaceae), an extrafl oral nectary plant. **Canadian Journal of Botany**, V. 81, p. 24-27, 2003.

VOSGUERITCHIAN, S.B.; BUZATO, S. Reprodução sexuada de *Dyckia tuberosa* (Vell.) Beer (Bromeliaceae, Pitcairnioideae) e interação planta-animal. **Revista Brasileira de Botânica**, V. 29, p. 433-442, 2006.

WENDT, T.; CANELA, M.B.F.; FARIA, A.P.G.; RIOS, R.I. Reproductive biology and natural hybridization between two endemic species of *Pitcairnia* (Bromeliaceae). **American Journal of Botany**, V. 88, p. 1760-1767, 2001.

WENDT, T.; GODINHO, M. A. S.; CAZOTTO, R. L.; GUILHERME, F. A. G. Sistema reprodutivo e hibridização em três espécies simpátricas de *Vriesea* (Bromeliaceae) na mata atlântica do Espírito Santo. *In: Livro de Resumos - 55o Congresso Nacional & 26o Encontro Regional de Botânicos de MG, BA e ES*, Viçosa, MG, 2004.

WITTMAN, P. K. The animal community associated with canopy bromeliads of the lowland peruvian amazon rain forest. **Selbyana**, V. 21, n. 1.2, p. 48-51. 2000.



ZANIN, E.M.; TUSSET, C. *Vriesia friburgensis* Mez.: distribuição vertical da espécie e fauna associada. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, V. 5, supl. 1, p. 138-140, 2007.

## 5 CONCLUSÕES GERAIS

O presente estudo permitiu identificar que a família Bromeliaceae vem sendo relativamente bem estudada nos últimos anos, em termos de sua fenologia, biologia reprodutiva e polinização. No entanto, esse grande volume de dados encontra-se desarticulado o que impede, por exemplo, uma melhor análise das redes de interações entre essas plantas e seus polinizadores.

A fenologia das espécies observadas neste estudo apresentou relação entre o período reprodutivo das plantas com a estação chuvosa. Esses dados reforçam o padrão encontrado para a família, onde a maioria das espécies estudadas demonstra um ajuste do período reprodutivo com a estação chuvosa.

Embora seja confirmada na literatura, a predominância de polinização por vertebrados (beija-flores), os registros de espécies de bromélias que são polinizadas por invertebrados, em especial, abelhas vêm crescendo nos últimos anos. Neste estudo, a bromélia *N. cruenta* reforça esta relação, uma vez que foi quase que exclusivamente polinizada por abelhas. Já *V. procera*, apesar de ter sido mais visitada por *T. spinipes*, não parece se beneficiar positivamente dessa relação, uma vez que os beija-flores são, conhecidamente, os visitantes mais eficientes das flores desta bromélia.