



unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



GERMINAÇÃO DE SEMENTES E IMPORTÂNCIA RELATIVA
DA QUALIDADE, DISPONIBILIDADE E MORFOLOGIA DE
FRUTOS NA DIETA DE *Carollia perspicillata* (CHIROPTERA:
PHYLLOSTOMIDAE)

MARIA CAROLINA DE CARVALHO RICARDO

Tese apresentada ao Instituto de
Biociências, Câmpus de Botucatu,
UNESP, para obtenção do título de
Doutor no Programa de Pós-Graduação
em Ciências Biológicas (Botânica),
Área de concentração: Morfologia e
Diversidade Vegetal.

**BOTUCATU-SP
2013**



unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Julio de Mesquita Filho"
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

**GERMINAÇÃO DE SEMENTES E IMPORTÂNCIA RELATIVA
DA QUALIDADE, DISPONIBILIDADE E MORFOLOGIA DE
FRUTOS NA DIETA DE *Carollia perspicillata* (CHIROPTERA:
PHYLLOSTOMIDAE)**

MARIA CAROLINA DE CARVALHO RICARDO
PROF. DR. MARCELO NOGUEIRA ROSSI (ORIENTADOR)
PROF. DR. WILSON UIEDA (CO-ORIENTADOR)

Tese apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Doutor no Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Área de concentração: Morfologia e Diversidade Vegetal.

BOTUCATU-SP
2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO DE AQUIS. E TRAT. DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: **ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE**

Ricardo, Maria Carolina de Carvalho.

Germinação de sementes e importância relativa da qualidade, disponibilidade e morfologia de frutos na dieta de *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae) / Maria Carolina de Carvalho Ricardo. – Botucatu [s.n.], 2013

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Marcelo Nogueira Rossi

Coorientador: Wilson Uieda

Capes: 20303025

1. *Carollia perspicillata*. 2. Morcego. 3. Fenologia vegetal - Pesquisa. 4. Interação animal-planta. 5. Sementes - Qualidade. 6. Germinação.

Palavras-chave: *Carollia*; Comprimento do fruto; Dieta; Experimentos em campo; Fenologia; Germinação; Qualidade nutricional.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes.”

Marthin Luther King

Dedico

A minha filha Isabela, meu marido Hélio e aos
meus pais Neusa (in memorian) e Alcinor.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), do Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu.

Ao Prof. Dr. Marcelo Nogueira Rossi, pela orientação, paciência e confiança.

Ao Prof. Dr. Wilson Uieda, pela co-orientação, empréstimo do material do laboratório, dos estagiários e por todos os ensinamentos que vem me passando, desde a graduação.

A Prof^a. Dra. Renata Fonseca, por todo auxílio durante este trabalho, que foi muito valiosa e por ter aceitado participar da banca.

Ao Prof. Marcos Gomes Nogueira, pelo convite para ministrar aulas e por ter sido banca de qualificação.

A todos os funcionários dos Departamentos de Botânica e Zoologia por todo o auxílio.

A todos os professores deste programa, por expandir meus conhecimentos, importantes ferramentas para a minha formação acadêmica e científica.

A Deus.

A minha família.

Ao meu marido Hélio, que esteve sempre ao meu lado, me apoiando e me dando forças, além de ter me ajudado em campo, laboratório e também na parte estatística.

A minha amada filha Isabela, que me inspira a querer sempre ser uma pessoa melhor.

Ao funcionário do Depto de Zoologia e amigo Silvio César, por toda a ajuda em campo, que foi imprescindível.

Ao Prof. Roberto de Oliveira Roça por permitir a utilização de seu laboratório e equipamento.

A Natália Athayde pelo auxílio com os testes de dureza dos frutos, pela atenção e dedicação que teve comigo.

A todos que me ajudaram em campo, principalmente meu amigo Moisés Guimarães, presença freqüente neste trabalho.

As minhas amigas e companheiras de laboratório, Débora, Lígia, Paula e Inara, por todo apoio e estímulo em todas as horas. Sempre pude contar com vocês!

A minha amiga Fabiana Akemi pelas correções no texto.

Ao Laboratório de Bromatologia pela realização das análises químicas nos frutos.

Ao Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT), FCA, Unesp, Botucatu pela realização das análises de carboidrato.

Ao Prof. Fernando de Camargo Passos pela participação na banca de defesa.

Ao Prof. Wagner André Pedro pela participação na banca de defesa.

A Prof^a. Gisela Ferreira pela participação na banca de defesa.

Sumário

Introdução Geral	1
1. Dispersão e germinação de sementes	2
2. Disponibilidade e características dos frutos	6
3. Objetivos Gerais	11
4. Objetivos Específicos	11
5. Referências bibliográficas	12
Capítulo I – Germinação de sementes de três espécies de <i>Piper</i> após ingestão por <i>Carollia perspicillata</i> (Chiroptera: Phyllostomidae)	18
Resumo	20
Abstract	21
1.Introdução	22
2. Material e Métodos	23
2.1. Área de estudo	23
2.2. Coletas e oferecimento dos frutos em cativeiro	24
2.3. Experimentos de germinação	25
2.3.1. Laboratório	25
2.3.2. Campo	26
2.4. Análise de Dados	27
3.Resultados	28
4.Discussão	33
5.Referências bibliográficas	37
Capítulo II – Germinação de sementes de <i>Ficus guaranitica</i> (Moraceae), <i>Solanum granuloso-leprosum</i> e <i>S. atropurpureum</i> (Solanaceae) após ingestão por <i>Carollia perspicillata</i> (Chiroptera, Phyllostomidae)	41
Resumo	43
Abstract	44
1.Introdução	45
2.Material e Métodos	46
2.1.Área de estudo e captura de morcegos	46
2.2.Experimentos de germinação	48
2.3.Análise de dados	49
3.Resultados	50
4.Discussão	54

5.Referências bibliográficas	58
Capítulo III – Importância relativa da qualidade, disponibilidade e morfologia de frutos na dieta de <i>Carollia perspicillata</i> (Chiroptera, Phyllostomidae)	61
Resumo	63
Abstract	64
1.Introdução	65
2. Material e Métodos	66
2.1. Área de estudo e captura de morcego	66
2.2. Determinação da dieta de <i>C. perspicillata</i>	67
2.3. Disponibilidade de recursos	68
2.4. Morfologia e dureza dos frutos	68
2.5. Análise Nutricional	69
2.6. Análise dos dados	70
3.Resultados	71
3.1. Dieta de <i>C. perspicillata</i>	71
3.2. Disponibilidade	74
3.3. Características morfológicas dos frutos	78
3.4. Características nutricionais dos frutos	81
4.Discussão	86
5.Referências bibliográficas	92
Considerações finais	97

INTRODUÇÃO GERAL

1. Dispersão e germinação de sementes

Entre 50 e 90% das espécies de plantas das florestas neotropicais produzem frutos carnosos e dependem de vertebrados frugívoros para dispersar suas sementes (Howe & Smallwood 1982). Nestas florestas é onde ocorre a maior diversidade de frugívoros, representados principalmente por aves e mamíferos (Howe 1986). Na maioria das vezes, a planta fornece uma recompensa nutricional, que parece ser feita sob medida para atrair determinados grupos de dispersores, como aves ou morcegos (Ridley 1930). O efeito da seleção animal nas características dos frutos foi assumido como sendo um produto da co-evolução entre plantas e seus dispersores resultando em síndromes de dispersão específicas (van der Pijl 1972). Porém, não existem adaptações morfológicas evidentes que indiquem um alto grau de co-evolução entre os agentes dispersores e as plantas dispersas (Silva 2008).

O processo de dispersão de sementes por vertebrados afeta profundamente a distribuição e diversidade de plantas (Janzen 1970). Além disso, a dispersão de sementes por animais tem uma grande importância no processo de sucessão em ecossistemas tropicais, pois muitas vezes as sementes do banco de sementes do solo em áreas antropizadas são dizimadas, fazendo com que a chuva de sementes trazida por animais seja um processo crítico para a continuidade do processo de sucessão (Rodrigues da Silva & Matos 2006; Muscarella & Fleming 2007). Três hipóteses principais têm sido propostas para explicar como os benefícios da dispersão de sementes por animais podem compensar os custos energéticos da produção de frutos carnosos (Janzen 1970; Connell 1971; Howe & Smallwood 1982; Terborgh *et al.* 2002; Howe & Miriti 2004). (1) A hipótese do escape postula que a dispersão de sementes mediada por animais é vantajosa porque a probabilidade do recrutamento de plântulas aumenta com a distância da planta-mãe, que pode ser resultado de processos dependentes da densidade como predação das sementes, ataque por patógenos ou competição intra-específica (Janzen 1970; Harms *et al.* 2000). (2) A hipótese de colonização postula que a dispersão de sementes por animais aumenta o número de locais diferentes onde as sementes são depositadas. Esta hipótese é particularmente relevante para as espécies de início de sucessão cujos locais de estabelecimento podem ser altamente desiguais no tempo e no espaço (Fleming & Heithaus 1981; Muller-Landau *et al.* 2002). (3) A hipótese da dispersão direcionada postula que a dispersão de sementes por animais pode resultar em um incomensurável número de sementes

chegando em conjuntos não aleatórios de locais disponíveis onde a sobrevivência das plântulas é especialmente alta (Wenny 2001). Segundo Muscarella & Fleming (2007), embora estas hipóteses não sejam mutuamente exclusivas, sua importância relativa provavelmente varia em diferentes sistemas e para diferentes espécies de plantas.

Aves e mamíferos representam hoje os grupos mais diversificados e mais bem adaptados à dispersão de sementes das angiospermas (Silva 2008). Segundo Ingle (2003), aves frugívoras e morcegos são os mais importantes agentes dispersores de sementes de florestas tropicais em áreas abertas e vegetação em início de sucessão, pois estes ambientes abertos não representam uma barreira para estes grupos, como são para outros vertebrados. Em áreas de cortes rasos na Amazônia peruana, Gorchoy *et al.* (1993) encontraram que a entrada de sementes dispersas por morcegos diminui menos com a distância da borda da floresta do que a entrada de sementes dispersas por aves, provavelmente porque os morcegos defecam mais em vôo do que em poleiros como as aves (de Foresta *et al.* 1984). Alguns estudos mostram que os morcegos frugívoros possuem um papel predominante na dispersão da vegetação de início de sucessão, sendo mais importantes do que as aves neste processo (Gorchoy *et al.* 1993; Muscarella & Fleming 2007). Esta tendência dos morcegos defecarem em vôo, enquanto aves tipicamente defecam empoleiradas, tornam os morcegos mais propensos a defecar em locais abertos e clareiras florestais, habitats que favorecem o recrutamento das espécies pioneiras que eles consomem (Muscarella & Fleming 2007).

Devido a sua riqueza de espécies, alta biomassa, hábitos alimentares e mobilidade, os morcegos frugívoros desempenham um importante papel como dispersores em ecossistemas tropicais (Patterson *et al.* 2003). Muitas espécies de árvores e arbustos dependem fortemente dos morcegos como agentes dispersores (Dumont 2003). Esses morcegos são confiáveis dispersores de sementes que devem certamente ter desempenhado e, continuam a desempenhar papel significativo na evolução e manutenção de ecossistemas tropicais (Dumont 2003).

Nas florestas neotropicais, os morcegos filostomídeos claramente desempenham um papel importante na sucessão primária e secundária, mas se destacam de maneira particular nos estágios iniciais da sucessão, devido à grande importância de frutos de arbustos e árvores de início de sucessão em suas dietas (Muscarella & Fleming 2007). Aspectos do comportamento de forrageamento também são importantes para determinar a eficácia do animal como dispersor de sementes, dentre estes aspectos encontramos, a proporção de frutos removida da planta, o quão longe eles carregam os frutos para longe

da planta frutífera, como as sementes são tratadas na boca e/ou no intestino e finalmente onde as sementes serão depositadas (McKey 1975; Howe 1986; Schupp 1993). Todos estes aspectos são determinantes para a sobrevivência da planta, e processos de sobrevivência e mortalidade da planta determinam o destino da planta no tempo e no espaço (Howe & Miriti 2004).

O número de publicações que aborda a dispersão de sementes aumentou consideravelmente nas duas últimas décadas (Schupp *et al.* 2010). Segundo os autores, este crescimento é em grande parte impulsionado pela crescente valorização de que a dispersão de sementes é crítica para muitas questões ecológicas; ela é central para o entendimento da dinâmica populacional de plantas e da estrutura e dinâmica de comunidades. Mais importante que o processo de dispersão é a sua eficácia, que é não apenas a movimentação das sementes, mas sim ter como resultado o estabelecimento de novos indivíduos (Schupp *et al.* 2010).

As tentativas de generalizar as vantagens da dispersão de sementes têm sido dificultadas pela falta de dados sobre a qualidade e a quantidade dos serviços prestados por vários agentes de dispersão (Muscarella & Fleming 2007). Além do movimento das sementes para longe da planta mãe, o mutualismo entre morcegos e as espécies consumidas por eles (Schupp 1993; Willson & Traveset 2000) pode contribuir significativamente também para a germinação de sementes, pois eles podem provocar alterações na porcentagem e na velocidade de germinação das sementes que eles ingerem (Robertson *et al.* 2006). Os morcegos podem afetar a germinação de sementes através da passagem pelo seu sistema digestório de quatro formas: (1) pela escarificação do tegumento da semente, (2) pela remoção de inibidores da germinação pela separação da semente da polpa, (3) através do aumento da germinação e crescimento das plântulas devido ao material fecal depositado ao redor e também (4) pela destruição das sementes (predação), alterando assim os padrões de germinação das sementes ingeridas (Vazquez-Yanes & Orozco-Segovia 1986; Schupp 1993; Traveset & Verdú 2002; Robertson *et al.* 2006). A capacidade de germinação de sementes após passar pelo aparelho digestório de animais é importante para compreender a evolução das interações entre plantas e frugívoros (Traveset 1998).

O aumento da germinação, ou seja, um aumento na porcentagem final da germinação tem sido encarado como uma das principais vantagens da ingestão de sementes por animais frugívoros (van der Pijl 1972). Mas segundo Traveset (1998), este conceito é equivocado, pois considerando que este aumento na germinação seja uma

vantagem adaptativa, provavelmente ela depende de muitos fatores, incluindo o tipo de habitat onde as sementes são depositadas e o tempo de germinação. Ainda segundo Traveset (1998), poucas generalizações têm sido feitas com que frequência e sob quais circunstâncias a germinação é influenciada pela frugivoria e ainda como o mesmo frugívoro afeta diferentes espécies de planta.

Traveset (1998) revisou 80 trabalhos que estudaram o efeito da ingestão de sementes por animais frugívoros, incluindo 182 espécies de plantas, dentro de 68 famílias, mostrando que os efeitos na germinação das sementes após estas serem ingeridas por vertebrados são pequenos e inconsistentes. A autora encontrou que a maioria das espécies ingeridas por morcegos frugívoros não foi influenciada pela passagem pelo seu sistema digestório. Em um quarto dos estudos, a porcentagem de germinação foi aumentada, mas não houve nenhum caso de germinação acelerada. Houve ainda, um atraso na germinação em 29% dos casos analisados e uma diminuição na porcentagem de germinação em apenas 8% dos casos.

Ainda nesta revisão, Traveset (1998) registrou que a maioria dos experimentos de germinação foi realizada em laboratório, geralmente em placas de Petri sob condições controladas de umidade, luz e temperatura; outros foram realizados em estufas, mas poucos trabalhos investigaram a germinação de sementes em solo no habitat natural onde as plantas são normalmente encontradas. A autora encontrou também que na maioria dos experimentos, sementes sem polpa foram utilizadas como controle, ou seja limpas manualmente. Assim, ela conclui que a maioria dos estudos não testam o efeito que os frugívoros têm em separar a polpa a partir das sementes, mas sim a possível escarificação que a ingestão por vertebrados tem sobre o tegumento. Frutos intactos (frutos frescos com sementes dentro) foram utilizados como controle em apenas 11 estudos, oito dos quais levou sementes manualmente sem polpa como controle adicional.

Alguns estudos argumentam que além de testes de germinação com sementes ingeridas por animais em laboratório, é necessário também conduzir experimentos em campo para verificar a real influência da ingestão na germinação de sementes (Samuels & Levey 2005; Robertson *et al.* 2006). Além disso, a maior parte dos estudos que avaliam os benefícios da dispersão por vertebrados realizam testes para verificar o efeito de escarificação das sementes após estas serem ingeridas por animais, através da comparação entre sementes que passaram pelo sistema digestório e sementes lavadas manualmente, e a maior porcentagem de germinação após a passagem pelo sistema

digestório é geralmente interpretada como um benefício decorrente da ingestão pelos vertebrados (Samuels & Levey 2005; Robertson *et al.* 2006; Carvalho 2008). A remoção de inibidores encontrados na polpa é outra consequência da passagem pelo sistema digestório, mas não é mensurado em estudos delineados para medir apenas o efeito de escarificação (Samuels & Levey 2005; Robertson *et al.* 2006). Em revisão feita por Samuels & Levey (2005), os autores encontraram que apenas 22% dos estudos incluíram frutos intactos como tratamento controle. Alguns exemplos da Nova Zelândia sugerem que os efeitos de desinibição (separação da semente da polpa) podem ser maiores que o efeito de escarificação (Wenny 2000; Kelly *et al.* 2004). As condições sob as quais os experimentos são conduzidos também é outro ponto importante. Alguns estudos têm encontrado variações nos resultados de germinação sob diferentes condições ambientais (laboratório x campo) (Yagihashi *et al.* 1998; Traveset & Verdú 2002).

2. Disponibilidade e características dos frutos

A distribuição e a abundância dos frutos são fatores fundamentais para determinar o tamanho e a complexidade de qualquer comunidade frugívora (Fleming *et al.* 1987). A mais simples indicação desta relação é encontrada no aumento das espécies frugívoras em florestas equatoriais, onde plantas que tem dispersão por vertebrados alcançam seu pico de diversidade e abundância (Willig *et al.* 2003). A importância dos frutos como recurso é ressaltada pelo fato de que mesmo em baixas latitudes, regiões geográficas que não possuem grande oferta de frutos também suportam assembléias de frugívoros relativamente limitadas (Goodman *et al.* 1997).

A disponibilidade de frutos como recurso é altamente sazonal em muitas florestas tropicais (Wright *et al.* 1999). A variação anual na diversidade e abundância de recursos impõe restrições alimentares nos animais, fazendo com que estes consumam o alimento que está disponível e acessível no tempo e espaço (Forget *et al.* 2002). Portanto, esta sazonalidade na disponibilidade de frutos provoca mudanças na dieta dos animais frugívoros (Loiselle & Blake 1991). Durante os períodos de pico da abundância de frutos, os frugívoros forrageiam sobre as mesmas espécies de árvores frutíferas (por exemplo, Guillotin *et al.* 1994) e quando o fruto é escasso, alguns vertebrados buscam fontes alternativas de recursos (Henry 1994). As características de disponibilidade influenciam a abundância total dos frugívoros em certas manchas de habitats e seus

movimentos de forrageamento (Jordano 2000). Importantes aspectos dos ciclos anuais dos frugívoros como reprodução, procriação e migração estão associados com os picos de frutificação (Jordano 2000).

Em escala mais local, a distribuição e abundância de frutos variam entre as espécies de plantas nas florestas (Dumont 2003). Algumas plantas atraem seus dispersores oferecendo grandes quantidades de frutos, o exemplo mais comum são as figueiras (*Ficus*) e outros membros da família Moraceae. Estas árvores produzem centenas ou milhares de frutos durante um tempo limitado e atraem muitas espécies diferentes de frugívoros (Dumont 2003). Plantas que usam esta estratégia de frutificação são freqüentemente distribuídas desigualmente nas florestas e os indivíduos frutificam assincrônicamente, proporcionando assim, um local abundante em alimento (frutos), mas muito dispersos (Dumont 2003). No extremo oposto estão plantas que produzem pequenas, mas estáveis quantidades de frutos, como por exemplo, *Piper*, *Solanum* e *Cecropia*, que muitas vezes crescem em manchas e produzem apenas alguns frutos maduros por dia, mas são produtivos durante longos períodos de tempo (Dumont 2003). Essa estratégia de frutificação fornece um consistente suprimento de baixo volume de frutos dispersos por uma grande área (Dumont 2003). Baseado no estudo de flores de Gentry (1974), estas estratégias de frutificação são freqüentemente denominadas de “*big bang*” e “*steady state*”, respectivamente. Estratégias de forrageamento que tiram proveito em ambos os tipos de frutificações *big bang* e *steady state* tem sido documentadas entre morcegos filostomídeos e um quadro semelhante de variação na estratégia de forrageamento entre os pteropodídeos está começando a surgir (Dumont 2003).

No Novo Mundo, muitas espécies da subfamília Stenodermatinae são especializadas em espécies de copa com estratégia *big bang* como as figueiras. Estes animais viajam algumas vezes longas distâncias, diretamente para a árvore em frutificação, ou podem viajar entre a árvore em frutificação e abrigos de alimentação (Morrison 1978; Handley *et al.* 1991). Em contraste, outros morcegos podem concentrar seus esforços em frutificações “*steady state*” (*Piper*, *Solanum*, *Cecropia*), usando uma estratégia de forrageamento na qual é estabelecida uma rota noturna freqüentemente previsível, que passa por um número de plantas na busca de frutos maduros que estão amplamente distribuídos (Heithaus & Fleming 1978; Fleming 1982, 1988). Estas espécies freqüentemente forrageiam em clareiras e áreas perturbadas onde as espécies pioneiras de sub-bosque se desenvolvem (Dumont 2003).

Além da disponibilidade e abundância do alimento, outras características também influenciam os frugívoros na escolha do recurso. Características relevantes de frutos carnosos, da perspectiva do animal frugívoro, incluem *design* (tamanho, número e tamanho das sementes), conteúdo nutricional (quantidades relativas de lipídeos, proteína, carboidratos e minerais) e metabólitos secundários (Jordano 2000). Segundo Gautier-Hion *et al.* (1985), muitas características são consideradas como co-adaptações da planta que governam a escolha do fruto por frugívoros: coloração, acessibilidade, peso, nutrientes e frutificação. Entretanto, não se pode dizer que houve uma co-evolução das características das plantas e seus dispersores como entre o processo de polinização e os polinizadores (Wheelwright & Orians 1982).

Como exemplo, temos que as aves tendem a consumir frutos pequenos e de cores escuras (Wheelwright & Janson 1985), enquanto primatas geralmente preferem frutos maiores, com cores brilhantes e acessíveis a animais de grande tamanho corporal (Gautier-Hion *et al.* 1985). A clássica visão dos frutos consumidos por morcegos é a de que os frutos são de cores monótonas ou claras, dispostos para fora da planta de forma acessível para os morcegos os capturarem em vôo e com um odor distinto (van der Pijl 1972). Estas associações entre frugívoros e características dos frutos não são absolutas, mas apontam para padrões gerais de variação no uso do recurso dentro de assembléias de frugívoros (Dumont 2003). Para morcegos, a variação nas características dos frutos consumidos por eles reflete não apenas características diferentes das florestas do Novo e do Velho Mundo, mas também diferentes sistemas sensoriais e locomotores de morcegos filostomídeos e pteropodídeos (Dumont 2003). Enquanto muitos morcegos frugívoros aparentemente usam pistas olfativas para localizar o fruto (Bloss 1999; Mikich *et al.* 2003), a cor e a disposição dos frutos dispersos por morcegos variam significativamente entre o Novo e o Velho Mundo. Os frutos consumidos por morcegos do Novo Mundo geralmente seguem o padrão clássico de uma coloração relativamente “apagada” - verde ou marrom (Fleming 1988). Plantas como *Piper* e *Cecropia* apresentam frutos acessíveis, enquanto os figos são freqüentemente escondidos sob a folhagem (Kalko *et al.* 1996).

A capacidade para manipular, engolir e processar um dado fruto eficientemente depende do tamanho do fruto em relação ao tamanho corporal do animal frugívoro, especialmente o tamanho da boca e da abertura e, do ponto de vista da planta, isso restringe a gama potencial e a diversidade de frugívoros e dispersores (Pratt & Stiles 1985; Wheelwright 1985; Jordano 2000). Bonaccorso (1979) relatou uma relação

positiva significativa entre a variação da massa corporal entre morcegos filostomídeos de três espécies e a massa individual dos frutos que eles carregam. O tamanho do fruto geralmente está positivamente correlacionado com o tamanho do frugívoro, quanto maior o animal, maior o fruto que ele pode consumir (Jordano 2000). Os frugívoros pequenos são limitados pelos frutos maiores pois fica mais difícil para eles manuseá-los e processá-los eficientemente (Jordano 2000).

O padrão seletivo potencial dos frutos difere também com relação ao tamanho das sementes e seus envoltórios, e existe uma complexa alocação da polpa, endocarpo da semente e seu conteúdo nos frutos carnosos (Lee *et al.* 1991). Para frutos com muitas sementes a fração da massa total do fruto alocada para as sementes aumenta com o número de sementes, portanto espera-se que os frugívoros selecionem frutos com menos sementes (Herrera 1981). Em drupas ou outros tipos de frutos com uma única semente a proporção de massa da semente por unidade de polpa aumenta com o tamanho do fruto, portanto espera-se que os frugívoros selecionem frutos menores, especialmente os limitados pelo tamanho da abertura da mandíbula (Jordano 1995; Rey *et al.* 1997). Frutos com muitas sementes pequenas possuem uma maior diversidade de dispersores potenciais, permitindo pequenos frugívoros a ingerir a polpa e as sementes (Jordano 2000). Assim, a principal restrição causada pelo tamanho das sementes, é se estas serão engolidas, cuspidas ou descartadas pelo frugívoro (Jordano 2000) e isso terá uma importante influência no processo germinativo destas sementes.

A polpa de frutos carnosos com tecidos nutritivos macios e comestíveis ao redor das sementes é o principal recurso para muitos vertebrados frugívoros, especialmente mamíferos e aves (Howe 1986). As primeiras contribuições conceituais para o estudo da frugivoria enfatizou dicotomias nos padrões da frugivoria e características dos frutos que, presumivelmente se originaram por interações co-evolutivas (Snow 1971; McKey 1975; Howe e Estabrook 1977; Howe 1993). Frutos com polpas de alto teor energético e valor nutritivo em torno de uma única semente grande seria um extremo de especialização, interagindo com frugívoros especializados que oferecem alta qualidade de dispersão; frutos com polpas suculentas, ricas em carboidratos ocupam o outro extremo por ter suas numerosas pequenas sementes dispersas por frugívoros oportunistas (Jordano 2000).

Os frutos variam amplamente em suas propriedades nutricionais, em particular, proporções de proteína, fibra, lipídeos e minerais podem diferir em ordens de magnitude (Herbst 1986; Fleming 1988; O'Brien *et al.* 1998; Jordano 2000). A polpa dos frutos

tem sido considerada com deficiência de certos nutrientes, especialmente nitrogênio e proteína (Snow 1971; Thomas 1984). Em relação a outros itens consumidos por vertebrados frugívoros como insetos, sementes e folhas, a polpa do fruto possui maior concentração de carboidratos solúveis, menor quantidade relativa de proteína e o teor de lipídeos é relativamente elevado, mas existe uma alta variação interespecífica (Jordano 2000). Assim, os frutos são extremamente pobres em proteína em comparação com insetos e folhas (Jordano 2000).

Em geral, figos contêm uma proporção relativamente grande de fibras indigeríveis, mas são pobres em nitrogênio (proteína) e lipídeos, em contraste, muitos frutos que possuem a estratégia steady state encontrados no sub-bosque, como *Piper* e *Solanum*, tendem a ter baixo conteúdo de fibras, alto conteúdo de nitrogênio e no caso do *Piper*, alta concentrações de lipídeos (Dumont 2003). Na assembléia de morcegos frugívoros, há uma tendência de os morcegos menores focarem em frutos de alta qualidade, enquanto os morcegos maiores tendem a utilizar frutos com menos nitrogênio e mais fibra (Dumont 2003).

Dinerstein (1986) constatou que o teor de proteína dos frutos consumidos por morcegos frugívoros (*Artibeus* sp. e *Sturnira* sp.) na Costa Rica foi, aparentemente, suficiente para sustentar as demandas de proteína de fêmeas em lactação, caso contrário essas fêmeas dependeriam de reservas de proteína previamente acumuladas. Dados publicados para *Carollia perspicillata* (Herbst 1986; Fleming 1988) indicam que a mistura de frutos ricos em proteína, como *Piper* spp. e frutos ricos em energia como *Cecropia peltata*, balanceiam adequadamente os requerimentos de energia líquida e nitrogênio diários. Segundo Jordano (2000), o baixo valor dos frutos como único alimento, resulta em grande parte do desequilíbrio interno dos componentes nutritivos em relação a outros, basicamente deficiência de proteína e nitrogênio, em relação ao conteúdo energético. Ainda segundo este autor, o principal efeito deste tipo de deficiência relativa para animais frugívoros é que a assimilação de um nutriente em particular pode ser limitada pela impossibilidade de processar alimento suficiente para obtê-lo e não pela escassez do nutriente em si. Comportamentos como a ingestão de folhas, pólen e insetos podem reduzir a necessidade dos morcegos frugívoros consumirem grandes quantidades de frutos a fim de atender os seus requerimentos de nitrogênio (Fleming 1986; Kunz & Diaz 1995). Embora muitos morcegos frugívoros suplementem suas dietas de frutos, vários estudos sugerem que ambos pteropodídeos e

filostomídeos são particularmente eficientes em reter nitrogênio ou possuem necessidades mais baixas de nitrogênio (Korine *et al.* 1996).

3. Objetivos gerais

Este estudo teve como objetivo entender a influência de *Carollia perspicillata* (Phyllostomidae, Carollinae) na germinação de espécies vegetais que fazem parte da sua dieta, investigando os mecanismos responsáveis por alterações nos padrões de germinação de sementes após a passagem pelo sistema digestório. Além disso, a importância relativa da qualidade, disponibilidade e morfologia de frutos na dieta desta espécie de morcego frugívoro foi examinada.

4. Objetivos específicos

No presente estudo as seguintes questões foram investigadas:

- 1) Os padrões de germinação das sementes de algumas espécies de plantas são alterados após a passagem pelo sistema digestório de *C. perspicillata*?
- 2) Qual a possível causa das alterações dos padrões de germinação das sementes após a passagem pelo sistema digestório de *C. perspicillata*?
- 3) Existe diferença nos padrões de germinação de sementes entre experimentos realizados em laboratório e em campo?
- 4) O que explica melhor a amplitude da dieta de *C. perspicillata*: a abundância (disponibilidade temporal) ou as características morfológicas e nutricionais dos frutos?

5. Referências Bibliográficas

- Bloss, J., 1999. Olfaction and the use of chemical signals in bats. *Acta Chiropterologica* 1, 31 - 45.
- Bonaccorso, F.J., 1979. Foraging and reproductive ecology in a Panamanian bat community. *Bulletin of the Florida State Museum* 24, 359 – 408.
- Carvalho, M.C., 2008. Frugivoria por morcegos em Floresta Estacional Semidecídua: Dieta, Riqueza de espécies e germinação de sementes após passagem pelo sistema digestivo. Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências, UNESP – Botucatu.
- Connell, J.H., 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees, in: Den Boer, P.J. & Gradwell, G.R. (Eds.), *Dynamics of Populations*. Pudoc, Wageningen, The Netherlands.
- Dinerstein, E., 1986. Reproductive ecology of fruit bats and the seasonality of fruit production in a Costa Rican cloud forest. *Biotropica* 18, 307 – 318.
- Dumont, E.R., 2003. Bats and fruit: an ecomorphological approach, in: Kunz, T.H. & Fenton, M.B. (Eds.), *Bat Ecology*. The University of Chicago, Chicago.
- Fleming, T.H. & Heithaus, E.R., 1981. Frugivorous bats, seed shadows, and the structure of tropical forests. *Biotropica (Reprod. Bot. Suppl.)* 13, 45 – 53.
- Fleming, T.H., 1982. Foraging strategies of plant-visiting bats, in: Kunz, T.H. (Ed.), *Ecology of Bats*. Plenum Press, New York.
- Fleming, T.H., 1986. Opportunism versus specialization: the evolution of feeding strategies in frugivorous bats, in: A. Estrada & T.H. Fleming (Eds.), *Frugivorous and seed dispersal*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht.
- Fleming, T.H., 1988. *The short-tailed fruit bat, a study in plant-animal interactions*. University of Chicago Press, Chicago.
- Fleming, T.H., Breitwisch, R. & Whitesides, G.H., 1987. Patterns of tropical vertebrate frugivore diversity. *Annual Review Ecology and Systematics* 18, 91 - 109.
- Foresta, H. de, Charles-Dominique, P., Erard, C., Prevost, M.F., 1984. Zoochorie et premiers stades de la regeneration naturelle après coupe en forest Guyanaise. *Revue d'Ecologie* 39, 369 – 400
- Forget, P.M., Hammond, D.S., Milleron, T. & Thomas, R., 2002. Seasonality of fruiting and food hoarding by rodents in Neotropical Forests: Consequences for seed dispersal and seedling recruitment, in: Levey, D.J., Silva, W.R. & Galetti, M.

- (Eds.), Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation. CABI Publishing, Nova York.
- Gautier-Hion, A., Duplantier, J.M., Quris, R., Freer, F., Sourd, C., Decoux, J.P. & Dubost, G., 1985. Fruit characters as a basis of fruit choice and seed dispersal in a tropical vertebrate community. *Oecologia* 65, 324 - 337.
- Gentry, A.H., 1974. Coevolutionary patterns in Central American Bignoniaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 69, 728 - 759.
- Goodman, S.M., Ganzhorn, J.U. & Wilmé, L., 1997. Observation at a *Ficus* tree in Malagasy humid forest. *Biotropica* 29, 480 - 488.
- Gorchov D.L., Cornejo F., Ascorra, C. & Jaramillo M., 1993. The role of seed dispersal in the natural regeneration of rain forest after strip-cutting in the Peruvian Amazon. *Vegetatio* 107/108, 339 – 349.
- Guillotín, M., Dubost, G. & Sabatier, D., 1994. Food choice and food composition among three major primate species of French Guiana. *Journal of Zoology of London* 233, 551 – 579.
- Handley, C.O., Jr., Wilson, D.E. & Gardner, A.L., 1991. Demography and natural history of the common fruit bat *Artibeus jamaicensis* on Barro Colorado Island, Panama. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.
- Harms, K.E., Wright, S.J., Calderón, O., Hernández, A. & Herre, E.A., 2000. Pervasive density-dependent recruitment enhances seedling diversity in a tropical forest. *Nature* 404, 493 - 495.
- Heithaus, E.R. & Fleming, T.H., 1978. Foraging movements of a frugivorous bat, *Carollia perspicillata* (Phyllostomidae). *Ecological Monographs* 48, 127 - 142.
- Henry, O., 1994. Saisons de reproduction chez trois rongeurs et un artiodactyle en Guyane française, en fonction des facteurs du milieu et de l'alimentation. *Mammalia* 58, 183 – 200.
- Herbst, L.H., 1986. The role of nitrogen from fruit pulp in the nutrition of the frugivorous bat *Carollia perspicillata*. *Biotropica* 18, 39 - 44.
- Herrera, C.M., 1981. Fruit variation and competition for dispersers in natural populations of *Smilax aspera*. *Oikos* 36, 51 – 58.
- Howe, H.F., 1986. Seed dispersal by fruit-eating birds and mammals, in: Murray, D.R. (Ed.), Seed dispersal. Sydney: Academic PR.

- Howe, H.F. & Miriti, M.N., 2004. When seed dispersal matters. *BioScience* 54, 651 – 660.
- Howe, H.F. & Smallwood, J., 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13, 201 - 228.
- Howe, H.F. & Estabrook, G.F., 1977. On intraspecific competition for avian dispersers in tropical trees. *American Naturalist* 111, 817 – 832.
- Howe, H.F., 1993. Specialized and generalized dispersal systems: where does ‘the paradigm’ stand?, in: Fleming, T.H. & Estrada, A. (Eds.), *Frugivory and Seed Dispersal: Ecological and Evolutionary Aspects*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Ingle, N.R., 2003. Seed dispersal by wind, birds, and bats between Philippine montane rainforest and successional vegetation. *Oecologia* 134, 251 - 261.
- Janzen D.H., 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist* 104, 501–528.
- Jordano, P., 1995. Frugivore-mediated selection on fruit and seed size: birds and St Lucie’s cherry, *Prunus mahaleb*. *Ecology* 76, 2627 – 2639.
- Jordano, P., 2000. Fruits and frugivory, in: Fenner, M. (Ed.), *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. Redwood Press, Melksham.
- Kelly, D., Ladley, J.J. & Robertson, A.W., 2004. Is the dispersal easier than pollination? Two tests in New Zealand Loranthaceae. *New Zealand Journal of Botany* 42, 89 - 103.
- Kalko, E.K.V., Herre, E.A. & Handley Jr., C.O., 1996. Relation of fig fruit characteristics to fruit-eating bats in the New and Old World tropics. *Journal of Biogeography* 23, 565 - 576.
- Korine, C.A., Arad, Z., Arieli, A. & Amichai, Z.A., 1996. Nitrogen and energy balance of the fruit bat *Rousettus aegyptiacus* on natural fruit diets. *Physiological Zoology* 69, 618 - 634.
- Kunz, T.H. & Diaz, A.C., 1995. Folivory in fruit-eating bats, with new evidence from *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Biotropica* 27, 106 - 120.
- Lee, W.G., Grubb, P.J. & Wilson, J.B., 1991. Patterns of resource allocation in fleshy fruits of nine European tall-shrub species. *Oikos* 61, 307 – 315.
- Loiselle, B.A. & Blake, J.G., 1991. Temporal variation in birds and fruits along an elevational gradient in Costa Rica. *Ecology* 72, 180 – 193.

- McKey, D., 1975. The ecology of coevolved seed dispersal systems, in: Gilbert, L.E. & Raven, P.H. (Eds.), *Coevolution of Animals and Plants*. University of Texas Press, Austin.
- Mikich, S.B., Bianconi, G.V., Maia, B.H.L.N.S. & Teixeira, S.D., 2003. Attraction of the fruit-eating bat *Carollia perspicillata* to *Piper gaudichaudianum* essential oil. *Journal of Chemical Ecology* 29, 2379 - 2383.
- Morrison, D.W., 1978. Foraging ecology and energetics of the frugivorous bat *Artibeus jamaicensis*. *Ecology* 59, 718 - 723.
- Muller-Landau, H.C., Wright, S.J., Calderon, O., Hubbell, S.P. & Foster, R.B., 2002. Assessing recruitment limitation: concepts, methods and case-studies from a tropical forest, in: Levey, D.J., Silva, W.R. & Galetti, M. (Eds.) *Seed Dispersal and Frugivory: Ecology, Evolution and Conservation* New York: CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Muscarella, R. & Fleming, T.H., 2007. The role of frugivorous bats in tropical forest succession. *Biological Reviews* 82, 573 - 590.
- O'Brien, T.G., Kinnard, M., Dierenfeld, E.S., Concklin-Brittain, N.L., Wrangham, R.W. & Silver, S.C., 1998. What's so special about figs? *Nature* 392, 668.
- Patterson, B.D., Willig, M.R. & Stevens R.D., 2003. Trophic strategies, niche partitioning, and patterns of ecological organization, in: Kunz, T.H. & Fenton, M.B. (Eds.) *Bat Ecology* The University of Chicago, Chicago.
- Pratt, T.K. & Stiles, E.W., 1985. The influence of fruit size and structure on composition of frugivore assemblages in New Guinea. *Biotropica* 17, 314 – 321.
- Rey, P.J., Gutiérrez, J.E., Alcántara, J. & Valera, F., 1997. Fruit size in wild olives: implications for avian seed dispersal. *Functional Ecology* 11, 611 – 618.
- Ridley, H.N., 1930. *The dispersal of plants throughout the world*. L. Reeve & Co., Ltda., Ashford, Kent.
- Robertson, A.W., Trass, A., Ladley, J.J. & Kelly, D., 2006. Assessing the benefits of frugivory for seed germination: the importance of the deinhibition effect. *Functional Ecology* 20, 58 - 66.
- Rodrigues da Silva, U.D.S. & Matos, D.M.D.S., 2006. The invasion of *Pteridium aquilinum* and the impoverishment of the seed bank in fire prone areas of Brazilian Atlantic Forest. *Biodiversity and Conservation* 15, 3035 – 3043.
- Samuels, I.A. & Levey, D.J., 2005. Effects of gut passage on seed germination: do experiments answer the questions they ask? *Functional Ecology* 19, 365 - 368.

- Schupp, E.W., 1993. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals, in: Fleming, T.H. & Estrada, A. (Eds.) *Frugivory and Seed Dispersal: Ecological and Evolutionary Aspects*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Schupp, E.W., Jordano, P. & Gómez, J.M., 2010. Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. *New Phytologist* 188, 333 - 353.
- Silva, W.R., 2008. A importância das interações planta-animal nos processos de restauração, in: Kageyama, P.Y.; Oliveira, R.E.; Moraes, L.F.D.; Engel, V.L. & Gandara, F.B. (Eds.), *Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais*. FEPAF, Botucatu, SP.
- Snow, D.W., 1971. Evolutionary aspects of fruit-eating by birds. *Ibis* 113, 194 – 202.
- Terborgh, J., Pitman, N., Silman, M., Schichter, H. & Nunez, V.P. 2002. Maintenance of tree diversity in tropical forests, in: Levey, D.J., Silva, W.R. & Galetti, M. (Eds.) *Seed Dispersal and Frugivory: Ecology, Evolution and Conservation* New York: CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Thomas, D.W., 1984. Fruit intake and energy budgets of frugivorous bats. *Physiological Zoology* 57, 457 – 467.
- Traveset, A., 1998. Effect of seed passage through vertebrate frugivores' guts on germination: a review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 1/2, 151 – 190.
- Traveset, A. & Verdú, M., 2002. A meta-analysis of the effect of gut treatment on seed germination, in: Levey, D.J., Silva, W.R. & Galetti, M. (Eds.) *Seed Dispersal and Frugivory: Ecology, Evolution and Conservation*. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Van Der Pijl, L., 1972. *Principles of Dispersal in Higher Plants*. Springer Verlag, Berlin.
- Vazquez-Yanes, C. & Orozco-Segovia, A., 1986. Dispersal of seeds by animals: effects on light controlled dormancy in *Cecropia obtusifolia*, in: Estrada, A. & Fleming, T.H. (Eds.) *Frugivores and Seed dispersal*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht.
- Wenny, D.G., 2000. Seed dispersal, seed predation, and seedling recruitment of a neotropical montane tree. *Ecological Monographs* 70: 331 - 351.
- Wenny, D.G., 2001. Advantages of seed dispersal: A re-evaluation of directed dispersal. *Evolutionary Ecology Research* 3, 51 – 74.

- Wheelwright, N.T., 1985. Fruit size, gape width, and the diets of fruit-eating birds. *Ecology* 66, 808 – 818.
- Wheelwright, N.T. & Janson, C.H., 1985. Colors of fruit displays of bird-dispersed plants in two tropical forests. *American Naturalist* 126, 777 - 799.
- Wheelwright, N.T. & Orians, G.H., 1982. Seed dispersal by animals: contrasts with pollen dispersal, problems of terminology, and constraints on coevolution. *American Naturalist* 119, 402 - 413.
- Willig, M.R., Patterson, B.D. & Stevens, R.D., 2003. Patterns of range size, richness, and body size in the Chiroptera, in: Kunz, T.H. & Fenton, M.B. (Eds.) *Bat Ecology*. The University of Chicago, Chicago.
- Willson, M.K. & Traveset, A., 2000. The ecology of seed dispersal, in: M. Fenner (Ed.) *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Wright, S.J., Carrasco, C., Calderon, O. & Paton, S., 1999. The El Niño Southern Oscillation, variable fruit production, and famine in a tropical forest. *Ecology* 80, 1632 – 1647.
- Yagihashi, T., Hayashida, M. & Miyamoto, T., 1998. Effects of bird ingestion on seed germination of *Sorbus commixta*. *Oecologia* 114, 209 - 212.

CAPÍTULO I

Germinação de sementes de três espécies de *Piper* após ingestão por *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae).

Redigido de acordo com as normas do periódico científico *Acta Oecologica*.

Germinação de sementes de três espécies de *Piper* após ingestão por *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae).

Maria Carolina de Carvalho Ricardo ^{a,*}, Marcelo Nogueira Rossi ^b & Wilson Uieda ^c

^a Departamento de Botânica, Universidade Estadual Paulista (Unesp) “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, Brasil.

^b Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), Diadema, SP, Brasil.

^c Departamento de Zoologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp) “Júlio de Mesquita Filho”, IB, Botucatu, SP, Brasil.

* Autor para correspondência: mcarolina@ibb.unesp.br

Germinação de sementes de três espécies de *Piper* após ingestão por *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae).

RESUMO: Ao remover grandes quantidades de sementes os morcegos podem contribuir significativamente não só para a dispersão das sementes, mas também para sua germinação. Neste estudo testamos se e como a ingestão de sementes de três espécies de *Piper* por *Carollia perspicillata* influencia as taxas de germinação e também se existem diferenças entre os resultados de experimentos de germinação realizados em campo e sob condições controladas em laboratório. O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental Edgardia, Botucatu, SP. Foram estudadas três espécies: *P. glabratum*, *P. hispidinervum* e *P. amalago*. Foram estabelecidos três tratamentos: sementes dos frutos limpas; sementes ingeridas por *C. perspicillata* e sementes do fruto com polpa, em campo e laboratório. Em laboratório, todas as espécies apresentaram porcentagem de germinação das sementes que foram ingeridas ou manualmente limpas maior que das sementes com polpa. Assim, a remoção da polpa do fruto é o primeiro passo que facilita a germinação, limitando ou prevenindo o crescimento de fungos. Em campo apenas *P. hispidinervum* apresentou porcentagem de germinação maior nas sementes ingeridas do que nas sementes com polpa, confirmando os resultados encontrados em laboratório. Em laboratório, *P. amalago* e *P. hispidinervum* apresentaram germinação mais tardia nas sementes com polpa, pois o IG deste tratamento foi maior, ou seja, houve uma aceleração na germinação com a retirada da polpa. A porcentagem de germinação na metade do período confirmou esta aceleração. Ainda em laboratório, *P. glabratum* não apresentou diferença entre os tratamentos para o IG, portanto não houve influência na velocidade de germinação. Já a porcentagem de germinação na metade do período indicou uma aceleração na germinação devido à ingestão das sementes. Em campo não houve alteração na velocidade de germinação. O mesmo ocorreu com a porcentagem de germinação na metade do período para *P. amalago* e *P. glabratum*. Mas, *P. hispidinervum* apresentou aceleração na germinação das sementes ingeridas, confirmando os resultados encontrados em laboratório.

Palavras-chave: germinação, *Piper*, *Carollia*, experimentos em campo.

**Germination of three species of *Piper* seeds after ingestion by *Carollia perspicillata*
(Chiroptera: Phyllostomidae).**

ABSTRACT: By removing large amounts of seeds, bats may contribute significantly not only to spread the seeds, but also to their germination. In this study, we test if and how the seed ingestion of three different species of *Piper* by *Carollia perspicillata* affect the germination rates and also if there are differences between results of germination experiments performed in the field and under controlled laboratory conditions. Study was conducted at the Edgardia Experimental Farm, Botucatu, SP. Three species were investigated: *P. glabratum*, *P. hispidinervum* and *P. amalago*. Three different treatments, in field and in laboratory, were set: fruit seeds clean, fruit seeds ingested by *C. perspicillata* and fruit seeds with pulp. In the laboratory, all species presented percentage of germination of the seeds that were ingested or cleaned by hand higher than germination of seeds with pulp. Therefore, was found that removal of fruit's pulp is the first step that facilitates germination, limiting or preventing fungal growth. In the field, only *P. hispidinervum* presented percentage of germination of seeds that were ingested higher than germination of seeds with pulp, confirming laboratory results. In the lab, *P. amalago* and *P. hispidinervum* had delayed germination of seeds with pulp because the start of germination of this treatment was higher, in other words, removing the pulp accelerate the germination. The percentage of germination in half time confirmed this acceleration to start of germination, thus there was no influence on germination rate. Now the germination percentage in half time indicated an acceleration of germination due to the previous seed ingestion. In the field there was no change in the germination rate. The same occurred with the germination percentage in half period to *P. amalago* and *P. glabratum*. However, *P. hispidinervum* showed acceleration of ingested seeds germination, confirming laboratory results.

Keywords: germination, *Piper*, *Carollia*, field experiments.

1. Introdução

Animais frugívoros têm um alto impacto na dinâmica de florestas, particularmente nas florestas neotropicais, onde mais de 75% das espécies de plantas dependem de frugívoros vertebrados para dispersar suas sementes (Howe & Smallwood 1982). Na maior parte dos casos, as plantas fornecem uma recompensa nutricional para atrair determinados grupos de dispersores (Ridley 1930). Esse processo afeta profundamente a distribuição e a diversidade de plantas (Janzen 1970). Entre os vertebrados frugívoros, os morcegos possuem um importante impacto na regeneração de florestas (Fleming & Heithaus 1981; Galetti 1995), pois eles dispersam as sementes de muitas espécies pioneiras que crescem nos primeiros estágios de sucessão, bem como espécies de florestas maduras (Medellin & Gaona 1999; Mello *et al.* 2009) e ainda, atravessam áreas abertas com maior facilidade do que aves e outros mamíferos (Griscom *et al.* 2007).

Um dos maiores benefícios para a planta através do mutualismo com morcegos é o movimento das sementes para longe da planta mãe (Schupp 1993; Willson & Traveset 2000). Quando ocorre este transporte, sementes e plântulas correm menor risco de ataque por predadores e patógenos (Janzen 1970; Peters 2003). Ao remover grandes quantidades de sementes, que é um aspecto quantitativo da eficácia da dispersão de sementes (Schupp 1993), os morcegos podem contribuir significativamente não só para a dispersão das sementes, mas também para a germinação (Robertson *et al.* 2006). Os morcegos podem afetar a germinação de sementes através da escarificação do tegumento da semente, através da remoção de inibidores da germinação pela separação da semente da polpa e através do aumento da germinação e crescimento das plântulas devido ao material fecal depositado ao redor (Traveset & Verdú 2002; Robertson *et al.* 2006).

Alguns autores argumentam que além de testes de germinação com sementes ingeridas por animais em laboratório, é necessário também conduzir experimentos em campo para verificar a real influência da ingestão na germinação de sementes (Samuels & Levey 2005; Robertson *et al.* 2006). A maior parte dos estudos que avalia os benefícios da ingestão de sementes por vertebrados realizam comparações entre sementes que passaram pelo sistema digestório e sementes lavadas manualmente, a maior porcentagem de germinação após passagem pelo sistema digestório é geralmente interpretada como um benefício decorrente da ingestão pelos vertebrados (Samuels &

Levey 2005; Robertson *et al.* 2006; Carvalho 2008). A remoção de inibidores encontrados na polpa é outra consequência da passagem pelo sistema digestório, mas não é mensurado nos estudos delineados para medir apenas o efeito de escarificação (Samuels & Levey 2005; Robertson *et al.* 2006). Em revisão feita por Samuels & Levey (2005), os autores encontraram que apenas 22% dos estudos incluíram frutos intactos como tratamento controle. Alguns exemplos da Nova Zelândia sugerem que os efeitos de desinibição (separação da semente da polpa) podem ser maiores que os efeitos de escarificação (Wenny 2000; Kelly *et al.* 2004). As condições sob as quais os experimentos são conduzidos também é outro ponto importante. Alguns estudos têm encontrado variações nos resultados de germinação sob diferentes condições ambientais (i.e. laboratório x campo) (Yagihashi *et al.* 1998; Traveset & Verdú 2002).

Ainda não é clara a real contribuição dos morcegos na dispersão das sementes dos frutos que eles consomem, principalmente dentro de um contexto qualitativo, após as sementes alcançarem o solo. A maior parte dos trabalhos que aborda o efeito da ingestão das sementes por morcegos não adota um delineamento experimental que permite identificar a causa das possíveis alterações na germinação das sementes consumidas (Entwistle & Corp 1997; Tang *et al.* 2007; Sato *et al.* 2008). Assim, experimentos em campo, incluindo-se sementes ainda aderidas a polpa, são necessários para um melhor entendimento da contribuição dos morcegos na germinação de sementes.

Neste estudo, a germinação de sementes de três espécies de *Piper* foi investigada após a ingestão por *Carollia perspicillata* (Phyllostomidae, Carollinae), comparando-se com a germinação de sementes ainda aderidas a polpa e com sementes removidas dos frutos e manualmente limpas, tanto em condições de campo como em laboratório. Nossa hipótese é que a ingestão de sementes de *Piper* por *Carollia perspicillata* favorece a germinação tanto em condições de campo como em laboratório.

2. Material e Métodos

2.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental Edgardia (22°48'S; 48°24'W; altitude aproximada: 577m), pertencente à Universidade Estadual Paulista – UNESP/Campus de Botucatu (Faculdade de Ciências Agrônomicas), situada na bacia

do rio Capivara, no município de Botucatu, Estado de São Paulo. A precipitação anual média na região do município de Botucatu é de 1300 mm, oscilando entre 650 mm e 1850 mm para os anos mais secos e mais úmidos, respectivamente (Ortega & Engel 1992).

2.2. Coletas e oferecimento dos frutos em cativeiro

As espécies estudadas da família Piperaceae foram *Piper glabratum* Kunth, *Piper hispidinervum* C. DC. e *Piper amalago* L. As coletas de frutos maduros e morcegos ocorreram junho de 2009 (*P. glabratum*) e fevereiro de 2011 (*P. hispidinervum* e *P. amalago*). Os morcegos foram capturados com redes de neblina de 2,8 x 12m e malha de 12 mm, método eficiente para captura de espécies frugívoras (Pedro & Taddei 1997). As redes foram colocadas próximas a fontes de alimento e/ou abrigos das espécies frugívoras. Os animais foram capturados e colocados em sacos de algodão individualizados e depois transportados para uma base próxima para coleta de informações biológicas e biométricas (medidas dos antebraços, sexo, peso, estágio reprodutivo e estágio de desenvolvimento). Foram capturados por vez um macho e uma fêmea de *C. perspicillata*, o morcego frugívoro mais comum da área de estudo. Os indivíduos foram mantidos em cativeiro por uma semana e depois deste período foram soltos. Em cativeiro, foram oferecidos os frutos das espécies de interesse e coletadas as sementes das fezes utilizadas no experimento de germinação. Os frutos foram oferecidos a partir da segunda noite em cativeiro, para possibilitar a eliminação de sementes de frutos consumidos anteriormente à captura. Cada indivíduo foi colocado em uma gaiola de aço e vidro (0,4 x 0,4 x 0,4m), com o fundo vazado para a coleta das fezes (Fig. 1). Ao todo, foram utilizadas as fezes de cinco indivíduos (três machos e duas fêmeas) mantidos em cativeiro.



Fig. 1: Gaiolas utilizadas para manutenção dos indivíduos de *C. perspicillata* em cativeiro para oferecimento dos frutos.

2.3. Experimentos de germinação

2.3.1. Laboratório

Foram estabelecidos três tratamentos: 1) sementes extraídas dos frutos e limpas manualmente; 2) sementes do fruto com polpa; 3) sementes ingeridas e defecadas por *C. perspicillata*. Através deste delineamento experimental foi possível saber o real efeito da passagem pelo sistema digestório dos morcegos na germinação das sementes, uma vez que este delineamento experimental isola o mecanismo responsável, seja a ação mecânica/química durante a passagem pelo sistema digestório do animal (sementes ingeridas vs sementes manualmente extraídas) ou através da liberação de inibidores da germinação (sementes com a polpa do fruto vs sementes manualmente extraídas).

Para a obtenção das sementes provenientes das fezes, os frutos foram primeiramente divididos, e uma parte oferecida aos morcegos. A outra parte foi guardada para a utilização das sementes para os outros tratamentos. Assim, as sementes de todos os tratamentos foram provenientes dos mesmos frutos. Em média foram utilizados quatro frutos por espécie de planta, de diferentes indivíduos, para a realização dos experimentos. Como as sementes foram obtidas das fezes de mais de um indivíduo,

essas sementes foram misturadas antes da realização dos testes de germinação, formando uma única amostra. Desta amostra, foram retiradas ao acaso sementes para os testes de germinação.

As sementes foram colocadas em placas de Petri transparentes (14 cm de diâmetro) com duas folhas de papel filtro umedecidas com 10 ml de água destilada. Nos experimentos com *P. hispidinervum* e *P. amalago*, cada tratamento continha dez repetições com 20 sementes cada, enquanto que no experimento com *P. glabratum* cada tratamento continha cinco repetições com 20 sementes. As placas foram colocadas em câmara climatizada a 25°C e 12 horas de luz branca ($78 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}/ 8\text{h}$), fornecida por lâmpadas fluorescentes tipo “luz do dia” de 15W (Brasil 1992). As sementes germinadas foram verificadas a cada 24 horas, considerando como germinadas as sementes que apresentavam protrusão da raiz primária. A última leitura, obtida no último dia do experimento, foi utilizada para a comparação da porcentagem de germinação entre as sementes dos diferentes tratamentos. Os tempos de duração dos experimentos foram os seguintes: para *P. hispidinervum* 25 dias, *P. amalago* 32 dias e *P. glabratum* 16 dias. Os experimentos foram finalizados quando nenhuma germinação foi registrada por um período de pelo menos cinco dias.

2.3.2. Campo

Os mesmos tratamentos descritos para os experimentos em laboratório foram feitos em campo. Neste experimento, as sementes foram colocadas em recipientes plásticos (180 ml) preenchidos com solo proveniente da área onde os frutos foram coletados. Para cada tratamento foram feitas dez repetições com dez sementes cada. Os recipientes foram fixados no solo da área de coleta e para evitar a manipulação por vertebrados, bem como a dispersão secundária, os recipientes foram cobertos com uma estrutura tipo gaiola de arame (Fig. 2).



Fig.2: Experimento de germinação em campo: recipientes fixados no solo da área de coleta e caixa de arame para evitar a manipulação por vertebrados.

A imersão de plântulas foi checada no campo semanalmente. A última leitura, obtida no último dia do experimento, foi utilizada para a comparação da porcentagem de germinação entre as sementes dos diferentes tratamentos. Os tempos de duração dos experimentos foram os seguintes: para *P. hispidinervum* três meses, *P. amalago* e *P. glabratum* quatro meses. Os experimentos foram finalizados quando nenhuma germinação foi registrada por um período de duas semanas.

2.4. Análise de dados

Para cada repetição foi calculada a porcentagem de sementes germinadas no último dia do experimento. Também calculamos para cada repetição o início da germinação (IG), definido como o número de dias após o início do experimento em que a primeira semente germinou (Heer *et al.* 2010), e a porcentagem de germinação após a metade do período total do experimento. Os parâmetros IG (início da germinação) e porcentagem de germinação na metade do período foram calculados como uma alternativa para quantificar a velocidade de germinação.

Para testar se todas as séries de dados atendiam à normalidade, aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk (Zar 1999). Em seguida, o teste de Fligner-Killeen (Crawley 2007) foi aplicado para investigar a homogeneidade das variâncias. Tanto os dados reais como após a transformação em $\arcsen\sqrt{\text{prop}}$, no caso das porcentagens de germinação, e em $\log(x+1)$, no caso do IG, foram submetidos à análise de normalidade e homogeneidade de variância. As séries de dados para as espécies *P. glabratum*, em condições de laboratório, e *P. amalago* e *P. hispidinervum*, em condições de campo, considerando a

porcentagem total de germinação, foram as únicas que atenderam à normalidade e à homogeneidade de variância. Neste caso, diferenças entre os tratamentos foram examinadas pela análise de variância (ANOVA), com aplicação do teste de Tukey-*HSD* para comparações pareadas (Zar 1999). O teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (Zar 1999) foi aplicado em todas as análises restantes porque a distribuição da maioria dos dados não atendeu à normalidade e/ou à homogeneidade de variância, realizando-se em seguida comparações pareadas pelo método de Student-Newman-Keuls (Zar 1999; Ayres *et al.* 2007).

3. Resultados

As comparações das porcentagens totais de germinação em condições de laboratório demonstraram um padrão semelhante para as três espécies de plantas, verificando-se diferenças significativas entre os tratamentos (*P. amalago*: $H = 20,565$; $gl = 2$; $P < 0,0001$; *P. hispidinervum*: $H = 16,389$; $gl = 2$; $P = 0,0003$; *P. glabratum*: $F = 118,27$; $gl = 2$; $P < 0,0001$). No entanto, diferenças significativas entre as sementes provenientes das fezes e as sementes removidas dos frutos, mas manualmente limpas, não foram constatadas (Figs. 3 e 4). Já as porcentagens de germinação das sementes ainda aderidas à polpa apresentaram os menores valores, diferindo significativamente dos demais tratamentos (Figs. 3 e 4). No caso das porcentagens totais de germinação em condições de campo, não foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos para *P. amalago* ($F = 2,104$; $gl = 2$; $P = 0,142$) e *P. glabratum* ($H = 1,338$; $gl = 2$; $P = 0,512$). Diferenças significativas foram encontradas apenas para *P. hispidinervum* ($F = 6,879$; $gl = 2$; $P = 0,004$), com a porcentagem de germinação das sementes provenientes das fezes diferindo significativamente das sementes ainda aderidas à polpa, sendo a única comparação pareada significativa (Fig. 5).

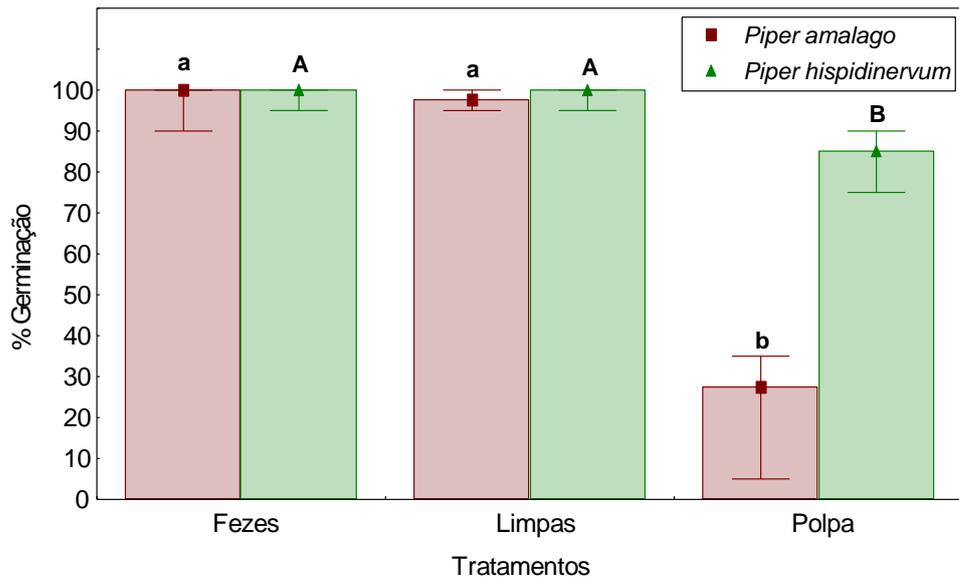


Fig. 3: Porcentagem de sementes germinadas de *Piper amalago* e *P. hispidinervum* após 32 e 25 dias em laboratório, respectivamente. As sementes foram obtidas das fezes de *Carollia perspicillata* (Fezes), dos frutos, mas manualmente limpas (Limpas) e dos frutos, mas ainda aderidas à polpa (Polpa). Diferenças entre os tratamentos foram significativas pelo teste de Kruskal-Wallis. Medianas (quartil 25%-75%) seguidas por letras distintas diferiram significativamente entre os tratamentos pelo teste de Student-Newman-Keuls para comparações pareadas ($P < 0,05$), considerando cada espécie de planta.

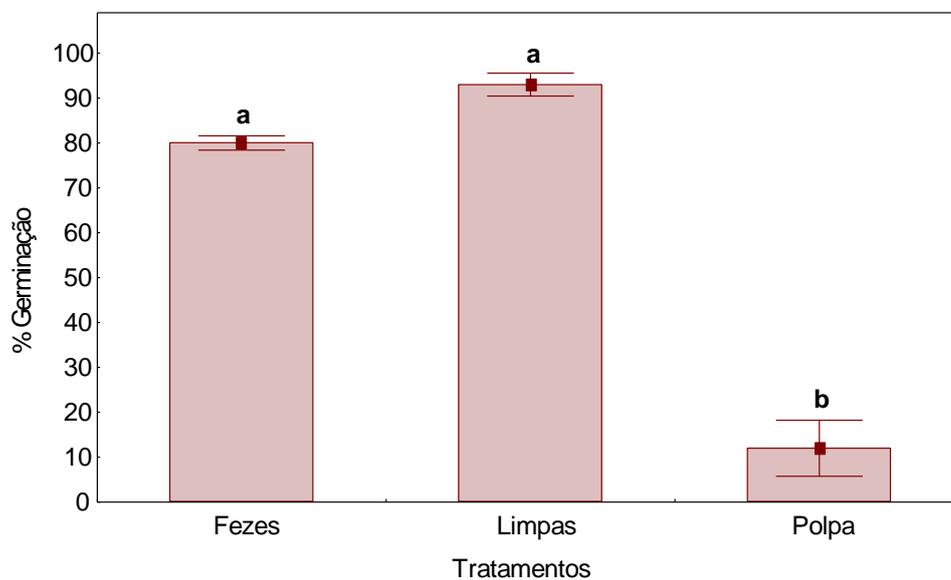


Fig. 4: Porcentagem de sementes germinadas de *Piper glabratum* após 16 dias em laboratório. As sementes foram obtidas das fezes de *Carollia perspicillata* (Fezes), dos frutos, mas manualmente limpas (Limpas) e dos frutos, mas ainda aderidas à polpa (Polpa). Diferenças entre os tratamentos foram significativas através da ANOVA. Médias (\pm EP) seguidas por letras

distintas diferiram significativamente pelo teste de Tukey-*HSD* para comparações pareadas ($P < 0,05$).

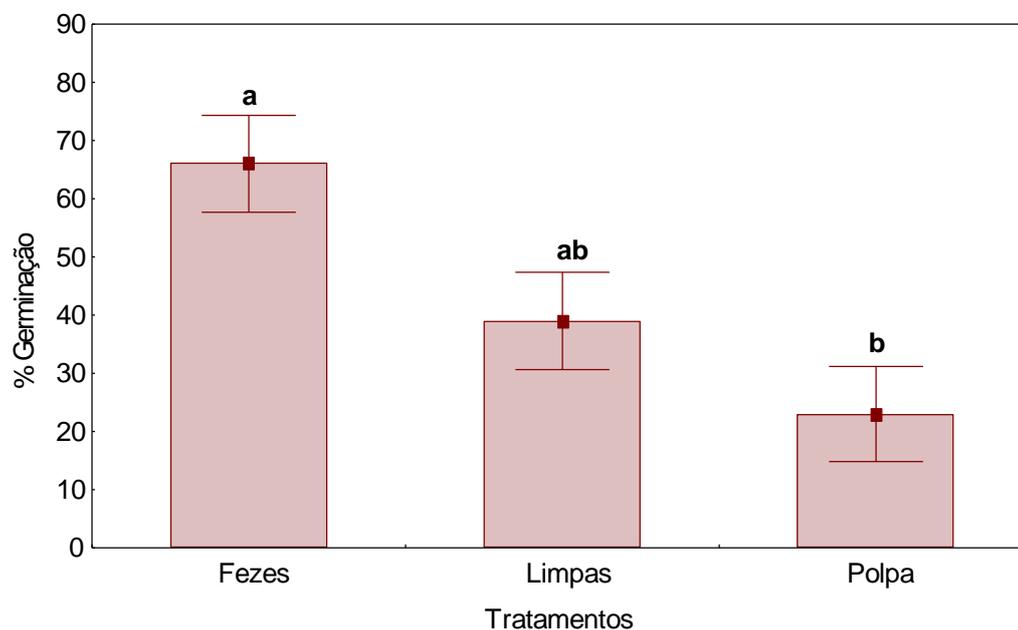


Fig. 5: Porcentagem de sementes germinadas de *Piper hispidinervum* após três meses no campo. As sementes foram obtidas das fezes de *Carollia perspicillata* (Fezes), dos frutos, mas manualmente limpas (Limpas) e dos frutos, mas ainda aderidas à polpa (Polpa). Diferenças entre os tratamentos foram significativas através da ANOVA. Médias seguidas por letras distintas diferiram significativamente pelo teste de Tukey-*HSD* para comparações pareadas ($P < 0,05$).

Em condições de laboratório, houve diferenças significativas entre os tratamentos para o início da germinação de *P. amalago* ($H = 23,948$; $gl = 2$; $P < 0,0001$) e *P. hispidinervum* ($H = 29,000$; $gl = 2$; $P < 0,0001$). As sementes ainda aderidas à polpa iniciaram a germinação mais tardiamente, pois o IG foi significativamente maior quando comparado com os IGs das sementes provenientes das fezes e das sementes removidas dos frutos, mas manualmente limpas, não havendo diferença significativa entre estes últimos dois tratamentos (Fig. 6). O início da germinação não diferiu entre os tratamentos para *P. glabratum* ($H = 4,789$; $gl = 2$; $P = 0,091$). Para as condições de campo, não foram verificados resultados significativos entre os IGs dos diferentes tratamentos, considerando todas as espécies de plantas (*P. amalago*: $H = 0,106$; $gl = 2$; $P = 0,948$; *P. hispidinervum*: $H = 1,498$; $gl = 2$; $P = 0,473$; *P. glabratum*: $H = 0,522$; $gl = 2$; $P = 0,771$).

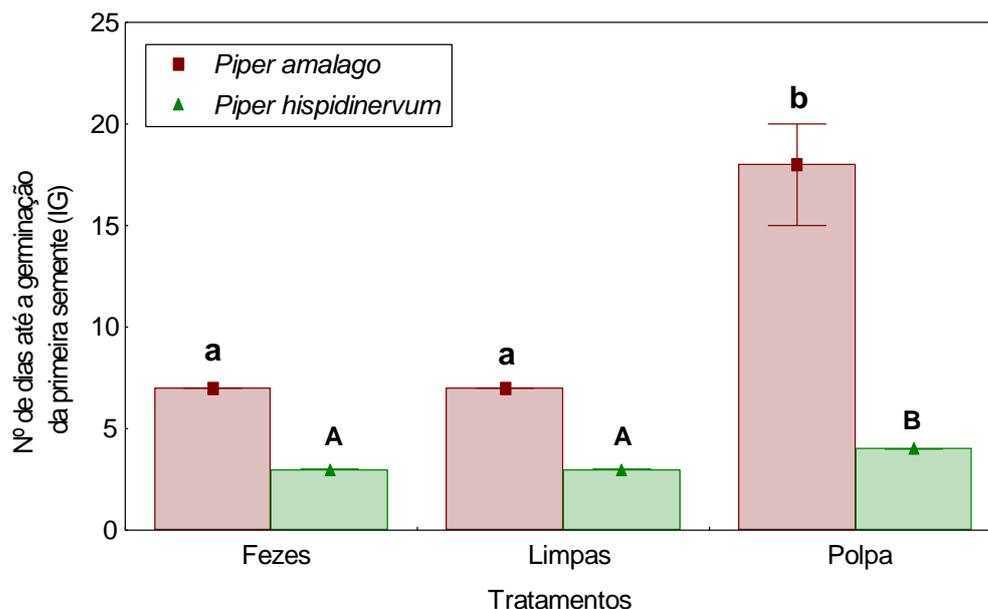


Fig. 6: Número de dias até a germinação da primeira semente, ou início da germinação (IG), para sementes de *Piper amalago* e *P. hispidinervum* em condições de laboratório. As sementes foram obtidas das fezes de *Carollia perspicillata* (Fezes), dos frutos, mas manualmente limpas (Limpas) e dos frutos, mas ainda aderidas à polpa (Polpa). Diferenças entre os tratamentos foram significativas pelo teste de Kruskal-Wallis. Medianas (quartil 25%-75%) seguidas por letras distintas diferiram significativamente entre os tratamentos pelo teste de Student-Newman-Keuls para comparações pareadas ($P < 0,05$), considerando cada espécie de planta.

Considerando as comparações das porcentagens de germinação registradas na metade do período total de germinação, diferenças significativas entre os tratamentos foram observadas em condições de laboratório para todas as espécies de plantas (*P. amalago*: $H = 20,734$; $gl = 2$; $P < 0,0001$; *P. hispidinervum*: $H = 17,570$; $gl = 2$; $P = 0,0002$; *P. glabratum*: $H = 11,834$; $gl = 2$; $P = 0,003$). Os resultados das comparações pareadas foram similares aos observados nas porcentagens totais de germinação, uma vez que diferenças significativas entre as sementes provenientes das fezes e as sementes removidas dos frutos, mas manualmente limpas, não foram constatadas (Fig. 7). No entanto, as porcentagens de germinação das sementes ainda aderidas à polpa apresentaram os valores mais baixos, diferindo significativamente dos demais tratamentos para *P. amalago* e *P. hispidinervum* (Fig. 7). No caso de *P. glabratum*, não foi constatada diferença significativa entre as porcentagens de germinação das sementes aderidas à polpa e manualmente limpas, apesar da grande diferença entre as medianas (Fig. 7). Este resultado não significativo se deve a diferença entre os postos médios, que foi de 5,4 (Posto médio para sementes manualmente limpas = 8,4; Posto médio para

sementes aderidas à polpa = 3,0), ficando muito próximo da significância ($P = 0,056$). Para as condições de campo, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para *P. amalago* ($H = 0,957$; $gl = 2$; $P = 0,620$) e *P. glabratum* ($H = 0,080$; $gl = 2$; $P = 0,961$). Diferença significativa foi observada apenas para *P. hispidinervum* ($H = 8,255$; $gl = 2$; $P = 0,016$), com a porcentagem de germinação das sementes provenientes das fezes diferindo significativamente das sementes ainda aderidas à polpa, sendo a única comparação pareada significativa (Fig. 8).

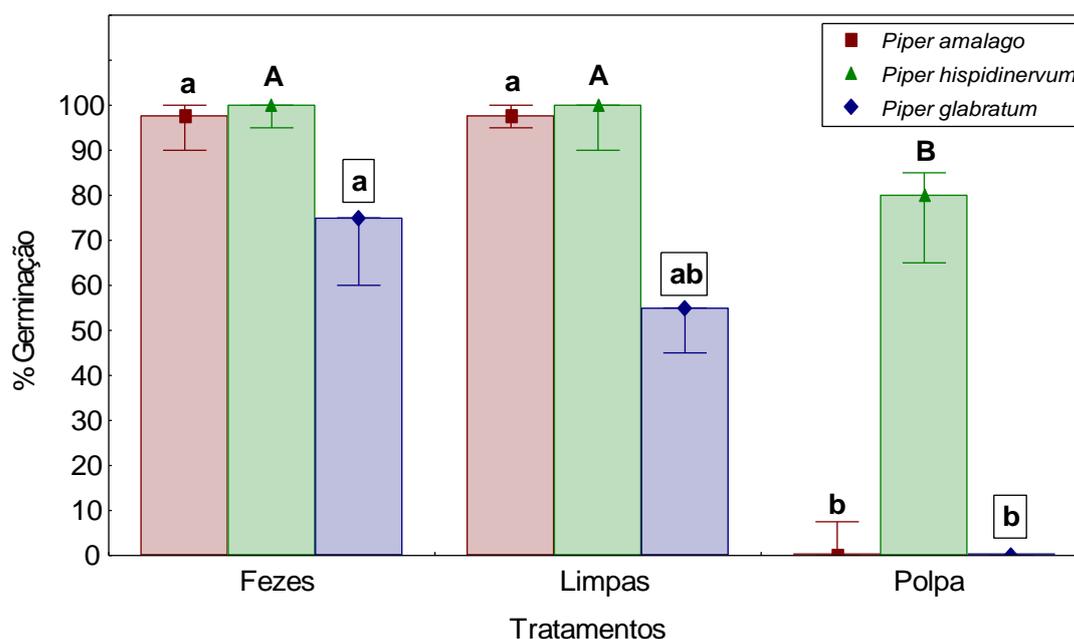


Fig. 7: Porcentagem de sementes germinadas de *Piper amalago*, *P. hispidinervum* e *P. glabratum* após 16, 12 e 8 dias em laboratório, respectivamente. As sementes foram obtidas das fezes de *Carollia perspicillata* (Fezes), dos frutos, mas manualmente limpas (Limpas) e dos frutos, mas ainda aderidas à polpa (Polpa). Diferenças entre os tratamentos foram significativas pelo teste de Kruskal-Wallis. Medianas (quartil 25%-75%) seguidas por letras distintas diferiram significativamente entre os tratamentos pelo teste de Student-Newman-Keuls para comparações pareadas ($P < 0,05$), considerando cada espécie de planta.

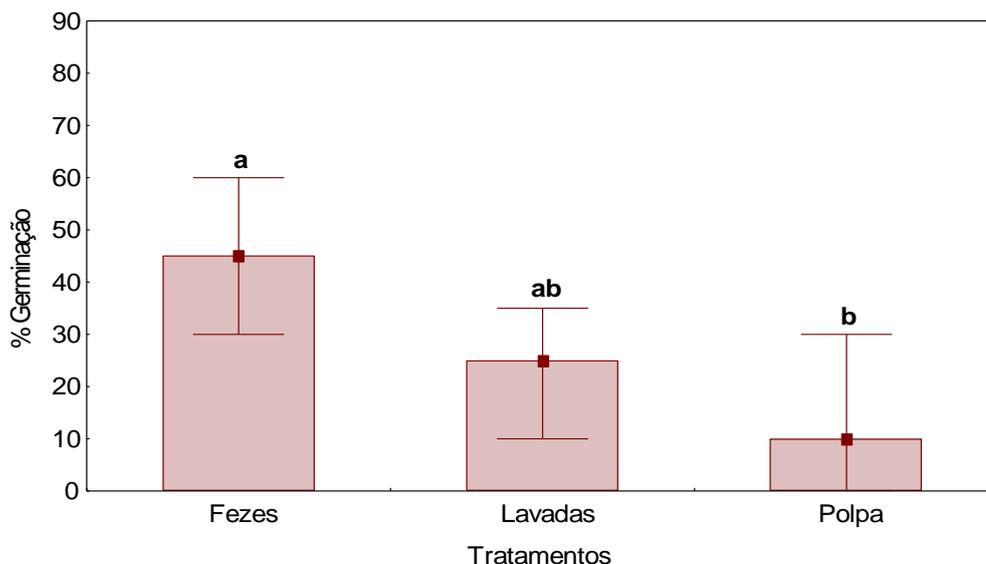


Fig. 8: Porcentagem de sementes germinadas de *Piper hispidinervum* após um mês e meio no campo. As sementes foram obtidas das fezes de *Carollia perspicillata* (Fezes), dos frutos, mas manualmente limpas (Limpas) e dos frutos, mas ainda aderidas à polpa (Polpa). Diferenças entre os tratamentos foram significativas pelo teste de Kruskal-Wallis. Medianas (quartil 25%-75%) seguidas por letras distintas diferiram significativamente pelo teste de Student-Newman-Keuls para comparações pareadas ($P < 0,05$).

4. Discussão

Nos experimentos realizados em laboratório, para as três espécies estudadas, tanto as sementes que passaram pelo sistema digestório de *C. perspicillata*, como as sementes que foram manualmente separadas da polpa, apresentaram maiores porcentagens de germinação do que as sementes aderidas à polpa. Nos dois primeiros casos, as taxas de germinação foram igualmente altas (média $\geq 84\%$) para as três espécies. As sementes aderidas à polpa foram cobertas por fungo em uma ou duas semanas, enquanto o crescimento de fungos foi muito lento nos outros tratamentos. Provavelmente, a remoção das sementes da polpa do fruto é o primeiro passo crucial que facilita a germinação das sementes, limitando ou até prevenindo o crescimento de fungos. A polpa do fruto pode não só facilitar o crescimento de fungos, que podem matar as sementes (Janzen 1977; Fleming 1988), nela também devem conter metabólitos secundários (Robertson *et al.* 2006), ou causam uma alta pressão osmótica (Samuels & Levey 2005), o que pode reduzir a germinação. O crescimento de fungos pode ter sido um dos motivos do baixo sucesso na germinação das sementes aderidas à polpa.

Em condições de campo, para as espécies *P. amalago* e *P. glabratum* não houve diferença significativa entre os tratamentos, apenas *P. hispidinervum* apresentou porcentagem de germinação maior nas sementes ingeridas e defecadas do que a porcentagem de germinação das sementes aderidas à polpa. Portanto, os resultados encontrados em laboratório nem sempre condizem com o que realmente ocorre em condições naturais, demonstrando a importância da realização de experimentos em campo. Este resultado obtido em campo pode ser devido à baixa germinação quando comparado com a germinação em laboratório (porcentagem média de germinação de 30% para *P. amalago* e 44% para *P. glabratum*). Esta baixa germinação pode ser explicada por fatores ambientais como variação de temperatura, características químicas do solo e patógenos presentes no solo que podem matar os embriões (de Figueiredo & Perin 1995). De Figueiredo & Perin (1995) realizaram experimentos de germinação com sementes de *Ficus luschnathiana* ingeridas por *Platyrrhinus lineatus* em laboratório e em campo, e como neste estudo, os autores encontraram um aumento da germinação das sementes ingeridas pelo morcego em laboratório, mas não em campo. Outros autores já registraram a importância da realização de experimentos de germinação em campo para avaliar a real contribuição dos frugívoros na germinação das sementes das espécies que eles consomem (Samuels & Levey 2005; Robertson *et al.* 2006). Contudo, *P. hispidinervum* apresentou porcentagem de germinação maior nas sementes ingeridas também em condições de campo, confirmando a importância de *C. perspicillata* no seu processo reprodutivo.

Fleming (1988) realizou experimentos de germinação em campo e laboratório comparando sementes de *P. amalago* ingeridas por *C. perspicillata* e não ingeridas e encontrou resultados diferentes deste estudo. Ele encontrou que a ingestão pelo morcego não afetou a germinação das sementes, e também encontrou maiores proporções de sementes germinadas em condições controladas do que nos testes de campo, o que o autor justifica como sendo devido aos altos níveis de luminosidade do laboratório.

Nossos resultados corroboram com estudos feitos com morcegos frugívoros e sementes de *Ficus*, onde não houve diferença na porcentagem de germinação entre sementes ingeridas e sementes manualmente limpas (Izhaki *et al.* 1995; Traveset 1998; Hodgkison *et al.* 2003; Tang *et al.* 2007; Heer *et al.* 2010). Uma razão para isso pode ser o curto tempo de passagem pelo sistema digestório, menos de 30 minutos, registrados para frugívoros filostomídeos, incluindo *C. perspicillata*, e para raposas voadoras (Morrison 1978; Fleming 1988; Laska 1990; Shilton *et al.* 1999). Este tempo

pode não ser suficiente para afetar o revestimento da semente de uma maneira que altere o potencial e os padrões de germinação. Em contrapartida, vertebrados que apresentam maior tempo de retenção como os primatas, devem afetar as sementes negativamente, reduzindo assim o sucesso da germinação (Righini *et al.* 2004). Como a maioria dos estudos experimentais realizados até agora compararam apenas a germinação de sementes ingeridas com sementes manualmente limpas, não foi possível demonstrar totalmente o efeito benéfico da remoção da polpa (Robertson *et al.* 2006).

Em laboratório, as espécies *P. amalago* e *P. hispidinervum* apresentaram germinação mais tardia no tratamento das sementes aderidas a polpa, pois o IG deste tratamento foi maior que o dos outros dois tratamentos. Isso significa que houve uma aceleração na germinação com a retirada da polpa. Esta aceleração pode aumentar a probabilidade de encontrar condições climáticas favoráveis para seu estabelecimento (Heer *et al.* 2010). O outro parâmetro que mediu a velocidade de germinação, a porcentagem de germinação na metade do período, confirmou esta aceleração na germinação com a retirada da polpa. Estes resultados confirmam a importância do morcego para a reprodução destas espécies de *Piper*. Ainda em laboratório, *P. glabratum* não apresentou diferença entre os tratamentos para o IG, portanto a remoção da polpa neste caso não influenciou na velocidade de germinação. Já para o parâmetro porcentagem de germinação na metade do período, houve diferença apenas entre as sementes ingeridas por *C. perspicillata* e as sementes aderidas à polpa, sendo que as sementes ingeridas tiveram maior porcentagem de germinação, indicando uma aceleração na germinação devido à ingestão das sementes.

Nos experimentos realizados em campo, não houve diferença entre o IG dos diferentes tratamentos para as três espécies estudadas, ou seja, não houve alteração na velocidade de germinação. Este resultado mostra mais uma vez, que experimentos realizados sob condições controladas nem sempre reproduzem o que realmente ocorre em condições de campo. O mesmo ocorreu com a porcentagem de germinação na metade do período para as espécies *P. amalago* e *P. glabratum*, confirmando que não houve alteração na velocidade de germinação nestas espécies. Contudo, *P. hispidinervum* apresentou diferença entre os tratamentos das sementes das fezes e aderidas à polpa, havendo uma aceleração na germinação das sementes ingeridas e defecadas pelos morcegos, confirmando os resultados encontrados em laboratório.

Assim, a germinação das três espécies de *Piper* estudadas sofreu aumento na porcentagem de germinação, em laboratório, com a ingestão das sementes por *C.*

perspicillata. O papel do morcego neste aumento se deve à limpeza das sementes e não devido à ação química/mecânica durante a passagem pelo seu sistema digestório, fato demonstrado por não haver diferença entre os tratamentos de sementes limpas, provavelmente a polpa deve conter inibidores de germinação. Em campo, apenas uma espécie, *P. hispidinervum*, apresentou os mesmos resultados encontrados em laboratório, demonstrando que as condições nas quais os experimentos são realizados podem influenciar os resultados. Em laboratório, *P. amalago* e *P. hispidinervum* apresentaram também uma aceleração na germinação com a retirada da polpa, mas em campo novamente apenas *P. hispidinervum* teve sua germinação acelerada com a retirada da polpa.

Os resultados encontrados neste trabalho, de que a germinação de *P. amalago*, *P. glabratum* e *P. hispidinervum* é favorecida pela ingestão, em combinação com a abundante literatura sobre a relação deste morcego com a família Piperaceae, nos permite dizer que *C. perspicillata* é um dispersor de sementes de *Piper* altamente eficiente. Esta espécie de morcego é o membro mais comum e abundante do gênero (Fleming 1988), ocorrendo principalmente em áreas abertas e florestas secundárias e dispersando um grande número de sementes de *Piper* (Fleming 1988; Carvalho 2008). Além disso, alguns estudos têm demonstrado que os morcegos dispersam grandes quantidades de sementes em florestas intactas (Henry & Jouard 2007), bem como em áreas degradadas (Griscom *et al.* 2007). Morcegos filostomídeos são conhecidos por dispersarem numerosas espécies de plantas de início de sucessão, como as piperáceas, e por cruzarem prontamente áreas abertas em paisagens fragmentadas (Meyer & Kalko 2008; Muscarella & Fleming 2007). Assim, eles provavelmente podem contribuir substancialmente para a chuva de sementes em áreas degradadas.

5. Referências Bibliográficas

- Ayres, M., Ayres Jr., M. Ayres, D.L. & Santos, A.A.S., 2007. BioEstat Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Belém Pará.
- Brasil, 1992. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, SNDA/DNDV/CLAV, Brasília, DF.
- Carvalho, M.C., 2008. Frugivoria por morcegos em Floresta Estacional Semidecídua: Dieta, Riqueza de espécies e germinação de sementes após passagem pelo sistema digestivo. Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências, UNESP – Botucatu.
- Crawley, M. J., 2007. The R book. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Entwistle, A.C. & Corp, N., 2007. The diet of *Pteropus voeltzkowi*, an endangered fruit bat endemic to Pemba Island, Tanzania. African Journal of Ecology 35, 351 - 360.
- Figueiredo, R.A. de & Perin, E., 1995. Germination ecology of *Ficus luschnathiana* drupelets after bird and bat ingestion. Acta Oecologica 16, 71 - 75.
- Fleming, T.H., 1988. The short-tailed fruit bat, a study in plant-animal interactions. University of Chicago Press, Chicago.
- Fleming, T.H. & Heithaus, E.R., 1981. Frugivorous bats, seed shadows, and the structure of a tropical forests. Biotropica 18, 307 - 318.
- Galetti, M., 1995. Os frugívoros da Santa Genebra, in: L.P.C. Morellato & H.F. Leitão Filho (Eds.), Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana-reserva de Santa Genebra. Unicamp, Campinas.
- Griscom, H.P., Kalko, E.K.V. & Ashton, M.S., 2007. Frugivory by small vertebrates within a deforested, dry tropical region of Central America. Biotropica 39, 278 – 282.
- Heer, K., Albrecht, L. & Kalko, E.K.V., 2010. Effects of ingestion by neotropical bats on germination parameters of native free-standing and strangler figs (*Ficus* sp., Moraceae) Oecologia 163, 425 – 435.
- Henry, M. & Jouard, S., 2007. Effect of bat exclusion on patterns of seed rain in tropical rain forest in French Guiana. Biotropica 39, 510 – 518.
- Hodgkison, R., Balding, S.T., Zubaid, A. & Kunz, T.H., 2003. Fruit bats (Chiroptera: Pteropodidae) as seed dispersers and pollinators in a lowland Malaysian rain forest. Biotropica 35, 491 – 502.

- Howe, H.F. & Smallwood, J., 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13, 201 - 228.
- Izhaki, I., Korine, C. & Arad, Z., 1995. The effect of bat (*Rousettus aegyptiacus*) dispersal on seed germination in eastern Mediterranean habitats. *Oecologia* 101, 335 – 342.
- Janzen, D.H., 1970. Herbivores and the number of tree species in Tropical Forests. *American Naturalist* 940, 501 - 528.
- Janzen, D.H., 1977. The interaction of seed predators and seed chemistry, in: V. Labeyrie (Ed.), *Colloques Internationaux du C.N.R.S. Paris*.
- Kelly, D., Ladley, J.J. & Robertson, A.W., 2004. Is the dispersal easier than pollination? Two tests in New Zealand Loranthaceae. *New Zealand Journal of Botany* 42, 89 - 103.
- Laska, M., 1990. Food transit times and carbohydrate use in three phyllostomid bat species. *Z Säugetierk* 55, 49 – 54.
- Medellin, R.A. & Gaona, O., 1999. Seed dispersal by bats and birds in forest and disturbed habitats of Chiapas, México. *Biotropica* 31, 478 – 485.
- Mello, M.A.R.; Kalko, E.K.V. & Silva, W.R., 2009. Ambient temperature is more important than food availability in explaining reproductive timing of the bat *Sturnira lillium* (Mammalia: Chiroptera) in a montane Atlantic Forest. *Canadian Journal of Zoology* 87, 239 - 245.
- Meyer, C.F.J. & Kalko, E.K.V., 2008. Assemblage-level responses of phyllostomid bats to tropical forest fragmentation: land-bridge islands as a model system. *Journal of Biogeography* 35, 1711 – 1726.
- Morrison, D.W., 1978. Foraging ecology and energetics of the frugivorous bat *Artibeus jamaicensis*. *Ecology* 59, 716 – 723.
- Muscarella, R. & Fleming, T.H., 2007. The role of frugivorous bats in tropical forest succession. *Biological Reviews* 82, 573 – 590.
- Ortega, V.R. & Engel, V.L., 1992. Conservação da biodiversidade de remanescentes de Mata Atlântica na região de Botucatu, SP. *Revista do Instituto Florestal* 4, 839 - 852.
- Pedro, W.A. & Taddei, V.A., 1997. Taxonomic assemblages of bats from Panga Reserve, Southeastern Brazil: abundance patterns and trophic relations in the Phyllostomidae (Chiroptera). *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão* 6, 3 - 21.

- Peters, H.A., 2003. Neighbour-regulated mortality: The influence of positive and negative density dependence on tree populations in species-rich tropical forests. *Ecology Letters* 6, 757 – 765.
- Ridley, H.N., 1930. The dispersal of plants throughout the world. Reeve, Ashford.
- Righini, N., Serio-Silva, J.C., Rico-Gray, V. & Martínez-Mota, R., 2004. Effect of different primate species on germination of *Ficus (Urostigma)* seeds. *Zoo Biology* 23, 273 – 278.
- Robertson, A.W., Trass, A., Ladley, J.J. & Kelly, D., 2006. Assessing the benefits of frugivory for seed germination: the importance of the deinhibition effect. *Functional Ecology* 20, 58 - 66.
- Sato, T.M., Passos, F.C. & Nogueira, A.C. 2008. Frugivoria de morcegos (Mammalia, Chiroptera) em *Cecropia pachystachya* (Urticaceae) e seus efeitos na germinação das sementes. *Papéis Avulsos de Zoologia* 48, 19 - 26.
- Samuels, I.A. & Levey, D.J., 2005. Effects of gut passage on seed germination: do experiments answer the questions they ask? *Functional Ecology* 19, 365 - 368
- Schupp, E.W., 1993. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals, in: T.H. Fleming & A. Estrada (Eds.), *Frugivory and Seed Dispersal: Ecological and Evolutionary Aspects*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Shilton, L.A., Altringham, J.D., Compton, S.G. & Whittaker, R.J., 1999. Old World fruit bats can be long-distance seed dispersers through extended retention of viable seeds in the gut. *Proceeding of the Royal Society B: Biological Science* 266, 219 – 223.
- Tang, Z., Mukherjee, A., Sheng, L., Cao, M., Liang, B., Corlett, R.T. & Zhang, S., 2007. Effect of ingestion by two frugivorous bat species on the seed germination of *Ficus racemosa* and *F. hispida* (Moraceae). *Journal of Tropical Ecology* 23, 125 – 127.
- Traveset, A., 1998. Effect of seed passage through vertebrate frugivores' guts on germination: a review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 1/2, 151 – 190.
- Traveset, A. & Verdú, M., 2002. A meta-analysis of the effect of gut treatment on seed germination, in: D.J. Levey, W.R. Silva & M. Galetti (Eds.), *Seed Dispersal and Frugivory: Ecology, Evolution and Conservation* CABI Publishing, Wallingford, UK.

- Wenny, D.G., 2000. Seed dispersal, seed predation, and seedling recruitment of a neotropical montane tree. *Ecological Monographs* 70, 331 - 351.
- Willson, M. & Traveset, A., 2000. The ecology of seed dispersal, in: M. Fenner (Ed.), *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. CAB Int, Wallingford.
- Yagihashi, T., Hayashida, M. & Miyamoto, T., 1998. Effects of bird ingestion on seed germination of *Sorbus commixta*. *Oecologia*, 114, 209 - 212.
- Zar, J.H., 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

CAPÍTULO II

**Germinação de sementes de *Ficus guaranítica* (Moraceae),
Solanum granuloso-leprosum e *Solanum atropurpureum*
(Solanaceae) após ingestão por *Carollia perspicillata*
(Chiroptera: Phyllostomidae).**

Redigido de acordo com as normas do periódico científico *Acta Oecologica*.

Germinação de sementes de *Ficus guaranitica* (Moraceae), *Solanum granuloso-leprosum* e *S. atropurpureum* (Solanaceae) após ingestão por *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae)

Maria Carolina de Carvalho Ricardo ^{a,*}, Marcelo Nogueira Rossi ^b & Wilson Uieda ^c

^a Departamento de Botânica, Universidade Estadual Paulista (Unesp) “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, Brasil.

^b Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), Diadema, SP, Brasil.

^c Departamento de Zoologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp) “Júlio de Mesquita Filho”, IB, Botucatu, SP, Brasil.

* Autor para correspondência: mcarolina@ibb.unesp.br

Germinação de sementes de *Ficus guaranítica* (Moraceae), *Solanum granuloso-leprosum* e *S. atropurpureum* (Solanaceae) após ingestão por *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae)

RESUMO: Ao remover grandes quantidades de sementes os morcegos podem contribuir significativamente não só para a dispersão das sementes, mas também para a germinação. O objetivo deste trabalho foi investigar os mecanismos responsáveis por alterações, quando existentes, nos padrões de germinação de sementes de *F. guaranítica*, *S. granuloso-leprosum* e *S. atropurpureum* após a passagem pelo sistema digestório de *C. perspicillata*. O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental Edgardia, Botucatu, SP. Foram estabelecidos três tratamentos: sementes dos frutos limpas; sementes do fruto com polpa e sementes ingeridas por *C. perspicillata*. A porcentagem total de germinação de *F. guaranítica* e *S. granuloso-leprosum* não apresentou diferenças significativas entre as sementes das fezes e as sementes removidas dos frutos e limpas, mas as porcentagens de germinação das sementes com polpa apresentaram menores valores que os demais tratamentos. Para a porcentagem total de germinação de *S. atropurpureum*, foram constatadas diferenças significativas apenas entre as sementes manualmente limpas e as sementes com polpa. Para o IG, não houve diferenças significativas entre os tratamentos para *F. guaranítica*, mas para *S. granuloso-leprosum*, as sementes com polpa iniciaram a germinação mais tarde, quando comparadas com as sementes das fezes e as sementes dos frutos, mas manualmente limpas, não havendo diferença significativa entre estes últimos dois tratamentos. Já para *S. atropurpureum*, as sementes dos frutos, mas manualmente limpas iniciaram a germinação mais rapidamente quando comparadas as sementes das fezes e as sementes com polpa. A porcentagem de germinação na metade do período de germinação apresentou resultados similares aos observados nas porcentagens totais de germinação para *F. guaranítica* e *S. granuloso-leprosum*. No caso de *S. atropurpureum*, foi constatada diferença significativa entre as porcentagens de germinação das sementes das fezes e das sementes dos frutos, mas manualmente limpas. Assim, a ingestão das sementes de *F. guaranítica* e *S. granuloso-leprosum* por *C. perspicillata* provocou aumento e aceleração na germinação de suas sementes. Já para *S. atropurpureum* a ingestão das sementes não alterou os padrões de germinação.

Palavras chave: germinação, *Ficus*, *Solanum*, *Carollia*, experimentos em laboratório.

Germination of *Ficus guaranitica* (Moraceae), *Solanum granuloso-leprosum* e *S. atropurpureum* (Solanaceae) seeds after ingestion by *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae)

ABSTRACT: By removing large quantities of seeds bats can significantly contribute not only to the dispersion of seeds, but also to their germination. The objective of this study was to investigate the mechanisms responsible for changes, when existing, on patterns of germination of *F. guaranitica*, *S. granuloso-leprosum* and *S. atropurpureum* after passing through the digestive system of *C. perspicillata*. The study was conducted at the Edgardia Experimental Farm, Botucatu, SP. Were established three treatments: clean seeds from fruits, seeds with pulp and seeds from feces after ingestion by *C. perspicillata*. The total percentage of germination of *F. guaranitica* and *S. granuloso-leprosum* showed no significant differences between seeds from feces and clean seeds, but the germination percentage of seeds with pulp had lower values than other treatments. For the total percentage of germination of *S. atropurpureum*, significant differences were found only among the clean seeds and seeds with pulp. For the germination start, no significant differences among treatments for *F. guaranitica* were obtained, but for *S. granuloso-leprosum*, seeds with pulp had germination started later when compared with seeds from feces and clean, with no significant difference between both treatments. As for *S. atropurpureum*, the seeds of the fruits, but germination initiated manually cleaned more quickly when compared to seeds of feces pulp and seeds. The germination percentage in the half germination period showed similar results to those observed in total percentages of germination for *F. guaranitica* and *S. granuloso-leprosum*. In the case of *S. atropurpureum* was observed significant difference between percentages of germination of seeds from feces and clean seeds. Thus, intake of seeds from *F. guaranitica* and *S. granuloso-leprosum* by *C. perspicillata* increased and accelerated seed germination. There was no change in patterns for seed germination of *S. atropurpureum*.

Key words: germination, *Ficus*, *Solanum*, *Carollia*, laboratory experiments.

1. Introdução

Animais frugívoros têm um alto impacto na dinâmica de florestas, particularmente nas florestas neotropicais, onde mais de 75% das espécies de plantas dependem de frugívoros vertebrados para dispersar suas sementes (Howe & Smallwood 1982). Na maior parte dos casos, as plantas fornecem uma recompensa nutricional, para atrair determinados grupos de dispersores (Ridley 1930). Entre os vertebrados frugívoros, os morcegos possuem um importante impacto na regeneração de florestas (Fleming & Heithaus 1981; Galetti 1995), pois eles dispersam as sementes de muitas espécies pioneiras que crescem nos primeiros estágios de sucessão, bem como espécies de florestas maduras (Medellin & Gaona 1999; Mello *et al.* 2009) e ainda, atravessam áreas abertas com maior facilidade do que aves e outros mamíferos (Griscom *et al.* 2007).

Um dos maiores benefícios para a planta através do mutualismo com morcegos é o movimento das sementes para longe da planta mãe (Schupp 1993; Willson & Traveset 2000). Ao remover grandes quantidades de sementes, que é um aspecto quantitativo da eficácia da dispersão de sementes (Schupp 1993), os morcegos podem contribuir significativamente não só para a dispersão das sementes, mas também para a germinação (Robertson *et al.* 2006). Os morcegos podem afetar a germinação de sementes através da escarificação do tegumento da semente, da remoção de inibidores da germinação pela separação da semente da polpa e através do aumento da germinação e crescimento das plântulas devido ao material fecal depositado ao redor (Traveset & Verdú 2002; Robertson *et al.* 2006).

A maior parte dos estudos que avaliam os benefícios da ingestão de sementes por vertebrados realizam comparações entre sementes que passaram pelo sistema digestório e sementes lavadas manualmente, a maior porcentagem de germinação após passagem pelo sistema digestório é geralmente interpretada como um benefício decorrente da ingestão pelos vertebrados (Samuels & Levey 2005; Robertson *et al.* 2006; Carvalho 2008). A remoção de inibidores encontrados na polpa é outra consequência da passagem pelo sistema digestório, mas não é mensurado nos estudos delineados para medir apenas o efeito de escarificação (Samuels & Levey 2005; Robertson *et al.* 2006).

Ainda não é clara a real contribuição dos morcegos na dispersão das sementes dos frutos que eles consomem, principalmente dentro de um contexto qualitativo, após as sementes alcançarem o solo. A maioria dos trabalhos que abordam a germinação de

sementes após a ingestão tem focado em aves e mamíferos terrestres (Traveset 1998). E ainda, a maior parte dos trabalhos que aborda o efeito da ingestão das sementes por morcegos não adota um delineamento experimental que permite identificar a causa das possíveis alterações na germinação das sementes consumidas (Entwistle & Corp 1997; Tang *et al.* 2007; Sato 2008). Assim, trabalhos que incluem um tratamento com sementes com polpa são necessários para um melhor entendimento da contribuição dos morcegos na germinação de sementes.

Existem trabalhos realizados com espécies de *Ficus* que registraram um aumento da germinação após a ingestão das sementes por morcegos (Figueiredo & Perin 1995) e também que identificaram que a ingestão não provocou efeito na germinação (Izhaki 1995; Entwistle & Corp 1997; Tang *et al.* 2007), porém estudos com *C. perspicillata* são ausentes (Utzurum & Heideman 1991; Figueiredo & Perin 1995; Izhaki *et al.* 1995; Tang *et al.* 2007; Heer *et al.* 2010). O mesmo ocorre com espécies de *Solanum*, pois não existem estudos que testem a germinação destas espécies após a ingestão por *C. perspicillata* (Uieda & Vasconcelos-Neto 1985; Jacomassa & Pizo 2010).

Assim, este trabalho visa estudar um dos parâmetros da qualidade da dispersão por morcegos, investigando os mecanismos responsáveis por alterações, quando existentes, nos padrões de germinação de sementes de *Ficus guaranitica*, *Solanum granuloso-leprosum* e *Solanum atropurpureum* após a passagem pelo sistema digestório de *Carollia perspicillata* (Phyllostomidae, Carrollinae). Nossa hipótese é que a ingestão das sementes por *C. perspicillata* favorece a germinação das espécies.

2. Material e Métodos

2.1. Área de estudo e captura de morcegos

O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental Edgardia (22°48'S; 48°24'W; altitude aproximada: 577m), pertencente à Universidade Estadual Paulista – UNESP/Campus de Botucatu (Faculdade de Ciências Agrônômicas), situada na bacia do rio Capivara, no município de Botucatu, Estado de São Paulo. A precipitação anual média na região do município de Botucatu é de 1300 mm, oscilando entre 650 mm e 1850 mm para os anos mais secos e mais úmidos, respectivamente (Ortega & Engel 1992).

As espécies estudadas foram: duas espécies da família Solanaceae, *Solanum atropurpureum* Schrank e *Solanum granuloso-leprosum* Dunal e uma espécie da família Moraceae, *Ficus guaranitica* Chodat. As coletas dos frutos e morcegos e o estabelecimento dos experimentos de germinação ocorreram nos períodos de maio a dezembro de 2010 (*S. granuloso-leprosum* e *S. atropurpureum*) e de março a maio de 2011 (*F. guaranitica*).

Os morcegos foram capturados com redes neblina de 2,8 x 12m e malha de 12 mm, método eficiente para captura de espécies frugívoras (Pedro & Taddei 1997). As redes foram colocadas próximas a fontes de alimento e/ou abrigos das espécies frugívoras. Os animais foram capturados e colocados em sacos de algodão individualizados e depois transportados para uma base próxima para coleta de informações biológicas e biométricas (medidas dos antebraços, sexo, peso, estágio reprodutivo e estágio de desenvolvimento). Foram capturados por vez um macho e uma fêmea de *C. perspicillata*, o morcego frugívoro mais comum da área de estudo. Os indivíduos foram mantidos em cativeiro por uma semana e depois deste período foram soltos. Em cativeiro, foram oferecidos os frutos das espécies de interesse e coletadas as sementes das fezes utilizadas nos experimentos de germinação. Os frutos foram oferecidos a partir da segunda noite em cativeiro, para possibilitar a eliminação de sementes de frutos consumidos anteriormente à captura. Cada indivíduo foi colocado em uma gaiola de aço e vidro (0,4 x 0,4 x 0,4m), com o fundo vazado para a coleta das fezes (Fig. 1). Ao todo, foram utilizadas as fezes de cinco indivíduos (três machos e duas fêmeas) mantidos em cativeiro.



Fig. 1: Gaiolas utilizadas para manutenção dos indivíduos de *C. perspicillata* em cativeiro para oferecimento dos frutos.

2.2. Experimentos de germinação

Foram estabelecidos três tratamentos: 1) sementes extraídas dos frutos e limpas manualmente; 2) sementes do fruto com polpa; 3) sementes ingeridas e defecadas por *C. perspicillata*. Através deste delineamento experimental foi possível saber o real efeito da passagem pelo sistema digestório dos morcegos na germinação das sementes, uma vez que este delineamento experimental isola o mecanismo responsável, seja a ação mecânica/química durante a passagem pelo sistema digestório do animal (sementes ingeridas vs sementes manualmente extraídas) ou através da liberação de inibidores da germinação (sementes com a polpa do fruto vs sementes manualmente extraídas).

Para a obtenção das sementes provenientes das fezes, os frutos foram primeiramente divididos, e uma parte oferecida aos morcegos. A outra parte foi guardada para a utilização das sementes nos outros tratamentos. Assim, as sementes de todos os tratamentos foram provenientes dos mesmos frutos. Em média foram utilizados quatro frutos por espécie de planta, de diferentes indivíduos, para a realização dos

experimentos. Como as sementes foram obtidas das fezes de mais de um indivíduo, essas sementes foram misturadas antes da realização dos testes de germinação, formando uma única amostra. Desta amostra, foram retiradas ao acaso sementes para os testes de germinação.

As sementes foram colocadas em placas de Petri transparentes (14 cm de diâmetro) com duas folhas de papel filtro umedecidas com 10 ml de água destilada. Nos experimentos com *F. guaranítica* e *S. granuloso-leprosum*, cada tratamento continha dez repetições com 20 sementes cada repetição, enquanto que no experimento com *S. atropurpureum* cada tratamento continha cinco repetições com oito sementes cada. No experimento de germinação de *S. atropurpureum* o número de sementes e de repetições foi menor devido à baixa quantidade de sementes disponíveis para o teste de germinação. As placas foram colocadas em câmara climatizada a 25°C e 12 horas de luz branca ($78 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}/ 8\text{h}$), fornecida por lâmpadas fluorescentes tipo “luz do dia” de 15W (Brasil 1992). As sementes germinadas foram verificadas a cada 24 horas, considerando como germinadas as sementes que apresentavam protrusão da raiz primária. A última leitura, obtida no último dia do experimento, foi utilizada para a comparação da porcentagem de germinação entre as sementes dos diferentes tratamentos. O tempo de duração dos experimentos foram os seguintes: para *F. guaranítica* 30 dias, *S. granuloso-leprosum* 77 dias e *S. atropurpureum* 15 dias. Os experimentos foram finalizados quando nenhuma germinação foi registrada por um período de pelo menos cinco dias.

2.3. Análise de dados

Para cada repetição foi calculada a porcentagem de sementes germinadas (porcentagem de germinação) no último dia do experimento. Também calculamos para cada repetição o início da germinação (IG), definido como o dia em que a primeira semente germinou (número de dias após o início do experimento) (Heer *et al.* 2010), e a porcentagem de germinação após a metade do período total do experimento. Os parâmetros IG (início da germinação) e porcentagem de germinação na metade do período foram calculados como uma alternativa para quantificar a velocidade de germinação.

Primeiramente, para testar se todas as séries de dados atendiam à normalidade, aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk (Zar 1999). Em seguida, o teste de Fligner-Killeen

(Crawley 2007) foi aplicado para investigar a homogeneidade das variâncias. A série de dados para *S. granuloso-leprosum*, considerando a porcentagem total de germinação, foi a única que atendeu à normalidade e à homogeneidade de variância. Neste caso, diferenças entre os tratamentos foram testadas pela análise de variância (ANOVA), com aplicação do teste de Tukey-*HSD* para comparações pareadas (Zar 1999). O teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (Zar 1999) foi aplicado em todas as análises restantes porque a distribuição da maioria dos dados não atendeu à normalidade e/ou à homogeneidade de variância, realizando-se em seguida comparações pareadas pelo método de Student-Newman-Keuls (Zar 1999; Ayres *et al.* 2007).

3. Resultados

As comparações das porcentagens totais de germinação demonstraram um padrão semelhante para *F. guaranitica* e *S. granuloso-leprosum*, verificando-se diferenças significativas entre os tratamentos (*F. guaranitica*: $H = 21,653$; $gl = 2$; $P < 0,0001$; *S. granuloso-leprosum*: $F = 16,069$; $gl = 2$; $P < 0,0001$). No entanto, diferenças significativas entre as sementes provenientes das fezes e as sementes removidas dos frutos, mas manualmente limpas, não foram constatadas (Figs. 2 e 3). Já as porcentagens de germinação das sementes ainda aderidas à polpa apresentaram os menores valores, diferindo significativamente dos demais tratamentos (Figs. 2 e 3). No caso da porcentagem total de germinação de *S. atropurpureum*, foram constatadas diferenças significativas apenas entre as sementes manualmente limpas e as sementes ainda aderidas à polpa ($H = 11,834$; $gl = 2$; $P = 0,0008$) (Fig. 2).

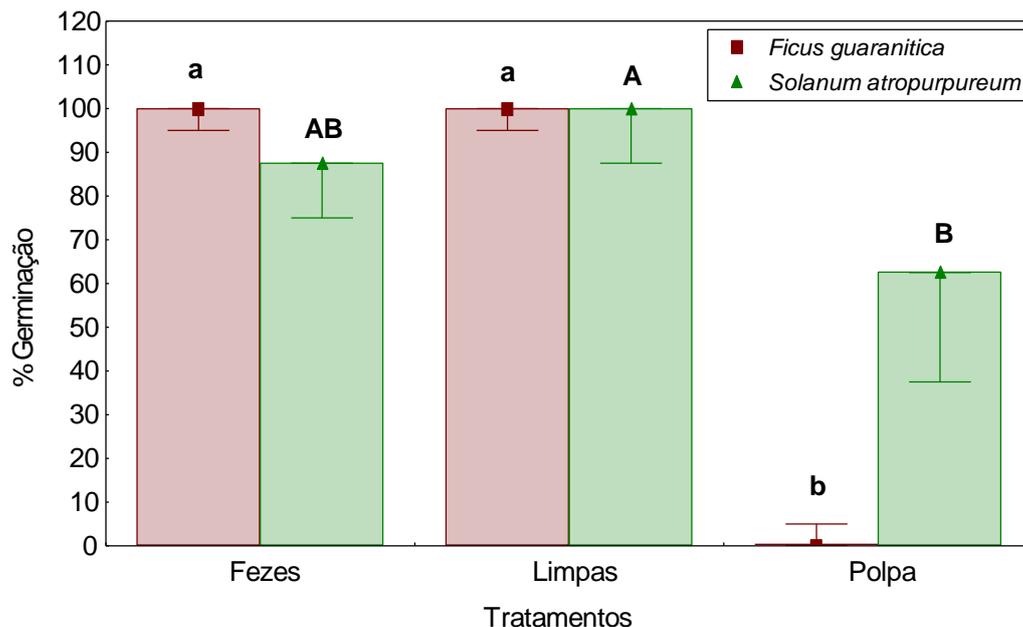


Fig. 2. Porcentagem de sementes germinadas de *Ficus guaranitica* e *Solanum atropurpureum* após 30 e 15 dias, respectivamente. As sementes foram obtidas das fezes de *Carollia perspicillata* (Fezes), dos frutos, mas manualmente limpas (Limpas) e dos frutos, mas ainda aderidas à polpa (Polpa). Diferenças entre os tratamentos foram significativas pelo teste de Kruskal-Wallis. Medianas (quartil 25%-75%) seguidas por letras distintas diferiram significativamente entre os tratamentos pelo teste de Student-Newman-Keuls para comparações pareadas ($P < 0,05$), considerando cada espécie de planta.

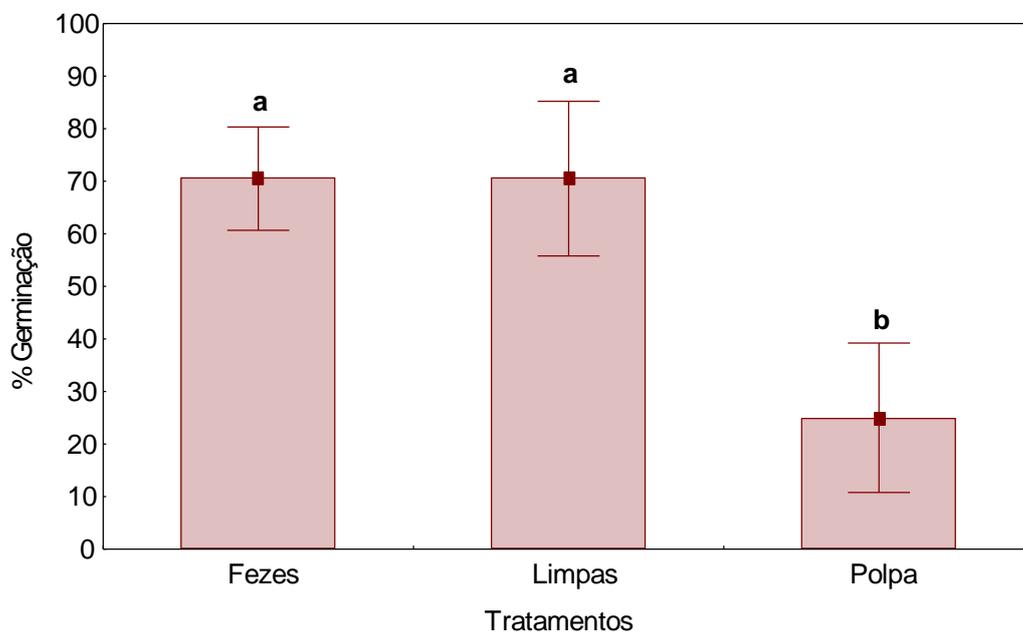


Fig. 3. Porcentagem de sementes germinadas de *Solanum granuloso-leprosum* após 77 dias. As sementes foram obtidas das fezes de *Carollia perspicillata* (Fezes), dos frutos, mas manualmente limpas (Limpas) e dos frutos, mas ainda aderidas à polpa (Polpa). Diferenças entre os tratamentos foram significativas através da ANOVA. Médias (\pm EP) seguidas por letras distintas diferiram significativamente pelo teste de Tukey-HSD para comparações pareadas ($P < 0,05$).

Para o parâmetro início da germinação (IG), não houve diferenças significativas entre os tratamentos para *F. guaranitica* ($H = 4,477$; $gl = 2$; $P = 0,1066$). Já para *S. granuloso-leprosum* e *S. atropurpureum* foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos (*S. granuloso-leprosum*: $H = 17,534$; $gl = 2$; $P = 0,000155$; *S. atropurpureum*: $H = 9,074$; $gl = 2$; $P = 0,0107$). Para *S. granuloso-leprosum*, as sementes ainda aderidas à polpa iniciaram a germinação mais tardiamente, pois o IG foi significativamente maior quando comparado com os IGs das sementes provenientes das fezes e das sementes removidas dos frutos, mas manualmente limpas, não havendo diferença significativa entre estes últimos dois tratamentos (Fig. 4). Já para *S. atropurpureum*, os resultados foram diferentes, as sementes removidas dos frutos, mas manualmente limpas iniciaram a germinação mais rapidamente, pois o IG foi significativamente menor quando comparado ao IG das sementes provenientes das fezes e as sementes ainda aderidas à polpa (Fig. 4).

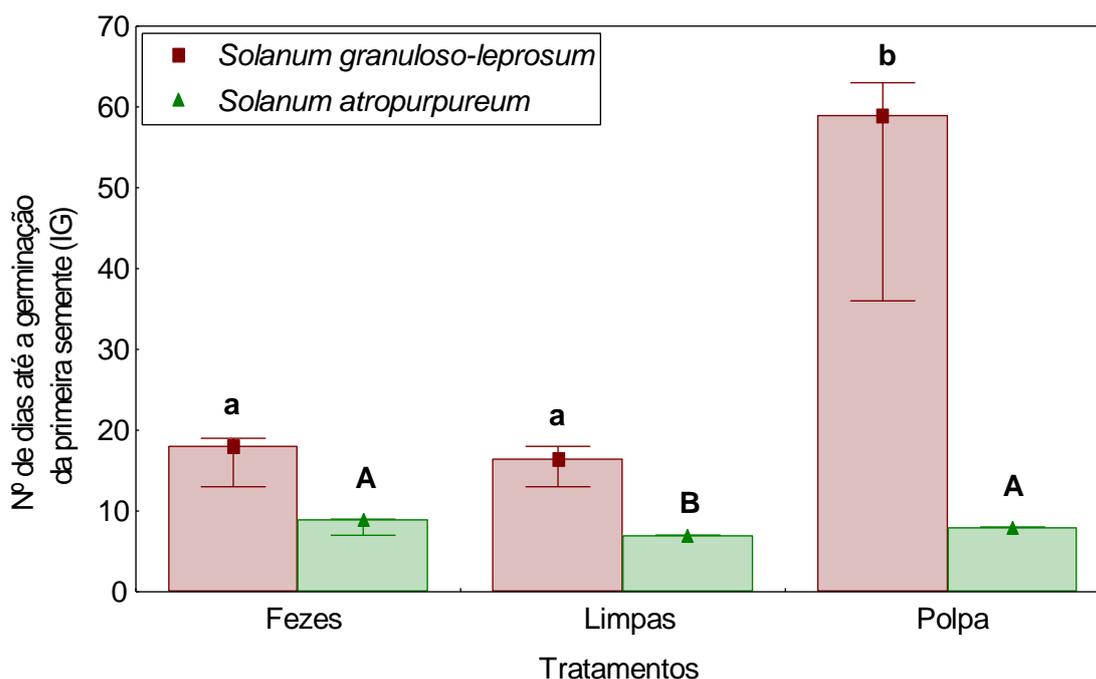


Fig. 4. Número de dias até a germinação da primeira semente, ou início da germinação (IG), para sementes de *Solanum granuloso-leprosum* e *Solanum atropurpureum* em condições de laboratório. As sementes foram obtidas das fezes de *Carollia perspicillata* (Fezes), dos frutos, mas manualmente limpas (Limpas) e dos frutos, mas ainda aderidas à polpa (Polpa). Diferenças entre os tratamentos foram significativas pelo teste de Kruskal-Wallis. Medianas (quartil 25%-75%) seguidas por letras distintas diferiram significativamente entre os tratamentos pelo teste de Student-Newman-Keuls para comparações pareadas ($P < 0,05$), considerando cada espécie de planta.

Considerando as comparações das porcentagens de germinação registradas na metade do período total de germinação, diferenças significativas entre os tratamentos foram observadas para todas as espécies de plantas (*F. guaranitica*: $H = 20,611$; $gl = 2$; $P < 0,0001$; *S. granuloso-leprosum*: $F = 16,970$; $gl = 2$; $P = 0,0001$; *S. atropurpureum*: $H = 8,899$; $gl = 2$; $P = 0,003$). Os resultados das comparações pareadas foram similares aos observados nas porcentagens totais de germinação para *F. guaranitica* e *S. granuloso-leprosum*, uma vez que diferenças significativas entre as sementes provenientes das fezes e as sementes removidas dos frutos, mas manualmente limpas, não foram constatadas (Fig. 5). No entanto, as porcentagens de germinação das sementes ainda aderidas à polpa apresentaram os valores mais baixos, diferindo significativamente dos demais tratamentos para estas duas espécies (Fig. 5). No caso de *S. atropurpureum*, os resultados não foram similares aos observados nas porcentagens totais de germinação, pois foi constatada diferença significativa também entre as porcentagens de germinação das sementes provenientes das fezes e das sementes dos frutos, mas manualmente limpas (Fig. 5).

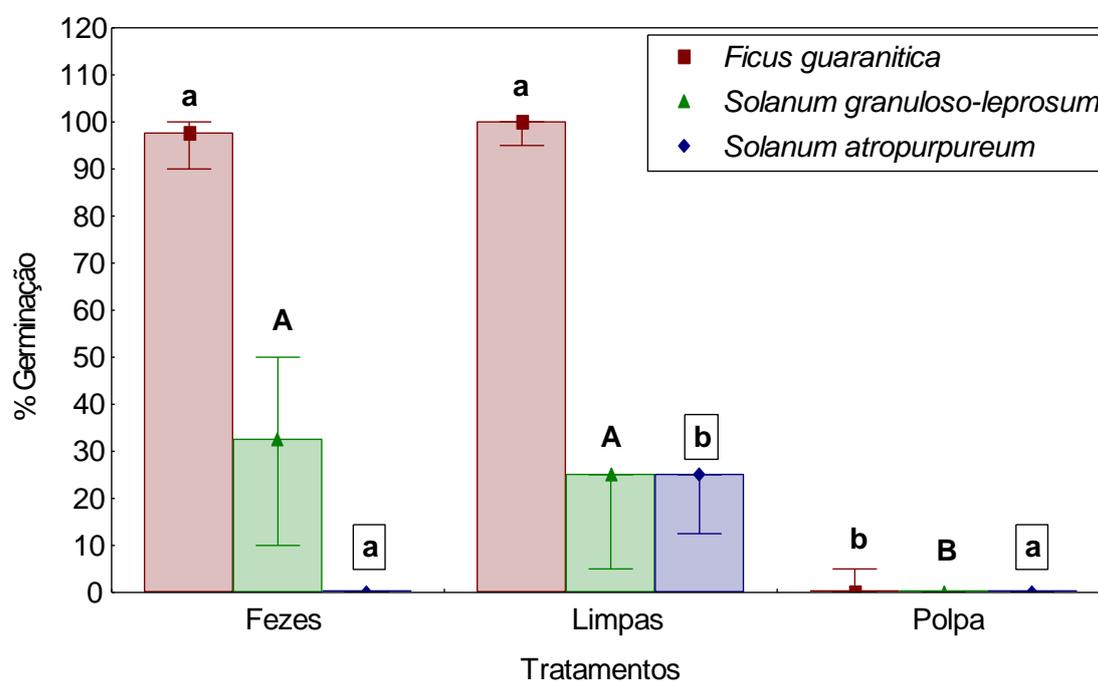


Fig. 5. Porcentagem de sementes germinadas de *Ficus guaranitica*, *Solanum granuloso-leprosum* e *S. atropurpureum* após 15, 38 e 8 dias, respectivamente. As sementes foram obtidas das fezes de *Carollia perspicillata* (Fezes), dos frutos, mas manualmente limpas (Limpas) e dos frutos, mas ainda aderidas à polpa (Polpa). Diferenças entre os tratamentos foram significativas pelo teste de Kruskal-Wallis. Medianas (quartil 25%-75%) seguidas por letras distintas diferiram significativamente entre os tratamentos pelo teste de Student-Newman-Keuls para comparações pareadas ($P < 0,05$), considerando cada espécie de planta.

4. Discussão

O efeito da ingestão por vertebrados sobre a germinação de sementes costuma variar dependendo da espécie de planta (Barnea *et al.* 1990; Traveset 1998; Sato 2008). Para espécies de *Ficus*, existem trabalhos que registraram um aumento da germinação após a ingestão das sementes por morcegos (Figueiredo & Perin 1995) e também que identificaram que a ingestão não provocou efeito na germinação (Izhaki 1995; Entwistle & Corp 1997; Tang *et al.* 2007). Vários trabalhos testaram a germinação de sementes de *Ficus* spp. ingeridas por morcegos, no entanto estudos com *C. perspicillata* são ausentes (Utzurum & Heideman 1991; Figueiredo & Perin 1995; Izhaki *et al.* 1995; Tang *et al.* 2007; Heer *et al.* 2010).

As sementes de *F. guaranitica* que tiveram a polpa do fruto removida, seja manualmente ou pela ingestão e posterior defecação, apresentaram taxas de germinação igualmente altas (médias 98 e 98,5%, respectivamente). Em contraste, a germinação das sementes aderidas à polpa foi muito baixa, com germinação em apenas três das dez repetições, com no máximo cinco sementes germinadas em cada repetição. Estas sementes aderidas à polpa foram cobertas por fungo em aproximadamente uma semana, enquanto o crescimento de fungos foi muito lento nos outros tratamentos. Assim, provavelmente a remoção das sementes da polpa do fruto é o primeiro passo crucial que facilita a germinação das sementes, limitando ou até prevenindo do crescimento de fungos. Estes resultados corroboram com os resultados encontrados por Heer *et al.* (2010), que realizou experimentos com sementes de *Ficus* spp. ingeridas por *Artibeus lituratus*: para as seis espécies de *Ficus* estudadas, as sementes que tiveram a polpa removida manualmente ou pelo morcego apresentaram maiores porcentagens de germinação do que as sementes aderidas à polpa.

O fato de não haver diferença entre as sementes manualmente limpas e as ingeridas por *C. perspicillata* pode ser devido ao curto tempo de passagem pelo sistema digestório, menos de 30 minutos, registrados para morcegos frugívoros filostomídeos (Morrison 1978; Fleming 1988; Laska 1990). Este tempo não deve ser suficiente para afetar o revestimento da semente de forma que altere o potencial e os padrões de germinação. Em contrapartida, vertebrados que apresentam maior tempo de retenção como, por exemplo, os primatas devem afetar as sementes negativamente, reduzindo assim o sucesso da germinação (Righini *et al.* 2004). Como a maioria dos estudos experimentais realizados até agora comparara apenas a germinação de sementes

ingeridas com sementes manualmente limpas, não foi possível demonstrar totalmente o efeito benéfico da remoção da polpa (Robertson *et al.* 2006).

A velocidade de germinação, avaliada pelo IG, não foi significativamente diferente entre os tratamentos, mas a porcentagem de germinação registrada na metade do período total apresentou padrão semelhante aos resultados da porcentagem total de germinação, ou seja, houve um aumento na velocidade de germinação, tanto quando manualmente limpas como pela ingestão por *C. perspicillata*. Apesar de o IG não apresentar diferença significativa, ao analisar os dados, foi observado que os tratamentos com sementes limpas germinaram antes das sementes com polpa, pois todas as repetições com sementes limpas iniciaram a germinação no sexto dia, enquanto que nas sementes aderidas à polpa, nas três repetições em que houve germinação, o início foi 11, 13 e 15 dias após a instalação do experimento. A aceleração na germinação deve aumentar a probabilidade da semente encontrar condições climáticas favoráveis para o estabelecimento (Heer *et al.* 2010). Heer *et al.* (2010) não encontraram diferença na velocidade de germinação entre as sementes ingeridas por *A. lituratus* e as sementes controle. Teixeira *et al.* (2009) realizaram testes de germinação com *F. pertusa* ingeridas por *A. jamaicensis* e encontraram porcentagens muito baixas de germinação nas sementes provenientes do fruto e das fezes, mas houve uma aceleração da germinação nas sementes ingeridas, o que os autores justificam como sendo resultado de enzimas digestivas presentes no estômago dos morcegos que facilitam a germinação.

Solanum granuloso-leprosum apresentou o mesmo padrão de *F. guaranitica* na porcentagem de germinação. As sementes que tiveram a polpa do fruto removida apresentaram taxas de germinação altas (médias 70,5%), enquanto que a média de germinação nas sementes aderidas a polpa foi de 25%. Assim, a remoção da polpa do fruto provocou um aumento na germinação de sementes, e pode ter prevenido o crescimento de fungos. Já para *S. atropurpureum*, os resultados foram diferentes, a porcentagem de germinação das sementes das fezes não apresentou diferença dos demais tratamentos, enquanto que as sementes manualmente limpas apresentaram maior porcentagem de germinação do que as sementes aderidas à polpa. Este resultado mostra que a remoção da polpa aumentou a germinação. Apesar de não haver diferença significativa entre as sementes das fezes e as sementes aderidas à polpa, constatou-se uma tendência de as sementes das fezes apresentarem maior porcentagem de germinação (82,5% vs 55% das sementes com polpa).

A velocidade de germinação de *S. granuloso-leprosum* também foi alterada, pois os resultados demonstram que as sementes que permaneceram aderidas a polpa germinaram mais tardiamente do que as sementes manualmente limpas ou ingeridas pelos morcegos. Assim, podemos dizer que a remoção da polpa aumentou e acelerou a germinação das sementes de *S. granuloso-leprosum*. Em um estudo onde a germinação de sementes de *S. granuloso-leprosum* entre aves e morcegos foi comparada, Jacomassa & Pizo (2010) demonstraram que os morcegos não influenciaram os padrões de germinação, quando comparados com as sementes provenientes do fruto, enquanto as aves aumentaram o sucesso de germinação. A inclusão de um tratamento com sementes aderidas a polpa neste estudo seria interessante para identificar os benefícios que os morcegos proporcionam neste processo, através da remoção da polpa. Semelhante ao estudo de Jacomassa & Pizzo (2010), diferenças entre as sementes manualmente limpas e as sementes ingeridas pelos morcegos também não foram observadas. A velocidade de germinação de *S. atropurpureum* também apresentou resultados diferentes. A porcentagem de germinação na metade do período demonstrou que as sementes manualmente limpas germinaram mais rapidamente do que os outros dois tratamentos. Portanto, além de aumentar a germinação, a retirada da polpa também acelerou a germinação. Uieda & Vasconcelos-Neto (1985) fizeram experimentos de germinação com sementes de duas espécies de *Solanum* (*S. grandiflorum* e *S. asperum*), ingeridas por *C. perspicillata* e *Sturnira tildae* e encontraram maior sucesso de germinação nas sementes provenientes dos frutos.

Nossos resultados demonstraram que a ingestão das sementes de *F. guaranitica* e *S. granuloso-leprosum* por *C. perspicillata* provocou aumento e aceleração na germinação de suas sementes. Já para *S. atropurpureum* a ingestão das sementes não alterou os padrões de germinação. Os resultados encontrados neste trabalho são importantes, já que não se tem informações na literatura sobre a influência que *C. perspicillata* exerce na germinação das espécies estudadas. Em sua dieta, *C. perspicillata* inclui muitas espécies de plantas, principalmente da família Piperaceae, mas espécies de *Ficus* e *Solanum* também fazem parte de sua dieta em menor proporção (Fleming 1988; Mello *et al.* 2004; Carvalho 2008). *Carollia perspicillata* ocorre principalmente em áreas abertas e florestas secundárias e dispersa um grande número de sementes das espécies que consome (Fleming 1988; Carvalho 2008). Morcegos filostomídeos são conhecidos por dispersarem numerosas espécies de plantas de início de sucessão, bem como espécies tardias como as figueiras, e por cruzarem prontamente

áreas abertas em paisagens fragmentadas (Meyer & Kalko 2008; Muscarella & Fleming 2007). Assim, eles provavelmente contribuem substancialmente para a chuva de sementes em áreas degradadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayres, M., Ayres Jr., M. Ayres, D.L. & Santos, A.A.S., 2007. BioEstat Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Belém Pará.
- Barnea A., Yom-Tov, Y. & Friedman, J., 1990. Differential germination of two closely related species of *Solanum* in response to bird ingestion. *Oikos* 57, 222 - 228.
- Brasil, 1992. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, SNDA/DNDV/CLAV, Brasília, DF.
- Carvalho, M.C., 2008. Frugivoria por morcegos em Floresta Estacional Semidecídua: Dieta, Riqueza de espécies e germinação de sementes após passagem pelo sistema digestivo. Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências, UNESP – Botucatu.
- Crawley, M. J., 2007. The R book. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Entwistle, A.C. & Corp, N., 1997. The diet of *Pteropus voeltzkowi*, an endangered fruit bat endemic to Pemba Island, Tanzania. *African Journal of Ecology* 35, 351 - 360.
- Figueiredo, R.A. de & Perin, E., 1995. Germination ecology of *Ficus luschnathiana* drupelets after bird and bat ingestion. *Acta Oecologica* 16, 71 - 75.
- Fleming, T.H. & Heithaus, E.R., 1981. Frugivorous bats, seed shadows, and the structure of a tropical forests. *Biotropica* 18, 307 - 318.
- Fleming, T.H., 1988. The short-tailed fruit bat: a study in plant-animal interactions. The University of Chicago Press, Chicago.
- Galetti, M., 1995. Os frugívoros da Santa Genebra, in: L.P.C. Morellato & H.F. Leitão Filho (Eds.), *Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana-reserva de Santa Genebra*. Unicamp, Campinas.
- Griscom, H.P., Kalko, E.K.V. & Ashton, M.S., 2007. Frugivory by small vertebrates within a deforested, dry tropical region of Central America. *Biotropica* 39, 278 – 282.
- Heer, K., Albrecht, L. & Kalko, E.K.V., 2010. Effects of ingestion by neotropical bats on germination parameters of native free-standing and strangler figs (*Ficus* sp., Moraceae) *Oecologia* 163, 425 – 435.
- Howe, H.F. & Smallwood, J., 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13, 201 - 228.
- Izhaki, I., Korine, C. & Arad, Z., 1995. The effect of bat (*Rousettus aegyptiacus*) dispersal on seed germination in eastern Mediterranean habitats. *Oecologia* 101, 335 - 342.

- Jacomassa, F.A.F. & Pizo, M.A. 2010. Birds and bats diverge in the qualitative and quantitative components of seed dispersal of a pioneer tree. *Acta Oecologica* 36, 493 - 496.
- Laska, M., 1990. Food transit times and carbohydrate use in three phyllostomid bat species. *Z Säugetierk* 55, 49 – 54.
- Medellin, R.A., & Gaona, O., 1999. Seed dispersal by bats and birds in forest and disturbed habitats of Chiapas, México. *Biotropica* 31, 478 – 485.
- Mello, M.A.R., Kalko, E.K.V. & Silva, W.R., 2009. Ambient temperature is more important than food availability in explaining reproductive timing of the bat *Sturnira lillium* (Mammalia: Chiroptera) in a montane Atlantic Forest. *Canadian Journal of Zoology* 87, 239 - 245.
- Mello, M.A.R., Schittini, G.M., Selig, P. & Bergallo, H.G., 2004. Seasonal variation in the diet of the bat *Carollia perspicillata* (Chiroptera:Phyllostomidae) in an Atlantic Forest area in southeastern Brazil. *Mammalia* 68, 49 - 55.
- Meyer, C.F.J. & Kalko, E.K.V., 2008. Assemblage-level responses of phyllostomid bats to tropical forest fragmentation: land-bridge islands as a model system. *Journal of Biogeography* 35, 1711 – 1726.
- Morrison, D.W., 1978. Foraging ecology and energetics of the frugivorous bat *Artibeus jamaicensis*. *Ecology* 59, 716 – 723.
- Muscarella, R. & Fleming, T.H., 2007. The role of frugivorous bats in tropical forest succession. *Biological Reviews* 82, 573 – 590.
- Ortega, V.R. & Engel, V.L., 1992. Conservação da biodiversidade de remanescentes de Mata Atlântica na região de Botucatu, SP. *Revista do Instituto Florestal* 4, 839 - 852.
- Pedro, W.A. & Taddei, V.A., 1997. Taxonomic assemblages of bats from Panga Reserve, Southeastern Brazil: abundance patterns and trophic relations in the Phyllostomidae (Chiroptera). *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão* 6, 3 - 21.
- Ridley, H.N., 1930. The dispersal of plants throughout the world. Reeve, Ashford.
- Righini, N., Serio-Silva, J.C., Rico-Gray, V. & Martínez-Mota, R., 2004. Effect of different primate species on germination of *Ficus (Urostigma)* seeds. *Zoo Biology* 23, 273 – 278.

- Robertson, A.W., Trass, A., Ladley, J.J. & Kelly, D., 2006. Assessing the benefits of frugivory for seed germination: the importance of the deinhibition effect. *Functional Ecology* 20, 58 - 66.
- Samuels, I.A. & Levey, D.J., 2005. Effects of gut passage on seed germination: do experiments answer the questions they ask? *Functional Ecology* 19, 365 - 368
- Sato, T.M., Passos, F.C. & Nogueira, F.C., 2008. Frugivoria de morcegos (Mammalia, Chiroptera) em *Cecropia pachystachya* (Urticaceae) e seus efeitos na germinação das sementes. *Papéis Avulsos de Zoologia* 48, 19 - 26.
- Schupp, E.W., 1993. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals, in: T.H. Fleming & A. Estrada (Eds.), *Frugivory and Seed Dispersal: Ecological and Evolutionary Aspects*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Tang, H., Mukherjee, A., Sheng, L., Cao, M., Liang, B., Corlett, R.T. & Zhang, S., 2007. Effect of ingestion by two frugivorous bat species on the seed germination of *Ficus racemosa* and *F. hispida* (Moraceae). *Journal of Tropical Ecology* 23, 125 – 127.
- Teixeira, R.C., Correa, C.E. & Fischer, E., 2009. Frugivory by *Artibeus jamaicensis* (Phyllostomidae) bats in the Pantanal, Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 44, 7 – 15.
- Traveset, A., 1998. Effect of seed passage through vertebrate frugivores' guts on germination: a review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 1/2, 151 – 190.
- Traveset, A. & Verdú, M., 2002. A meta-analysis of the effect of gut treatment on seed germination, in: D.J. Levey, W.R. Silva & M. Galetti (Eds.), *Seed Dispersal and Frugivory: Ecology, Evolution and Conservation* CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Uieda, W. & Vasconcellos-Neto, J., 1985. Dispersão de *Solanum* spp. (Solanaceae) por morcegos, na região de Manaus, AM, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 2, 449 - 458.
- Utzurrum, R.C.B. & Heideman, P.D., 1991. Differential ingestion of viable vs nonviable *Ficus* seeds by fruit bats. *Biotropica* 23, 311 - 312.
- Willson, M. & Traveset, A., 2000. The ecology of seed dispersal in: M. Fenner (Ed.), *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. CAB Int, Wallingford.
- Zar, J.H., 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

CAPÍTULO III

Importância da qualidade, disponibilidade e morfologia de frutos na dieta de *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae).

Redigido de acordo com as normas do periódico científico *Acta Oecologica*.

Importância relativa da qualidade, disponibilidade e morfologia de frutos na dieta de *Carollia perspicillata* (Chiroptera, Phyllostomidae).

Maria Carolina de Carvalho Ricardo ^{a,*}, Marcelo Nogueira Rossi ^b & Wilson Uieda ^c

^a Departamento de Botânica, Universidade Estadual Paulista (Unesp) “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, Brasil.

^b Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), Diadema, SP, Brasil.

^c Departamento de Zoologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp) “Júlio de Mesquita Filho”, IB, Botucatu, SP, Brasil.

* Autor para correspondência: mcarolina@ibb.unesp.br

Importância relativa da qualidade, disponibilidade e morfologia de frutos na dieta de *Carollia perspicillata* (Chiroptera, Phyllostomidae)

RESUMO: A disponibilidade sazonal de frutos pode provocar mudanças na dieta dos animais frugívoros. Além disso, outras características também influenciam os frugívoros na escolha do recurso, como tamanho, número e tamanho das sementes, conteúdo nutricional e metabólitos secundários. As seguintes hipóteses foram investigadas: 1) As espécies mais consumidas por *C. perspicillata* são as com maior disponibilidade ao longo das estações; 2) As características morfológicas e nutricionais dos frutos são importantes para determinar o tipo e a quantidade de recurso consumido. O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental Edgardia, Botucatu, SP. Os indivíduos capturados foram mantidos em sacos de algodão e suas fezes recolhidas. Acompanhamento fenológico foi feito por 12 meses, registrando a presença/ausência de frutos. Para cada fruto avaliou-se: largura, comprimento total, massa fresca, número de sementes, dureza, teores de carboidratos totais, lipídeos, proteína bruta e valor calórico. Foi identificado o consumo de pelo menos dez espécies de plantas por *C. perspicillata*, com predominância de sementes de *Piper* nas amostras fecais, aparecendo em quase todos os meses. Algumas espécies como *C. pachystachya* e *P. glabratum* frutificaram durante todo o período estudado. A principal variável responsável pela discriminação entre as espécies foi o comprimento, separando *P. amalago*, *P. hispidinervum*, *P. glabratum* e *C. pachystachya* das demais. A espécie que apresentou maior número de sementes por fruto foi *C. pachystachya*. A variável carboidratos foi a principal responsável pela discriminação entre as espécies, separando *P. aduncum*, *P. umbellatum*, *S. granuloso-leprosum*, *S. paniculatum* e *C. pachystachya* das demais espécies. A disponibilidade dos frutos no ambiente pareceu não ser o fator determinante na escolha do alimento por *C. perspicillata*, mas em determinado período houve uma relação direta entre a quantidade consumida e a disponibilidade. *Carollia perspicillata* consumiu com maior frequência frutos compridos, com um alto número de sementes e menor massa, o que provavelmente reflete o fato desses frutos possuírem maior área de polpa e sua massa permite seu carregamento. Os frutos mais consumidos apresentaram menores concentrações de carboidrato, proteína e lipídeos e menor valor calórico.

Palavras chave: dieta, qualidade nutricional, fenologia, comprimento do fruto.

**Relative importance of quality, availability and morphology of fruits in the diet of
Carollia perspicillata (Chiroptera, Phyllostomidae)**

ABSTRACT: The seasonal availability of fruits can cause changes in the diet of frugivores. In addition, other characteristics also influence the choice of frugivores resource, such as size, number and size of seeds, nutritional content and secondary metabolites. The following hypotheses were investigated: 1) Species most consumed by *C. perspicillata* has greater availability throughout the seasons, 2) Fruit morphological and nutritional characteristics are important to determine the type and amount of resource consumed. The study was conducted at the Edgardia Experimental Farm, Botucatu, SP. Captured individuals were kept in cotton bags and their faeces collected. Phenological monitoring was done for 12 months, recording the presence/absence of fruit. For each fruit were evaluated: width, length, fresh mass, number of seeds, hardness, total carbohydrates, lipids, crude protein and caloric value. Was identified consumption of at least ten plant species by *C. perspicillata*, with predominantly of *Piper* seeds in fecal samples, appearing in almost every month. Some species such as *C. pachystachya* and *P. glabratum* fruit during the entire study period. The main variable responsible for the discrimination between species was the length, separating *P. amalago*, *P. hispidinervum*, *P. glabratum* and *C. pachystachya* from other. The species with the highest number of seeds per fruit was *C. pachystachya*. The variable of total carbohydrate was primarily responsible for the discrimination between species, separating *P. aduncum*, *P. umbellatum*, *S. granuloso-leprosum*, *S. paniculatum* and *C. pachystachya* from other species. The availability of fruits in the environment did not seem to be the determining factor in the choice of food for *C. perspicillata*, but at one time there was a direct relationship between the amount consumed and availability. *C. perspicillata* consumed with more frequency long fruits, with a high number of seeds and lower mass, which probably reflects the fact that these fruits have greater area of pulp and its mass allows your transport. The most consumed fruits had lower concentrations of carbohydrate, crude protein and lipid levels and lower caloric value.

Key words: diet, nutritional quality, phenology, fruit length.

1. Introdução

Entre 50 e 90% das espécies de plantas das florestas neotropicais produzem frutos carnosos e dependem de vertebrados frugívoros para dispersar suas sementes (Howe & Smallwood 1982). Nestas florestas ocorre a maior diversidade de frugívoros, representados principalmente por aves e mamíferos (Howe 1986). Na maioria das vezes, a planta fornece uma recompensa nutricional para atrair determinados grupos de dispersores, como aves ou morcegos (Ridley 1930). Sugere-se que o efeito da seleção animal nas características dos frutos é resultado de um processo co-evolutivo entre plantas e seus dispersores resultando em síndromes de dispersão específicas (van der Pijl 1972). Porém, não existem adaptações morfológicas evidentes que indiquem um alto grau de co-evolução entre os agentes dispersores e as plantas dispersas (Silva 2008).

A disponibilidade de frutos como recurso é altamente sazonal em muitas florestas tropicais (Wright *et al.* 1999). A variação anual na diversidade e abundância de recursos impõe restrições alimentares nos animais, fazendo com que estes consumam o alimento que está disponível e acessível no tempo e espaço (Forget *et al.* 2002). Portanto, esta sazonalidade na disponibilidade de frutos pode provocar mudanças na dieta dos animais frugívoros (Loiselle & Blake 1991). Além da disponibilidade e abundância do alimento, outras características também influenciam os frugívoros na escolha do recurso. Características relevantes de frutos carnosos, da perspectiva do animal frugívoro, incluem *design* (tamanho, número e tamanho das sementes), conteúdo nutricional (quantidades relativas de lipídeos, proteína, carboidratos e minerais) e metabólitos secundários (Jordano 2000).

Morcegos que se alimentam de plantas formam um grande e importante grupo nas regiões tropicais, especialmente nas neotropicais (Kunz 1982). Os morcegos fitófagos são, em sua maioria, generalistas e podem consumir diferentes partes da planta e até mesmo animais (Altringhan 1998). *Carollia perspicillata* é um morcego frugívoro, encontrado em quase todo o território brasileiro (Peracchi *et al.* 2006). Esta espécie é considerada especialista em frutos da família Piperaceae, especialmente do gênero *Piper* (Fleming 1988), plantas pioneiras que ocorrem principalmente em áreas abertas, como clareiras e bordas de mata (Mello *et al.* 2004; Thies & Kalko 2004). Segundo Fleming 1988, *Carollia* depende de plantas de *Piper* como alimento, as quais dependem de *Carollia* para dispersar suas sementes. A escolha de plantas da família Piperaceae por

Carollia parece estar relacionada com a alta previsibilidade espacial e temporal destas plantas (Greig 1993; Mello *et al.* 2004).

No entanto, sabe-se que para algumas espécies, os hábitos alimentares ou dieta pode mudar entre estações e localidades (Fleming 1988). É bem conhecido que apesar desta forte relação com plantas de *Piper*, *C. perspicillata* também se alimenta de plantas de outros gêneros como *Cecropia*, *Ficus* e *Solanum*, e até outros itens alimentares como insetos e pólen (Sazima 1976; Marinho-Filho 1991; Mello *et al.* 2004; Carvalho 2008). Além da disponibilidade do recurso, é possível que outras variáveis influenciem os padrões de alimentação de *C. perspicillata*, como o potencial nutritivo dos frutos e alguns caracteres morfológicos que podem estar associados à qualidade e quantidade do recurso disponível. Por exemplo, neste último caso, é possível que frutos grandes e longos indiquem maior disponibilidade de recurso, sendo altamente consumidos, independente de sua disponibilidade, representando um bom custo/benefício para os morcegos. No entanto, pouco se sabe se estes caracteres são realmente importantes para determinar o tipo de recurso consumido por *C. perspicillata*.

No presente estudo, as seguintes hipóteses foram investigadas: 1) os itens alimentares mais consumidos por *C. perspicillata* são aqueles que apresentam maior disponibilidade (abundância) ao longo das estações, e 2) as características morfológicas e nutricionais dos frutos são importantes para determinar o tipo e a quantidade de recurso consumido por *C. perspicillata*.

2. Material e Métodos

2.1. Área de estudo e captura de morcegos

O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental Edgardia (22°48'S; 48°24'W; altitude aproximada: 577m), pertencente à Universidade Estadual Paulista – UNESP/Campus de Botucatu (Faculdade de Ciências Agrônomicas), situada na bacia do rio Capivara, no município de Botucatu, Estado de São Paulo. A precipitação anual média na região do município de Botucatu é de 1300 mm, oscilando entre 650 mm e 1850 mm para os anos mais secos e mais úmidos, respectivamente (Ortega & Engel 1992).

Indivíduos de *C. perspicillata* foram capturados com redes neblina de 2,8 x 12m e malha de 12 mm, método eficiente para captura de espécies frugívoras (Pedro & Taddei 1997). Foram utilizadas dez redes, colocadas ao longo de uma estrada em borda de mata, e eventualmente junto a espécies cujo fruto é potencial fonte de alimento e/ou abrigos desta espécie. As capturas foram feitas mensalmente, de abril de 2009 a março de 2010, totalizando 12 noites de captura, sendo uma noite de captura por mês. As redes permaneceram abertas por um período de seis horas a partir do pôr do sol.

2.2. Determinação da dieta de *C. perspicillata*

Para verificar a frequência com que cada item alimentar foi consumido por *C. perspicillata* na área de estudo todos os indivíduos capturados foram mantidos em sacos de algodão individualizados e numerados por pelo menos 50 minutos ou até o final da sessão de captura. Além disso, uma lona plástica foi colocada abaixo da rede neblina, por toda a sua extensão, o que possibilitou a coleta das fezes eliminadas pelos morcegos no momento da captura. Normalmente, a passagem do alimento pelo sistema digestório dos morcegos frugívoros leva de 15-35 minutos (Morrinson 1978, Fleming 1988; Laska 1990), sendo assim, este tempo foi suficiente para que os animais defecassem no saco de algodão.

As fezes foram recolhidas dos sacos de algodão e acondicionadas em envelopes de papel manteiga, os quais foram individualizados para posterior análise. Em laboratório, as fezes foram triadas e as sementes encontradas foram separadas, lavadas e depois secadas naturalmente. Após este procedimento, as sementes foram identificadas, contadas e armazenadas em câmara fria a 10°C. Para a identificação das espécies vegetais consumidas pelos morcegos, as sementes encontradas nas fezes foram comparadas com as sementes da coleção de referência montada ao longo do estudo, contendo sementes coletadas dos frutos disponíveis na área no período em que foram coletadas as fezes.

Com os dados da dieta foi calculada a frequência de ocorrência de cada espécie de planta, dada pela relação entre a presença da espécie nas fezes e o total de amostras fecais, considerando todos os meses de captura. Os dados foram apresentados através de um gráfico.

2.3. Disponibilidade de recursos

Os ciclos fenológicos de plantas tropicais são complexos, apresentando padrões de difícil reconhecimento (Bencke & Morellato 2002). A disponibilidade de frutos varia muito em função da área de estudo, clima e precipitação. Considerando que estudos fenológicos ajudam a verificar a disponibilidade de recursos alimentares por consumidores primários (Foster 1982), foi feito o acompanhamento fenológico reprodutivo de espécies cujos frutos estavam sendo utilizados como fonte de alimento pelos morcegos.

As espécies de plantas acompanhadas foram selecionadas de acordo com literatura especializada e estudo prévio realizado na área de estudo (Carvalho 2008). O número de indivíduos marcados de cada espécie variou conforme a abundância na área (ver Tabela 1). Este acompanhamento foi feito mensalmente, durante um período de 12 meses, e independente da forma de vida da espécie vegetal. O método utilizado foi o índice de atividade, que consiste em observar a presença ou ausência da fenofase do indivíduo sem estimar densidade ou quantidade. Este método de análise tem caráter quantitativo em nível populacional, indicando a porcentagem de indivíduos da população que está manifestando determinado evento fenológico, estimando também a sincronia (Bencke & Morellato 2002). Os seguintes eventos fenológicos foram registrados: presença/ausência de frutos.

Para a estimativa da disponibilidade de frutos de cada espécie de planta para os morcegos, calculou-se a proporção de indivíduos em frutificação de cada espécie em relação ao total de espécies. Esta proporção foi calculada para cada mês e os resultados foram apresentados através de um gráfico.

2.4. Morfologia e dureza dos frutos

Foi estudada a morfologia dos frutos das seguintes espécies: *Piper amalago*, *P. hispidinervum*, *P. glabratum*, *Solanum granuloso-leprosum*, *S. atropurpureum*, *S. paniculatum*, *S. scuticum*, *Cecropia pachystachya* e *Ficus guaranitica*. Todas espécies que podem ser consumidas por *C. perspicillata*.

Na maioria dos casos, foram marcados cinco indivíduos de cada espécie e 10 frutos foram coletados ao acaso de cada indivíduo, num total de 50 frutos por espécie de planta. Apenas dois indivíduos de *F. guaranitica* foram encontrados na área de estudo,

mas os 50 frutos utilizados para a morfologia são de apenas um indivíduo. O mesmo ocorreu com as espécies *S. paniculatum* e *S. scuticum*, que foram marcados três e dois indivíduos, respectivamente.

Para a determinação das características morfológicas, as dimensões dos frutos foram estimadas com o auxílio de um paquímetro digital, medindo-se a largura e o comprimento total de cada fruto. No caso dos frutos de *Piper* spp. e *C. pachystachya*, a largura foi mensurada na metade do fruto. A massa fresca de cada fruto foi estimada com o uso de balança analítica. Também foi registrado o número de sementes de cada fruto.

A consistência do pericarpo (dureza) foi avaliada com o auxílio de um Texturômetro (Brookfield CT3), com a probe modelo TA9, que permitiu a perfuração do pericarpo. Foram realizados testes em 10 frutos por espécie, sendo feitas três perfurações em cada fruto, totalizando 30 perfurações por espécie de planta. A dureza foi determinada com distância de perfuração de 2 mm, com velocidade de 1mm/s.

2.5. Análise Nutricional

Foram determinadas as seguintes características nutricionais dos frutos: carboidratos totais, lipídeos, proteína bruta (nitrogênio total, expresso em porcentagem) e valor calórico (expresso em Kcal). As análises foram realizadas em triplicata, com exceção do valor calórico, com apenas um valor para cada espécie de planta. Para a espécie *S. atropurpureum* não foi realizada a análise de carboidratos totais, pois não foi possível a coleta de frutos maduros para a análise. O mesmo ocorreu com *S. scuticum*, as quais as análises de lipídeos, proteína bruta e valor calórico não foram realizadas.

A análise de carboidratos totais foi realizada no Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT), pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA), UNESP, Botucatu, através da determinação do teor de açúcares solúveis totais (Nelson 1944; Somogy 1945). As análises de lipídeos, proteína bruta e valor calórico foram realizadas no Laboratório de Bromatologia pertencente à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), UNESP, Botucatu. Para a análise de lipídeos, foi feita a determinação do extrato etéreo, com extrator do tipo soxlet e foi utilizado éter de petróleo como solvente. Para proteína bruta, o método utilizado foi o de Kjeldahl e o valor calórico foi medido através de um calorímetro IKA, modelo C2000 basic. Maiores detalhes sobre a metodologia de extração e protocolos de análises bioquímicas dos

compostos podem ser encontrados em Bligh & Dyer (1959), Merrill & Watt (1973), Instituto Adolfo Lutz (1985) e AOAC (1990; 1995).

2.6. Análise dos dados

Para os dados morfológicos dos frutos, foi utilizada análise de função discriminante (Lepš & Šmilauer 2003) para testar a relação entre as variáveis categóricas (espécies de planta) e variáveis contínuas (comprimento, largura e massa fresca). Esta análise também foi utilizada para os caracteres bioquímicos, novamente testando a relação entre as espécies de plantas (variáveis categóricas) e as características bioquímicas (carboidratos, proteína bruta e lipídeos). Durante a realização das análises, utilizou-se o método de inclusão de variáveis individualmente no modelo, uma de cada vez (*Forward stepwise*). A análise termina após o número máximo de etapas (*steps*) ter sido atingido. Em alguns casos, variáveis que são pouco representativas para a estrutura do modelo de função discriminante não são incluídas, e a análise é finalizada sem esta variável. Na análise considerando os caracteres bioquímicos, não foi incluído o caractere dureza no modelo de função discriminante, pois esta variável não promoveu contribuição significativa para a discriminação entre as espécies. Este caractere foi a priori introduzido nesta análise (junto com caracteres bioquímicos) porque diz respeito a um aspecto qualitativo dos frutos. Uma terceira análise foi realizada testando o efeito da dureza dos frutos. Neste caso, o caractere carboidrato foi substituído pelo caractere dureza. Esta substituição foi feita para incluir nas análises a espécie *S. atropurpureum*, pois para esta espécie não foi feita a análise de teor de carboidrato. A análise de função discriminante permite determinar as variáveis que diferenciam grupos e testa se tais grupos são estatisticamente diferentes (Lepš & Šmilauer 2003). Os valores médios de cada caractere, considerando cada espécie de planta, foram utilizados nas análises estatísticas, as quais foram feitas utilizando o software Statistica (StatSoft 2012).

Com apenas um valor para cada espécie de planta, os dados de valor calórico inviabilizaram a realização de análises estatísticas para este caractere. Assim, estes dados foram apresentados graficamente. Já o caractere número de sementes não foi incluído no modelo de função discriminante, pois também não promoveu contribuição significativa para a discriminação entre as espécies e os resultados foram apresentados graficamente.

3. Resultados

3.1. Dieta de *C. perspicillata*

No total foram identificados doze itens alimentares consumidos pelos indivíduos de *C. perspicillata* na área de estudo, que estão apresentados na figura 1.

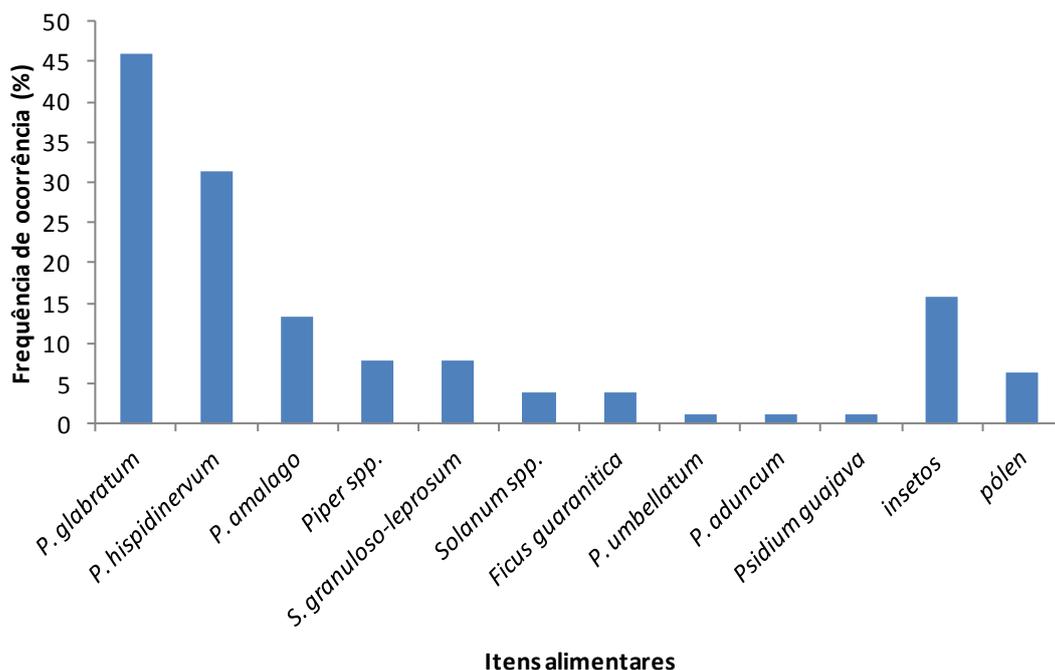


Fig. 1: Frequência de ocorrência (%) de cada item alimentar consumido por *C. perspicillata*, considerando todo o período de coleta de material fecal (abril/2009 a março/2010), na Fazenda Experimental Edgardia, Botucatu, SP.

Ao todo foram obtidas 76 amostras fecais de *C. perspicillata*. Destas amostras, 66 continham sementes e apenas dez não apresentavam sementes, apenas pólen e/ou insetos. Muitas amostras continham mais de um item alimentar e duas ou mais espécies diferentes de sementes. Estes resultados mostram a utilização de pelo menos dez espécies diferentes de plantas dentro de quatro famílias (Piperaceae, Solanaceae, Moraceae e Myrtaceae). Sementes da família Piperaceae apareceram em 77,6% das amostras ($n = 59$), sendo que algumas amostras continham mais de uma espécie de *Piper* (Fig. 1). Já sementes de Solanaceae apareceram em 11,8% das amostras ($n = 9$),

Moraceae em 3,9% (n = 3) e Myrtaceae em apenas 1,3% (n = 1) (Fig. 1). Assim, percebe-se a predominância de frutos da família Piperaceae na dieta de *C. perspicillata*.

Analisando a ocorrência das sementes nas fezes mensalmente, podemos perceber que com exceção do mês de dezembro de 2009, em todos os meses as espécies predominantes nas fezes de *C. perspicillata* foram da família Piperaceae (Fig. 2). O mês de dezembro é uma exceção porque apenas uma amostra foi obtida neste mês, e nela continha sementes de *Psidium guajava*. A espécie *Piper glabratum* apareceu nas fezes em todos os meses (menos dezembro), sendo que em quase metade do período estudado (maio, junho, julho, agosto e outubro de 2009) foi a espécie que mais apareceu nas amostras (Fig. 2). Outra espécie que predominou foi *Piper hispidinervum*, sendo a espécie que mais apareceu nas fezes nos meses de abril, setembro e novembro de 2009 e janeiro e março de 2010 (Fig. 2). Em fevereiro de 2010 as duas espécies apareceram na mesma proporção nas fezes (Fig. 2). *Piper amalago* também foi bem freqüente nas fezes (Fig. 2).

Sementes de *F. guaranitica* apareceram apenas nos meses de abril e agosto de 2009 e março de 2010, enquanto *S. granuloso-leprosum* apareceu nas fezes em maio e agosto de 2009, e janeiro e março de 2010 (Fig. 2).

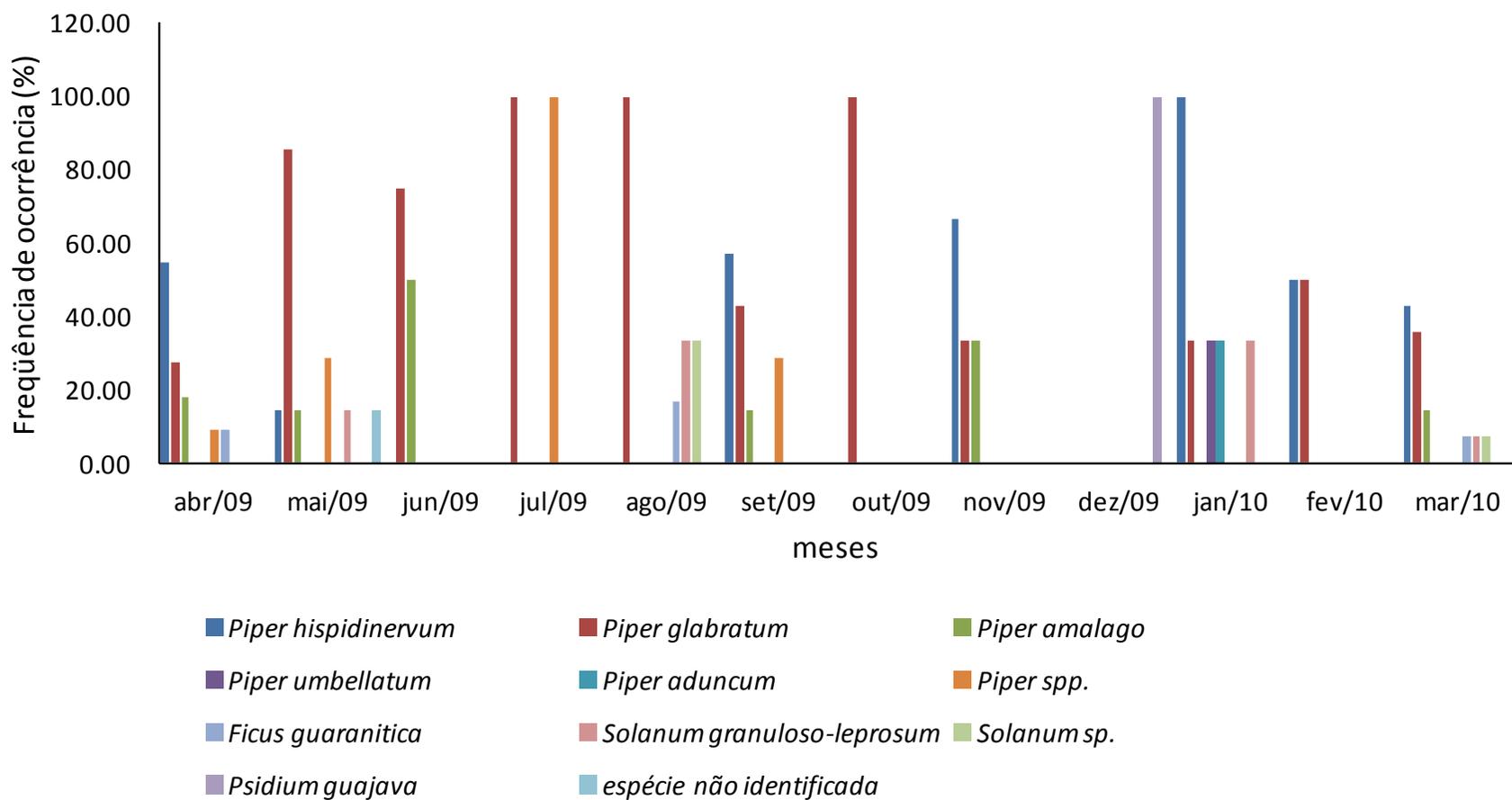


Fig. 2: Frequência de ocorrência (%) mensal dos itens alimentares consumidos por *C. perspicillata* de abril/2009 a março/2010, na Fazenda Experimental Edgardia, Botucatu, SP.

3.2. Disponibilidade

Foi feito o acompanhamento da fenologia reprodutiva das doze espécies de plantas, dentro de quatro famílias, entre árvores e arbustos, listadas na Tabela 1.

Tabela 1: Espécies vegetais nas quais a fenologia reprodutiva foi acompanhada mensalmente. O número de indivíduos observados de cada espécie é apresentado.

Família/Espécie	Nº de indivíduos
Piperaceae	
<i>Piper hispidinervum</i>	20
<i>Piper amalago</i>	18
<i>Piper glabratum</i>	9
<i>Piper aduncum</i>	5
<i>Piper umbellatum</i>	2
Solanaceae	
<i>Solanum granuloso-leprosum</i>	16
<i>Solanum paniculatum</i>	2
<i>Solanum scuticum</i>	7
<i>Solanum atropurpureum</i>	1
Urticaceae	
<i>Cecropia pachystachya</i>	9
Moraceae	
<i>Ficus guaranítica</i>	2
Myrtaceae	
<i>Psidium guajava</i>	2

As espécies *C. pachystachya* e *P. glabratum* foram as únicas que frutificaram durante todo o período estudado (Tabela 2). *Piper hispidinervum* também esteve disponível para a alimentação dos morcegos durante todo o período, com exceção do mês de maio. *Piper amalago* apresentou um período de frutificação de oito meses (agosto a março) (Tabela 2). *Piper aduncum* apresentou sua frutificação em abril de 2009 e de julho de 2009 a março de 2010 (Tabela 2). Dentre as espécies de *Piper*, *P. umbellatum* foi a que apresentou o menor período de frutificação (quatro meses),

frutificando em abril de 2009 e depois de dezembro de 2009 a fevereiro de 2010 (Tabela 2).

Dentre as solanáceas, *S. scuticum* e *S. granuloso-leprosum* foram as espécies que apresentaram os maiores período de frutificação (dez meses e nove meses, respectivamente), sendo que a primeira não frutificou nos meses de julho e agosto de 2009, enquanto *S. granuloso-leprosum* não apresentou frutificação de setembro a novembro de 2009 (Tabela 2). *Solanum atropurpureum* e *S. paniculatum* apresentaram os menores períodos de frutificação, apenas um mês (Tabela 2). Os indivíduos de *P. guajava* frutificaram por quatro meses (novembro a fevereiro), enquanto *F. guaranitica* apresentou seis meses de frutificação (Tabela 2). Vale ressaltar, que cada indivíduo de *F. guaranitica* (dois indivíduos acompanhados) frutificou durante três meses assincrônicamente.

Analisando a porcentagem de indivíduos em frutificação, verificando-se que no período de abril a agosto de 2009, a espécie que apresentou maior quantidade de indivíduos com frutos foi *S. granuloso-leprosum* (Fig. 3). Enquanto que no período de outubro de 2009 a março de 2010, a espécie com maior número de indivíduos em frutificação foi *P. hispidinervum* (Fig. 3). No mês de setembro de 2009, as espécies *P. glabratum* e *P. amalago* foram as que apresentaram maior número de indivíduos frutificando (Fig. 3). *Piper glabratum* foi a segunda espécie com maior número de indivíduos em frutificação durante oito meses (Fig. 3). *Cecropia pachystachya* também apresentou uma porcentagem significativa de indivíduos em frutificação durante todo o período (Fig. 3). As demais espécies apresentaram números mais baixos de indivíduos em frutificação (Fig. 3).

Tabela 2: Períodos de frutificação das espécies vegetais acompanhadas (abril de 2009 a março de 2010).

Espécie	abr/09	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09	jan/10	fev/10	mar/10
<i>Pama</i>												
<i>Padu</i>												
<i>Pumb</i>												
<i>Phisp</i>												
<i>Pgla</i>												
<i>Solscu</i>												
<i>Solgra</i>												
<i>Solatro</i>												
<i>Solpa</i>												
<i>Cpach</i>												
<i>Pgua</i>												
<i>Fgua</i>												

Pama = *P. amalago*; *Padu* = *P. aduncum*; *Pumb* = *P. umbellatum*; *Phisp* = *P. hispidinervum*; *Pgla* = *P. glabratum*; *Solscu* = *S. scuticum*; *Solgra* = *S. granuloso-leprosum*; *Solatro* = *S. atropurpureum*; *Solpa* = *S. paniculatum*; *Cpach* = *C. pachystachya*; *Pgua* = *P. guajava*; *Fgua* = *F. guaranitica*.

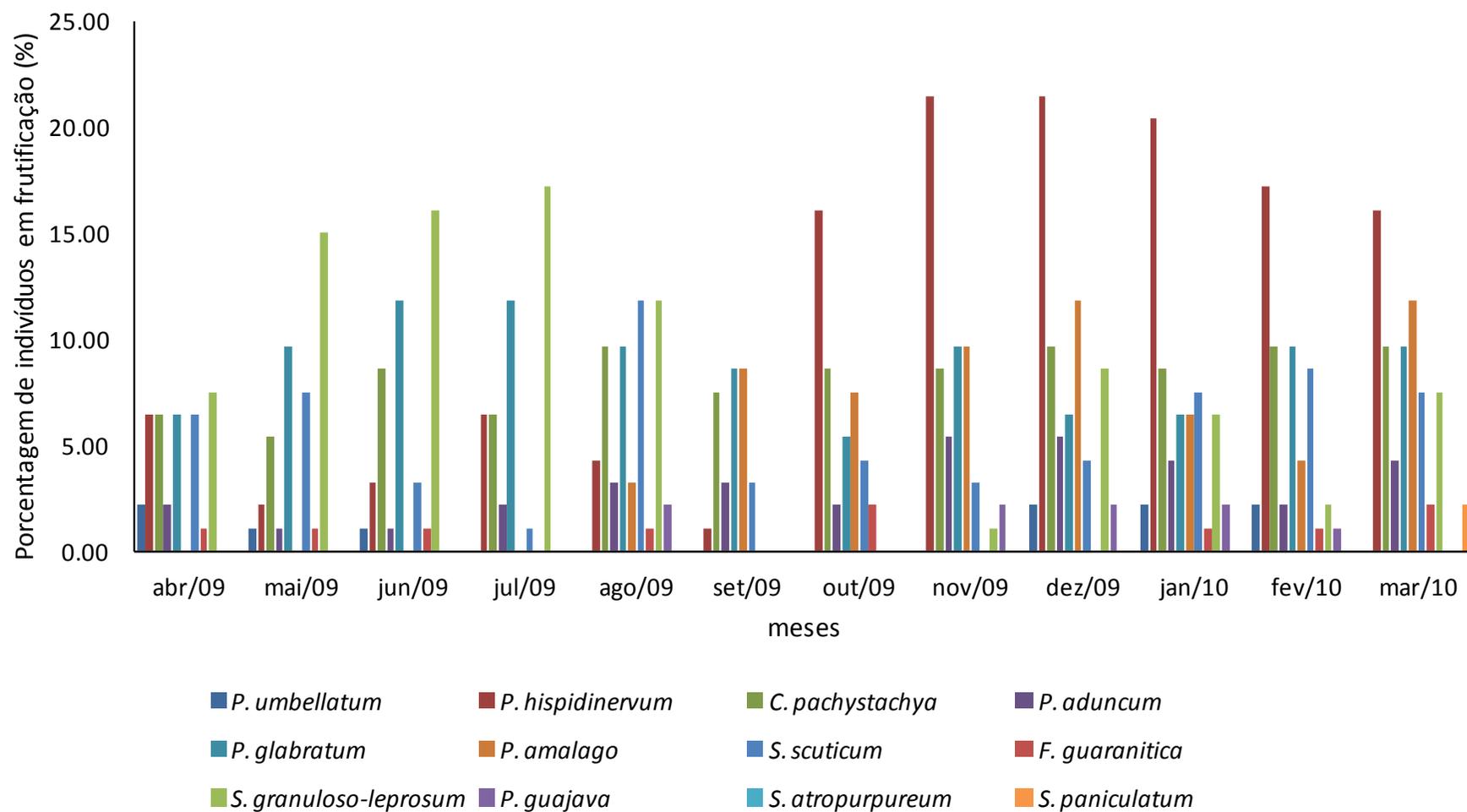


Fig. 3: Porcentagem de indivíduos em frutificação, calculada mensalmente, no período de abril/2009 a março/2010, na Fazenda Experimental Edgardia, Botucatu, SP.

3.3. Características morfológicas dos frutos

Para a comparação dos caracteres comprimento, largura e massa fresca, a análise de função discriminante foi estatisticamente significativa (Tabela 3). A principal variável responsável pela discriminação entre as espécies foi o comprimento (Root 1 = 0,89) (Fig. 4). A variável massa fresca contribuiu um pouco para a separação das espécies (Root 2 = -0,97). Nota-se na figura 4 que as espécies *P. amalago*, *P. hispidinervum*, *P. glabratum* e *C. pachystachya* estão separadas das demais de acordo com o comprimento, e *C. pachystachya* se separa das demais (Root 2), pois tem maior massa fresca.

Tabela 3: Resultados da análise de função discriminante considerando as espécies de plantas nas quais os frutos podem ser consumidos por morcegos. Os coeficientes padronizados para as variáveis canônicas e os valores da estatística F resultantes da análise são apresentados, bem como os valores médios dos caracteres morfológicos dos frutos.

Espécies de plantas (categorias)	Caracteres investigados		
	Comprimento ($\bar{X} \pm DP$)	Largura ($\bar{X} \pm DP$)	Massa fresca (g) ($\bar{X} \pm DP$)
<i>C. pachystachya</i>	108,67 ($\pm 12,90$)	11,50 ($\pm 1,07$)	11,29 ($\pm 3,15$)
<i>F. guaranítica</i>	15,22 ($\pm 0,88$)	17,37 ($\pm 1,53$)	1,80 ($\pm 0,32$)
<i>P. amalago</i>	64,28 ($\pm 9,39$)	6,14 ($\pm 0,86$)	1,92 ($\pm 0,87$)
<i>P. glabratum</i>	108,86 ($\pm 10,67$)	4,17 ($\pm 0,75$)	2,12 ($\pm 0,79$)
<i>P. hispidinervum</i>	119,51 ($\pm 9,24$)	3,93 ($\pm 0,36$)	1,83 ($\pm 0,33$)
<i>S. atropurpureum</i>	13,51 ($\pm 0,73$)	14,46 ($\pm 0,86$)	1,48 ($\pm 0,35$)
<i>S. scuticum</i>	11,92 ($\pm 0,32$)	11,91 ($\pm 0,44$)	1,08 ($\pm 0,12$)
<i>S. granuloso-leprosum</i>	15,01 ($\pm 1,71$)	14,48 ($\pm 1,94$)	2,10 ($\pm 0,73$)
<i>S. paniculatum</i>	11,04 ($\pm 1,05$)	11,82 ($\pm 1,33$)	1,08 ($\pm 0,29$)
F	30,50	17,95	16,73
P^*	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Coeficiente para as variáveis canônicas			
Root 1	0,89	-0,73	0,11
Root 2	0,080	-0,11	-0,97

*Os resultados das análises foram significativos ($P < 0,01$).

Resultado geral da análise de função discriminante: N° de variáveis no modelo = 3; Wilk's Lambda = 0,0004; $F(24, 93) = 54,68$; $P < 0,0001$.

O caractere “número de sementes” não foi incluído no modelo de função discriminante, pois não promoveu contribuição significativa ($F = 1,40$; $P = 0,23$) para a discriminação entre as espécies (método *forward stepwise*).

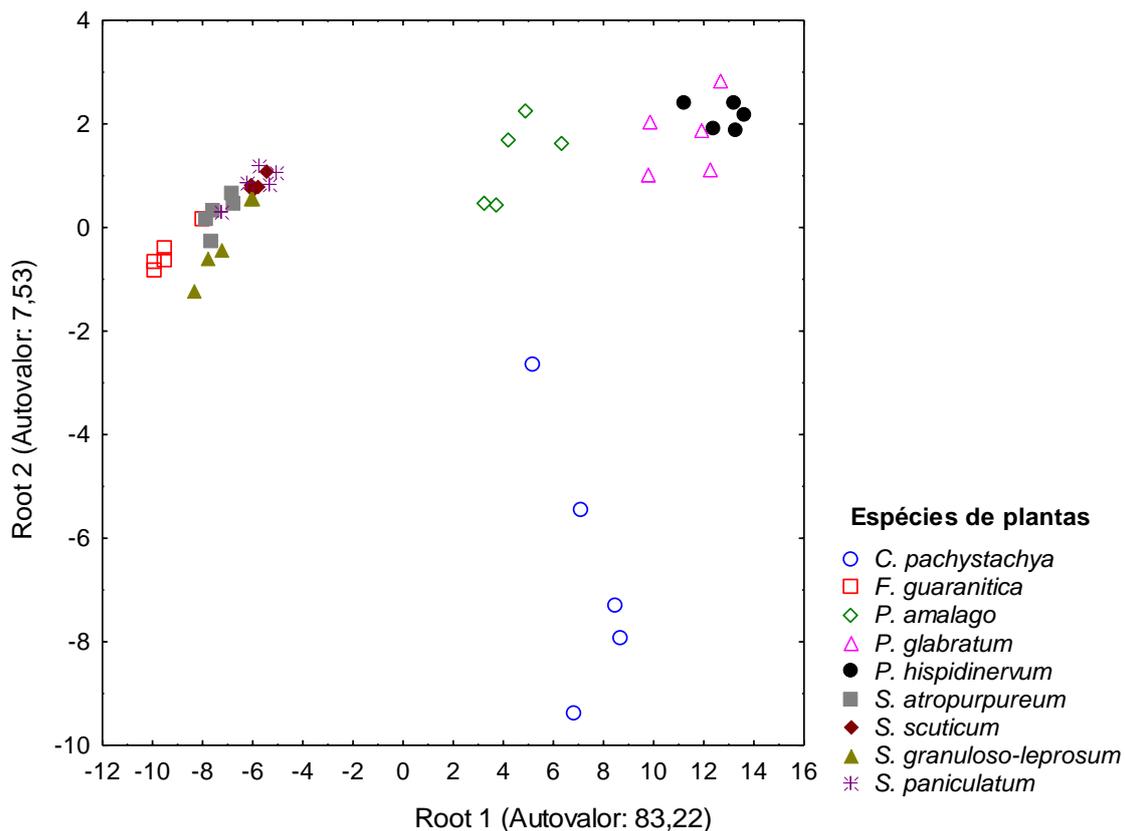


Fig. 4: Gráfico resultante da análise de função discriminante, relacionando as duas funções mais importantes (valores obtidos através da análise canônica), considerando os caracteres morfológicos dos frutos. A primeira função discriminante é a que melhor representa uma separação das espécies de *Piper* e *Cecropia* das demais espécies (proporção acumulada de 89,13%). A segunda função apresenta algum poder de discriminação, separando *Cecropia* das espécies de *Piper* (proporção acumulada de 97,20%).

Com relação ao número de sementes, a espécie que apresentou maior número de sementes por fruto foi *C. pachystachya*, com uma média de 3.149 sementes por fruto (Fig. 5). Dentre as espécies de *Piper*, *P. hispidinervum* foi a espécie com maior número de sementes por fruto, apresentando em média 1.478 sementes, seguida por *P. glabratum*, com uma média de 940 sementes por fruto. As espécies *P. amalago*, *F. guaranítica*, *S. granuloso-leprosum* e *S. scuticum* apresentaram médias semelhantes para este caractere (Fig. 5). Enquanto *S. atropurpureum* foi a espécie com menor número médio de sementes por fruto (Fig. 5).

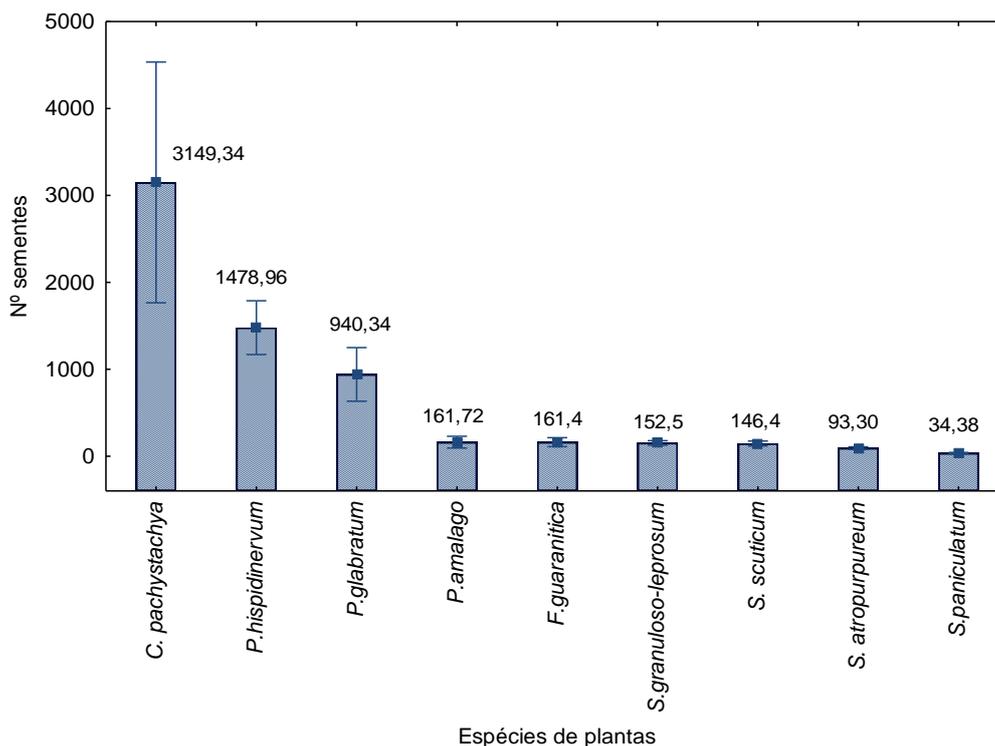


Fig. 5: Número médio de sementes (\pm DP) dos frutos das espécies de plantas que podem ser consumidas por morcegos.

3.4. Características nutricionais dos frutos

Para a comparação dos caracteres carboidrato, proteína bruta e lipídeos, a análise de função discriminante foi estatisticamente significativa (Tabela 4). Neste caso, verificou-se que a variável carboidratos foi a principal responsável pela discriminação entre as espécies (Root 1 = 1,002) (Fig. 6). A primeira função discriminante é a que melhor representa uma separação das espécies *P. aduncum*, *P. umbellatum*, *S. granuloso-leprosum*, *S. paniculatum* e *C. pachystachya* das demais espécies (proporção acumulada de 97,9%) (Fig. 6), estas espécies são as que apresentam maior porcentagem de carboidratos em sua composição (Tabela 4). A segunda função praticamente não apresenta poder de discriminação (proporção acumulada de 99,9%) (Fig. 6).

Tabela 4: Resultados da análise de função discriminante considerando as espécies de plantas nas quais os frutos podem ser consumidos por morcegos. Os coeficientes padronizados para as variáveis canônicas e os valores da estatística F resultantes da análise são apresentados, bem como os valores médios dos caracteres bioquímicos dos frutos.

Espécies de plantas (categorias)	Caracteres investigados		
	Carboidratos ($\bar{X} \pm DP$)	Proteína Bruta (%) ($\bar{X} \pm DP$)	Lipídeos ($\bar{X} \pm DP$)
<i>C. pachystachya</i>	10,15 ($\pm 0,04$)	8,57 ($\pm 0,45$)	5,62 ($\pm 2,16$)
<i>F. guaranitica</i>	3,11 ($\pm 0,04$)	6,70 ($\pm 0,62$)	6,78 ($\pm 1,05$)
<i>P. amalago</i>	5,31 ($\pm 0,02$)	13,30 ($\pm 0,28$)	2,53 ($\pm 0,90$)
<i>P. glabratum</i>	1,35 ($\pm 0,03$)	9,33 ($\pm 0,53$)	3,04 ($\pm 0,97$)
<i>P. hispidinervum</i>	3,35 ($\pm 0,07$)	9,66 ($\pm 0,25$)	5,26 ($\pm 0,48$)
<i>P. umbellatum</i>	11,52 ($\pm 0,24$)	10,13 ($\pm 0,31$)	6,07 ($\pm 0,75$)
<i>P. aduncum</i>	8,12 ($\pm 0,17$)	12,49 ($\pm 0,43$)	2,90 ($\pm 0,52$)
<i>S. granuloso-leprosum</i>	10,66 ($\pm 0,04$)	12,38 ($\pm 0,40$)	8,10 ($\pm 0,17$)
<i>S. paniculatum</i>	14,94 ($\pm 0,15$)	8,42 ($\pm 0,20$)	5,06 ($\pm 0,13$)
F	3907,30	82,57	2,72
P^*	< 0,001	< 0,001	0,042
Coeficiente para as variáveis canônicas			
Root 1	1,002	-0,009	0,067
Root 2	0,015	-1,090	-0,379

*Os resultados das análises foram significativos ($P < 0,05$).

Resultado geral da análise de função discriminante: N° de variáveis no modelo = 3; Wilk's Lambda = $4,9 \times 10^{-6}$; $F(24, 47) = 130,37$; $P < 0,0001$.

O caractere “dureza” não foi incluído no modelo de função discriminante, pois não promoveu contribuição significativa ($F = 0,50$; $P = 0,84$) para a discriminação entre as espécies (método *forward stepwise*).

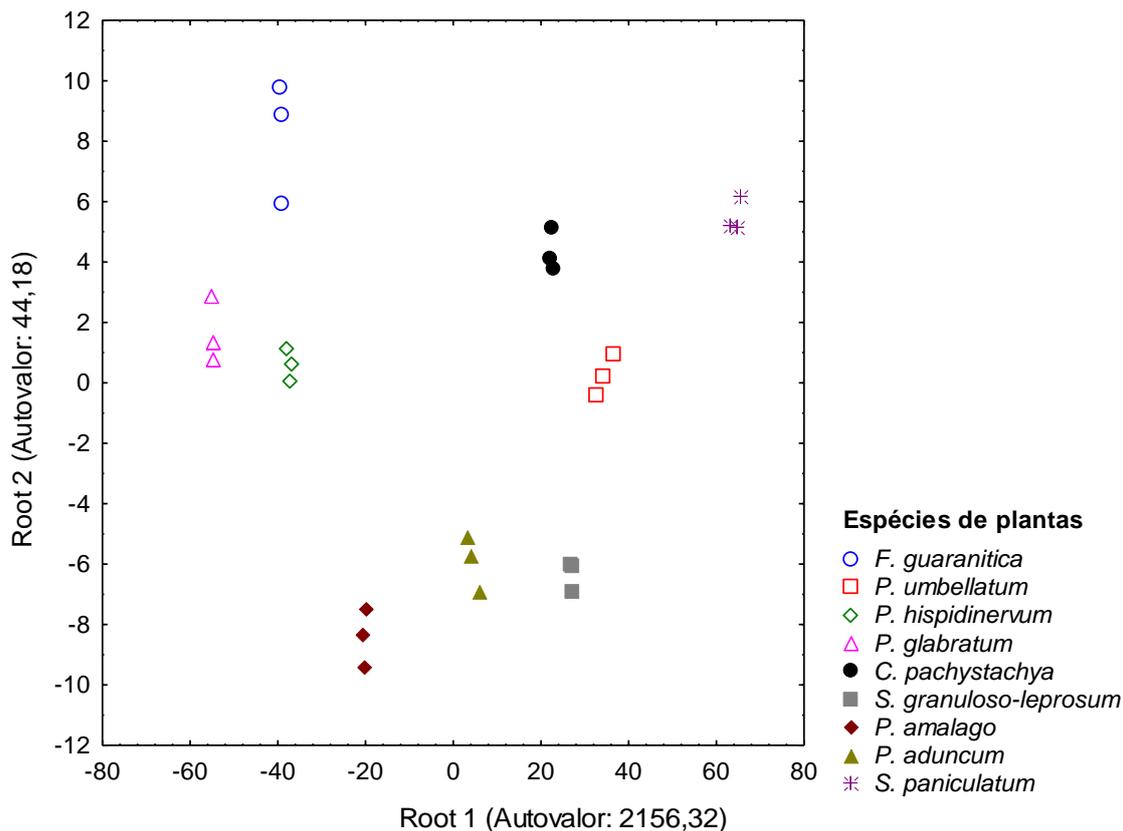


Fig. 6: Gráfico resultante da análise de função discriminante, relacionando as duas funções mais importantes (valores obtidos através da análise canônica), considerando os caracteres bioquímicos e a dureza dos frutos. A primeira função discriminante é a que melhor representa uma separação das espécies *P. aduncum*, *P. umbellatum*, *S. granuloso-leprosum*, *S. paniculatum* e *C. pachystachya* das demais espécies (proporção acumulada de 97,9%). A segunda função praticamente não apresenta poder de discriminação (proporção acumulada de 99,9%).

Quando os caracteres proteína bruta, dureza e lipídeos (neste caso o carboidrato foi substituído pela dureza) foram comparados, a análise de função discriminante foi estatisticamente significativa (Tabela 5). A primeira função discriminante foi a que melhor representou uma separação das espécies *P. aduncum*, *P. amalago* e *S. granuloso-leprosum* das demais espécies (proporção acumulada de 93,21%), embora os valores próximos a origem tenham baixo valor discriminante (Fig. 7). A proteína bruta foi a variável que melhor discriminou as espécies, ou seja, *P. aduncum*, *P. amalago* e *S. granuloso-leprosum*, as quais apresentaram maior teor de proteína bruta em sua

composição (Tabela 5). A segunda função praticamente não apresentou poder de discriminação (proporção acumulada de 97,27%).

Tabela 5: Resultados da análise de função discriminante considerando as espécies de plantas nas quais os frutos podem ser consumidos por morcegos. Os coeficientes padronizados para as variáveis canônicas e os valores da estatística F resultantes da análise são apresentados, bem como os valores médios dos caracteres bioquímicos e da dureza dos frutos.

Espécies de plantas (categorias)	Caracteres investigados		
	Proteína Bruta (%)	Dureza (g)	Lipídeos
	$(\bar{X} \pm DP)$	$(\bar{X} \pm DP)$	$(\bar{X} \pm DP)$
<i>C. pachystachya</i>	8,57 ($\pm 0,45$)	106,89 ($\pm 34,03$)	5,62 ($\pm 2,16$)
<i>F. guaranítica</i>	6,70 ($\pm 0,62$)	178,67 ($\pm 50,99$)	6,78 ($\pm 1,05$)
<i>P. amalago</i>	13,30 ($\pm 0,28$)	62,89 ($\pm 42,29$)	2,53 ($\pm 0,90$)
<i>P. glabratum</i>	9,33 ($\pm 0,53$)	139,78 ($\pm 4,23$)	3,04 ($\pm 0,97$)
<i>P. hispidinervum</i>	9,66 ($\pm 0,25$)	132,67 ($\pm 36,35$)	5,26 ($\pm 0,48$)
<i>P. umbellatum</i>	10,13 ($\pm 0,31$)	110,67 ($\pm 24,39$)	6,07 ($\pm 0,75$)
<i>P. aduncum</i>	12,49 ($\pm 0,43$)	88,89 ($\pm 17,69$)	2,90 ($\pm 0,52$)
<i>S. granuloso-leprosum</i>	12,38 ($\pm 0,40$)	60,22 ($\pm 29,17$)	8,10 ($\pm 0,17$)
<i>S. paniculatum</i>	8,42 ($\pm 0,20$)	73,78 ($\pm 3,01$)	5,06 ($\pm 0,13$)
<i>S. atropurpureum</i>	9,71 ($\pm 0,21$)	37,56 ($\pm 11,20$)	4,37 ($\pm 0,01$)
F	60,73	3,68	3,11
P^*	< 0,001	0,009	0,019
Coeficiente para as variáveis canônicas			
Root 1	1,079	-0,011	0,363
Root 2	-0,154	-0,994	0,240

*Os resultados das análises foram significativos ($P < 0,05$).

Resultado geral da análise de função discriminante: N° de variáveis no modelo = 3; Wilk's Lambda = 0,0035; $F(27, 53) = 11,68$; $P < 0,0001$.

Com a inclusão da espécie *S. atropurpureum*, o caractere “carboidrato” não foi incluído na análise, pois estes dados não foram obtidos para esta espécie.

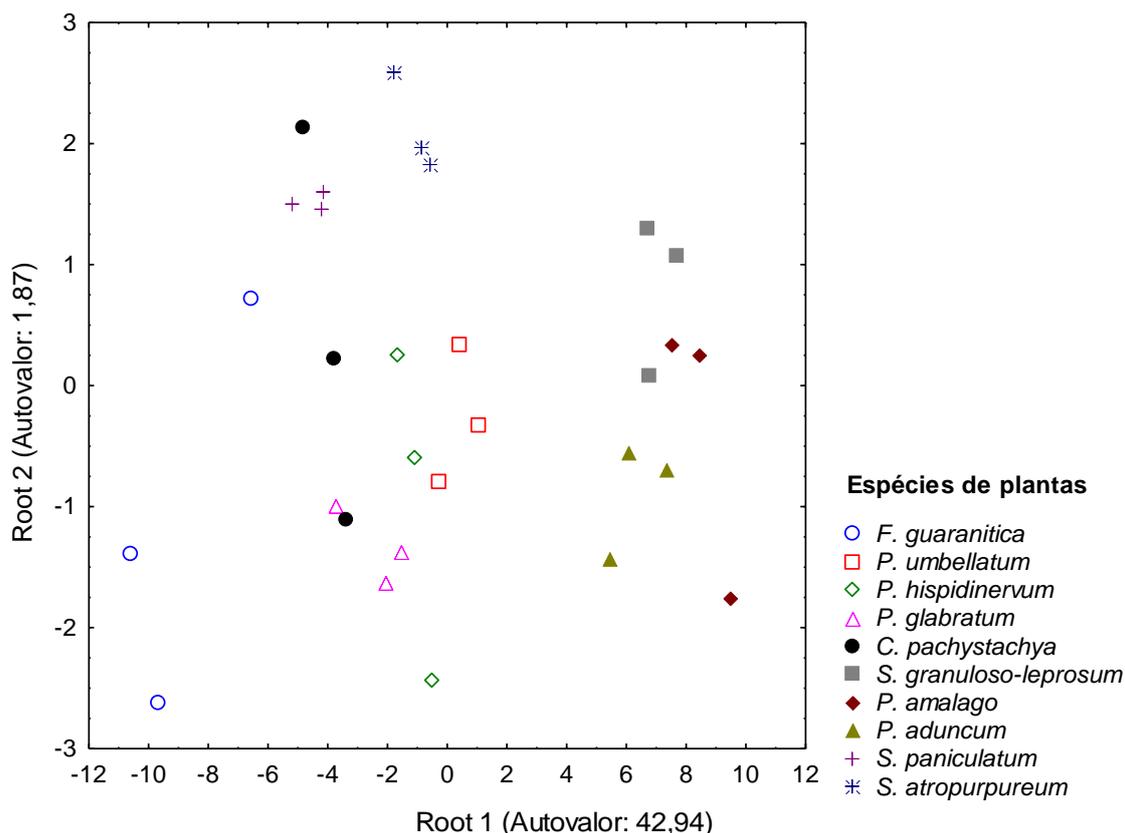


Fig. 7: Gráfico resultante da análise de função discriminante, relacionando as duas funções mais importantes (valores obtidos através da análise canônica), considerando os caracteres bioquímicos dos frutos, mas removendo-se o teor de carboidratos. A primeira função discriminante é a que melhor representa uma separação das espécies *P. aduncum*, *P. amalago* e *S. granuloso-leprosum* das demais espécies (proporção acumulada de 93,21%), embora os valores próximos a origem tenham baixo valor discriminante. A segunda função praticamente não apresenta poder de discriminação (proporção acumulada de 97,27%).

Com relação ao valor calórico, os frutos que apresentaram maiores valores foram *S. paniculatum*, *S. granuloso-leprosum* e *S. atropurpureum* (Fig. 8). As espécies *C. pachystachya*, *P. aduncum*, *P. amalago*, *F. guaranítica*, *P. glabratum* e *P. hispidinervum* apresentaram valores muito próximos (Fig. 8). *Piper umbellatum* foi a espécie com menor valor calórico (Fig.8).

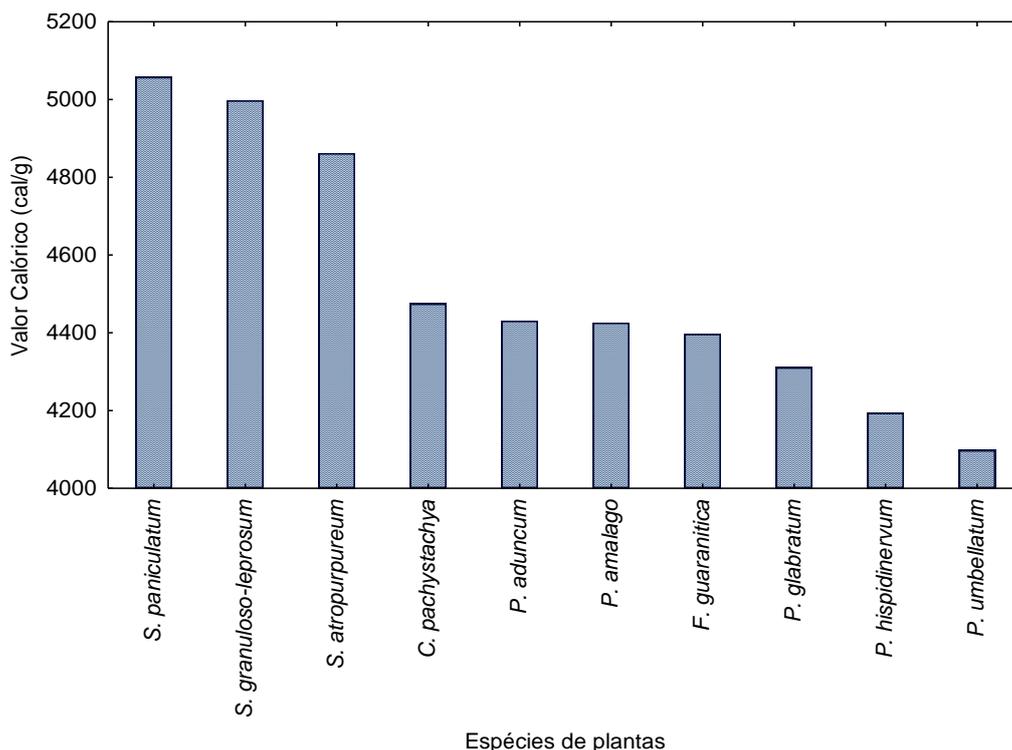


Fig. 8: Valor calórico dos frutos das espécies de plantas que podem ser consumidas por morcegos.

4. Discussão

Em escala mais local, a distribuição e abundância de frutos variam entre as espécies de plantas nas florestas (Dumont 2003). Na área de estudo, frutos de *Piper* estiveram disponíveis durante todo o ano. *Piper glabratum* e *P. hispidinervum* produziram frutos por quase todo o período. As outras espécies de *Piper* apresentaram períodos de frutificação que variaram de quatro a dez meses. Esta estratégia de frutificação se encaixa na estratégia denominada “*steady state*” que são plantas que produzem pequenas, mas estáveis quantidades de frutos durante longos períodos (Dumont 2003; Thies & Kalko 2004). Essa estratégia de frutificação fornece um consistente suprimento de baixo volume de frutos dispersos por uma grande área (Dumont 2003). Thies & Kalko (2004) estudaram a fenologia de doze espécies de *Piper*, comparando espécies de borda com espécies florestais, e encontraram que as espécies florestais apresentam um padrão de frutificação alternado, enquanto as espécies de borda apresentaram uma longa e sobreposta frutificação, assim como as espécies deste estudo.

Duas espécies de *Solanum* estudadas, *S. scuticum* e *S. granuloso-leprosum*, e *C. pachystachya* também apresentaram a estratégia de frutificação “*steady state*” com períodos de frutificação variando de nove a doze meses. Espécies de figueiras são conhecidas por atraírem seus dispersores oferecendo grandes quantidades de frutos durante um tempo limitado, estratégia de frutificação conhecida como “*big bang*”, atraindo muitas espécies diferentes de frugívoros (Janzen 1979; Terborgh 1986; Charles-Dominique 1993; Kalko *et al.* 1996; Dumont 2003). Neste estudo, esta estratégia foi observada para *F. guaranitica*, com período de frutificação de três meses. Estes dois tipos de estratégias de frutificação encontrados nas espécies que serviram de alimento para *C. perspicillata* contrastam fortemente.

O padrão temporal de frutificação das plantas dispersas por animais é vital não apenas para a dispersão dos frutos e sementes e estabelecimento das plântulas, mas também influencia fortemente a atividade reprodutiva (Bonaccorso 1979, Dinerstein 1986) e movimentos sazonais (Janzen 1967, Snow 1971) dos seus dispersores. Essa disponibilidade de frutos é um dos fatores que podem influenciar o frugívoro na escolha do seu alimento. Os resultados obtidos aqui sugerem que a disponibilidade nem sempre foi um fator determinante na escolha do recurso por *C. perspicillata*. Comparando os dados de disponibilidade com a frequência de ocorrência nas fezes, verificamos que de abril a agosto de 2009 a espécie que tinha maior disponibilidade, ou seja, maior número de indivíduos em frutificação era *S. granuloso-leprosum*. Apesar disso, em nenhum destes meses essa espécie foi a mais freqüente nas amostras fecais. Sementes de *S. granuloso-leprosum* apareceram nas fezes apenas nos meses de maio e agosto, mas ainda sim não foi a mais freqüente. Situação diferente ocorreu com *P. hispidinervum*. De outubro de 2009 a março de 2010, *P. hispidinervum* foi a espécie com maior número de indivíduos em frutificação, e neste mesmo período (exceto outubro e dezembro) esta espécie foi a mais freqüente nas fezes. Nos meses de outubro e dezembro o número de amostras foi muito pequeno ($n = 2$; $n = 1$, respectivamente) dificultando a análise desse período. Mikich (2002), em trabalho realizado no Paraná, encontrou que o hábito da planta, o seu ambiente de ocorrência e a abundância na área não determinam o seu consumo, mas a cor do fruto, sua disposição na planta e disponibilidade ao longo do ano, foram importantes na escolha.

Frutos são alimentos particulares que os animais frugívoros coletam, manipulam e engolem como itens individuais (Jordano 2000). Dentre as características relevantes dos frutos carnosos temos o *design* (incluindo tamanho e número de sementes) e o conteúdo

nutricional (i.e., quantidades relativas de lipídeos, proteínas, carboidratos e minerais) (Jordano 2000). Essas características influenciam a rentabilidade dos frutos para os frugívoros, determinando a quantidade de polpa ingerida por fruto e também a concentração dos nutrientes ingeridos (Herrera 1981a).

A habilidade de coletar, engolir e processar determinado fruto eficientemente depende do tamanho do fruto relativo ao tamanho corporal do animal, particularmente da largura da abertura da boca (Jordano 2000). As espécies estudadas possuem formato arredondado (*Solanum* spp. e *Ficus*) ou cilíndrico (*Piper* spp. e *Cecropia*), todas com tamanho adequado para a manipulação por *C. perspicillata*. Quando os caracteres morfológicos comprimento, largura e massa fresca foram analisados, notou-se que as espécies *C. pachystachya*, *P. amalago*, *P. hispidinervum* e *P. glabratum* possuem maior comprimento que as demais, sendo este o caractere que separou as espécies na análise. Comparando estes dados com as frequências das espécies nas fezes, constatou-se que as espécies mais frequentes nas fezes de *C. perspicillata* são as de maior comprimento, exceto *C. pachystachya* que não estava presente nas fezes.

Outro caractere que também contribuiu, mas pouco, para a separação das espécies foi massa fresca, separando *C. pachystachya* das demais, pois é a espécie com maior massa fresca. Enquanto as demais espécies apresentaram massa média de no máximo 2,5g, *C. pachystachya* apresentou média de 11,29g. Esta espécie não apareceu nas fezes de *C. perspicillata*. Considerando que um indivíduo de *C. perspicillata* pesa em média 18,5g (Clouthier & Thomas 1992), a massa do fruto representa cerca de 60% da massa do morcego, isso talvez dificulte o carregamento do fruto pelo morcego, sendo que provavelmente o consumo deve ocorrer no local. Esta pode ser uma explicação para *C. perspicillata* não ter consumido frutos de *C. pachystachya*. Segundo Dumont (2003), para os morcegos de pequeno porte, a massa do fruto é um fator limitante para espécies que carregam os frutos para abrigos de alimentação, o que provavelmente reflete um balanço entre o tamanho absoluto do fruto e seu valor nutricional. Isto é, o valor deve ser maior ou igual ao seu custo energético para carregá-los. Apesar disso, outros estudos já registraram o consumo de espécies de *Cecropia* por *C. perspicillata* (Fleming 1988; Bernard 2002; Mello *et al.* 2004; Silva *et al.* 2008).

As espécies mais frequentes nas fezes, *P. hispidinervum*, *P. glabratum* e *P. amalago*, são as com maior número de sementes. Frutos com muitas sementes possuem uma maior fração da sua massa total alocada para as sementes, e espera-se que animais frugívoros selecionem frutos com menor número de sementes (Herrera 1981b). Neste

estudo, esta afirmação foi válida considerando apenas *C. pachystachya*, que é a espécie com maior número de sementes dentre as estudadas, e não foi consumida. Para os frutos mais consumidos o padrão foi inverso, com um maior consumo ocorrendo em frutos com maior número de sementes, sendo que estas foram ingeridas e defecadas em perfeito estado. De forma similar, Mikich (2002) estudando a dieta de morcegos frugívoros, encontrou que todas as espécies consumidas pelos morcegos eram caracterizadas por possuírem um grande número de sementes.

Os frutos variam amplamente em suas propriedades nutricionais, em particular, proporções de proteína, fibra, lipídeos e minerais podem diferir em diversas ordens de magnitude (Herbst 1986; Fleming 1988; O'Brien *et al.* 1998; Jordano 2000). Ao comparar os teores de carboidrato, proteína bruta e lipídeos entre as espécies, verificou-se que o caractere carboidrato foi importante para separar *P. aduncum*, *P. umbellatum*, *S. granuloso-leprosum*, *S. paniculatum* e *C. pachystachya* das demais espécies por possuírem maiores teores de carboidrato. As espécies mais freqüentes nas fezes de *C. perspicillata*, *P. glabratum*, *P. hispidinervum* e *P. amalago* apresentaram baixos teores de carboidrato, enquanto espécies não consumidas como *C. pachystachya* e *S. paniculatum*, ou pouco consumidas como *P. aduncum*, *P. umbellatum* e *S. granuloso-leprosum* apresentaram valores mais altos de carboidrato. Wendeln *et al.* (2000) estudaram a composição nutricional de 14 espécies de *Ficus* e encontraram a porcentagem de carboidratos variando de 47 a 69%, enquanto que no presente estudo foi encontrada uma porcentagem média bem mais baixa de 3,11% para *F. guaranitica*.

Quando o caractere carboidrato foi excluído da análise, incluindo-se a dureza, o caractere que separou as espécies *P. aduncum*, *P. amalago* e *S. granuloso-leprosum* foi proteína bruta, sendo estas as espécies com maiores valores de proteína. Novamente, as duas espécies mais consumidas pelos morcegos, *P. glabratum* e *P. hispidinervum*, apresentaram valores mais baixos de proteína. Já *P. amalago* que também foi consumida com bastante freqüência apresentou a maior porcentagem de proteína em sua composição. Corlett (1996) analisou 153 espécies de frutos consumidos por vertebrados frugívoros, incluindo duas espécies de morcegos (*Cynopterus sphinx* e *Rousettus leschenaulti*), e mostrou que a porcentagem de proteína nos frutos variou de 0,9% a 15%, com a maioria das espécies (cerca de 89%) com um teor de proteína inferior a 7%. Para as espécies analisadas neste trabalho, a variação foi de 6,7% (*F. guaranitica*) a 13,3% (*P. amalago*), mostrando que as espécies consumidas por morcegos possuem valores consideráveis de proteína. Diferentemente dos resultados aqui apresentados,

Thomas (1984) encontrou que muitos frutos consumidos por morcegos são ricos em carboidratos solúveis e pobres em proteína bruta, e sugeriu que os morcegos teriam que ingerir uma grande quantidade de frutos e descartar o carboidrato para satisfazer suas necessidades de proteína.

Segundo Dumont (2003), de forma geral, figos contém uma proporção relativamente grande de fibras indigeríveis, são pobres em nitrogênio (proteína) e lipídeos. Em contraste, muitos frutos que possuem a estratégia *steady state* encontrados no sub-bosque, como *Piper* e *Solanum*, tendem a ter baixo conteúdo de fibras, alto conteúdo de nitrogênio e no caso de *Piper*, altas concentrações de lipídeos. Os resultados do presente estudo não corroboram com os achados de Dumont (2003), já que os menores valores de lipídeos foram encontrados para as espécies de *Piper* (2,53 a 6,07%) e um valor não tão baixo (maior que das espécies de *Piper*) para *F. guaranitica* (6,78%). Já a porcentagem de proteína de *F. guaranitica* foi a menor dentre as espécies estudadas, corroborando com as afirmações de Dumont (2003). Wendeln *et al.* (2000) encontraram porcentagem de lipídeos em 14 espécies de *Ficus* variando de 7 a 11,2% os autores concluem que os figos podem ser alimentos com valor nutricional adequado para manter os frugívoros sem alimentos adicionais em sua dieta.

Comparados com outros itens alimentares, como folhas e insetos, os frutos são recursos pobres em proteína (Jordano 2000), e tem sido sugerido que os morcegos frugívoros evitam o excesso de ingestão de frutos, completando sua dieta com alimentos ricos em nitrogênio (Thomas 1984). Comportamentos como a ingestão de folhas, pólen e insetos podem reduzir a necessidade dos morcegos frugívoros consumirem grandes quantidades de frutos a fim de atender os seus requerimentos de nitrogênio (Fleming 1986; Kunz & Diaz 1995). Neste estudo, além de frutos, os indivíduos de *C. perspicillata* consumiram também insetos e pólen, outros estudos também já registraram o consumo destes itens por esta espécie (Fleming 1988; Marinho-Filho 1991; Bernard 2002), confirmando as afirmações acima. No entanto, alguns estudos sugerem que ambos pteropódídeos e filostomídeos são particularmente eficientes em reter nitrogênio ou possuem necessidades mais baixas de nitrogênio (Delorme & Thomas 1996; Korine *et al.* 1996).

Delorme & Thomas (1996) determinaram as necessidades de nitrogênio digeríveis por *C. perspicillata* em cativeiro e concluíram que indivíduos não-reprodutivos foram capazes de satisfazer as suas necessidades de nitrogênio sem uma super ingestão de frutos ricos em energia. Ainda, toda a proteína ingerida por morcegos fitófagos pode

não estar disponível porque taninos condensados e hidrolisáveis podem impedir ou inibir a digestão de proteínas nos animais (Harborne 1991). Com relação ao valor calórico dos frutos, as espécies mais consumidas por *C. perspicillata* apresentaram valores calóricos mais baixos do que espécies não consumidas como *S. paniculatum* e *S. atropurpureum*, ou pouco consumidas como *S. granuloso-leprosum*.

Segundo Fleming (1988), duas classes gerais de fatores (extrínsecos e intrínsecos) influenciam a escolha do alimento pelo animal, os potenciais fatores extrínsecos incluem abundância, diversidade e sazonalidade dos diferentes alimentos em potencial a energia gasta para procurar e coletar o alimento suas características nutricionais e os riscos de predação, envolvendo a procura e a coleta do alimento. Fatores intrínsecos incluem o tamanho do animal, seu estágio reprodutivo e o status social. Aqui a dieta alimentar de *C. perspicillata* foi relacionada com as características morfológicas e nutricionais dos frutos, além da sua disponibilidade no ambiente.

A disponibilidade dos frutos no ambiente pareceu não ser o fator determinante na escolha do alimento por *C. perspicillata*, mas em determinado período houve uma relação direta entre a quantidade consumida e a disponibilidade. Com relação à morfologia dos frutos, *C. perspicillata* consumiu com maior frequência frutos compridos, com um alto número de sementes e menor massa, provavelmente esse consumo reflete o fato desses frutos possuírem maior área de polpa, já que são mais compridos e sua massa permite seu carregamento pelo morcego. Frutos com maior massa como *C. pachystachya* não foram consumidos. A análise nutricional dos frutos consumidos apresentou resultados muito interessantes já que os frutos mais consumidos apresentaram menores concentrações de carboidrato, proteína e lipídeos, além de possuírem menor valor calórico. Provavelmente, os indivíduos de *C. perspicillata* precisem consumir grandes quantidades de frutos por noite para suprirem suas necessidades nutricionais e energéticas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altringham, J.D., 1998. Bats: biology and behavior. Oxford University Press, Oxford.
- AOAC. (Association of Official Analytical Chemists), 1990. Official methods of analysis. 15.ed. Washington: AOAC.
- AOAC. (Association of Official Analytical Chemists), 1995. Official methods of analysis. 16.ed. Washington: AOAC.
- Bencke, C.S.C. & Morellato, L.P.C., 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Brazilian Journal of Botany* 25, 269 – 275.
- Bernard, E., 2002. Diet, activity and reproduction of bat species (Mammalia, Chiroptera) in Central Amazonia, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 19, 173-188.
- Blight, E.G. & Dyer, W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37, 911 -917.
- Bonaccorso, F.J., 1979. Foraging and reproductive ecology in a Panamanian bat community. *Bulletin of the Florida State Museum* 24, 359 - 408.
- Carvalho, M.C., 2008. Frugivoria por morcegos em Floresta Estacional Semidecídua: Dieta, Riqueza de espécies e germinação de sementes após passagem pelo sistema digestivo. Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências, UNESP – Botucatu.
- Charles-Dominique, P., 1993. Speciation and coevolution: an interpretation of frugivory phenomena, in: T.H. Fleming & A. Estrada (Eds.), *Frugivory and seed dispersal. Vegetatio* 107/108. Kluwer.
- Clothier, D. & Thomas, D.W., 1992. *Carollia perspicillata*. Mammalian species n. 417. New York.
- Corlett, R.T., 1996. Characteristics of vertebrate-dispersed fruits in Hong Kong. *Journal of Tropical Ecology* 12, 819 – 833.
- Delorme, M. & Thomas, D.W., 1996. Nitrogen and energy requirements of the short-tailed fruit bat (*Carollia perspicillata*): fruit bats are not nitrogen constrained. *Journal of Comparative Physiology B*. 166, 427 – 434.
- Dinerstein, E., 1986. Reproductive ecology of fruit bats and the seasonality of fruit production in a Costa Rican cloud forest. *Biotropica* 18, 307 - 318.
- Dumont, E.R., 2003. Bats and fruit: an ecomorphological approach, in: T.H. Kunz & M.B. Fenton (Eds.), *Bat Ecology*. The University of Chicago, Chicago.

- Fleming, T.H., 1986. Opportunism versus specialization: the evolution of feeding strategies in frugivorous bats, in: A. Estrada & T.H. Fleming (Eds.), Frugivorous and seed dispersal. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht.
- Fleming, T.H., 1988. The short-tailed fruit bat, a study in plant-animal interactions. University of Chicago Press, Chicago.
- Forget, P.M., Hammond, D.S., Milleron, T. & Thomas, R., 2002. Seasonality of fruiting and food hoarding by rodents in Neotropical Forests: Consequences for seed dispersal and seedling recruitment, in: D.J. Levey, W.R. Silva & M. Galetti (Eds.), Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation. CABI Publishing, Nova York.
- Foster, R.B., 1982. The seasonal rhythm of fruit fall on Barro Colorado Island, in: E. Leigh, Jr., A.S. Rand & D. Windsor (Eds.). The ecology of a tropical forest: seasonal rhythms and long-term changes. Washington, D.E., Smithsonian Press.
- Greig, N., 1993. Regeneration mode in Neotropical *Piper*: habitat and species comparisons. *Ecology* 74, 2125 - 2135.
- Harborne, J.B., 1991. The chemical basis of plant defense, in: R.T. Palo & C.T. Robbins (Eds.) Plant defenses against mammalian herbivores. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Herbst, L.H., 1986. The role of nitrogen from fruit pulp in the nutrition of the frugivorous bat *Carollia perspicillata*. *Biotropica* 18, 39-44.
- Herrera, C.M., 1981a. Are tropical fruits more rewarding to dispersers than temperate ones? *American Naturalist* 118, 896 – 907.
- Herrera, C.M., 1981b. Fruit variation and competition for dispersers in natural populations of *Similax aspera*. *Oikos* 36, 51 - 58.
- Howe, H.F. & Smallwood, J., 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13, 201 - 228.
- Instituto Adolfo Lutz, 1985. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 2.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.
- Janzen, D.H., 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution* 21, 620 - 637.

- Janzen, D.H., 1979. How to be a fig. *Annual Review of Ecology, and Systematics* 10, 13 - 51.
- Jordano, P., 2000. Fruits and Frugivory in: M. Fenner (Ed.), *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. CAB Int, Wallingford.
- Kalko, E.K.V., Herre, E.A. & Handley, C.O., Jr., 1996. Relation of fig fruit characteristics to fruit-eating bats in the New and Old World tropics. *Journal of Biogeography* 23, 565 - 576.
- Korine, C., Arad, Z., & Arieli, A., 1996. Nitrogen and energy balance of the fruit bat, *Rousettus aegyptiacus* on natural fruit diets. *Physiological Zoology* 69, 618 – 634.
- Kunz, T.H., 1982. *Ecology of Bats*. Plenum Press, New York.
- Kunz, T.H. & Diaz, C.A., 1995. Folivory in fruit-eating bats, with new evidence from *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Biotropica* 27, 106 – 120.
- Laska, M., 1990. Food transit times and carbohydrate use in three phyllostomid bat species. *Z Säugetierk* 55, 49 – 54.
- Lepš, J. & Šmilauer, P., 2003. *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press, UK.
- Loiselle, B.A. & Blake, J.G., 1991. Temporal variation in birds and fruits along an elevational gradient in Costa Rica. *Ecology* 72, 180 – 193.
- Marinho-Filho, J., 1991. The coexistence of two frugivorous bats species and the phenology of their food plants in Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 7, 59 - 67.
- Mello, M.A.R.; Schittini, G.M.; Selig, P. & Bergallo, H.G., 2004. Seasonal variation in the diet of the bat *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae) in an Atlantic Forest area in southeastern Brazil. *Mammalia* 68, 49 - 55.
- Merril, A.L. & Watt, B.K., 1973. *Energy value of foods: basis and derivation*. Washington: United States Department of Agriculture.
- Mikich, S.B., 2002. A dieta dos morcegos frugívoros (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae) de um pequeno remanescente de Floresta Estacional Semidecidual do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 19, 239 – 249.
- Morrison, D.W., 1978. Foraging ecology and energetics of the frugivorous bat *Artibeus jamaicensis*. *Ecology* 59, 716 – 723.
- Nelson, N.A., 1944. Photometric adaptation of the Somogy method for determination of glucose. *Journal of Biological Chemistry* 153, 375 - 380.

- O'Brien, T.G., Kinnard, M., Dierenfeld, E.S., Concklin-Brittain, N.L., Wrangham, R.W. & Silver, S.C., 1998. What's so special about figs? *Nature* 392, 668.
- Ortega, V.R. & Engel, V.L., 1992. Conservação da biodiversidade de remanescentes de Mata Atlântica na região de Botucatu, SP. *Revista do Instituto Florestal* 4, 839-852.
- Pedro, W.A. & Taddei, V.A., 1997. Taxonomic assemblages of bats from Panga Reserve, Southeastern Brazil: abundance patterns and trophic relations in the Phyllostomidae (Chiroptera). *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão* 6, 3-21.
- Peracchi, A.L.; Lima, I.P.; Reis, N.R.; Nogueira, M.R. & Ortêncio-Filho, H., 2006. Ordem Chiroptera, in: N.R. Reis, A.L. Peracchi, W.A. Pedro & I.P. Lima (Eds.) *Mamíferos do Brasil*. UEL, Londrina, Paraná.
- Ridley, H.N., 1930. *The dispersal of plants throughout the world*. L. Reeve & Co., Ltda., Ashford, Kent.
- Sazima, I., 1976. Observations on the feeding habits of phyllostomid bats (*Carollia*, *Anoura*, and *Vampyrops*) in southeastern Brazil. *Journal of Mammalogy* 57, 381 - 382.
- Silva, A.G., Gaona, O. & Medellín, R.A., 2008. Diet and trophic structure in a community of fruit-eating bats in Lacandon forest, México. *Journal of Mammalogy* 89, 43 - 49.
- Silva, W.R., 2008. A importância das interações planta-animal nos processos de restauração, in: P.Y. Kageyama, R.E. Oliveira, L.F.D. Moraes, V.L. Engel & F.B. Gandara (Eds.), *Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais*. FEPAF, Botucatu, SP.
- Snow, D.W., 1971. Evolutionary aspects of fruit-eating by birds. *Ibis* 113, 194 - 202.
- Somogy, M., 1945. Determination of blood sugar. *Journal of Biological Chemistry* 160, 69 - 73.
- StatSoft, Inc. 2012. *STATISTICA* (data analysis software system), version 11.0. Tulsa, OK.
- Terborgh, J., 1986. Keystone plant resources in the tropical forest, in: M.E. Soule (Ed.). *Conservation Biology*. Academic Press.
- Thies, W. & Kalko, E.K.V., 2004. Phenology of neotropical pepper plants (Piperaceae) and their association with their main dispersers, two short-tailed fruit bats, *Carollia perspicillata* and *C. castanea* (Phyllostomidae). *Oikos* 104, 362 - 376.

- Thomas, D.W., 1984. Fruit intake and energy budgets of frugivorous bats. *Physiological Zoology* 57, 457 – 467.
- Van Der Pijl, L., 1972. *Principles of Dispersal in Higher Plants*. Springer Verlag, Berlin.
- Wendeln, M.C., Runckle, J.R. & Kalko, E.V.K., 2000. Nutritional values of 14 fig species and bat feeding preferences in Panama. *Biotropica* 32, 489 - 501.
- Wright, S.J., Carrasco, C., Calderon, O. & Paton, S., 1999. The El Nino Southern Oscillation, variable fruit production, and famine in a tropical forest. *Ecology* 80, 1632 – 1647.

Considerações Finais

Neste estudo, constatou-se que a ingestão de sementes de *Piper amalago*, *P. hispidinervum* e *P. glabratum* por *Carollia perspicillata*, aumentou a germinação em laboratório. Este aumento foi devido à separação das sementes da polpa e não à ação química/mecânica durante a passagem pelo sistema digestório do morcego. Em campo, apenas *P. hispidinervum* apresentou os mesmos resultados encontrados em laboratório, demonstrando que as condições nas quais os experimentos são realizados podem influenciar os resultados. Em laboratório, *P. amalago* e *P. hispidinervum* apresentaram ainda uma aceleração na germinação das sementes que foram ingeridas por *C. perspicillata*, mas em campo novamente apenas *P. hispidinervum* teve sua germinação acelerada com a retirada da polpa. Estes resultados sugerem que *C. perspicillata* é um dispersor de sementes de *Piper* altamente eficiente.

A ingestão das sementes de *F. guaranitica* e *S. granuloso-leprosum* por *C. perspicillata* provocou aumento e aceleração na germinação de suas sementes. Já para *S. atropurpureum* a ingestão das sementes não alterou os padrões de germinação. Estes resultados sugerem que esta espécie de morcego favorece a germinação de *F. guaranitica* e *S. granuloso-leprosum*, mas não interfere na germinação de *S. atropurpureum*.

Os resultados mostram que a disponibilidade dos frutos no ambiente pareceu não ser o fator determinante na escolha do alimento por *C. perspicillata*, mas em determinado período houve uma relação direta entre a quantidade consumida e a disponibilidade. Com relação à morfologia dos frutos, *C. perspicillata* consumiu com maior frequência frutos compridos, com um alto número de sementes e menor massa, esse consumo pode refletir o fato desses frutos possuírem maior área de polpa, já que são mais compridos e sua massa permite seu carregamento pelo morcego. Frutos com maior massa como *C. pachystachya* não foram consumidos. A análise nutricional dos frutos consumidos apresentou resultados muito interessantes já que os frutos mais consumidos apresentaram menores concentrações de carboidrato, proteína e lipídeos, além de possuírem menor valor calórico. Provavelmente, os indivíduos de *C. perspicillata* precisem consumir grandes quantidades de frutos por noite para suprirem suas necessidades nutricionais e energéticas.