

PATRICIA ARAUJO DE ABREU CARA

**EFEITO DE BORDA SOBRE A FENOLOGIA, AS SÍNDROMES DE POLINIZAÇÃO E
A DISPERSÃO DE SEMENTES DE UMA COMUNIDADE ARBÓREA NA FLORESTA
ATLÂNTICA AO NORTE DO RIO SÃO FRANCISCO**

RECIFE

2006

PATRICIA ARAUJO DE ABREU CARA

**EFEITO DE BORDA SOBRE A FENOLOGIA, AS SÍNDROMES DE POLINIZAÇÃO E
A DISPERSÃO DE SEMENTES DE UMA COMUNIDADE ARBÓREA NA FLORESTA
ATLÂNTICA AO NORTE DO RIO SÃO FRANCISCO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV) – UFPE, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Doutor em Biologia Vegetal – Área de concentração Ecologia Vegetal

Orientadora: Dra. Isabel Cristina S. Machado
Departamento de Botânica / Universidade Federal de Pernambuco

**RECIFE
2006**

Cara, Patricia Araujo de Abreu

Efeito de borda sobre a fenologia , as síndromes de polinização e a dispersão de sementes de uma comunidade arbórea na Floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco / Patricia Araujo de Abreu Cara. – Recife : O Autor, 2006.
xviii, folhas : il., fig., tab.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCB. Biologia Vegetal, 2006.

Inclui bibliografia e anexos.

1. Biologia vegetal – Ecologia. 2. Floresta Atlântica Nordeste, Alagoas – Comunidade arbórea – Fenologia – Efeito de borda. 3. Síndromes de polinização – Guildas de polinizadores – Características florais. 4. Dispersão de sementes – Tipos de frutos – Tamanho de frutos e sementes. I. Título.

**581.526.422
577.27**

**CDU (2.ed.)
CDD (22.ed.)**

**UFPE
BC2006-510**

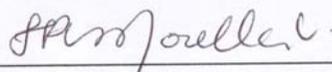
PATRÍCIA ARAÚJO DE ABREU CARA

“EFEITO DE BORDA SOBRE A FENOLOGIA, AS
SÍNDROMES DE POLINIZAÇÃO E DISPERSÃO DE
SEMENTES DE UMA COMUNIDADE ARBÓREA NA
FLORESTA ATLÂNTICA AO NORTE DO RIO SÃO
FRANCISCO”

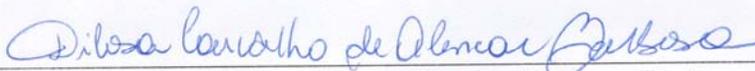
BANCA EXAMINADORA:



Prof^ª. Dra. Isabel Cristina Sobreira Machado – UFPE



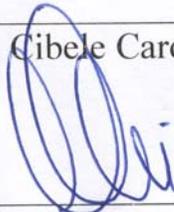
Prof^ª. Dra. Leonor Patrícia Cerdeira Morellato – USP-Rio Claro



Prof^ª. Dra. Dilosa Carvalho de Alencar Barbosa – UFPE



Prof^ª. Dra. Cibele Cardoso Castro - UFRPE



Prof^º. Dr. Marcelo Tabarelli - UFPE

Recife-PE.
2006

SEIS OU TREZE COISAS QUE EU APRENDI SOZINHO

Com cem anos de escória uma lata aprende a rezar.
Com cem anos de escombros um sapo vira árvore e cresce por cima das pedras até dar leite.
Insetos levam mais de cem anos para uma folha sê-los.
Uma pedra de arroio leva mais de cem anos para ter murmúrios.
Em seixal de cor seca estrelas pousam despidas.
Mariposas que pousam em osso de porco preferem melhor as cores tortas.
Com menos de três meses mosquitos completam a sua eternidade.
Um ente enfermo de árvore, com menos de cem anos, perde o contorno das folhas.
Aranha com olho de estame no lodo se despedra.
Quando chove nos braços da formiga o horizonte diminui.
Os cardos que vivem nos pedrouços têm a mesma sintaxe que os escorpiões de areia.
A jia, quando chove, tinge de azul o seu coaxo.
Lagartos emperram as pedras de preferência no inverno.
O vôo do jaburu é mais encorpado do que o vôo das horas.
Besouro só entra em amavios se encontra a fêmea dele vagando por escórias...
A quinze metros do arco-íris o sol é cheiroso.
Caracóis não aplicam saliva em vidros; mas, nos brejos, se embutem até o latejo.
Nas brisas vem sempre um silêncio de garças.
Mais alto que o escuro é o rumor dos peixes.
Uma árvore bem gorjeada, com poucos segundos, passa a fazer parte dos pássaros que a gorjeiam.
Quando a rã de cor palha está para ter — ela espicha os olhinhos para Deus.
De cada vinte calangos, enlanguescidos por estrelas, quinze perdem o rumo das grotas.
Todas estas informações têm soberba desimportância científica — como andar de costas.

De Manoel de Barros

Dedico esta tese
Aos meus dois amores,
Que me ensinaram muito mais de seis ou treze coisas...
Minha Mãe Eneide Cara
&
Meu Leo Krause

AGRADECIMENTOS

À professora Isabel Cristina Machado, pela orientação, amizade, carinho e apoio em todos os momentos desde minha chegada em Recife até a finalização deste trabalho.

Ao professor Marcelo Tabarelli pela co-orientação, mesmo que extra-oficialmente, desde a elaboração do desenho experimental até a execução deste trabalho e pelo amigo admirável.

Às professoras Inara Leal e Ariadna V. Lopes, por todo apoio, amizade e auxílio na vida pessoal e profissional...lhes serei sempre grata!

À professora Patricia Morellato pelas sugestões dadas na execução do trabalho.

Aos eternos amigos que conquistei nessa linda terra pernambucana, em especial a Alexandre Grillo (in memoriam) e Marcondes Oliveira, que contribuíram com seu pioneirismo no projeto Serra Grande, com suas críticas e sugestões durante toda minha caminhada neste trabalho, mas agradeço principalmente pelo seu amor, amizade e toda luz que sempre emanaram...estaremos sempre juntos!

Aos grandes amigos, do laboratório de biologia floral, da ecologia ou externos à UFPE, não menos amados, que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho de várias formas, me acompanhando nas viagens a campo, nos barzinhos, cinemas e festinhas depois do trabalho e até mesmo nas “quedas” que a vida as vezes nos causa (Valeu Manoel!).

A minha amiga e eterna companheira Michele, pelo amor, apoio, amizade e palavras de compreensão, sempre.

À Karina Linhares, amiga de todas as horas, pelo companheirismo, correções, referências e toda a ajuda e dedicação.

Ao meu mestre estatístico, André Santos, não só pelo apoio nas inúmeras análises estatísticas, mas pela infundável paciência e disposição para ajudar.

A Mateus Dantas de Paula pelo mosaico de fotografias aéreas cedidas de Serra Grande.

A Alexandre Grillo, Fatima Araujo, Gabriela Bieber, Karina Linhares, Leonhard Krause, Marcondes Oliveira, Paulo Sávio e Ursula Andres pelas fotos cedidas.

A minha mãe pelo amor e apoio incondicionais, pela infundável bolsa de estudos e por toda paciência, companheirismo e cumplicidade...nada disso seria possível sem você!

Ao meu pai, presença constante em minha vida, mesmo que não de corpo presente, pelo teu exemplo de vida e pelos valores que me foram passados.

Ao meu irmão, pelo amor e força espiritual e pelas palavras de tranquilidade e segurança que sempre me passa.

Ao Leonhard Krause, pelo amor, paciência e partilha de experiências profissionais e pessoais, pelo apoio com abstracts, gráficos, tabelas, imagens, especialmente pelo diagrama climático e por todas as críticas e sugestões...Há um tempo para tudo!

À toda família, especialmente minhas tias queridas (Mari, Ná, Neli, Nice e Bia), que mesmo distante, sempre me acompanham em todos os momentos, me apoiam a seguir em frente, me impedem de desistir quando as forças se abalam e me aplaudem a cada novo passo dado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, pelo apoio logístico e intelectual no desenvolvimento desta tese, a Patrícia e a Hildebrando pelo bom atendimento e simpatia na resolução das “brincas” acadêmicas.

Ao CNPq pela bolsa de doutorado a mim cedida.

À todas as instituições que contribuíram para o desenvolvimento deste projeto, logística e/ou financeiramente: Projeto Serra Grande, USGA, Conservação Internacional do Brasil, CNPq, Fundação O Boticário e CEPAN.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Padrões fenológicos de comunidade arbórea no Centro de Endemismo Pernambuco

Figura 1. Mapa dos remanescentes de floresta Atlântica no nordeste brasileiro (A) e foto aérea do fragmento estudado em Alagoas (B), com destaque da matriz circundante de cana-de-açúcar (C). (Mapa: Pimentel & Tabarelli 2004).

Figura 2. Diagrama climático segundo Walter & Lieth (1960), da área da Usina Serra Grande (USGA), AL. Temperatura média de 1911-1990 (Fonte: Departamento de Ciências Atmosféricas, UFPB). Precipitação média (1922-2001) e precipitação total de 2003-2005 (Fonte: Estação meteorológica da USGA).

Figura 3. Percentual de espécies (%) (A), indivíduos (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase queda de folhas no interior do fragmento estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 4. Percentual de espécies (%) (A), indivíduos (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase floração no interior do fragmento estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 5. Percentual de espécies (%) (A), indivíduos (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase frutificação no interior do fragmento estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 6. Fenologia de 12 espécies comuns ($N \geq 6$ indivíduos) em percentual de indivíduos, no fragmento de floresta Atlântico estudado, de Maio/2003-Abril/2005.

CAPÍTULO 2

Efeito de borda sobre a fenologia de uma comunidade arbórea em remanescente de floresta Atlântica nordestina

Figura 1. Localização dos remanescentes de floresta Atlântica no nordeste brasileiro (A) e foto aérea do fragmento estudado em Alagoas (B). Fisionomia de topo e vale (C) e aspecto de terreno inclinado na borda do fragmento Coimbra em Alagoas (D). (Mapa: Pimentel & Tabarelli 2004). **Figura 2.** Diagrama climático segundo Walter & Lieth (1960), da área da Usina Serra Grande (USGA), AL. Temperatura média de 1911-1990 (Fonte: Departamento de Ciências Atmosféricas, UFPB). Precipitação média (1922-2001) e precipitação total de 2003-2005 (Fonte: Estação meteorológica da USGA).

Figura 3. Proporção (%) de indivíduos (A), espécies (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase queda de folhas na borda, no topo e no vale, durante o período de Maio/2003 a Abril/2005 no fragmento Coimbra, Alagoas, NE do Brasil.

Figura 4. Proporção (%) de indivíduos (A), espécies (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase floração na borda, no topo e no vale, durante o período de Maio/2003 a Abril/2005 no fragmento Coimbra, Alagoas, NE do Brasil.

Figura 5. Proporção (%) de indivíduos (A), espécies (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase frutificação na borda, no topo e no vale, durante o período de Maio/2003 a Abril/2005 no fragmento Coimbra, Alagoas, NE do Brasil.

CAPÍTULO 3

Efeito de borda sobre a guilda de polinizadores e os sistemas sexuais de uma comunidade arbórea no Centro de Endemismo Pernambuco

Figura 1. Mapa dos remanescentes de floresta Atlântica no nordeste brasileiro (A), com detalhe de borda em terreno plano (B) e da matriz circundante de monocultura de cana-de-açúcar no fragmento estudado em Alagoas (C). (Mapa: Pimentel & Tabarelli 2004). **Figura 2.** Número e partilha de espécies da comunidade arbórea na Borda (B), no Topo (T) e no Vale (V) do fragmento Coimbra na Usina Serra Grande, Al, Brasil.

Figura 3. Diferentes síndromes de polinização no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas. Flores claras, entomófilas/d.p.i. de *Miconia hypoleuca* (Melastomataceae) (A), *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae) (C) e *Ocotea glomerata* (Lauraceae) (D). Ambofilia em *Croton floribundus* (Euphorbiaceae) (B). Flores amarelas, entomomófilas/melitófilas de *Sclerolobium densiflorum* (Caesalpiniaceae) (E) e *Eschweilera ovata* (Lecythidaceae) (F). Flor vermelha, ornitófila de *Symphonia globulifera* (Guttiferae) (G) e flor lilás, melitófila em *Bowdichia virgilioides* (Papilionaceae) (H).

Figura 4. Frequência de tamanhos florais da comunidade arbórea estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 5. Frequência de cor das flores da comunidade arbórea estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 6. Frequência de tipos florais da comunidade arbórea estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 7. Frequência de recursos florais da comunidade estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 8. Frequência de sistemas sexuais da comunidade arbórea estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 9. Frequência de guildas de polinizadores da comunidade arbórea estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

CAPÍTULO 4

Frutificação e síndromes de dispersão de árvores em remanescente de floresta Atlântica nordestina

Figura 1. Remanescentes de floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco, incluindo a sub-região Centro de Endemismo Pernambuco (florestas costeiras entre SE e RN) (A), com destaque do fragmento estudado em Alagoas (B) (Fonte: Atlas da Mata Atlântica - FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS 2004). Mosaico de fotografias aéreas incluindo a área estudada em Alagoas, denominado fragmento Coimbra (Imagem de satélite: LANDSAT 5 214/66 obtidas em 07/12/2002).

Figura 2. Diagrama climático segundo Walter & Lieth (1960), da área da Usina Serra Grande (USGA), AL. Temperatura média de 1911-1990 (Fonte: Departamento de Ciências Atmosféricas, UFPB). Precipitação média (1922-2001) e precipitação total de 2003-2005 (Fonte: Estação meteorológica da USGA).

Figura 3. Percentual de espécies arbóreas nas síndromes de dispersão zoocóricas, autocóricas e anemocóricas em borda (A), topo (B) e vale (C) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 4. Percentual de indivíduos arbóreos nas síndromes de dispersão zoocóricas, autocóricas e anemocóricas em borda (A), topo (B) e vale (C) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 5. Percentual de intensidade de Fournier dos indivíduos arbóreos nas síndromes de dispersão zoocóricas, autocóricas e anemocóricas em borda (A), topo (B) e vale (C) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 6. Percentual de espécies (A) e indivíduos (B) arbóreos com diferentes tipos de frutos em borda, topo e vale, no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 7. Fenologia de frutificação das espécies arbóreas no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas na borda, nos anos de 2003 a 2005. Barras escuras correspondem aos picos de frutificação. Meses em cinza representam a estação chuvosa. Espécies em negrito comuns a borda e interior.

Figura 8. Fenologia de frutificação das espécies arbóreas no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas no interior, nos anos de 2003 a 2005. Barras escuras correspondem aos picos de frutificação. Meses em cinza representam a estação chuvosa. Espécies em negrito comuns a borda e interior.

LISTA DAS TABELAS

CAPÍTULO 1

Padrões fenológicos de comunidade arbórea no Centro de Endemismo Pernambuco

Tabela 1. Resultados da análise do coeficiente de Correlação de Spearman (r_s) entre a precipitação e os números de espécies/indivíduos apresentando as fenofases queda de folhas, floração e frutificação na comunidade arbórea nos ambientes de topo, vale e interior total para os períodos de Maio/2003-Abril/2004 (Ano 1), Maio/2004-Abril/2005 (Ano 2) e de Maio/2003-Abril/2005 (24 meses de estudo) em um fragmento de floresta Atlântica no Centro de Endemismo Pernambuco. Valores significativos em negrito.

CAPÍTULO 2

Efeito de borda sobre a fenologia de uma comunidade arbórea em remanescente de floresta Atlântica nordestina

Tabela 1. Distribuição das espécies amostradas em número de indivíduos nos ambientes de borda, topo e vale e seus grupos ecológicos em nicho de regeneração, estratificação e dispersão, em fragmento de floresta Atlântica na Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil.

Tabela 2. Número total e proporção relativa (%) de indivíduos e espécies de árvores pioneiras, com síndrome de dispersão zoocórica, dos estratos emergente, de dossel e sub-bosque amostradas em ambiente de borda, topo e vale em fragmento de floresta Atlântica na Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil.

CAPÍTULO 3

Efeito de borda sobre a guilda de polinizadores e os sistemas sexuais de uma comunidade arbórea no centro de endemismo pernambuco

Tabela 1. Frequência de ocorrência dos sistemas sexuais no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas e para outros estudos em comunidades vegetais.

CAPÍTULO 4

Frutificação e síndromes de dispersão de árvores em remanescente de floresta Atlântica nordestina

Tabela 1. Relação das espécies arbóreas estudadas no fragmento Coimbra em Alagoas, ocorrência (c=comum; r=rara) e número de indivíduos por espécie em cada ambiente amostrado, bem como seus tipos de frutos, consistência do pericarpo, deiscência, cor, tamanho de fruto (fr) e semente (s) (p=pequeno; m=médio; g=grande) e suas síndromes de dispersão.

Tabela 2. Percentual de espécies e indivíduos arbóreos por síndrome de dispersão e estratificação nos ambientes de borda, topo e vale do fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Tabela 3. Número de espécies e indivíduos zoocóricos com frutos e sementes grandes, com frutos pequenos e sementes pequenas e com frutos pequenos e sementes médias, nos estratos dossel, emergente e subbosque nos ambientes de borda (B), topo (T) e vale (V) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
CAPÍTULO 1	vii
CAPÍTULO 2	viii
CAPÍTULO 3	ix
CAPÍTULO 4	xi
LISTA DE TABELAS	xiii
CAPÍTULO 1	xiii
CAPÍTULO 2	xiii
CAPÍTULO 3	xiv
CAPÍTULO 4	xiv
I. INTRODUÇÃO GERAL	1
II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
II.1. <i>A floresta Atlântica pluvial</i>	4
II.2. <i>O Centro de Endemismo Pernambuco</i>	5
II.3. <i>A fragmentação florestal</i>	6
II.4. <i>O efeito de borda</i>	8
II.5 <i>Estudos fenológicos</i>	10
II.6. <i>As síndromes de polinização</i>	12
II.7. <i>Fragmentação florestal vs. polinização</i>	15
II.8. <i>Os sistemas sexuais</i>	16
II.9. <i>A dispersão de sementes</i>	19
II.10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

III. MANUSCRITO 1. *Padrões fenológicos de comunidade arbórea no Centro de Endemismo Pernambuco*44

RESUMO	45
ABSTRACT	46
INTRODUÇÃO	48
MÉTODOS	49
RESULTADOS	53
DISCUSSÃO	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
AGRADECIMENTOS	66
LEGENDA DAS FIGURAS	67
LEGENDA DA TABELA	68

IV. MANUSCRITO 2. *Efeito de borda sobre a fenologia de uma comunidade arbórea em remanescente de floresta Atlântica nordestina*76

RESUMO	77
ABSTRACT	78
INTRODUÇÃO	80
MÉTODOS	82
RESULTADOS	86
DISCUSSÃO	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
AGRADECIMENTOS	101
LEGENDA DAS FIGURAS	106
LEGENDA DAS TABELAS	107

V. MANUSCRITO 3. <i>Efeito de borda sobre a guilda de polinizadores e os sistemas sexuais de uma comunidade arbórea no Centro de Endemismo Pernambuco</i>	113
RESUMO	115
ABSTRACT	116
INTRODUÇÃO	117
MÉTODOS	119
RESULTADOS	121
DISCUSSÃO	127
LEGENDA DAS FIGURAS	134
LEGENDA DA TABELA	136
AGRADECIMENTOS	137
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138
VI. MANUSCRITO 4. <i>Frutificação e síndromes de dispersão de árvores em remanescente de floresta Atlântica nordestina</i>	155
RESUMO	157
ABSTRACT	158
INTRODUÇÃO	159
MÉTODOS	161
RESULTADOS	165
DISCUSSÃO	171
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	178
AGRADECIMENTOS	185
LEGENDA DAS FIGURAS	186
LEGENDA DAS TABELAS	188
VII. RESUMO GERAL	206
VIII.GENERAL ABSTRACT	208

IX. ANEXOS	210
IX.1. Normas de publicação do periódico “Plant Ecology” (manuscrito 1)	
IX.2 . Normas de publicação do periódico “Conservation Biology” (manuscrito 2)	
IX.3. Normas de publicação do periódico “Annals of Botany” (manuscrito 3)	
IX.4. Normas de publicação do periódico “Flora” (manuscrito 4)	

I. INTRODUÇÃO GERAL

A Mata Atlântica brasileira é uma das florestas mais ricas do mundo (Terborgh 1992; Viana *et al.* 1997) e apresenta a maior diversidade biológica relativa das florestas tropicais conhecidas (Costa *et al.* 1997). Este bioma, porém já enfrentou 500 anos de exploração e forte degradação desde a colonização européia, resultando no atual quadro de devastação. Sua extensão foi reduzida a 98.000 km² de remanescentes florestais (7,6% de sua extensão original) sob forte pressão antrópica e com várias espécies em risco de extinção (Morellato & Haddad 2000). Segundo levantamentos do MMA (2000), já foram registradas para a Floresta Atlântica brasileira cerca de 20.000 espécies de plantas vasculares, sendo 8.000 endêmicas, 250 de mamíferos (55 endêmicas e 35 ameaçadas) e 1.020 de aves (188 endêmicas e 104 ameaçadas). Isto faz deste ecossistema um importante centro de endemismo para muitas espécies de vegetais e de animais vertebrados. A Floresta Atlântica nordestina ao norte do Rio São Francisco é um dos centros de endemismo desta vegetação, denominada Centro de Endemismo Pernambuco (Prance 1982). O fato de apresentar alta diversidade biológica restrita a poucos remanescentes englobou-a como um dos quatro ecossistemas terrestres mais ricos e ameaçados do planeta (*hottest hotspot sensu* Myers *et al.* 2000).

A fragmentação de habitats é uma séria ameaça à diversidade biológica e principal causa de extinção de espécies (Wilcox & Murphy 1985). Alterações bióticas e abióticas em ambientes fragmentados são mais facilmente detectáveis em áreas próximas às bordas destes fragmentos (Lovejoy *et al.* 1986; Murcia 1995; Oliveira *et al.* 2004). Nestes locais, o microclima é alterado, com aumento da exposição ao vento, insolação e dissecação (Lovejoy *et al.* 1986; Saunders *et al.* 1991), fatores estes que impedem o estabelecimento de muitas espécies arbóreas (Laurance *et al.* 1998; Bruna 1999) e afetam seu ciclo reprodutivo (Cunningham 2000). Alguns grupos ecológicos e taxonômicos poderiam ser eliminados ao longo do tempo (*e.g.* espécies tolerantes à sombra, com grandes sementes ou emergentes), ao mesmo tempo em que outros poderiam se tornar mais abundantes (*e.g.* espécies intolerantes à sombra, com pequenas sementes ou de dossel) (Santos 2005). Bordas de florestas seriam portanto, habitat mais simples e homogêneos em termos biológicos (Murcia 1995; Oliveira *et al.* 2004). Estas alterações no microclima e na estrutura de bordas de florestas fragmentadas são conhecidas como “Efeito de Borda”, e é um dos parâmetros utilizados para se avaliar o efeito da fragmentação sobre a biodiversidade (Fahrig 2003).

Outro fator resultante da fragmentação florestal é a perda de grupos ecológicos, que pode afetar processos essenciais à manutenção de populações de árvores, como a polinização e a dispersão de sementes (Wilcox & Murphy 1985; Ganade 1995; Murcia 1995; Laurance *et al.* 2002; Melo 2004), interferindo no sucesso reprodutivo destas espécies (Murcia 1995). Estudos fenológicos, são importantes para se compreender a regeneração e reprodução vegetal, a organização temporal de recursos dentro das comunidades, as interações planta-animal e a evolução da história de vida dos animais que utilizam as plantas como recurso alimentar, como herbívoros, polinizadores e dispersores (Morellato 1991; van Schaik *et al.* 1993; Morellato & Leitão-Filho 1992, 1996).

A polinização é um dos processos responsáveis pela forma como as comunidades vegetais se estruturam geneticamente, e estudar a dinâmica do fluxo de pólen tem sido utilizado como indicador de critérios para a conservação de espécies (Bawa 1990; Aizen & Feinsinger 1994a e b).

Além da polinização, outro processo fundamental para a manutenção e dinâmica de populações de plantas é a dispersão de sementes, a qual representa a ligação entre a última fase reprodutiva da planta com a primeira fase do recrutamento da população, sem a qual a progênie pode ser extinta e a regeneração de novos habitats torna-se impossível (Galetti *et al.* 2003). Na maioria das florestas tropicais a abundância de frutos é altamente sazonal (van Schaik *et al.* 1993; Morellato *et al.* 2000) e 75% ou mais das espécies produzem frutos adaptados à dispersão por aves ou mamíferos (Smythe 1970) os quais são importantes na regeneração de ambientes perturbados, transportando por exemplo, sementes de florestas primárias para estes locais. A oferta de frutos em florestas tropicais é conhecida, mesmo em climas pouco sazonais, representando variações na oferta de recursos para frugívoros ao longo do tempo (van Schaik *et al.* 1993; Morellato *et al.* 2000). A fragmentação florestal afeta a diversidade e a abundância de frutos e frugívoros assim como suas interações (Restrepo & Gómez 1998). Desta forma, espécies de plantas que perderam seus dispersores correm o risco de extinção local (Chapman & Chapman 1995; Silva & Tabarelli 2000). O estudo da interação planta-dispersor, além de dar um indicativo da disponibilidade de recurso alimentar para frugívoros ao longo do ano é importante do ponto de vista não só da planta e do dispersor como também ao nível de restauração de ambientes degradados.

Este trabalho, portanto, tem como objetivos avaliar o efeito da fragmentação florestal na fenologia, síndromes de polinização e da dispersão de sementes de uma comunidade arbórea em um dos maiores remanescentes de Mata Atlântica no Centro de Endemismo Pernambuco, através da comparação destes três eventos ecológicos entre borda, topo e vale de mata, analisando, conseqüentemente, o efeito de borda sobre estas variáveis ecológicas. Foram estudados também o efeito da sazonalidade climática sobre a fenologia e oferta de flores e frutos nos três ambientes para a comunidade estudada.

Os dados aqui apresentados estão divididos em cinco partes, sendo elas:

(i) **Fundamentação teórica** – aqui foi feita uma revisão bibliográfica de temas como a fragmentação da floresta tropical Atlântica, suas conseqüências e efeitos sobre os processos ecológicos como a fenologia, as síndromes de polinização e de dispersão. Por serem temas amplos, não estão abordados aqui todos os trabalhos publicados dos assuntos, mas algumas referências relacionadas aos temas referentes a esta tese.

(ii) **Manuscrito I** – neste artigo foi avaliado o padrão fenológico de uma comunidade arbórea no maior remanescente de floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco, analisando-se também o efeito da sazonalidade climática nos padrões apresentados para as fenofases queda de folhas, floração e frutificação em remanescente de floresta Atlântica nordestina.

(iii) **Manuscrito II** – neste capítulo foi investigado o efeito de borda sobre a fenologia da comunidade arbórea no fragmento estudado.

(iv) **Manuscrito III** – aqui foram identificadas as guildas de polinizadores e os sistemas sexuais da comunidade arbórea do fragmento e como estes se distribuem em borda e interior (topo e vale) de mata.

(v) **Manuscrito IV** – este último capítulo apresenta análises da fenologia de frutificação e das síndromes de dispersão da comunidade arbórea do fragmento estudado.

Esta tese fez parte da primeira etapa de um projeto desenvolvido em fragmentos de floresta Atlântica ao norte do Rio São Francisco, intitulado “Projeto Serra Grande”, cujo objetivo foi o de diagnosticar valores biológicos aos remanescentes florestais, para a posterior implementação de planos de manejo e restauração da área florestada. Os resultados aqui apresentados trazem contribuições para a compreensão de algumas interações entre as espécies arbóreas e seus animais visitantes, e da restauração florestal.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

II.1. A floresta Atlântica pluvial

A floresta Atlântica é composta pelos dois maiores tipos vegetacionais, sendo eles a floresta Atlântica chuvosa e a floresta Atlântica sazonal tropical semi-decidual (Morellato & Haddad 2000). A floresta tropical pluvial é considerada o mais diverso ecossistema do planeta (Bierregaard et al. 1992), sendo um bioma fortemente higrófilo e essencialmente equatorial, estendendo-se em todos os continentes entre a linha do Equador e o trópico de Capricórnio (Turner 2001).

Além de abrigar a maior proporção da biodiversidade mundial (Moore 1998), as florestas úmidas de terras baixas são os ecossistemas terrestres mais ricos em espécies do mundo (Turner & Corlett 1996), apresentando ainda grande número de espécies raras (Hubbell & Foster 1986). Esse ambiente possui dossel fechado com árvores de cerca de 25m de altura, perenifólias, formando estrato contínuo, copa sempre-verde, com abundância de lianas lenhosas, epífitas lenhosas e herbáceas (Turner 2001).

Possui clima quente e úmido (com temperaturas médias mensais superior a 18°C), com pouca variação ao longo do ano, conforme encontrado entre 23°30'N e 23°30'S, em latitudes inferiores a 1000m, alta pluviosidade anual, mínima de 1.800mm/ano e bem distribuídas ao longo do ano, sem estação seca ou esta com período curto de até quatro meses, com pluviosidade inferior a 100mm/mês (Gentry 1988; Walsh 1996; Whitmore 1999).

Apesar de sua riqueza biológica, possui solos rasos e pobres em nutrientes, sujeitos à erosão devido a alta pluviosidade (Bierregaard et al. 2001). Apesar disto, a floresta Atlântica brasileira sofre um forte deflorestamento (Bierregaard et al. 1992), que expõe os remanescentes à matriz (área circundante não florestada – monocultura de cana-de-açúcar no caso da floresta Atlântica nordestina), em velocidades e intensidades nunca antes vistos (Stevens & Husband 1998). Segundo Bierregaard et al. (1992) a atual taxa de deflorestamento não tem precedentes na história da floresta tropical, com efeitos profundos sobre o ecossistema.

A floresta Atlântica brasileira é uma das florestas mais ricas do mundo (Terborgh, 1992; Viana et al., 1997), com grande número de espécies endêmicas (Myers et al. 2000) e o fato de

abrigar tamanho patrimônio biológico em poucos remanescentes colocou-a entre os quatro sistemas terrestres mais ricos e ameaçados do planeta (hottest hotspot sensu Myers et al. 2000).

II.2. O Centro de Endemismo Pernambuco

De acordo com a divisão proposta por Silva & Casteleti (2003), esta sub-região está compreendida por toda a floresta Atlântica costeira ao norte do rio São Francisco, do estado de Alagoas ao Rio Grande do Norte, com extensão de 56.400km², restando atualmente apenas 4,82% de área florestada. Da sua área total de aproximadamente 70.000km², permanecem até hoje somente 3.200km² de florestas (Silva & Tabarelli 2000).

O histórico de devastação da floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco teve início com a colonização portuguesa, no século XVI. A princípio houve a exploração das florestas costeiras em Pernambuco e na Bahia, com a exploração do pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), pequena exploração agrícola e pastagens. Porém foi com o estabelecimento dos grandes engenhos de cana-de-açúcar que a degradação florestal foi mais visivelmente devastadora (Dean 1995). Desta forma, no início do século XX grande parte das florestas costeiras nordestinas já haviam sido substituídas pela monocultura canavieira, e quase toda a floresta em áreas de fundo de vale já havia sido retirada, permanecendo apenas partes da vegetação em regiões de mais difícil acesso (Webb 1979).

Quando comparadas com as outras sub-regiões da floresta Atlântica, o nível de degradação da floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco é bem mais acentuado (Silva & Casteleti 2003). Tal quadro de exploração dos recursos naturais realizados de forma desenfreada e irracional há alguns séculos, deve-se não somente à falta de planejamento e fiscalização do uso dos recursos, mas também ao uso de produtos químicos agressivos como pesticidas e herbicidas, às atrasadas técnicas como o uso de queimadas, tudo isto associado a um quadro de desigualdade social e econômica.

Em muitas regiões do Centro de Endemismo Pernambuco no estado de Alagoas, comunidades de cortadores de cana-de-açúcar vivem com suas famílias próximos aos remanescentes florestais, recorrendo aos recursos da floresta ao longo de todo o ano, retirando madeira para seus fogões a lenha e caçando, seja por esporte e por ser este um traço cultural

passado de geração para geração, ou para suprir outros tipos de necessidades (Observação pessoal).

Vários autores já demonstraram que os efeitos negativos da fragmentação florestal no estabelecimento de plântulas e sobrevivência de árvores adultas pode gerar extinções a nível local (em um fragmento) ou mesmo regional (um conjunto deles) e, normalmente, ocorre associada com outros eventos, que quando agem em conjunto, amplificam a ameaça às espécies arbóreas em florestas tropicais (veja Laurance & Cochrane 2001). Tais ameaças estão ligadas à ação humana, como a retirada de madeira, o fogo e a caça de vertebrados dispersores de sementes em remanescentes florestais e são efeitos sinérgicos que podem gerar a perda da diversidade de árvores (Tabarelli et al. 2004).

II.3. A fragmentação florestal

O termo fragmentação florestal pode ser definido pela substituição de áreas de florestas nativas, contínuas e não perturbadas por ilhas (fragmentos) de vegetação imersas em uma matriz não florestada (DeSouza et al. 2001), causando o isolamento desses remanescentes florestais (Murcia 1995; Turner 1996). Portanto, esse aspecto de fragmentação das florestas semelhantes a arquipélagos oceânicos levou à proposta de se adotar a Teoria de Biogeografia de Ilhas (MacArthur & Wilson 1967), surgindo a partir daí a base de toda a escola da dinâmica de fragmentos florestais. Segundo esta teoria as taxas de imigração e extinção, o grau de isolamento e o tamanho das ilhas em relação ao continente determinam o número de espécies na ilha. Pensando assim, ilhas mais distantes do continente teriam menos espécies que outras mais próximas, assim como ilhas menores seriam mais pobres em espécies. Além disso a teoria descrevia que as taxas de imigrações tendem a diminuir com o tempo, uma vez que o número de espécies novas tende a decrescer com o tempo.

O quadro atual da Floresta Atlântica nordestina está caracterizado pela perda de habitat ocasionada pela fragmentação, implicando em alterações na biota da floresta (Terborgh 1992; Laurance & Bierregaard 1997; Silva & Tabarelli 2000; Tabarelli et al. 2004). Tais alterações podem resultar em uma variedade de efeitos físicos e biológicos, nos quais padrões de dispersão e de imigração são interrompidos, populações são reduzidas, entradas e saídas do ecossistema são alteradas pela modificação de áreas adjacentes e espécies ganham acesso a habitat isolados

(Lovejoy et al. 1984). Com a fragmentação da vegetação natural em pequenas manchas, muitos processos ecológicos que envolvem plantas e animais habitantes são afetados (Aizen & Feinsinger 1994 a e b). Algumas espécies em ambientes fragmentados podem resistir e se estabelecer, declinar ou mesmo desaparecer completamente como resultado de i) mudanças diretas na estrutura física do habitat (Lovejoy et al. 1986); ii) competição com invasores (Saunders et al. 1983), iii) aumento na predação e parasitismo (Wilcove 1985; Small & Hunter 1988; Laurance 1990) e, iv) probabilidade de extinção de pequenas populações (MacArthur & Wilson 1967; Pulliam 1988).

Embora a Teoria da Biogeografia de Ilhas tenha sido o embasamento teórico para pesquisas em fragmentação florestal e alguns estudos demonstrem sua validade (Turner & Corlett 1996; Debinski & Holt 2000; De Souza et al. 2001), com o passar do tempo alguns conceitos foram sendo revistos ou derrubados. Brown & Kodric-Brow (1977) foram os primeiros a contestarem o modelo de MacArthur & Wilson (1967), quando discutiram que ilhas com taxas de imigração altas, com baixo nível de isolamento, mesmo que apresentando áreas menores, seriam mais ricas que ilhas grandes e isoladas. Desta forma o conceito da relação espécie-área que descreve áreas grandes com mais espécies que áreas pequenas foi questionado. De fato, áreas florestais pequenas podem conter mais espécies, conforme encontrado recentemente na paisagem fragmentada do nordeste brasileiro (Grillo 2005).

Alguns autores perceberam que a perda de espécies não era resultado apenas da redução de habitat, mas que outros conceitos além dos contidos na teoria da biogeografia de ilhas deveriam influenciar alterações biológicas em ambientes fragmentados (Lovejoy et al. 1983; Bierregaard et al. 1992). A partir daí, vários trabalhos abordando a fragmentação de habitats puderam ser acessados, contendo uma vasta gama de informações acerca dos efeitos da perda de habitat e da fragmentação per se. Fahrig (2003) destaca que um dos problemas na abordagem de estudos relativos ao tema aqui revisado é que o termo fragmentação deve se restringir à quebra da área contínua em fragmentos, independente de perda de área.

Muitos dos estudos sobre o tema abordam as comunidades vegetais nos fragmentos, principalmente de espécies arbóreas, destacando as alterações sofridas pelos grupos biológicos. Benitez-Malvido (1998), em estudo na Amazônia, registrou menor abundância de plântulas em pequenos fragmentos (<1ha) que em floresta contínua. Maior mortalidade de indivíduos adultos (Laurance 2001), especialmente grandes árvores (DAP>60cm) (Laurance et al. 2000) e aumento

na mortalidade de plântulas e indivíduos jovens, reduzindo o estabelecimento das espécies (Tabarelli et al. 2004), também são resultados da fragmentação florestal.

As espécies também podem responder de forma diferenciada aos efeitos da fragmentação (Henle et al. 2004). Árvores pioneiras de vida curta parecem se beneficiar dos efeitos da fragmentação, aumentando sua abundância em ambientes fragmentados (Tabarelli et al. 1999; Oliveira et al. 2004). Porém, árvores tolerantes à sombra, emergentes e com grandes sementes, ditas sensíveis à borda, diminuem em abundância localmente (no fragmento) e em escala regional (um conjunto de fragmentos florestais) (Tabarelli et al. 2004).

Outros fatores também responsáveis pela ruptura de processos ecológicos são o isolamento dos remanescentes florestais (Lovejoy et al. 1986; Fahrig 2003), a influência da matriz e a forma dos fragmentos. Segundo alguns autores o nível de similaridade entre o habitat e a matriz determinam o fluxo biológico e energético entre os fragmentos (Gascon et al. 2000), interferindo no fluxo de vetores de pólen e sementes (Bierregaard et al. 1992; Aizen & Feinsinger 1994a e b). A forma do fragmento deve determinar a proporção da área de borda (Metzger 2003), sendo que quanto mais recortados ou alongados, maior o “efeito de borda”.

II.4. O efeito de borda

Definido como a interação entre a área florestada e a matriz não florestada (Bierregaard et al. 1992; Murcia 1995), o efeito de borda é uma das consequências da fragmentação florestal (Laurance et al. 1998; Fahrig 2003) e pode ter uma extensão variável, dependendo do organismo em questão (Laurance 2000). Kapos (1989) por exemplo, estudando os efeitos do microclima em bordas de fragmentos pequenos (1ha) e maiores (100ha) sobre as plantas de sub-bosque na Amazônia, encontrou que, áreas próximas às bordas eram mais secas e quentes e com menor umidade no solo que no interior dos fragmentos, e isto se estendia nos primeiros 40m da floresta. Os estudos sobre efeito de borda objetivam conhecer as consequências ecológicas da criação de bordas sobre comunidades biológicas de remanescentes florestais (Lovejoy et al. 1986; Kapos 1989; Saunders et al. 1991; Murcia 1995; Laurance & Bierregaard 1997; Silva & Tabarelli 2000; Newmark 2001; Laurance et al. 2000, 2002; Oliveira et al. 2004) e raramente os pesquisadores se preocupam apenas com as alterações microclimáticas sofridas nas bordas (veja Newmark 2001).

Murcia (1995) fez uma revisão sobre os efeitos de borda em áreas fragmentadas e suas implicações para a conservação destacando a falta de um padrão no desenho experimental e de metodologias nas pesquisas, além de descrever três tipos de efeito de borda, sendo eles: i) efeitos abióticos, englobando mudanças ambientais resultantes da pouca distância da floresta com a matriz estruturalmente diferente, ii) efeitos biológicos diretos, envolvendo alterações na abundância e distribuição de espécies, resultado das condições físicas próximas à borda e da diferença na tolerância das espécies às condições na borda ou próximos à ela, iii) efeitos biológicos indiretos, envolvendo mudanças nas interações entre as espécies, como predação, parasitismo, competição, herbivoria, polinização e dispersão de sementes por vetores bióticos. A intensidade de todos esses efeitos era medido pela distância d de penetração destas alterações na floresta.

Alguns trabalhos abordam as respostas biológicas de plantas aos fatores abióticos da borda (Kapos 1989; Camargo & Kapos 1995; Fox et al. 1997; Williams–Linera 1990; Bruna 1999). Com a criação de uma borda, ocorrem alterações microclimáticas nestes locais, com aumento da temperatura e da velocidade do vento, maior turbulência e menor umidade do solo e do ar (Lovejoy et al. 1986; Murcia 1995; Bierregaard et al. 2001). Árvores emergentes próximas a bordas ficam mais expostas a ventos, penetração de luz lateral, aumentando a perda de folhas, os danos físicos como quebra de ramos, perda da copa e queda da árvore (Ferreira & Laurance 1997). Com a queda de grandes árvores, outras que estão nos estratos inferiores também caem, abrindo desta forma uma clareira, que por sua vez aumenta a incidência luminosa no solo (Laurance et al. 2002).

A alteração da composição florística em ambientes de borda se dá uma vez que, com o aumento da luminosidade, ocorre a germinação de sementes do banco de sementes presente no solo (Williams-Linera 1990), que seriam preferencialmente de espécies intolerantes à sombra, visto sua maior abundância em bancos de sementes em florestas tropicais (Garwood 1996). Portanto estes locais que seriam ocupados por espécies com biologia distinta acabam sendo colonizados por espécies pioneiras. Isto resulta em aumento da abundância de adultos de espécies intolerantes à sombra nas bordas dos fragmentos (Oliveira et al. 2004). Segundo Laurance et al. (1998) a altura dos adultos também é importante na manutenção de populações de árvores em bordas.

As alterações microclimáticas e físicas em bordas de florestas determinam a altura e estratificação dos indivíduos arbóreos, transformando a estrutura e composição da vegetação próximas às margens do fragmento (Camargo & Kapos 1995; Fox et al. 1997; Franceschinelli et al. 2003). A presença de adultos altos e de dossel seria inviável em bordas, dada a turbulência dos ventos nos estratos superiores (Laurance et al. 2000, 2002). Portanto áreas de borda tendem a perder biomassa, estratificação vertical e espécies arbóreas (Oliveira et al. 2004).

Embora alguns trabalhos abordem o estudo do efeitos de borda na composição de espécies, poucos são os que abordam a influência do efeito de borda em interações ecológicas como a polinização (Aizen & Feinsinger 1994a, b) e a dispersão de sementes (Melo & Tabarelli 2003; Melo 2004).

II.5 Estudos fenológicos

A fenologia aborda os eventos biológicos cíclicos (Lieth 1974), assim como o período de crescimento e reprodução de plantas (floração e frutificação), os quais interferem na disponibilidade de recursos para animais polinizadores e dispersores (Frankie et al. 1974a e b; Morellato & Leitão-Filho 1990). Alguns estudos em fenologia, portanto, discutem a dinâmica dos ecossistemas florestais, a reprodução e regeneração de plantas e suas interações com polinizadores, dispersores e predadores de flores e sementes (Fournier 1976; Young 1988; Bawa 1990; Morellato 1992, 2003; Morellato & Leitão-Filho 1990, 1992; Newstrom et al. 1994; Frankie et al. 1994 a e b; van Schaik et al. 1993).

Em florestas tropicais chuvosas de terras baixas, onde os valores de temperatura e umidade são quase constantes ao longo do ano, padrões fenológicos diversos são descritos (Sarmiento & Monasterio 1983). Por outro lado, em regiões temperadas o inverno inibe o crescimento de espécies vegetais, de forma que ciclos fenológicos sazonais são predominantes nestes ambientes (Newstrom et al. 1994). Em florestas tropicais secas, as espécies também apresentam sincronia sazonal em seus padrões fenológicos (Frankie et al. 1974a; Sarmiento & Monasterio 1983; Reich & Borchert 1984).

Estudos abordando fenologia e sazonalidade nos neotrópicos foram desenvolvidos em sua maioria em florestas com estações climáticas distintas (Daubenmire 1972; Frankie et al. 1974; Monasterio & Sarmiento 1976; Alencar et al. 1979; Opler 1980; Morellato 1995; Morellato et al.

1989; Ortiz 1990). Em florestas neotropicais úmidas com clima pouco sazonal são poucos os trabalhos realizados (Frankie et al. 1974; Hilty 1980; Opler et al. 1980). Na floresta Atlântica brasileira podemos destacar vários trabalhos, com diferentes níveis de abordagem, como estudos comparativos abordando algumas espécies (Morellato et al. 1989; Morellato & Leitão-Filho 1990; Talora & Morellato 2000; Morellato et al. 2000; Bencke & Morellato 2002; Pedroni et al. 2002), uma única espécie (e.g. Almeida & Alves 2000) ou um grupo aparentado (Morellato & Leitão-Filho 1996; Bulhão & Figueiredo 2002).

Padrões fenológicos sazonais são citados nos mais variados tipos vegetacionais brasileiros, como em floresta úmida no Pará (Knowles & Parrota 1997), em caatinga e em mata serrana no estado de Pernambuco (Machado et al. 1997; Locatelli & Machado 2004) e em floresta montana de galeria na Bahia (Funch et al. 2002), porém os picos de atividade fenológica (para as fenofases queda de folhas, floração e frutificação) ocorrem em diferentes estações. Diferentes fatores regulam os padrões sazonais para a fenologia de árvores em floresta Atlântica chuvosa, como luz e temperatura (Morellato et al. 2000), ou precipitação e temperatura em floresta Atlântica semi-decídua (Morellato et al. 1989).

Em floresta Atlântica sob clima pouco sazonal, onde a água não é fator limitante para o crescimento e reprodução das espécies vegetais, a floração ocorre na estação mais úmida, enquanto a frutificação ocorre na estação menos úmida ou ao longo de todo o ano (e.g. Mori et al. 1982; Costa et al. 1992; Morellato et al. 2000; Talora & Morellato 2000). Picos de floração e frutificação não são muito claros ao longo do ano em outras florestas tropicais úmidas (Croat 1969; Hilty 1980; Opler et al. 1980) ou ocorrem de forma maciça em intervalos supra-anuais na Malásia (e.g. Appanah 1993; Corlett 1990; Sakai et al. 1999).

Aspectos bióticos relacionados à fenologia também vêm sendo abordados em estudos na floresta Atlântica brasileira nesta última década, podendo-se destacar o trabalho de Buzato et al. (2000) que aborda a diversidade florística e a fenologia da flora ornitófila em floresta Atlântica chuvosa, cujas espécies florescem anualmente e por longos períodos. Galleti et al. (2000) estudaram a frugivoria de quatro das cinco espécies de tucanos ocorrentes na floresta Atlântica chuvosa, discutindo que a disponibilidade de recursos vegetais pode gerar exclusão competitiva para algumas espécies de aves frugívoras. Pizo & Oliveira (2000) discutem interações entre as formigas cortadeiras e a queda de frutos (não mirmecocóricos) no solo deste tipo florestal. Neste

último caso, os autores sugerem que tal interação seja comum em florestas chuvosas de terras baixas, onde a abundância de formigas depende da abundância de frutos disponíveis.

Conhecer a disponibilidade de frutos para animais frugívoros é de grande importância para a compreensão da dinâmica florestal em um ecossistema (Galleti et al. 2004). Da mesma forma, Koptur et al. (1988) destacam que o conhecimento da disponibilidade temporal de flores é de grande relevância para o planejamento de propostas de manejo e conservação, visto que estas flores são recursos para muitos animais antófilos, influenciando por sua vez a ocorrência de vetores de pólen em uma comunidade ao longo do ano. Outros autores discutem ainda que, como as comunidades de vetores de pólen são estratificadas, podemos relacionar a distribuição das flores no espaço à estratificação destes animais nesta comunidade (e.g. Frankie 1975; Bawa et al. 1985a e b; Bawa 1990).

Tendo em vista a diversidade dos padrões fenológicos na floresta Atlântica brasileira e a importância destes ciclos de disponibilidade dos recursos vegetais para todas as teias de interações neste ecossistema, fica clara a importância de se conhecer a fenologia vegetativa e reprodutiva de comunidades vegetais, para que sejam propostos planos de manejo e restauração de áreas degradadas e que sejam restauradas e mantidas as interações entre as plantas e seus animais polinizadores e dispersores. Principalmente por que somente nas últimas décadas a influência das mudanças climáticas globais e da fragmentação florestal na fenologia vêm sendo investigada (e.g. Corllet & LaFrankie 1998; Cunnigham 2000; Hill & Curran 2001; Fuchs et al. 2003; D'Eça Neves 2004) e, dentre estes, somente D'Eça Neves (2004) traz comparações do efeito de borda, analisando e comparando os ambientes de borda e interior.

II.6. As síndromes de polinização

A polinização pode ser definida como a transferência de grãos de pólen das anteras para o estigma de uma flor (Richards 1986; Endress 1994). Este processo envolve um sistema complexo de componentes morfológicos, fisiológicos, fenológicos e populacional (Tabla & Bullock 2002), que estão relacionados a diferentes visitantes florais. A determinação destes visitantes florais como potenciais vetores de pólen é importante para se caracterizar os polinizadores (Faegri & Pijl 1979; Endress 1994; Proctor et al. 1996; Machado & Lopes 2003, 2004).

O conjunto de atributos florais como recurso ofertado, cor, odor, formato e tamanho, que permitem o acesso às flores por um determinado grupo de polinizadores, restringindo seu acesso a outros é denominado síndrome de polinização (Faegri & van der Pijl 1979). De acordo com o conceito de síndromes, as características florais são: i) adaptativas; ii) moldadas de acordo com a interação com os polinizadores; iii) definem certa especificidade na interação planta-polinizador (Tabla & Bullock 2002). Enquanto o conceito de síndromes teoriza que a especialização em grupos funcionais é ocorrência comum na evolução das plantas (Fenster et al. 2004), a generalização, mais comumente encontrada, sugere que todos os polinizadores são funcionalmente equivalentes (Gomez 2002) e muitos invertebrados protagonistas devem estar envolvidos (Ghazoul 2004).

Por isso, alguns estudos questionam o conceito de síndromes, discutindo a especificidade e o papel dos polinizadores na evolução das características das flores (veja Feinsinger 1983; Waser 1983; Waser et al. 1996). Por outro lado, existem evidências da validade do conceito de síndromes, cujos potenciais polinizadores estão de acordo com os caracteres florais descritos para determinadas síndromes, como demonstram Muchhala & Jarrín-V (2002) para a síndrome da quiropterofilia em floresta no Equador, Machado & Lopes (2003, 2004) para as síndromes em geral de três comunidades na Caatinga e Araujo (2001) para a comunidade ornitófila em capões no Pantanal e Cara (2002) para uma espécie ornitófila em capões e matas ciliares da planície pantaneira.

É indiscutível a importância das síndromes de polinização como ferramenta na construção de hipóteses ao se estudar a história da evolução das interações entre as plantas e seus visitantes florais (Tabla & Bullock 2002; Fenster et al. 2004), seja através de descrições gerais das síndromes em nível de comunidade ou estudos comparativos da biologia da polinização de diferentes taxons (Ramirez et al. 1990; Herrera 1996; Ollerton 1996; Johnson & Steiner 2000). Além disso, há grande relevância do processo de polinização na manutenção dos ecossistemas, uma vez que muitas espécies nos neotrópicos obrigatoriamente requerem vetores de pólen para sua reprodução (e.g. Bawa et al. 1985 a e b; Bullock 1985; Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger 1986; Ramirez 1989; Kress & Beach 1994).

Em florestas tropicais, o clima sazonal influencia a ocorrência de agentes polinizadores, dispersores, predadores e competidores (Lieberman 1982), e de acordo com a estrutura da vegetação, forma, estratificação vertical, número de espécies e composição da comunidade, o

número de espécies zoófilas aumenta, à medida que aumenta a riqueza de uma comunidade (Vogel & Westerkamp 1991). Portanto, a alta riqueza de espécies vegetais em florestas tropicais primárias está relacionado a diferentes níveis de riqueza de mecanismos de polinização (Appanah 1981; Ashton 1969; Bawa et al. 1985a e b; Kress & Beach 1994; Momose et al. 1998; van Dulmen 2001).

A entomofilia, ou síndrome de polinização realizada pelos insetos, como abelhas, moscas, vespas e formigas predomina em diferentes ecossistemas, com destaque para a melitofilia ou polinização por abelhas (Bawa 1990; Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger 1988; Silva et al. 1997; Oliveira & Gibbs 2000; Machado & Lopes 2003, 2004). Dentre os vertebrados os beija-flores são importantes polinizadores em comunidades vegetais, com 2-15% das espécies em ambientes florestais no Brasil, na América Central e no cerrado brasileiro sendo ornitófilas (Feinsinger 1983; Bawa et al. 1985b; Linhart et al. 1987; Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger 1988; Ramirez 1989; Oliveira 1991; Ormond et al. 1991; Kress & Beach 1994; Barbosa 1997; Buzato et al. 2000).

A polinização por morcegos (quiropterofilia) é exclusiva dos trópicos, sendo mais freqüente em árvores, ocasional em epífitas e raras em herbáceas (Endress 1994), embora existam registros recentes de espécies herbáceas quiropterófilas (e.g. Machado et al. 1998; Machado & Vogel 2004). A freqüência de ocorrência desta síndrome varia entre 1,8-3,6% nos ambientes de cerrado, restinga e florestas úmidas (Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger 1988; Oliveira & Gibbs 2000; Ormond et al. 1993; Bawa et al. 1985; Kress & Beach 1994), até 13,1% para a região de Caatinga, segundo Machado & Lopes (2003, 2004).

Estudos abordando a cantarofilia ou polinização por besouros já mostraram a ocorrência da síndrome com 0,7% de freqüência na caatinga (Machado & Lopes 2003, 2004), 2% (Oliveira & Gibbs 2000), de 15% em estudos no cerrado (Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger 1988) e de 7,3% e 12,7% em florestas úmidas (Bawa et al. 1985; Kress & Beach 1994), com destaque para a família Annonaceae (Machado & Lopes 2003, 2004).

Por outro lado, a anemofilia, ou polinização pelo vento, é pouco freqüente na floresta tropical chuvosa, tornando-se maior com o aumento da latitude, assim como em áreas de menor diversidade florística, sendo dominante em vegetação aberta (savanas por exemplo) ou com perda sazonal de folhas (como nas florestas temperadas do norte) (Whitehead 1969). Confirmando o descrito por Whitehead (1969), os registros de espécies anemófilas são de 2% em caatinga

(Machado & Lopes 2003, 2004), 2,5% em florestas tropicais (Bawa et al. 1985; Kress & Beach 1994) e 13,6% em área de cerrado (Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger 1988).

Outras síndromes também registradas em estudos é a da polinização por diversos pequenos insetos, que de acordo com alguns estudos pode variar de 2,4% em floresta de Dipterocarpaceae (Kato 1996) a 49% em cerrado (Oliveira & Gibbs 2000), enquanto a miofilia (polinização efetuada por moscas) varia de 1,8% em floresta úmida (Kress & Beach 1994) a 17,8% em restinga (Ormond et al. 1993), não tendo sido registrada por Machado & Lopes (2003, 2004) em área de Caatinga.

II.7. Fragmentação florestal vs. polinização

Tendo em vista o exposto acima somos levados a refletir sobre os efeitos da fragmentação nas interações planta-polinizador. Segundo Rathcke & Jules (1993), a interferência da fragmentação se dá a partir da mudança sofrida pelo ambiente abiótico. Segundo os autores a redução no tamanho das populações aumenta seu isolamento e os circunda por uma matriz constituída por um novo ambiente, como campos cultivados para agricultura ou para áreas de desenvolvimento humano. Portanto, espécies de plantas mais generalistas, visitadas por um amplo espectro de polinizadores seriam menos vulneráveis ao sofrer a perda de uma ou de algumas espécies de polinizadores. Por outro lado, os autores relatam ainda que estas espécies de plantas podem sofrer uma queda no sucesso reprodutivo, uma vez que os polinizadores podem não ser substituídos (Aizen & Feinsinger 1994a).

A fragmentação florestal pode afetar a diversidade de polinizadores e seu comportamento de forrageamento, o que por sua vez interfere no sucesso reprodutivo e sistema sexual das plantas por eles polinizadas (Ghazoul 2004; Quesada et al. 2004). Alguns estudos mostram que em paisagens fragmentadas os recursos são mais escassos e a distância entre os recursos é maior, por isso muitos polinizadores gastam mais tempo forrageando na mesma planta ou flor, aumentando o nível de auto-polinização (Cascante et al. 2002; Fuchs et al. 2003) ou reduzindo a produção de sementes em espécies auto-incompatíveis (Aizen & Feinsinger 1994a; Cascante et al. 2002; Quesada et al. 2003).

Polinizadores especialistas em uma ou poucas espécies de plantas, como abelhas euglossine (Powell & Powell 1987) e abelhas solitárias (Mitchell 1960; Michener 1974) seriam

especialmente vulneráveis à fragmentação de habitats por muitas razões. Polinizadores especialistas frequentemente existem em pequenas populações, com distribuição agrupada (Quesada et al. 2004), portanto pequenos fragmentos são mais possíveis de excluir estas populações, podendo causar a extinção destas populações (Simberloff 1988). De acordo com Linhart & Feinsinger (1980), perturbações que rompem interações planta-polinizadores tem efeitos mais severos sobre inter-relações muito especializadas do que sobre as mais generalizadas e qualquer fator afetando a disponibilidade relativa da planta ou de seu polinizador, necessariamente afetaria ambas populações (Janzen 1974). Estudos abordando árvores em florestas tropicais tem demonstrado ainda que alguns polinizadores generalistas não são negativamente afetados pela fragmentação florestal, garantindo alto fluxo de pólen em áreas abertas (Dick 2001; White et al. 2002).

Donaldson et al. (2002) ao analisarem os efeitos da fragmentação na diversidade de polinizadores e no sucesso reprodutivo de algumas espécies de plantas perenes na África do Sul, verificaram que a frutificação variou em função da distância dos grandes fragmentos, indicando que fragmentos maiores seriam fontes doadoras de polinizadores para os remanescentes menores. Além disso a baixa frutificação ou o declínio de polinizadores em grandes fragmentos, indicou a perda da heterogeneidade de habitat, resultante da dominância de poucas espécies de arbustos nestes locais. Os autores questionam a necessidade do estabelecimento de corredores ecológicos conectando fragmentos grandes e pequenos, pois segundo eles, grandes fragmentos agindo como “fonte” de polinizadores, enquanto os menores mantêm pequenas populações de espécies raras, possibilitariam a manutenção destes fragmentos por si só, possibilitando o fluxo de polinizadores entre os fragmentos e a manutenção das populações vegetais.

Porém, caso não haja conexão para as plantas em certos “compartimentos de polinização”, o fluxo gênico fica interrompido e o sistema planta-polinizador ficará ameaçado (Roubik 2000).

II.8. Os sistemas sexuais

Os sistemas sexual e de reprodução são dois outros componentes do sucesso reprodutivo que estão ligados às diferentes estratégias de polinização (Tabla & Bullock 2002). O primeiro se refere à expressão da sexualidade floral (hermafroditismo, dioicismo, monoicismo) enquanto o segundo se refere aos mecanismos de autocompatibilidade, ou seja, à capacidade de se produzir

sementes por fertilização de um óvulo com pólen da mesma planta (Richards 1986). Conhecer o modo como as espécies vegetais se reproduzem sexuadamente é importante para se compreender a dinâmica das populações e as causas de raridade, bem como para a conservação de plantas raras (e.g. Drury 1974, 1980; Harper 1979; Ayensu 1981; Kruckeberg & Rabinowitz 1985).

Estudos abrangendo a biologia reprodutiva de um ecossistema vegetal, que englobem os mecanismos de polinização, os sistemas sexuais e a dispersão de sementes fornecem informações práticas importantes e que facilitam a compreensão das relações planta-animal, a distribuição das populações e a dinâmica do fluxo gênico entre estas populações (Bawa et al. 1985a e b). Resultados dessa magnitude podem ser aplicados no conhecimento da sucessão em áreas degradadas e abandonadas, no cruzamento seletivo de espécies com interesse econômico e em uma melhor avaliação para a conservação da diversidade genética das comunidades em manejos ambientais (Bullock 1985).

Pesquisas desta natureza foram realizadas em floresta tropical do Panamá (Croat 1979), floresta tropical decídua do México (Bullock 1985), florestas tropicais da Costa Rica (Bawa et al. 1985a e b), da Venezuela (Sobrevilla & Arroyo 1982) e em floresta úmida em Porto Rico (Flores & Schemske 1984), dentre outras. No Brasil, podemos citar alguns estudos no cerrado (Oliveira 1996; Oliveira & Gibbs 2000), na caatinga (Machado & Lopes 2003, 2004; Machado et al. 2006), na restinga (Ormond et al. 1991; Matallana et al. 2005) e na Mata Atlântica (Silva et al. 1997; Morellato 2004).

Embora o hermafroditismo predomine entre as angiospermas (Renner & Ricklefs 1995), sistemas díclinos como monoícia e dioícia tem sido estudados a fim de se compreender a evolução dos sistemas sexuais e seu significado entre as angiospermas (e.g. Renner & Feil 1993; Renner & Ricklefs 1995; Oliveira 1996; Oliveira & Gibbs 2000; Morellato 2004; Matallana et al. 2005). A evolução dos sistemas sexuais tem sido relacionada ao fato de que a polinização cruzada evita a depressão endogâmica (Thomson & Barret 1981; Lloyd 1982; Sakai et al. 1995; Freeman et al. 1997).

De acordo com Bullock (1995), de uma forma geral, a ocorrência dos sistemas sexuais não difere muito entre áreas de matas secas e entre florestas secas e úmidas. Alguns estudos, como em Chamela (México), no Barro Colorado (Panamá) e em La Selva (Costa Rica), relatam as frequências de sistemas sexuais muito semelhantes, com hermafroditismo entre 70-76,5%, monoicismo entre 12-17,6% e dioicismo entre 8,7-17% (Bullock 1985; Kress & Beach 1994;

Croat 1979). Em vegetação de restinga, Matallana et al. (2005) registraram freqüências semelhantes para os diferentes sistemas sexuais, com 75% das espécies hermafroditas, 14% dióicas e 11% monóicas.

Relacionando o sistema sexual com a forma de vida, tanto para floras tropicais como temperadas, são registrados uma forte relação entre dioicismo e hábitos arbóreo e arbustivo (Freeman et al. 1980a e b; Flores & Schemske 1984; Bullock 1985). Em florestas úmidas, como em Los Tuxtlas (México), dioicia é mais comum em árvores polinizadas pelo vento e por insetos pequenos e generalistas (Ibarra-Manríquez & Oyama 1992). Gentry (1995) relata que em florestas secas a polinização de espécies arbóreas é efetuada por insetos especialistas. A anemofilia entre árvores tropicais foi observada em espécies dióicas no México, por Bullock (1994).

Portanto, a dioicia tem sido relacionada com alguns atributos ecológicos (Bawa & Opler 1975; Bawa 1980; Flores & Schemske 1984), como o nível de degradação da floresta (Croat 1979; Bawa et al. 1985a; Bullock 1985; Ormond et al. 1991; Oliveira 1996), o hábito trepador (Renner & Ricklefs 1995), com entomofilia (Bawa 1974; Ibarra-Manríquez & Oyama 1992; Oliveira & Gibbs 2000), com anemofilia e com frutos carnosos zoocóricos (Ibarra-Manríquez & Oyama 1992). Além disso, floras tropicais e insulares tem alta proporção de espécies dióicas (Bawa 1980; Renner & Riclefs 1995), em oposição a floras temperadas e continentais (Flores & Schemske 1984).

O sucesso reprodutivo de plantas pode diminuir caso estas apresentem algumas características, sendo elas i) dependência de polinizadores para formação de sementes, ii) especialização em uma espécie ou tipo de polinizador, iii) auto-incompatibilidade ou iii) alta depressão endogâmica (Rathcke & Jules 1993). De acordo com estes autores, poucas são as evidências que avaliam os efeitos relativos destes fatores na reprodução de plantas em ambientes fragmentados (Aizen & Feinsinger 1994a e b). Morellato (2004) ao estudar espécies dióicas do gênero *Trichilia* (Meliaceae) verificou que a necessidade de fertilização cruzada parece ser uma força seletiva determinante dos padrões de floração observados para as espécies observadas em floresta semi-decídua.

Com base na literatura revisada podemos observar a necessidade de manutenção dos processos mutualísticos e de estudos abordando o sistema reprodutivo de comunidades vegetais em ambientes fragmentados. A importância dos efeitos indiretos na causa do declínio de espécies

em fragmentos precisa ser testada, assim como mais estudos são necessários a fim de elucidar os efeitos da fragmentação de habitats nas interações planta-polinizadores.

II.9. A dispersão de sementes

A dispersão de sementes tem profundas conseqüências para as populações, podendo influenciar sua dinâmica, persistência, distribuição, abundância das espécies e a estrutura das comunidades (Dieckmann et al. 1999; Nathan & Muller-Landau 2000). Além disso a dispersão influencia o fluxo gênico entre populações vegetais (Ouborg et al. 1999) e afeta processos como a adaptação local, especiação e a evolução das características da história de vida (Van der Pijl 1969).

Estudos relativos à importância da dispersão para a colonização e persistência de populações já vêm sendo realizados há algumas décadas (e.g. Harper 1977; Howe & Smallwood 1982). Porém somente na última década foram publicados trabalhos preocupados em explicar como esta fase do ciclo de vida influencia a estrutura das comunidades (Bullock et al. 2002; Cain et al. 2000; Nathan & Muller-Landau 2000; Wang & Smith 2002; Clark et al. 2004).

A persistência dos indivíduos depende da dispersão das sementes, uma vez que através da dispersão estes indivíduos podem escapar da mortalidade resultante da competição, da predação e de doenças, fatores estes dependentes da densidade (Smythe 1989; Hughes et al. 1994; Fuentes 2000). Liberação das sementes em ambientes adequados para sua germinação e a colonização de novos habitats afastados dos parentais são outros benefícios da dispersão de sementes (Hoch & Adler 1997; Howe & Smallwood 1982). Segundo alguns estudos, tais benefícios afetam o recrutamento das plantas, sua distribuição espacial e viabilidade a longo termo de suas populações (Janzen 1970; Howe 1984; Silva & Tabarelli 2000; Turner 2001; Tabarelli & Peres 2002).

Em florestas neotropicais, cerca de 50-90% das espécies arbóreas e arbustivas produzem frutos adaptados à dispersão por animais, especialmente por vertebrados (Howe & Smallwood 1982; Gentry 1983; Estrada & Fleming 1986; Morellato & Leitão-Filho 1992; Jordano 1992; Peres & van Roosmalen 2002). De acordo com alguns estudos as angiospermas desenvolveram frutos com determinadas características que aumentam as chances de remoção das sementes por dispersores, removendo-as para longe da planta parente, onde a semente possa alcançar sítios seguros para germinação. Estas características incluem cor do diásporo (Willson & Thompson

1982; Willson & Whelan 1990), tamanho e forma (Levey 1987), valor nutricional de pericarpo, arilo ou elaiossomo (Herrera 1982) e tempo de abertura dos frutos (Smythe 1970; Wilkander 1984; Gautier-Hion et al. 1985; Herrera 1987).

As características morfológicas e fisiológicas dos frutos associados com determinados tipos de agentes dispersores denominou-se síndromes de dispersão (van der Pijl 1982; Renner 1987). Segundo Pijl (1982), três categorias de agentes dispersores podem ser destacados, sendo eles: i) anemocóricas, cujos diásporos estão adaptados à dispersão pelo vento; ii) zoocóricas, quando os diásporos são adaptados a serem dispersos por animais, e, iii) autocóricas, quando os diásporos não apresentam adaptações para dispersão pelos vetores anteriormente citados, enquadrando aqui espécies cuja dispersão pode ocorrer através da gravidade (barocóricas) ou de forma explosiva.

Estratégias fenológicas também têm sido apontadas como facilitadores da dispersão de sementes. Alguns autores descrevem que em ambientes tropicais a maturação de frutos carnosos zoocóricas ocorre preferencialmente na estação chuvosa, enquanto a de frutos secos, anemo ou autocóricas, principalmente na estação seca (Smythe 1970; Frankie et al. 1974; Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 1983; Oliveira & Moreira 1992; Wilkander 1984; Griz & Machado 2001). Tal período de maturação dos frutos estaria associado às condições favoráveis para a dispersão das sementes, seja pela atividade dos animais dispersores, condições abióticas ou melhor período para a germinação da semente (Snow 1965; Fleming 1979).

Trabalhos abordando a disponibilidade de frutos demonstra grandes diferenças na produção de frutos ao longo do ano nas diferentes florestas no mundo, como os estudos realizados na Ásia (e.g. Medway 1972; Leighton & Leighton 1983), na América Central e do Sul (e.g. Foster 1982; Terborgh 1983) e na África (e.g. Alexandre 1980; Lieberman 1982; Gautier-Hion et al. 1985). Apesar da dominância de espécies zoocóricas e de vertebrados frugívoros em florestas tropicais (Gautier-Hion et al. 1980, 1985; Terborgh 1983; Locatelli & Machado 2004), alguns autores discutem que os mecanismos de dispersão diferem entre florestas tropicais e paleotropicals (e.g. Howe & Smallwood 1982), florestas decíduas e sempre verdes (Gentry 1995) e dependendo do estágio sucessional (Brown & Lugo 1990).

Portanto, vertebrados frugívoros são um componente importante das florestas tropicais, onde grande número de espécies de plantas dependem destes animais para a dispersão de suas sementes (Howe & Smallwood 1982), além da regeneração da vegetação ser facilitada por estes

animais e a manutenção da biodiversidade ser assegurada (Shanahan & Compton 2000). Embora alguns grupos de dispersores como aves, morcegos e primatas sejam conhecidos como grupos mais importantes (van der Pijl 1982; Howe 1986; Stevenson et al. 2000), pequenos mamíferos não-voadores também merecem destaque (Forget 1996).

A substituição gradativa de árvores e arbustos com vetores abióticos de sementes por outras cujos animais vertebrados dispersam suas sementes, foi sugerida em alguns trabalhos na floresta Amazônica (Uhl 1987; Nepstad et al. 1996) e na floresta Atlântica brasileira (Tabarelli & Mantovani 1999; Tabarelli & Peres 2002). Outros estudos discutem ainda que, dentre as espécies zoocóricas em florestas secundárias tardias, a produção de frutos e sementes pequenas parece ser gradualmente substituída pela produção de frutos e sementes médias a grandes em florestas mais antigas (Howe & Smallwood 1982). Comparando habitats de floresta tropical e de florestas temperadas decíduas, que são ambientes mais abertos, as grandes massas de sementes na flora tropical pode ser resultado das condições de estabelecimento de plântulas em ambientes sombreados (Lord et al. 1997).

Estratégias de frutificação, de acordo com alguns trabalhos, seriam expressões das pressões seletivas sobre as espécies vegetais, podendo-se destacar a sazonalidade climática, estratificação vertical das espécies (dossel, emergentes, sub-bosque), ambiente ocupado (clareiras, ambientes sombreados), predação de sementes, disponibilidade temporal e espacial de animais frugívoros dispersores e competição por dispersores (Snow 1965; van der Pijl 1979; Smythe 1970; Janzen 1978; Fleming 1979; Opler et al. 1980; Howe & Smallwood 1982).

A fragmentação de habitats acarreta a perda de área, que por sua vez gera redução na oferta de alimentos para animais frugívoros (Silva & Tabarelli 2000), que utilizam grandes áreas para forragear. Diminuindo a atividade dos dispersores na área, espécies de planta com frutos carnosos, tipicamente zoocóricos que estejam frutificando também serão afetados, assim como toda a comunidade vegetal (Fuentes 2000; Primack & Rodriguez 2002). Segundo Primack & Rodriguez (2002), a fragmentação limita a dispersão de uma espécie, impedindo a colonização de novos ambientes. Além disso, a fragmentação de habitat, barreiras humanas para a dispersão, e a perda de animais dispersores deve impedir que muitas espécies de plantas consigam ser dispersas (Primack & Miao 1992).

Tendo em vista o exposto acima, biólogos conservacionistas e ecólogos questionam se as espécies de plantas são capazes de serem dispersas para sítios novos e seguros antes que sejam

extintas em seus ambientes originais como resultado da alteração de habitats devido, principalmente, à fragmentação florestal, justificando a importância em se estudar os mecanismos de dispersão de sementes em ambientes florestais. Através do conhecimento das síndromes de dispersão e da biologia das sementes é possível compreender processos que ocorrem nas comunidades de plantas, como o estabelecimento de plântulas, a sucessão e a regeneração florestal, e desta forma se implementar planos de manejo e conservação de áreas degradadas.

II.10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (citações nas normas do periódico Annals of Botany)

- Aizen MA, Feinsinger P. 1994a.** Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a Chaco Dry Forest, Argentina. *Ecology* **75**: 330-351.
- Aizen MA, Feinsinger P. 1994b.** Habitat fragmentation, native insect pollinators, and feral honey bees in Argentine “Chaco Serrano”. *Ecological Applications* **4**: 378-392.
- Alencar JC, Almeida RA, Fernandes NP. 1979.** Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. *Acta Amazonica* **9**: 63-97.
- Alexandre DY. 1980.** Caractere saisonnier de la frutification dans une forest hygrophile de cote-d’ivoire. *La Terre et la Vie, Revue d’Ecologie Appliquée* **34**: 335-350.
- Almeida EM, Alves MAS. 2000.** Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. brasiliensis* (Rubiaceae) em uma área de floresta Atlântica no sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* **14**: 1-14.
- Appanah S. 1993.** Mass flowering of dipterocarp forests in the aseasonal tropics. *Journal of Biosciences* **18**: 457-474.
- Appanah, S. 1981.** Pollination in Malaysian primary forests. *Malaysian Forestry* **44**: 37-42.
- Araújo AC. 2001.** *Flora, fenologia de floração e polinização em capões do Pantanal sul matogrossense*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Ashton PS. 1969.** Speciation among tropical forest trees: some deductions in the light of recent evidence. *Biological Journal of the Linnean Society* **1**: 155-196.
- Ayensu ES. 1981.** *Medicinal Plants of the West Indies*. Reference Publications Inc.: Algonac, Michigan.
- Barbosa AAA. 1997.** *Biologia reprodutiva de uma comunidade de Campo sujo, Uberlândia – MG*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Batalha M, Mantovani W. 2000.** Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de-Gigante reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): comparison between the herbaceous and woody floras. *Revista Brasileira de Biologia* **60**: 129-145.
- Bawa KS, Opler PA. 1975.** Dioecism in tropical forest trees. *Evolution* **29**: 167-179.
- Bawa KS, Perry DR, Beach JH. 1985a.** Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. Sexual systems and incompatibility mechanisms. *American Journal of Botany* **72**: 331-343.
- Bawa KS, Bullock SH, Perry DR, Coville RE, Grayum MH. 1985b.** Reproductive biology of

- tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. *American Journal of Botany* **72**: 345-356.
- Bawa KS. 1974.** Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. *Evolution* **28**: 85-92.
- Bawa KS. 1980.** Evolution of dioecy in flowering plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* **11**: 15-39.
- Bawa KS. 1990.** Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* **21**: 399-422.
- Bencke CSC, Morellato LPC 2002.** Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta Atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* **25**:237-248.
- Benitez-Malvido J, Garcia-Guzman, JG, Kossmann-Ferraz ID. 1999.** Leaf fungal incidence and herbivory on tree seedlings in tropical rain-forest fragments: an experimental study. *Biological Conservation* **91**:143-150.
- Benitez-Malvido J. 1998.** Impact of forest fragmentation on seedling abundance in a tropical rain forest. *Conservation Biology* **12**: 380-389.
- Bierregaard Jr RO, Gascon C. 2001.** The biological dynamics of forest fragments project: overview and history of a long-term conservation project. In: Bierregaard Jr RO, Gascon C, Lovejoy TE, Mesquita RCG, eds. *Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest*. New Haven e London: Yale University Press, 5-12.
- Bierregaard Jr RO, Laurance WF, Gascon C, Benitez-Malvido J, Fearnside PM, Fonseca CR, Ganade G, Malcolm JR, Martins MB, Mori S, Oliveira M, Rankin-de-Mérona J, Scariot A, Spironello W, Williamson B. 2001.** Principles of forest fragmentation and conservation in the Amazon. In: Bierregaard Jr RO, Gascon C, Lovejoy TE, Mesquita R, eds. *Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest*. New Haven e London: Yale University Press, 371-385.
- Bierregaard Jr RO, Lovejoy TE, Kapos V, Santos AA, Hutchings RW. 1992.** The Biological Dynamics of tropical rainforest fragments: a prospective comparison of fragments and continuous forest. *Bioscience* **42**: 859-866.
- Brown JH, Kodric-Brown A. 1977.** Turnover rates in insular biogeography: effect of immigration on extinction. *Ecology* **58**: 2028-2043.

- Brown S. & Lugo AE. 1990.** Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology* **6**: 1-32.
- Bruna EM. 1999.** Seed germination in rainforest fragments. *Nature* **402**: 139.
- Bulhão CF, Figueiredo PS 2002.** Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. *Revista Brasileira de Botânica* **25**: 361-369.
- Bullock JM., Moy IL., Pywell RF., Coulson SJ., Nolan AM. & Caswell H. 2002.** Plant dispersal and colonization processes at local and landscape scales. In : Bullock JM, Kenward RE, Hails R, eds. *Dispersal Ecology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 279–302.
- Bullock SH. 1985.** Breeding systems in the flora of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica*. **17**: 287-301.
- Bullock SH. 1994.** Wind pollination of neotropical dioecious trees. *Biotropica* **26**, 172-179
- Bullock SH. 1995.** Plant reproduction in neotropical dry forests. In: Bullock SH, Mooney HA, Medina E, eds. *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge: Cambridge University Press, 227-303.
- Buzato S, Sazima M, Sazima I. 2000.** Hummingbird-pollinated floras at Atlantic forest sites. *Biotropica* **32**: 824-841.
- Cain MLB, Milligan G, Strand AE 2000.** Long-distance seed dispersal in plant population. *American Journal of Botany* **87**:1217-1227.
- Camargo JLC, Kapos V. 1995.** Complex edge effects on soil moisture and microclimate in central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology* **11**: 205-221.
- Cara PAA. 2002.** Efeito da oferta de flores e da produção de néctar na frequência de visitas de beija-flores em *Helicteres guazumaefolia* H.B.K. (Sterculiaceae), no Mato Grosso do Sul. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Cascante A, Quesada M, Lobo, JJ, Fuchs EA 2002.** Effects of dry tropical forest fragmentation on the reproductive success and genetic structure of the tree *Samanea saman*. *Conservation Biology* **16**: 137-147.
- Chapman CA, Chapman LJ 1995.** Survival without dispersers-seedling recruitment under parents. *Conservation Biology* **9**: 675-678.
- Clark CJ, Poulsen JR, Connor EF, Parker VT. 2004.** Fruiting trees as dispersal foci in a semi-deciduous tropical. *Oecologia* **139**: 66-75.
- Corlett RT, La Frankie JV. 1998.** Potential Impacts of Climate Change on Tropical Asian Forests through an influence on phenology. *Climatic Change* **39**: 439-453.

- Corlett, RT. 1990.** Flora and Reproductive Phenology of the Rain Forest at Butik Timah, Singapore. *Journal of Tropical Ecology* **6**: 55-63.
- Costa FMCB, Oliveira-Filho AT, Oliveira PS. 1992.** The role of extrafloral nectaries in *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) in limiting herbivory: an experiment of ant protection in cerrado vegetation. *Ecological Entomology* **17**: 363-365.
- Costa MLMN, Andrade ACS, Pereira TS. 1997.** Fenologia de espécies em floresta montana na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. In: Lima HC, Guedes-Bruni RR, eds. *Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação em Mata Atlântica*. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 169-186.
- Cox PA. 1991.** Abiotic Pollination: An Evolutionary Escape for Animal-Pollinated Angiosperms. *Philosophical Transactions. Biological Sciences* **333**: 217-224.
- Croat TB. 1969.** Seasonal flowering behavior in Central Panama. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **56**: 295-307.
- Croat TB. 1979.** The sexuality of the Barro Colorado Island flora (Panama). *Phytologia* **42**: 319-348.
- Cruden RW. 1977.** Pollen-ovule ratios: a conservation indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution* **31**: 32-46.
- Cunningham SA. 2000.** Effects of Habitat Fragmentation on the Reproductive Ecology of four plant species in Mallec Woodland. *Conservation Biology* **14**: 758-768.
- D’Eça-Neves FF, Morellato LPC. 2004.** Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. *Acta Botanica Brasilica* **18**: 99-108.
- D’Eça-Neves FF. 2004.** *Estudo fenológico comparativo em duas áreas de Floresta Semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, SP: Avaliação do Uso de Diferentes Métodos de Amostragem e Análise*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, Brasil.
- Daubenmire R. 1972.** Phenology and other characteristics of tropical semideciduous forest in North-Western Costa Rica. *Journal of Ecology* **60**: 147-169.
- De Souza O, Schoereder JH, Brown V, Bierregaard Jr RO. 2001.** A theoretical overview of the processes determining species richness in forest fragments. In: Bierregaard Jr, RO, Gascon C, Lovejoy TE, Mesquita RCG, eds. *Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest*. New Haven and London: Yale University Press, 13-21.
- Dean W. 1995.** *A ferro e fogo: a história da devastação da mata Atlântica brasileira*. São Paulo:

Companhia das Letras.

- Debinski DM, Holt RD. 2000.** A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biology* **14**: 342-355.
- Dick CW 2001.** Genetic rescue of remnant tropical tree by an alien pollinator. *Proceedings of the Royal Society of London* **268**: 2391-2396.
- Dieckmann U, O'Hara B, Weisser W. 1999.** The evolutionary ecology of dispersal. *Trends in Ecology & Evolution* **14**: 88-90.
- Donaldson JD, Nänni I, Zachariades C. 2002.** Effects of habitat fragmentation on pollinator diversity and plant reproductive success in renosterveld shrublands of South Africa. *Conservation Biology* **16**: 1267-1276.
- Drury WH 1974.** Rare species. *Biological Conservation* **6**:162-169.
- Drury WH 1980.** Rare species of plants. *Rhodora* **82**:3-48.
- Endress PK. 1994.** *Diversity and evolutionary biology of tropical flowers*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Estrada A, Fleming TH. 1986.** *Frugivores and seed dispersal*. Dordrecht: Junk Publishers.
- Faegri K, van der Pijl L. 1979.** *The principles of pollination biology*. 3rd edn. Oxford: Pergamon Press.
- Fahrig L. 2003.** Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematic* **34**: 487-515.
- Feinsinger P. 1983.** Coevolution and pollination. In: Futuyma D, Slatkin M., eds. *Coevolution*. Sunderland, Massachusetts: Sianuer Associates Publishers, 282-310.
- Fenster CB, Armbruster WS, Wilson P, Didash MR, Thomson JD. 2004.** Pollination syndromes and floral specialization. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic* **35**: 375-403.
- Ferreira LV, Laurance WF. 1997.** Effects of forest fragmentation on mortality and damage of selected trees in central Amazonia. *Conservation Biology* **11**: 797-801.
- Fleming TH. 1979.** Do tropical frugivores compete for food? *American Zoologist* **19**: 1157-1172.
- Flores S, Schemske DW. 1984.** Dioecy and monoecy in the flora of Puerto Rico and the Virgin Islands: ecological correlates. *Biotropica* **16**: 132-139.
- Forget PM 1996.** Removal of seeds of *Carapa procera* (Meliaceae) by rodents and their fate in

- rainforest in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* **12**:751-761.
- Foster RB. 1982.** The seasonal rhythm of fruitfall on Barro Colorado Island. In: Leigh EG, Rand AS, Windsor DM, eds. *The ecology of a tropical forest*. Washington, Smithsonian Institution Press, 151-172.
- Fournier LA. 1976.** Observaciones fenológicas en el bosque húmedo pré-montano de San Pedro de Montes Oca, Costa Rica. *Turrialba* **26**: 54-59.
- Fox BJ, Taylor JE, Fox MD e Williams C. 1997.** Vegetation changes across edges of rainforest remnants. *Biological Conservation* **82**: 1-13.
- Franceschinelli EV, Almeida EAB, Antonini Y, Cabral BC, Carmo RM, Damasceno A, Fontenele JCR, Garcia VLA, Guilherme MS, Laps RR, Leitão GG, Leitão SG, Mikich SB, Moreira DL, Nascimento MT, Nemésio A, Ribon R, Silveira FA, Vidigal THDA. 2003.** Interações entre animais e plantas. In: Rambaldi DM, Oliveira DAS, eds. *Fragmentação de Ecossistemas. Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de Políticas públicas*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria da Biodiversidade e florestas, 275-290.
- Frankie GW, Baker HG, Opler PA. 1974a.** Comparative Phenological Studies of tree in Tropical Wet and Dry Forests in the lowland of Costa Rica. *Journal of Ecology* **62**: 881-913.
- Frankie GW, Baker HG, Opler PA. 1974b.** Tropical Plant Phenology: applications for studies in community ecology. In: Lieth H, ed. *Phenology and Seasonality Modeling*. Berlin: Springer – Verlag, 287-296.
- Frankie GW, Harber WA, Opler PA, Bawa KS. 1983.** Characteristics and organization of the large bee pollination system in the Costa Rican dry forest. In: Jones CE, Little RJ, eds. *Handbook of experimental pollination biology*. New York: Van Nostrand and Reinhold Inc., 411-448.
- Frankie GW. 1975.** Tropical forest phenology and pollinator plant coevolution. In: Gilbert LE, Haven PH, eds. *Coevolution of animals and plants*. Austin: University Texas Press, 192-209.
- Freeman DC, Doust JL, ElKeblawy A, Miglia KJ., McArthur ED. 1997.** Sexual specialization and inbreeding avoidance in the evolution of dioecy. *Botanical Review* **63**: 65-92.
- Freeman DC, Harper KT, Charnov EL. 1980a.** Sex change in plants: Old and new observations and new hypotheses. *Oecologia* **47**: 222-232.

- Freeman DC, Harper KT., Ostler WK. 1980b.** Ecology of plant dioecy in the intermountain region of Western North America and California. *Oecologia* **44**: 410-417.
- Fuchs EJ, Lobo, JA, Quesada M. 2003.** Effects of forest fragmentation and flowering phenology on the reproductive success and mating patterns of the tropical dry forest tree *Pachira quinata*. *Conservation Biology* **17**: 149-157.
- Fuentes M. 2000.** Frugivory, seed dispersal and plant community ecology. *Trends in Ecology & Evolution* **15**: 487-488.
- Funch LS, Funch R, Barroso GM. 2002.** Phenology of Gallery and Montane Forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. *Biotropica* **34**: 40-50.
- Galleti M, Costa CPA, Cazetta E. 2003.** Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of ornithochoric fruits. *Biological Conservation* **111**:269-273.
- Galleti M, Laps R, Pizo MA. 2000.** Frugivory by tucans (Ramphastidae) at two altitude in the Atlantic forest of Brazil. *Biotropica* **32**: 842-850.
- Galleti M, Pizo MA, Morellato LPC. 2004.** Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. In: Cullen Jr L, Rudran R, Valladares-Padua C, eds. *Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre*. Curitiba: Editora da UFPR, 395-422.
- Ganade G. 1995.** *Seedling establishment in Amazon rainforest and old fields*. Tese de Doutorado, Imperial College at Silwood Park, University of London, Londres.
- Garwood NC. 1996.** Functional morphology of tropical tree seedlings. In: Swaine MD, ed. *Ecology of Tropical Forest Tree Seedlings*. Paris: UNESCO and Parthenon Publishing, 59-117.
- Gascon C, Willianson B, Fonseca GAB. 2000.** Receding forest edges and vanishing reserves. *Science* **288**: 1356-1358.
- Gautier-Hion A, Duplantier JM, Quris R, Feer F, Sourd C, Decoux JP, Dubost G, Emmons L, Erard C, Hecketsweiler P, MOUNGAZI A, Roussillon C, Thiollay JM. 1985.** Fruit characteristics as basis of fruit choice and seed dispersal in a tropical forest vertebrate community. *Oecologia*. **65**: 324-337.
- Gautier-Hion A, Emmons LH, Dubost G. 1980.** A comparison of the diets of three major groups of primary consumer of Gabon (primates, squirrels, and ruminants). *Oecologia* **45**:182-189.

- Gentry AH. 1983.** Dispersal ecology and diversity in neotropical forest communities. *Sonderbaende des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg* **7**: 303-314.
- Gentry AH. 1988.** Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of Missouri Botanic Garden* **75**: 1-34.
- Gentry AH. 1995.** Diversity and floristic composition of neotropical dry forest. In: Bullock SH, Medina HA, eds. *Seasonally dry tropical forest*. Cambridge: Cambridge University Press, 146-194.
- Ghazoul J. 2004.** Alien abduction: disruption of native plant-pollinator interactions by invasive species. *Biotropica* **36**: 156-164.
- Gomez JM 2002.** Generalization in the interactions between plants and pollinators. *Revista chilena de historia natural* **75**:105-116.
- Gottsberger G, Silberbauer-Gottsberger I. 1983.** Dispersal and distribution in the Cerrado vegetation of Brazil. *Sonderbaende des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg* **7**:315-352.
- Grillo, AAS. 2005.** *As Implicações da Fragmentação e da Perda de Habitats Sobre a Assembléia de Árvores na Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.
- Griz LMS, Machado ICS. 2001.** Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. *Journal of Tropical Ecology* **17**: 303-321.
- Harper JL. 1977.** *Population biology of plants*. London: Academic Press.
- Harper KT. 1979.** Some reproductive and life history characteristics of rare plants and implications of management. *Great Basin Naturalist Memoirs* **3**: 129–137.
- Henle K, Davies KF, Kleyer M, Margules C, Settele J. 2004.** Predictors of species sensitivity to fragmentation. *Biodiversity and Conservation* **13**: 207-251.
- Herrera CM. 1982.** Defense of ripe fruit from pests: its significance in relation to plant disperser interaction. *American Naturalist* **120**:218-241.
- Herrera CM. 1987.** Vertebrate dispersal plants of the Iberian Peninsula: a study of fruit characteristics. *Ecological Monographs* **57**: 305-331.
- Herrera CM. 1996.** Floral traits and plant adaptation to insect pollinators: a devil's advocate approach. In: Lloyd DG, Barret SCH, eds. *Floral biology: studies on floral evolution in animal pollinated plants*. New York: Chapman & Hall, 65-87.

- Hill JL, Curran PJ. 2001.** Species composition in fragmented forest: conservation implications of changing forest area. *Applied Geography* **21**: 157-174.
- Hilty SL. 1980.** Flowering and fruiting periodicity in a premontane rain forest in Pacific Colombia. *Biotropica* **12**: 292-306.
- Hoch GA. & Adler GH. 1997.** Removal of black palm (*Astrocaryum standleyanum*) seeds by spiny rats (*Proechimys semispinosus*). *Journal of Tropical Ecology* **13**: 51-58.
- Howe HF, Smallwood J. 1982.** Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* **13**: 201-228.
- Howe HF. 1984.** Implications of seed dispersal by animals for tropical reserve management. *Biological Conservation* **30**: 261-280.
- Howe HF. 1986.** Seed dispersal by fruit-eating birds and mammals. In Murray DR, ed. *Seed Dispersal*. Sydney: Academic Press, 123-189
- Hubbell SP, Foster RB. 1986.** Canopy gaps and the dynamics of a neotropical forest. In: Crawley MJ, ed. *Plant Ecology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 77-96.
- Hughes L, Dunlop M, French K, Leishman MR, Rice B, Rodgerson L, Westoby M. 1994.** Predicting dispersal spectra: A minimal set of hypotheses based on plant attributes. *Journal of Ecology* **82**, 933-950
- Ibarra-Manríquez G, Oyama K. 1992.** Ecological correlates of reproductive traits of Mexican rain forest trees. *American Journal of Botany* **79**: 383-394.
- Janzen DH. 1970.** Herbivores and the number of species in tropical forest. *American Naturalist* **104**: 501-528.
- Janzen DH. 1974.** Tropical black water river, animals and mast fruiting by the Dipterocarpaceae. *Biotropica* **6**:69-103.
- Janzen DH. 1978.** Seedling patterns of tropical trees. In: Tomlison PB, Zimmerman MH, eds. *Tropical trees as living systems*. Cambridge: Cambridge University Press, 82-128.
- Johnson SD, Steiner KE. 2000.** Generalization versus specialization in plant pollination systems. *Trends in Ecology and Evolution* **15**: 140-143.
- Jordano P 1992.** Fruits and frugivory. In: Fenner M, ed. *Seeds: the ecology of regeneration in natural plant communities*. Wallingford: CAB International, 105-156.
- Kapos, V. 1989.** Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology* **5**: 173-185.

- Kato M. 1996.** Plant-pollinator interactions in the understory of lowland mixed dipterocarp forest in Sarawak. *American Journal of Botany* **83**: 732-743.
- Knowles OH, Parrota JA. 1997.** Phenological observation and tree seed characteristics in an equatorial moist forest at Trombetas, Para State, Brazil. In: Lieth H, Schwartz MD, eds. *Phenology in Seasonal Climates*. Leiden: Backhuys, 67-84.
- Koptur S, Haber WA, Frankie GW, Baker HG. 1988.** Phenological studies of shrub and treelet species in tropical cloud forest of Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* **4**: 347-359.
- Kress WJ, Beach JH. 1994.** Flowering plant reproductive systems. In: McDade LA, Bawa KS, Hespeneide H, Hartshorn G, eds. *La Selva: ecology and natural history of neotropical rain forest*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 161-182.
- Kruckeberg AR, Rabinowitz D. 1985.** Biological aspects of endemism in higher plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* **16**: 447-479.
- Laurance WF 1990.** Comparative responses of five arboreal marsupials to tropical forest fragmentation. *Journal of Mammalogy* **71**:641-653.
- Laurance WF 2000.** Mega-development trends in the Amazon:implication for global change. *Environmental monitoring and assesment* **61**:113-122.
- Laurance WF, Bierregaard Jr RO. 1997.** *Tropical Forest Remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago: University of Chicago Press.
- Laurance WF, Cochrane, MA. 2001.** Synergistic effects in fragmented landscapes. Special section. *Conservation Biology* **15**: 1488-1535.
- Laurance WF, Ferreira LV, Rankin-De Merona JM, Laurance SG. 1998.** Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology* **79**: 2032-2040.
- Laurance WF, Delamonica P, Laurance SG, Vasconcelos HL, Lovejoy TE. 2000.** Rainforest fragmentation kills big trees. *Nature* **404**: 836.
- Laurance WF, Lovejoy TE, Vasconcelos HL, Bruna EM, Didham RK, Stouffer PC, Gascon C, Bierregaard Jr RO, Laurance SG, Sampaio E. 2002.** Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology* **16**: 605-618.
- Laurance WF. 2001.** Fragmentation and plant communities: synthesis and implications for landscape management. In: Bierregaard Jr RO, Gascon C, Lovejoy TE, Mesquita RCG, eds. *Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest*. New Haven e London: Yale University Press, 158-167.

- Leighton M, Leighton DR. 1983.** Vertebrate responses to fruiting seasonality within a bornean rainforest. In: Sutton SL, Whitmore TC, Chadwick AC, eds. *Tropical rainforests: ecology and management*. Oxford: Blackwell, 181-209.
- Levey DJ 1987.** Seed size and fruit-handling techniques of avian frugivores. *American Naturalist* **129**: 471-485.
- Lieberman D. 1982.** Seasonality and phenology in a dry tropical forest in Ghana. *Journal of Ecology* **70**: 791-806.
- Lieth H. 1974.** Seasonality and phenology in a dry tropical forest in Ghana. *Journal of Ecology* **70**: 791-806.
- Linhart YB, Feinsinger P, Beach JH, Busby, WH, Murray G, Kinsman S, Kooiman M. 1987.** Disturbance and predictability of flowers patterns in bird pollinated cloud forest plant. *Ecology* **68**: 1696-1710.
- Linhart YB, Feinsinger P. 1980.** Plant-hummingbird interactions: effects of island size and degree of specialization on pollination. *Journal of Ecology*. **68**: 745-760.
- Lloyd DG. 1982.** Selection of combined versus separate sexes in seed plants. *American Naturalist* **120**: 571-585.
- Locatelli E, Machado ICS. 2004.** Fenologia das espécies arbóreas de uma comunidade de Mata Serrana (Brejo dos Cavalos) em Pernambuco, Nordeste do Brasil. In: Porto KC, Cabral JJ, Tabarelli M eds. *Brejos de Altitude: História Natural, Ecologia e Conservação*. Brasília: 255-276.
- Lord J, Egan J, Clifford T, Jurado E, Leishman M, Williams D, Westoby M. 1997.** Larger seeds in tropical floras: consistent patterns independent of growth form and dispersal mode. *Journal of Biogeography* **24**: 205-211.
- Lovejoy TE, Bierregaard Jr RO, Rankin JM, Schubart HOR. 1983.** Ecological dynamics of tropical forest fragments. In: Sutton SL, Whitmore TC, Chadwick AC, eds. *Tropical rain forest: ecology and management*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 377-384.
- Lovejoy TE, Rankin-de-Mérona JM, Bierregaard Jr RO., Brown Jr KS, Emmons LH. Van Der Voort ME. 1984.** Ecosystem decay of Amazon Forest Remnants. In: Niteck MH. ed. *Extinctions*. Chicago: University of Chicago Press, 295-325.
- Lovejoy TE, Bierregaard Jr RO, Rylands AB, Malcolm JR, Quintela CE, Harper LH, Brown Jr KS, Powell AH, Powell GVN, Schubart HOR, Hays MB. 1986.** Edge and other

effects of isolation on Amazon forest fragments. In: Soulé ME, ed. *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sunderland: Sinauer Associated, 257-285.

MacArthur RH, Wilson EO. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton: Princeton University Press.

Machado IC, Lopes, AV. 1998. A polinização biótica e seus mecanismos na Reserva Ecológica de Dois Irmão. In: Machado IC, Lopes AV, Pôrto KC, eds. *Reserva ecológica de Dois Irmãos: estudos em um remanescente de mata atlântica em uma área urbana (Recife-Pernambuco-Brasil)*. Recife: Editora Universitária, UFPE, SECTMA, 173-195.

Machado IC, Lopes AV. 2003. Recursos florais e sistemas de polinização e sexuais em Caatinga. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC, eds. *Ecologia e conservação da Caatinga*. Recife: Editora Universitária, UFPE, 515-563.

Machado IC, Lopes AV. 2004. Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a brazilian tropical dry forest. *Annals of Botany* **94**: 365-376.

Machado IC, Vogel S. 2004. The North-east-brazilian liana, *Adenocalymma dichilum* (Bignoniaceae) pollination by bats. *Annals of Botany* **93**: 609-613.

Machado ICS, Barros LM, Sampaio EVSB. 1997. Phenology of Caatinga species at Serra Talhada, PE. Northeastern Brazil. *Biotropica* **29**: 57-68.

Machado ICS, Lopes AVF, Porto KC. 1998. *Reserva ecológica de Dois Irmãos: estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana, (Recife-Pernambuco-Brasil)*. Recife: Editora Universitária, UFPE, SECTMA.

Machado ICS, Lopes AV, Sazima M. 2006. Plant sexual systems and a review of the breeding system studies in the Caatinga, a brazilian tropical dry forest. *Annals of Botany* **97**: 277-287.

Mantovani W, Martins FR. 1988. Variações fenológicas do cerrado da reserva de Mogi Guaçu, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica*. **11**: 101-112.

Matallana G, Wendt T, Araujo DSD, Scarano FR. 2005. High abundance of dioecious plants in a tropical coastal vegetation. *American Journal of Botany* **92**: 1513-1519.

Medway L. 1972. Phenology of a tropical rain forest in Malaya. *Biological Journal*

Melo FPL, Tabarelli M. 2003. Seed dispersal and demography of pioneer trees: the case of *Hortia arborea*. *Plant Biology* **5**: 359-365.

Melo FPL. 2004. *O papel do efeito de borda sobre a chuva de sementes e o recrutamento inicial de plântulas: o caso das grandes sementes*. Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências

Biológicas, UFPE, Recife.

- Metzger JP. 2003.** Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In: Kageyama P, Oliveira RE, Moraes LFD, Engel VL, Gandara FB, eds. *Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais*. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas Florestais, 49-76.
- Michener CD. 1974.** The social behavior of the bees. A comparative study. Cambridge, Harvard University Press. Pp.414.
- Miranda LS. 1995.** Fenologia do estrato arbóreo de uma comunidade de cerrado em Alter-do-Chão, PA. *Revista Brasileira de Botânica* **18**:235-241.
- Mitchell TB. 1960.** Bees of the Eastern United States, Vol.I. North Carolina Agricultural Experiments Station. Tech. Bull. 141.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL. 2000.** *Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos*. Conservation International do Brasil, Fundação SOS Mata Atlântica e Fundação Biodiversitas, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo e SEMAD/Instituto Estadual de Florestas-MG, Brasília. 40p.
- Momose K, Yumoto T, Nagamitsu T, Kato M, Nagamasu H, Sakai S, Harrison RD, Itioka T, Hamid A, Inoue T. 1998.** Pollination biology in a lowland dipterocarp forest in Sarawak, Malaysia. I. Characteristic's of the plant-pollinator community in a lowland dipterocarp forest. *American Journal of Botany* **85**: 1477-1501.
- Monasterio M, Sarmiento G. 1976.** *Phenological strategies of plant species in tropical savanna and semi-deciduous forest of the Venezuela Llanos*. Tese de Doutorado. Campinas, UNICAMP.
- Moore PD 1998.** Did the forest survive the cold in a hotspot? *Nature* **391**: 124-127.
- Morellato LPC, Rodríguez RR, Leitão Filho HF, Joly YCA. 1989.** Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas da floresta de altitude e floresta semidecídua na Serra do Japi, Jundiáí, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* **12**: 86-98.
- Morellato LPC, Leitão-Filho HF, Rodrigues RR, Joly CA. 1990.** Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi, Jundiáí, São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia* **50**: 149-162.

- Morellato LPC, Talora DC, Takahasi A, Bencke CC, Romera CE, Zipparro BV. 2000.** Phenology of Atlantic Rain Forest tree: a comparative study. *Biotropica* **32**: 811-823.
- Morellato LPC, Leitão-Filho HF. 1990.** Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia* **50**: 163-173.
- Morellato LPC, Leitão-Filho HLF. 1992.** Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: Morellato LPC, ed. *História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Campinas: Editora da UNICAMP/FAPESP, 112-140.
- Morellato LPC, Leitão-Filho HF. 1996.** Reproductive phenology of climber in a Southeastern Brazilian Forest. *Biotropica* **28**:180-191.
- Morellato LPC, Haddad CFB. 2000.** Introduction: the Brazilian Atlantic forest. *Biotropica* **32**: 786-792.
- Morellato LPC. 1991.** *Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta Semidecídua no sudeste do Brasil*. Tese de Doutorado, Universidade de Campinas, São Paulo.
- Morellato LPC. 1992.** Sazonalidade e dinâmica dos ecossistemas florestais da Serra do Japi. In: Morellato LPC, ed. *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Campinas: Editora UNICAMP/FAPESP, 98-110.
- Morellato LPC. 1995.** As flores e seus polinizadores. In: Morellato PC, Leitão-Filho HF, eds. *Ecologia e Preservação de uma floresta tropical urbana – Reserva de Santa Genebra*. Campinas: Editora da UNICAMP.
- Morellato LPC. 2003.** South America. In: Schwartz MD, ed. *Phenology: an integrative environmental science (tasks for vegetation science)*. Dordrecht: Kluwer.
- Morellato LPC. 2004.** Phenology, sex ratio, and spatial distribution among dioecious species of *Trichilia* (Meliaceae). *Plant Biology* **6**: 491-497.
- Mori SA, Lisboa G, Kallunki JA. 1982.** Fenologia de uma mata higrófila sul-baiana. *Revista Theobroma* **12**: 217-230.
- Muchala N, Jarrín-V P. 2002.** Flower visitation by bats in cloud forest of Western Ecuador. *Biotropica* **34**: 387-395.
- Murcia C. 1995.** Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* **10**: 58-62.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J. 2000.** Biodiversity

- hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**: 853-858.
- Nathan R, Muller-Landau HC. 2000.** Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology and Evolution* **15**: 278-285.
- Nepstad DC, Verissimo A, Alencar A, Nobre C, Lima E, Lefebvre P, Schlesinger P, Potter C, Moutinha P, Mendoza E, Cochrane M, Brooks V. 1996.** Large-scale impoverishment of Amazonian Forests by logging and fire. *Nature* **398**: 505-508.
- Newmark WD. 2001.** Tanzanian forest edge microclimatic gradients: Dynamic patterns. *Biotropica* **33**: 2-11.
- Newstrom LE, Frankie GW, Baker HG. 1994.** A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* **26**: 141-159.
- Oliveira MA, Grillo AS, Tabarelli M. 2004.** Forest edge in the Brazilian Atlantic forest: drastic changes in tree species assemblages. *Oryx* **38**: 389-394.
- Oliveira PE, Gibbs P. 2000.** Reproductive biology of woody plants in a Cerrado community of Central Brazil. *Flora* **195**: 311-329.
- Oliveira PE, Moreira AG. 1992.** Anemocoria em espécies de cerrado e mata de galeria de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* **15**: 163-174.
- Oliveira PE 1991.** *The pollination and reproductive biology of a Cerrado woody community in Brazil*. PhD Thesis. University of St. Andrews, Scotland.
- Oliveira PE. 1996.** Dioecy in the Cerrado vegetation of Central Brazil. *Flora* **191**: 235-243.
- Oliveira PE. 1998.** Reproductive biology, evolution and taxonomy of Vochysiaceae in Central Brazil. In: Owens SJ, Rudall PJ, eds. *Reproductive biology*. Kew: Royal Botanic Gardens, 381-393.
- Ollerton J. 1996.** Flowering phenology: an example of relaxation of natural selection. *Trends in Ecology and Evolution* **7**: 274-276.
- Opler PA, Frankie GW, Baker HG. 1980.** Comparative phenological studies of treelet and shrubs species in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* **68**: 167-188.
- Opler PA. 1980.** Nectar production in a tropical ecosystem. In: Bentley B, Elias T, eds. *The biology of nectaries*. New York: Columbia University Press, 30-79.
- Ormond WT, Pinheiro MCB, Lima HA, Castro AC. 1991.** Sexualidade das plantas da restinga

- de Maricá, RJ. *Boletim do Museu Nacional, Nova Série* **87**: 1-24.
- Ormond WT, Pinheiro MCB, Lima AH, Correia MCR, Pimenta ML. 1993.** Estudo de recompensas florais das plantas de restinga de Maricá – Itaipacu, RJ. I-Nectaríferas. *Bradea* **6**: 179-195.
- Ortiz R. 1990.** Fenologia de arboles en un bosque semideciduo tropical del estado Cojedes. *Acta Botanica Venezuelana* **16**: 93-116.
- Ouborg NJ, Piquot Y. & Van Groenendael JM. 1999.** Population genetics, molecular markers and the study of dispersal in plants. *Journal of Ecology* **87** (4):551-568.
- Pedroni F, Sanches M, Santos FAM. 2002.** Fenologia de copaíba (*Copaifera langsdorffi*) Desf. – Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* **25**: 183-194.
- Penhalber EF e Mantovani W. 1997.** Floração e chuva de sementes em mata secundária em São Paulo, SP. *Revista Brasileira de Botânica* **20**: 205-220.
- Peres CA, van Roosmalen M. 2002.** Primate frugivory in two species-rich neotropical forests: implications to the demography of large-seeded plants in overhunted areas.
- Pizo MA, Oliveira PS. 2000.** The use of fruits and seeds by ants in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Biotropica* **32**:851-861.
- Prance GT. 1982.** Forest refuges: evidence from woody angiosperms. In: Prance GT, ed. *Biological Diversification in the Tropics*. New York: Columbia University Press, 137-158.
- Primack RB, Miao SL. 1992.** Dispersal can limit local plant distribution. *Conservation Biology* **6**: 513-519.
- Primack RB, Rodriguez E. 2002.** *Biologia da Conservação*. Londrina: Editora Vida.
- Proctor N, Yeo P, Lack A. 1996.** *The natural history of pollination*. Oregon: Harper Collins Publishers.
- Pulliam HR. 1988.** sources, sinks, and population regulation. *The American Naturalist* **132**(5): 652-661.
- Quesada M, Rosas-Guerrero V, Palacios-Guevara C, Lobo JA 2003.** Effects of habitat disruption on the activity of nectarivorous bats in a dry forest: implication for the reproductive success of the Neotropical tree *Ceiba grandiflora*. *Oecologia* **135**: 400-406.
- Quesada M, Stoner KE, Lobo JA, Herrerías-Diego Y, Guevara MAM, O-Salazar KA, Rosas-Guerrero V. 2004.** Effects of forest fragmentation on pollinator activity and

- consequences for plant reproductive success and mating patterns in bat-pollinated bombacaceous trees. *Biotropica* **36**: 131-138.
- Ramírez N, Gil C, Hokche O, Seres A, Brito Y. 1990.** Biología Floral de una comunidad arbustiva tropical en la Guayana Venezolana. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **77**: 1260-1271.
- Ramírez N. 1989.** Biología de polinización en una comunidad arbustiva tropical de la Alta Guayana Venezolana. *Biotropica* **21**: 319-330.
- Rathcke BJ Jules ES. 1993.** Habitat fragmentation and plant-pollinator interactions. *Current Science* **65**: 273-277.
- Reich P, Borchert R. 1984.** Water stress and tree phenology in a tropical dry forest the lowlands of Costa Rica. *Journal of Applied Ecology* **72**: 61-74.
- Renner SSR, Feil JP. 1993.** Pollinators of tropical dioecious angiosperms. *American Journal of Botany* **80**: 1100-1107.
- Renner SSR, Ricklefs RE. 1995.** Dioecy and its correlates in the flowering plants. *American Journal of Botany* **82**: 596-606.
- Restrepo C, Gómez N. 1998.** Response of understory birds to anthropogenic edges in a neotropical montane forest. *Ecological Applications* **8**: 170-183.
- Richards AJ. 1986.** Plant breeding systems. London: Allen & Unwin
- Roubik DW. 2000.** Pollination system stability in Tropical America. *Conservation Biology* **14**: 1235-1236.
- Sakai AK, Wagner WL, Ferguson DM, Herbert DR. 1995a.** Origins of dioecy in the Hawaiian flora. *Ecology* **76**: 2517-2529.
- Sakai, AK, Wagner WL, Ferguson DM, Herbert DR. 1995b.** Origins of dioecy in the Hawaiian flora. *Ecology* **76**: 2530-2543
- Sakai S, Momose K, Yumoto T, Nagamitsu, Nagamasu H, Hamid AA, Nakazhizuka. 1999.** Plant reproductive phenology over four years including an episode of general flowering in a lowland dipterocarp forest, Sarawak, Malaysia. *American Journal of Botany* **86**: 1414-1436.
- Santos BA. 2005.** *A criação de bordas recria florestas secundárias? Um estudo na Floresta Atlântica Nordeste.* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.
- Sarmiento G, Monasterio M. 1983.** Life forms and phenology. In: Bourliere F, ed. *Tropical*

Savannas. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company.

- Saunders DA, Hobbs RJ, Margules CR. 1991.** Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* **5**: 18-32.
- Shanahan M, Compton SG. 2000.** Fig-eating by Bornean tree shrews (*Tupaia* spp.): evidence for a role as seed dispersers. *Biotropica* **32**: 759-764.
- Silberbauer-Gottsberger I, Gottsberger G. 1988.** A polinização de plantas do Cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* **48**: 651-663.
- Silva AG, Guedes-Bruni RR, Lima MPM. 1997.** Sistemas sexuais e recursos florais do componente arbustivo-arbóreo em mata preservada na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. In: Lima HC, Guedes-Bruni RR, eds. *Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação da Mata Atlântica*. Rio de Janeiro: Jardim Botânico.
- Silva JMC, Tabarelli M. 2000.** Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. *Nature* **404**: 72-74.
- Silva JMC, Casteleti CHM. 2003.** Status of the Biodiversity of the Atlantic Forest of Brazil. In: Gallindo-Leal C, Câmara IG, eds. *The Atlantic Forest of South America; Biodiversity Status, threats and outlook*. Washington: Island Press, 43-59.
- Simberloff DS. 1988.** The contribution of population and community biology to conservation science. *Annual Review of Ecology and Systematics* **19**: 473-511.
- Small MF. & Hunter ML. 1988.** Forest fragmentation and avian nest predation in forested landscapes. *Oecologia* **76**(1):62-64.
- Smythe N. 1970.** Relationships between fruiting seasons and seed dispersal methods in a neotropical forest. *American Naturalist* **104**: 25-35.
- Smythe N 1989.** Seed survival in the palm *Astrocaryum standleyanum*. Evidences for its dependence upon its seed disperser. *Biotropica* **21**:50-56.
- Snow DW. 1965.** A possible selective factor in the evolution of fruiting seasons in tropical forest. *Oikos* **15**: 274-281.
- Sobrevilla C, Arroyo MTK. 1982.** Breeding systems in a montane tropical cloud forest in Venezuela. *Plant Systematics and Evolution* **140**: 19-37.
- Stevens SM, Husband TP. 1998.** The influence of edge on mammals: evidence from Brazilian Atlantic forest fragments. *Biological Conservation* **85**: 1-8.
- Stevenson PR, Quinones MJ, Ahumada JA. 2000.** Influence of fruit availability on ecology

- overlap among four neotropical primates at Tinigua National Park, Colombia. *Biotropica* **32**: 533-544.
- Tabarelli M, Mantovani W, Peres CA. 1999.** Effects of Habitat Fragmentation and Plant Guild structure in the Montane Atlantic Forest of Southeastern Brazil. *Biological Conservation* **91**:119-127.
- Tabarelli M, Cardoso JMC, Gascon C. 2004.** Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. *Biodiversity and Conservation* **13**: 1419-1425.
- Tabarelli M, Mantovani W. 1999.** A regeneração de uma floresta tropical montana após corte e queima (São Paulo-Brasil). *Revista Brasileira de Biologia* **59**: 239-250.
- Tabarelli M, Peres CA. 2002.** Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic forest: implications for forest regeneration. *Biological Conservation* **106**: 165-176.
- Tabla VP, Bullock SH. 2002.** La polinización en la selva tropical de Chamela. In: Noguera FA, Vega Rivera JH, García Aldrete AN, Quesada MA, eds. *Historia natural de Chamela*. Mexico: Instituto de Biología, UNAM, 499-515.
- Talora DC, Morellato LPC. 2000.** Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* **23**: 13-26.
- Terborgh J. 1983.** *Five New World Primates: a study in comparative ecology*. Reinceston: Princeton University Press.
- Terborgh J. 1992.** Maintenance of biodiversity in tropical forests. *Biotropica* **24**: 283-292.
- Thomson JD, Barrett SCH. 1981.** Selection for outcrossing sexual selection, and the evolution of dioecy in plants. *American Naturalist* **118**: 443-449.
- Turner IM, Corlett RT. 1996.** The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest. *Trends in Ecology and Evolution* **11**: 330-333.
- Turner IM. 1996.** Species loss in fragments of Tropical Rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* **33**:200-209.
- Turner IM. 2001.** *The ecology of trees in the tropical rainforest*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Uhl NW. 1987.** A classification of palms based on the work of Harol E. Moore. *Genera Palmarum*. Kansas: Allan Press.
- van der Pijl L. 1969.** Evolutionary action of tropical animals on the reproduction of plants. *Biological Journal of the Linnean Society* **1**: 85-96.

- van der Pijl L. 1982.** *Principles of dispersal in higher plants*. New York: Springer Verlag.
- van Dulmen A. 2001.** Pollination and phenology of flower in the canopy of two contrasting rain forest types in Amazonia, Colombia. *Plant Ecology* **153**: 73-85.
- van Schaik CP, Terborgh JW, Wright SJ. 1993.** The phenology of tropical forests – adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* **24**: 353-377.
- Viana V, Tabanez AJ, Batista J. 1997.** Dynamics and restoration of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist forest. In: Laurance WF, Bierregaard Jr RO, eds. *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. Chicago: University of Chicago Press, 351-366.
- Vogel S, Westerkamp C. 1991.** Pollination an integrating factor of biocenoses. In: Seitz A, Loeschcke V, eds. *Species conservation: a population biological approach*. Basel: Birkhauser Verlag.
- Walsh RPD. 1996.** The climate. In: Richards PW, ed. *The Tropical rain forest:an ecological study*. Cambridge: Cambridge University Press, 159-205.
- Wang BC, Smith TB. 2002.** Closing the seed dispersal loop. *Trends in Ecology & Evolution* **17**: 379.
- Waser M, Chitika L, Prince MV, Willams NM, Olletron J. 1996.** Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology* **77**: 1043-1060.
- Waser NM. 1983.** Competition for pollinator and floral character differences among sympatric plant species: a review of evidence. In: Jones CE, Little RJ, eds. *Handbook of experimental pollination biology*. New York: Scientific and Academic Editions, 277-293.
- Waser NM. 1998.** Pollination, angiosperm speciation, and the nature of species boundaries. *Oikos* **81**:198-201.
- Webb, KE. 1979.** *A Face cambiante do Nordeste do Brasil*. Rio de Janeiro: APEC-Banco do Nordeste do Brasil.
- White GM, Boshier DH, Powell W. 2002.** Increased pollen flow counteracts fragmentation in a tropical dry forest. An example from *Swietenia humilis* Zuccarini. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **99**: 2038-2042.
- Whitehead DR. 1969.** Wind pollination in the angiosperms: evolutionary and environmental considerations. *Evolution* **23**: 28-35.

- Whitemore, TC. 1999.** *An Introduction to Tropical Rain Forests*. Oxford: Oxford University Press, 2nd edition.
- Wilcove DS. 1985.** Nest predation in forest tracts and the decline of migratory songbirds. *Ecology* **66**: 1211-1214.
- Wilcox BA, Murphy DD. 1985.** Conservation Strategy: the effects of fragmentation on extinction. *American Naturalist* **125**: 887-897.
- Wilkander T. 1984.** Mecanismo de dispersion de diasporas de una selva deciduas en Venezuela. *Biotropica* **16**: 276-283.
- Williams-Linera G. 1990.** Origin and early development of forest edge vegetation in Panama. *Biotropica* **22**: 235-241.
- Willis EO. 1974.** Populations and local extinctions of birds on Barro Colorado Island, Panama. *Ecological Monographs* **44**: 153-69.
- Willson MF, Thompson JN. 1982.** Phenology and ecology of color in bird-dispersed fruits, or why some fruits are red when they are "green". *Canadian Journal of Botany* **60**, 701-713
- Willson MF, Whelan CJ. 1990.** The evolution of fruit color in fleshy-fruited plants. *American Naturalist* **136**: 790-809
- Young AM. 1988.** Notes on phenological patterns of flowering and flower-feeding beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in two clones of Cacao (Sterculiaceae: *Theobroma cacao* L.) in Costa Rica. *Turrialba* **38**: 143-148.
- Zar JH. 1996.** *Biostatistical Analysis*. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall.

**PADRÕES FENOLÓGICOS DE COMUNIDADE ARBÓREA NO CENTRO DE
ENDEMISMO PERNAMBUCO**

MANUSCRITO 1

A ser enviado para a revista *Plant Ecology*

RESUMO

Padrões fenológicos em espécies de árvores tropicais podem ser determinados pela duração e intensidade da seca sazonal, sendo que a floração ocorre preferencialmente no período seco. Os objetivos deste estudo foram conhecer os padrões fenológicos de uma comunidade de árvores no maior remanescente de floresta Atlântica nordestina, no estado de Alagoas e verificar se a pluviosidade estaria influenciando os padrões fenológicos encontrados, analisando também suas diferenças entre topo e vale. O estudo foi realizado em um fragmento com 3.375ha no centro de endemismo Pernambuco, Alagoas, Brasil. Foram realizadas observações fenológicas mensais de maio/2003 a abril/2005 em 400 indivíduos arbóreos (DAP>10cm), pertencentes a 83 espécies (69 gêneros e 38 famílias), em 8 parcelas de 100X10m (0,1ha) no interior do fragmento (200m a partir da borda), sendo 4 parcelas em topo e 4 no vale da mata, sendo registradas as fenofases queda de folhas, floração e frutificação. Para verificar os padrões fenológicos da comunidade foram registrados o índice de atividade dos indivíduos e espécies e o índice de intensidade de Fournier. Foi feita análise de correlação de Spearman entre a precipitação do mês observado e do mês anterior à observação, e o número de indivíduos e espécies em cada fenofase. A queda de folhas não apresentou padrão sazonal, sendo constante durante o período de estudo. Floração e frutificação foram sazonais, com maior número de indivíduos e espécies apresentando as fenofases na estação seca, especialmente no segundo ano. A constante perda de folhas registrada para a comunidade arbórea deve estar refletindo não só a deciduidade, mas também deve ser reflexo de herbivoria por formigas cortadeiras (*Atta cephalotes*). A floração e a frutificação ao longo de todo o período de estudo permite a manutenção de comunidades de animais polinizadores e dispersores na área fragmentada da floresta Atlântica nordestina no Brasil, destacando a importância da conservação da comunidade arbórea no fragmento estudado.

Palavras-chave: comunidade arbórea; floração; floresta Atlântica; frutificação; perda de folhas; sazonalidade.

ABSTRACT

Phenological patterns in tropical tree species are determined by the duration and intensity of the seasonal dry period, with flowering predominantly occurring during dry season. This study was made to find out the phenological patterns of a tree community in the largest remnant of the northeast Brazilian Atlantic Rainforest in the Alagoas State, to verify if the precipitation is influencing the phenological patterns and to analyze their differences between fragment top and valley. In this 3.375-ha forest fragment situated in the Pernambuco Endemism Centre, 400 tree individuals belonging to 83 species (69 genera and 38 families, BHD>10 cm) monthly were observed phenologically from May/2003 to April/2005. From the individuals situated in 8 plots of 100 x 10 m (0.1 ha) in the forest interior, being 4 plots at the top and 4 plots in the valley, the leaf fall, flowering and fruiting phenophases were registered. To verify the phenological patterns of the community, the activity index of individuals and species and the Fournier intensity index were registered. Spearman's correlation was calculated between the precipitation of the observed month and the precipitation of the month before the observation, respectively, and the number of individuals and species, respectively.- Leaf fall did not show a seasonal pattern, being constant during the study period. Flowering and fruiting were seasonal with highest number of individuals and species showing the phenophases during the dry season, especially in the second year. The registered constant leaf fall of the tree community should reflect not only leaf abscission, but also herbivory by leaf cutting ants (*Atta cephalotes*). The flowering and fruiting during all the study allows the maintenance of the pollinators and dispersal community in the fragmented Atlantic forest of northeast of Brazil, emphasizing the conservation importance of the arboreal community in the studied fragment.

Key words: tree community, flowering, Atlantic Rainforest, fruiting, leaf fall, seasonality.

Padrões fenológicos de comunidade arbórea no Centro de Endemismo Pernambuco

Patricia Araujo de Abreu Cara^{1,3}, Isabel Cristina Machado² & Marcelo Tabarelli².

¹ Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, UFPE, Recife, PE, Brasil. 50670-901.

² Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. 50670-901.

³ E-mail: patycara@yahoo.com.br

Introdução

A fenologia investiga a ocorrência de eventos biológicos repetitivos, sua relação com fatores climáticos e bióticos (Lieth 1974). Em ambientes tropicais, a fenologia de árvores pode ser determinada tanto por fatores ambientais como a duração e intensidade da seca sazonal (Frankie *et al.* 1974; Opler *et al.* 1980; Morellato *et al.* 1989; Borchert 1998; Morellato 1995) como por fatores bióticos, incluindo as interações com polinizadores, dispersores de sementes e herbívoros (Rathcke & Lacey 1985, Morellato *et al.* 2000).

Nos neotrópicos sazonais a maioria das espécies arbóreas floresce no período seco (Frankie *et al.* 1974), enquanto as arbusivas e herbáceas florescem no período chuvoso (Croat 1975; Monasterio & Sarmiento 1976). Porém em florestas neotropicais não sazonais, onde os fatores abióticos luz, água e temperatura variam pouco, apenas recentemente tem sido estudadas (e.g. Morellato *et al.* 2000; Talora & Morellato 2000; Bencke & Morellato 2002a e b; San Martin-Gajardo & Morellato 2003).

Em florestas tropicais pluviais, nas quais as condições climáticas são mais amenas e uniformes, os ritmos de crescimento e reprodução de plantas ocorrem favorecendo a diversidade de padrões fenológicos de árvores (Newstrom *et al.* 1994a). Espécies que florescem mais de uma vez por ano, que apresentam intervalos mais longos de floração e que não apresentam picos para esta fenofase são relatados em alguns estudos (Croat 1969, 1975; Newstrom *et al.* 1994b; Opler *et al.* 1980).

Estudos fenológicos são importantes para se prever a época de disponibilidade de recursos, como folhas, flores, frutos e sementes para animais na comunidade (Frankie *et al.* 1974; Morellato & Leitão-Filho 1990; Galleti *et al.* 2004). Do ponto de vista ecológico-evolutivo, não só a disponibilidade temporal de recursos em uma comunidade podem ser compreendidos através da fenologia, mas também como os animais afetam as populações vegetais e como a distribuição dos recursos afeta a abundância destes animais, especialmente folívoros, frugívoros e nectarívoros (Galleti *et al.* 2004).

Alta diversidade de espécies associada ao clima pouco sazonal resulta, segundo Bawa *et al.* (2003), em baixa previsibilidade na oferta de recursos. Porém, apenas nas últimas décadas vem sendo realizados estudos abordando fenologia e sazonalidade, em nível de comunidade ou de população na floresta Atlântica (Takahasi 1998; Mantovani & Morellato 2000; Morellato *et al.*

2000; Talora & Morellato 2000; Bencke & Morellato 2002b; San Martin-Gajardo & Morellato 2003a e b; Locatelli & Machado 2004).

Além dos fatores já discutidos e mais abordados em estudos fenológicos, vem crescendo a preocupação em se conhecer os efeitos da alteração ambiental nos ecossistemas tropicais. A exploração dos recursos florestais e o desenvolvimento das atividades humanas vem gerando um quadro de devastação da floresta Atlântica, especialmente no nordeste brasileiro, onde o histórico canavieiro resultou no atual quadro de fragmentação florestal. Portanto este estudo teve como objetivos: i) conhecer os padrões fenológicos de uma comunidade de árvores no maior remanescente de floresta Atlântica nordestina, no estado de Alagoas e ii) verificar se a pluviosidade estaria influenciando os padrões fenológicos encontrados no interior do fragmento estudado. As hipóteses testadas foram: (H1) A queda de folhas e floração concentram-se em períodos de menor pluviosidade; (H2) O período de maior frutificação concentra-se na época de maior pluviosidade, uma vez que na comunidade estudada há predomínio de espécies zoocóricas.

Métodos

Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido no maior remanescente de Floresta Atlântica ao norte do Rio São Francisco, denominado Fragmento Coimbra, o qual encontra-se circundado por matriz de monocultura de cana-de açúcar. Está inserido no Centro de Endemismo Pernambuco, o qual compreende toda a área costeira ao norte do rio São Francisco, desde o estado de Alagoas até o Rio Grande do Norte, englobando uma área de 56.400km², da qual resta apenas 4,82% de sua cobertura florestal (Silva & Casteleti 2003).

O remanescente florestal onde foi realizado o estudo possui área total de 3.375 ha e situa-se em reserva particular de Mata Atlântica da Usina Serra Grande (USGA), localizada entre os municípios de Ibataguara e São José da Laje, Alagoas, NE do Brasil (9° 0' S, 35° 52' W) (Fig. 1). O solo é do tipo podzólico e latossolo, e o relevo local é montanhoso, com vales rasos e largos (IBGE 1985). O clima é de tipo As' (Köppen 1931), tropical quente-úmido apresentando sazonalidade climática, com uma estação seca de outubro a fevereiro e uma estação chuvosa de abril a setembro (dados meteorológicos de 1922-2001, USGA) (Fig. 2). A precipitação média

anual é de 2000mm e a temperatura média anual varia entre 22 e 24° C (IBGE 1985). Durante o período de estudo (maio/2003 a abril/2005) as precipitações mensais foram mais elevadas em relação à média dos 79 anos, com uma pronunciada estação seca entre outubro/2004 a janeiro/2005 (Fig. 2B).

A vegetação é classificada como floresta ombrófila aberta baixo-montana, com 250-600m de altitude (Veloso *et al.* 1991), cujas espécies dominantes pertencem às famílias Leguminosae (*sensu lato*), Euphorbiaceae, Sapotaceae, Apocynaceae, Moraceae, Lecythidaceae e Chrysobalanaceae (Oliveira *et al.* 2004). O componente arbóreo é o mais representativo nesta área, com espécies exclusivas de borda, como *Cecropia pachystachya*, *Tapirira guianensis*, *Schefflera morototoni*, *Erythroxylum* spp., *Miconia* spp., *Guazuma ulmifolia* (veja Oliveira *et al.* 2004) e outras comumente encontradas no interior como *Thyrsodium spruceanum*, *Aspidosperma discolor*, *Protium* spp. e *Couepia* spp. (Oliveira *et al.* 2004).

Aspectos geomorfológicos, topográficos e florísticos do fragmento

O desenho experimental foi o mesmo utilizado por Oliveira *et al.* (2004) e Grillo (2005), baseados em características da geomorfologia e topografia do terreno, conforme já considerado em outros trabalhos de mesmo cunho científico (*e.g.* Sri-Ngernyung *et al.* 2003). Com base nestas diferenças, as parcelas foram plotadas em habitats de a) fundo de vale- margeando cursos de água, em terrenos mais planos e baixos da floresta; b) topo de morro- localizadas nos pontos mais altos dos morros, entre as áreas de vale.

Embora ambos ambientes representem o interior do fragmento estudado, eles diferem em relação à riqueza de espécies arbóreas por unidade de área, ao percentual de espécies nos diferentes estágios sucessionais e estratos ocupados, tratados como grupos ecológicos (veja detalhamento dessas diferenças em Grillo 2005).

Amostragem da comunidade

Foram acompanhados de maio/2003 a abril/2005, através de observação com binóculo Pentax 8x40, 400 indivíduos arbóreos (DAP>10cm) no núcleo (a partir de 200m da borda) do fragmento estudado. A amostragem foi feita em 4 parcelas de 0,1ha (10x100m) em áreas de topos e em 4 parcelas de mesmo tamanho em vales de mata, totalizando 8 parcelas, e uma área amostrada de 0,8ha. As parcelas estudadas foram as já utilizadas em levantamento florístico e fitossociológico

anterior, distribuídas de maneira aleatória por Oliveira *et al.* (2004), a fim de garantir a maior representatividade possível da comunidade.

Em cada parcela foram marcados com plaquetas numeradas, 50 indivíduos arbóreos, na sua maioria identificados em estudo anterior (Oliveira *et al.* 2004). A escolha dos indivíduos foi feita com base na visualização de sua copa a partir do chão. Porém, no interior da mata é difícil o acesso visual total das copas de muitas espécies de dossel e emergentes, sendo nestes casos os registros semi-quantitativos feitos também com base em material caindo das árvores. Para isto foram utilizados 10 coletores em cada parcela, construídos com redes de nylon e colocados sob as copas de indivíduos com maior dificuldade no acesso visual.

O número de indivíduos por espécie variou de 1-38, em função da frequência, abundância ou raridade de cada espécie (Galetti *et al.* 2003). O número de espécies arbóreas raras é justificado, uma vez que floresta tropicais apresentam uma grande parcela de suas espécies arbóreas com baixa frequência de ocorrência natural (Hubbel & Foster 1983, Turner 2001, Grilo *et al.* 2006). Neste trabalho são tratadas como raras as espécies com número de indivíduos ≤ 5 . São apresentados também 12 fenogramas de espécies comuns ($N \geq 6$ indivíduos) no fragmento estudado em Alagoas. Mensalmente todo material fértil era coletado com auxílio de mateiro, escalando as árvores e coletando o material com podão. O material botânico coletado encontra-se depositado no herbário Prof. Geraldo Mariz (UFP) (números de coletor: Cara, P. A. A., entre 001 e 083), como espécimes testemunho.

Observações fenológicas

Mensalmente cada indivíduo marcado era observado e os seguintes dados fenológicos eram registrados:

- i) Presença das fenofases queda foliar, floração (soma da ocorrência de botões florais e flores em antese) e frutificação (soma de frutos imaturos e maduros). Com estes registros foram obtidos dados qualitativos e também quantitativos da atividade dos indivíduos na comunidade avaliada, sendo possível estimar o percentual de indivíduos e espécies apresentando o evento fenológico ao longo dos dois anos de estudo;
- ii) Percentual de intensidade de Fournier ou índice de intensidade de Fournier (IF). Neste caso a ocorrência do evento fenológico era registrada em uma escala de intervalos semi-quantitativa de cinco categorias (0 a 4), com valor de 25% entre as categorias (segundo Fournier

1974). Para calcular a porcentagem de intensidade da fenofase dos indivíduos da comunidade foi utilizada a seguinte fórmula (adaptada de Bencke & Morellato 2002a): $IF = \frac{\sum \text{intensidade de fenofase para todos os indivíduos ativos na comunidade}}{N \text{ indivíduos}^* \text{ da comunidade}} \cdot 4$, e o valor resultante foi multiplicado por 100 para obter-se um número em percentual.

$N \text{ indivíduos}^*$ = número de indivíduos da comunidade, sendo o mesmo para o ambiente de topo e vale amostrados (200), sendo este valor multiplicado por 4 pois este é o intervalo máximo registrado no IF.

Análises estatísticas

Para avaliar a influência da pluviosidade nos padrões fenológicos observados no interior do fragmento, entre os ambientes de topo e vale foi utilizado o teste do coeficiente de Correlação de Spearman (rs) (Sokal & Rohlf 1995), utilizando-se o “software” BIOSTAT 2.0 (Ayres *et al.* 2003). Este mesmo teste foi aplicado somando-se o número de indivíduos, espécies e a intensidade de Fournier para os ambientes de topo e vale, considerando apenas como núcleo. Sabendo que há diferença florística e de umidade do solo, entre topo e vale, foi feita a comparação do efeito da pluviosidade sobre as fenofases da comunidade nestes ambientes da mata. Foram analisados os números de indivíduos e de espécies e o índice de intensidade de Fournier para cada fenofase, correlacionando com a pluviosidade total do mês em que foi observada a fenofase (P1), bem como com a pluviosidade do mês anterior (P2), uma vez que as espécies podem responder às chuvas ocorridas até alguns meses antes da ocorrência do evento fenológico.

Resultados

Neste estudo foram acompanhadas oitenta e três espécies de árvores, (56 no topo e 57 no vale) pertencentes a 69 gêneros e 38 famílias. A espécie com maior número de indivíduos nos dois ambientes de núcleo foi *Mabea occidentalis* (Euphorbiaceae), com 28 indivíduos no topo e 38 no vale.

Queda de folhas

O número total de espécies perdendo folhas no fragmento estudado (topo+vale) foi de vinte e nove espécies, correspondendo a 34,93% do total das espécies observadas. Para esta fenofase o pico de atividade das espécies foi registrado em janeiro/2005, no período que sucedeu o mês em que foram registradas as menores precipitações diárias durante o período de estudo (Fig. 3A). O pico no número de indivíduos perdendo folhas no interior foi de onze indivíduos (5,5%) em janeiro (Fig. 3B), semelhante ao observado para o pico de atividade das espécies na comunidade, terceiro mês mais seco do estudo, com pluviosidade total registrada de 0,8mm. O mês mais seco foi o de dezembro/2004, quando foi registrado 0,1mm mensal, com 29 dias sem chuva (0mm), seguido do mês de outubro/2004, cuja pluviosidade mensal total foi de 0,5mm (Fig. 2). O índice de intensidade de Fournier para a comunidade apresentando queda foliar foi de 3,62% registrado no mês de janeiro/2005 (Fig. 3C).

A análise do coeficiente de correlação de Spearman (r_s) entre a precipitação e o número de espécies apresentando perda de folhas no segundo ano de observação, considerando a precipitação do mês anterior ao observado, mostrou relação significativa negativa (Tabela 1), indicando que com menores precipitações pluviométricas a comunidade apresentou maior número de espécies perdendo folhas.

Floração

Os maiores números de espécies da comunidade arbórea apresentando a fenofase floração foram registrados no mês de dezembro/2003, com onze espécies (19,52% das espécies amostradas) (Fig. 4A) e no mês de dezembro/2004, com dez espécies (17,76%) em floração. O maior número de espécies floresceu em dezembro/2003, um mês após o registro de 0,5mm de pluviosidade total mensal (novembro/2003) (Fig. 2).

Os picos de atividades dos indivíduos também coincidiram com os períodos de pico de espécies florescendo, sendo de quinze indivíduos (7,5% do total amostrado) em dezembro/2003 e de vinte e três indivíduos (11,5% do total da amostra) em dezembro/2004, ambos no período seco (Fig. 4B). A maior intensidade da fenofase floração registrada para a comunidade avaliada foi em dezembro/2004, com valor de 7,87% de intensidade total no núcleo do fragmento (Fig.4C).

Houveram correlações significativas e negativas da precipitação (mm) e número de espécies apresentando floração no ano 1 (maio/2003-abril/2004) na P1 (precipitação do mês observado), no ano 2 (maio/2004-abril/2005) na P1 e P2 (precipitação do mês anterior à observação), e no período total (maio/2003-abril/2005) na P1. O número de indivíduos apresentando a fenofase floração foi significativa e negativamente correlacionada com ano1 – P1 e ano2 com P2 e período total com P1 (Tabela 1).

Frutificação

Esta foi a fenofase registrada em maior atividade e intensidade de espécies e indivíduos, de maneira mais constante ao longo do estudo. O maior registro em número de espécies frutificando foi em abril/2004 (Fig. 5A), que corresponde ao início da estação chuvosa (Fig. 2). Neste período foram observadas 18 espécies frutificando (31,8% do total amostrado na comunidade).

O maior percentual de indivíduos da comunidade frutificando no interior do fragmento foi observado em abril/2004, com vinte e oito indivíduos (14% do total) apresentando esta fenofase (Fig. 5B). Maior índice de intensidade de Fournier para a comunidade também foi registrado em abril/2004, com 7,87% dos indivíduos frutificando no interior do fragmento estudado. A correlação de Spearman foi significativa e negativa para a fenofase frutificação nos seguintes casos: para espécies e indivíduos no ano 2, nas precipitações 1 e 2 e somente para indivíduos no período total na precipitação P2 (Tabela 1).

Fenologia de espécies comuns

Ao analisarmos a fenologia de 12 espécies comuns ($N \geq 6$ indivíduos) no fragmento estudado, observamos que durante o período de estudo sempre havia oferta de flores e frutos para animais polinizadores e dispersores (Fig. 6). As três espécies que se destacaram na produção de flores e frutos em percentual de indivíduos foram: *Vochysia oblongifolia* (Vochysiaceae), *Symphonia globulifera* (Guttiferae) e *Eschweilera ovata* (Lecythidaceae) (Fig. 6). Outras espécies também

foram importantes fontes de recurso alimentar para animais polinizadores e dispersores, conforme mostra a Figura 6.

Discussão

Os resultados obtidos neste estudo mostram que a sazonalidade climática está influenciando os padrões fenológicos apresentados pela comunidade arbórea estudada. Isto pode ser constatado uma vez que os maiores picos de atividade dos indivíduos e das espécies avaliadas foram observados nas duas estações secas avaliadas. Porém, o padrão de perda de folhas só esteve correlacionado negativamente com a pluviosidade do mês anterior à observação de evento e no segundo ano de estudo. Isto pode estar demonstrando que a comunidade arbórea respondeu de forma mais intensa, à seca mais pronunciada do segundo ano de estudo, entre maio/2004-abril/2005.

Em estudo na Floresta Úmida Baixo Montana no México, Willians-Linera (1997) também encontrou periodicidade na queda de folhas, com maior proporção de indivíduos apresentando perda foliar na mesma época do ano, em períodos de temperaturas mais amenas, o que representa um padrão geral também em outras florestas tropicais (Longman & Jenik 1974; Reich & Bochert 1982; Tanner 1982; Koptur *et al.* 1988; Morellato *et al.* 1989; Morellato *et al.* 2000).

A queda de folhas nesta comunidade é resultado não somente da deciduidade de algumas espécies, mas também, de herbivoria das folhas por formigas cortadeiras (*Atta cephalotes*). Dentre estas espécies arbóreas podemos destacar: *Thyrsodium spruceanum* e *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae), *Schefflera morototoni* (Anacardiaceae), *Byrsonima sericea* (Malpighiaceae), *Plathymenia foliolosa* (Mimosaceae), *Vochysia oblongifolia* (Vochysiaceae) e *Virola gardneri* (Myristicaceae).

Neste trabalho o percentual de indivíduos perdendo folhas ultrapassou o registrado para árvores em floresta Atlântica. Para este tipo vegetacional, a proporção média de espécies decíduas é inferior a 10% (Costa *et al.* 1997; Talora & Morellato 2000; Morellato *et al.* 2000), sendo 12% em Florestas de Araucária (Marques *et al.* 2004) e superior a 40% em Florestas Estacionais Semidecíduais (Morellato *et al.* 1989), sugerindo haver uma relação entre o nível de perda foliar e a amplitude do período seco em Florestas Tropicais (Marques & Oliveira 2004).

O desenvolvimento de botões florais e a antese floral foram observados sendo sazonais, com picos ocorrendo na estação seca entre dezembro e janeiro, tanto para proporção de indivíduos como para a proporção de espécies, período este semelhante a outros estudos em floresta Atlântica, embora correspondendo à outra estação climática (*e.g.* Morellato *et al.* 2000) e matas serranas no Rio de Janeiro (Silva *et al.* 1997) e em Pernambuco (Locatelli & Machado 2004). Padrão sazonal de floração e pico de atividade durante os meses mais secos foram observados em outros estudos em floresta úmida na Costa Rica e no Pará (*e.g.* Frankie *et al.* 1974; Knowles & Parrotta 1997) e em floresta seca na Costa Rica (Fuchs *et al.* 2003). Porém alguns autores discutem o fator temperatura como determinante da floração de algumas espécies em florestas chuvosas (Ashton *et al.* 1988), diferindo entre espécies em ambientes temperados e tropicais (Berry & Raison 1981; Fitter *et al.* 1995). Em regiões com estação seca bem definida acredita-se que a precipitação possa desencadear a floração (Opler *et al.* 1976; Primack 1995), no entanto outros autores acreditam que em florestas tropicais decíduas, o fato da maioria das árvores desenvolverem botões e antese durante a estação seca não é resultado de precipitação, mas sim de quantidade de água armazenada no solo e pela planta (Reich & Borchert 1982; Borchert 1998). Wright & Calderon (1995), em estudo no Panamá, argumentam ainda que a umidade disponível não explica os períodos de floração e que a diversidade de fenologias de floração tropical deveria ser compreendida dentro de uma perspectiva filogenética.

Além disso, a fenologia de floração pode determinar o número de doadores de pólen e a densidade de indivíduos florindo, sendo que ambos fatores afetam os padrões de fluxo de pólen entre árvores (veja Stephenson 1982; Murawski & Hamrick 1992). Portanto, a sobreposição na fenologia de floração, com sincronia entre os indivíduos florescendo pode ser estratégia da comunidade arbórea para possibilitar o recebimento de pólen de um maior número de doadores. Borchert *et al.* (2005) explicam ainda que, em populações com baixas densidades, o sucesso da polinização cruzada está na floração sincrônica, o que foi observado na comunidade estudada, visto o baixo número de indivíduos de algumas espécies. Porém a floração sincrônica também poderia significar a partilha ou competição por polinizadores (Kochmer & Handel 1986; Wright & Calderón 1995).

Algumas hipóteses são levantadas por Primack (1987) para a compreensão da fenologia em comunidades tropicais, onde uma delas sugere que há influência do tamanho do fruto na fenologia, sendo que espécies com frutos maiores teriam períodos de desenvolvimento de frutos

mais longos e, por outro lado, floresceriam antes das espécies com frutos menores e mais cedo na estação propícia. Isto poderia ser corroborado uma vez que foi observada na área de estudo espécies da família Lecythidaceae (*Lecythis* spp. e *Eschweilera ovata*) florescendo em períodos anteriores às outras espécies na estação seca, embora estes não fossem indivíduos marcados e também tenha sido verificado um longo período de desenvolvimento dos frutos até que estes caíssem das árvores. Porém o nosso trabalho não leva em conta o período de ocorrência de frutos imaturos e maduros, dadas as dificuldades em visualizar tais eventos especialmente em espécies de dossel e emergentes.

O padrão de frutificação observado neste estudo foi sazonal, com pico nos meses antecedentes às estações chuvosas, ou final da estação seca, o que era esperado, visto o grande número de espécies e famílias com frutos carnosos ou zoocóricos, como em *Brosimum* sp. e *Helicostylis tomentosa* (Moraceae), *Hortia arborea* (Rutaceae) e *Inga blanchethiana* (Mimosaceae). Alguns estudos relatam uma tendência para baixa frutificação em períodos de pouca pluviosidade ou em meses mais secos (Frankie *et al.* 1974; Terborgh 1983), especialmente para frutos carnosos zoocóricos, como será discutido no capítulo 3.

O período de frutificação registrado neste estudo coincidiria com o período adequado de germinação de sementes, que viria na estação chuvosa seguinte à frutificação (Janzen 1967; Garwood 1983; Primack 1987; Marques 2002). Os indivíduos frutificando no interior da floresta estão representados por maior proporção de espécies tolerantes à sombra, emergentes, de sub-bosque e frutos com grandes sementes (Oliveira *et al.* 2004), como em algumas Lecythidaceae encontradas na área de estudo. Além disso, a queda foliar durante ou anterior ao período de frutificação observado poderia propiciar a decomposição de nutrientes necessárias à frutificação de algumas espécies.

A comunidade arbórea estudada apresentou frutos durante todo o período de estudo, o que pode ser explicado pela predominância de frutos zoocóricos, o que estaria relacionado a uma estratégia para a manutenção de recursos aos animais dispersores de sementes (Snow 1965; Hilty 1980) ou ainda como uma forma de diminuir a competição por dispersores (Janzen 1976). Por outro lado, *Vochysia oblongifolia* (Vochysiaceae), espécie anemocórica, também apresentou frutificação contínua durante o estudo (Figura 6), o que deve estar relacionado ao padrão característico da espécie, facilitando sua dispersão em ambiente de topo de mata durante todo o ano, onde mesmo em períodos chuvosos, a incidência de ventos deve ser maior.

A floração de algumas espécies mais abundantes na área estudada, favoreceria a manutenção de várias guildas de polinizadores da comunidade arbórea, uma vez que, dentre estas estão representadas as guildas de polinização por insetos e vertebrados (Cara, 2006 dados não publicados cap. 3 desta tese). Da mesma forma, estas espécies apresentam frutos apreciados por animais frugívoros, os quais podem dispersar suas sementes. Alterações microclimáticas causadas por pressão antrópica, onde a extração de lenha contribui para o empobrecimento da floresta e abertura de clareiras no interior da floresta, e a caça para o extermínio de muitos animais polinizadores e dispersores podem interferir na manutenção da comunidade arbórea no fragmento estudado.

Os padrões fenológicos apresentados pela comunidade arbórea existente no fragmento estudado, traz contribuições importantes para o entendimento dos períodos de perda de folhas, floração e frutificação. Nossos dados permitiram verificar que a comunidade arbórea estudada apresentou floração ao longo de todo o período observado, o que representa a disponibilidade de recurso alimentar para animais polinizadores durante todo o ano. Da mesma forma, a frutificação observada durante todo o estudo também permite a manutenção de animais frugívoros no fragmento estudado durante todo o ano. Estas informações nos remetem a pensar com urgência em planos de manejo e conservação da área estudada e de novos estudos abordando o sistema reprodutivo e a variabilidade genética das espécies arbóreas, levando em consideração também a idade de cada área de regeneração nos locais estudados.

Referências bibliográficas

- Aizen M.A. and Feinsinger P. 1994. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a Chaco Dry Forest, Argentina. *Ecology* 75: 330-351
- Ashton PS, Givnish TJ & Appanah S. 1988. Staggered flowering in the Dipterocarpaceae: new insights into floral induction and the evolution of mast fruiting in the aseasonal tropics. *American Naturalist* 132 (1): 44-66.
- Ayres, M., Ayres, Jr. M., Ayres, D.L., Santos, A.A.S, 2003. *Bioestat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas*. Sociedade Civil Mamirauá, Belém.
- Bawa KS, Kang H. & Grayum MH. 2003. Relationships among time, frequency, and duration of flowering in tropical rain forest trees. *American Journal of Botany* 90 (6): 877-887.
- Bencke C.S.C. and Morellato L.P.C. 2002a. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta Atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 25: 237-248.
- Bencke C.S.C. and Morellato L.P.C. 2002b. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica* 25: 269-275.
- Borchert R, Renner SS, Calle Z, Navarrete D, Tye A, Gautier L, Spichiger R & Hildebrand P. 2005. Photoperiodic induction of synchronous flowering near the Equator. *Nature* 433: 627-629.
- Borchert R. 1998. Responses of tropical tree to rainfall seasonality and its long-term changes. *Climatic Change* 39: 381-393.
- Bulhão C. F. and Figueiredo P. S. 2002. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. *Revista Brasileira de Botânica* 25: 361-369.
- Bullock S.H. and Solis-Magallanes J.A. 1990. Phenology of canopy trees of a Tropical deciduous Forest in Mexico. *Biotropica* 22: 22-35.
- Costa MLMN., Andrade ACS., Pereira TS. 1997. Fenologia de espécies em floresta montana na reserva ecológica de Macaé de Cima. In: Lima HC., Guedes-Bruni RR. (Eds.). *Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação em mata Atlântica*. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 169-186.
- Croat TB. 1969. Seasonal flowering behavior in Central Panama. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 56: 295-307.

- Croat T.B. 1975. Phenological behavior of habit and habitat classes on Barro Colorado Island (Panama Canal Zone). *Biotropica* 7: 270-277.
- Didham R.K. and Lawton J.H. 1999. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in Tropical Forest fragments. *Biotropica* 31: 17-30.
- Donaldson J.; Nänni I.; Zachariades C. and Kemper J. 2002. Effects of habitat fragmentation on pollinator diversity and plant reproductive success in Renosterveld Shrublands of South Africa. *Conservation Biology* 16: 1267-1276.
- Fahrig L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematic* 34: 487-515.
- Figueiredo .R.A and Sazima M. 1997. Phenology and pollination ecology of tree brasilian fig species (Moraceae). *Botanica Acta* 110: 73-78.
- Fitter A.H., Fitter R.S.R, Harris I.T.B and Willianson M.H. 1995. Relationships between first flowering dae and temperature in the flora of a locality in central Eglend. *Functional Ecology* 9 (1): 55-60.
- Fournier L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24: 422-423.
- Fox B.J., Taylor J.E., Fox M.D. and Williams C. 1997. Vegetation changes across edges of rainforest remnants. *Biological Conservation* 82: 1-13.
- Frankie GW, Baker HG, and Opler PA. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical lowland wet and dry forest sites of Costa Rica. *Journal of Ecology* 62: 881-913.
- Fuchs J.E.; Lobo J.A. and Quesada M. 2003. Effects of the forest fragmentation and flowering phenology on the reproductive success and mating patterns of the Tropical dry forest tree *Pachira quinata*. *Conservation Biology* 17: 149-157.
- Funch L. S.; Funch R. and Barroso G. M. 2002. Phenology of Gallery and Montane Forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. *Biotropica* 34: 40-50.
- Galleti M, Costa CPA, Cazetta E. 2003. Effects of forest fragmentation, antropogenic edges and fruit colour on the comsuption of ornithochoric fruits. *Biological Conservation* 111:269-273.
- Galleti M., Pizo M.A. and Morellato P.C. 2004. Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. In: Cullen Jr. L.; Rudran, R. and Valladares-Padua, C. (eds.), *Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre*. Editora da UFPR, Curitiba, Paraná, Brasil, pp. 395-422.

- Garwood NC. 1982. Sazonal rhythm of seed germination in a semideciduous tropical forest. In the ecology of a tropical forest (EG. Leigh, Jr. AS. Rand & DM. Windsor Eds.). Smithsonian institution Press, Washington, P. 173-185.
- Gentry A.H. 1974. Flowering phenology and diversity in Tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6: 64-68.
- Grillo, A. A. S. 2005. As Implicações da Fragmentação e da Perda de Habitats Sobre a Assembléia de Árvores na Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.
- Hilty S.L. 1980. Flowering and fruiting periodicity in a premontane rain forest in pacific Colombia. *Biotropica* 12: 292-306.
- Hubbell SP. & Foster RB. 1983. Diversity of canopy trees in a neotropical forest and implication for consevation. In: SL. Sutton, TC. Whitmore & AC. Chadwick (Eds.). *Tropical rain forest: ecology and management*. Blackwell, Oxford. Pp. 25-41.
- IBGE 1985. Atlas Nacional do Brasil: região Nordeste. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- Janzen, D. H. 1967. Synchronization of sexual reproduction of tree within the dry season in Central America. *Evolution* 21: 620-637.
- Janzen, D. H. 1976. Seeding patterns of tropical trees. In: *Tropical trees as living systems*. PB. Tommilinson & MH. Zimmerman (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge. Pp 88-128.
- Knowles O. H. and Parrotta J. A. 1997. Phenological observation and tree seed characteristics in an Equatorial Moist Forest at Trmbetas, Para state, Brazil. *Phenology in Seasonal Climates* 1:67-84.
- Kochmer JP. & Handel SN. 1986. Constraints and competition on the evolution of flowering phenology. *Ecol. Monogr.* 56:303-325.
- Köppen W. 1931. *Grundriss der Klimakunde*. Walter de Gruyter, Berlin.
- Koptur S, Haber W.A., Frankie G.W., Baker H.G. 1988. Phenological studies of shrub and treelet species in tropical cloud forest of Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology.* 4: 347-359.
- Koptur S. 1983. Flowering phenology and floral biology of *Inga* (Fabaceae:Mimosoideae). *Systematic Botany* 8: 354-368.
- Laurance W.F., Lovejoy T.E., Vasconcelos H.L., Bruna E.M., Didham R.K., Stouffer P.C.,

- Gascon C., Bierregaard JR. R.O., Laurance S.G. and Sampaio E. 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology* 16: 605-618.
- Lieth H. 1974. Seasonality and phenology in a dry tropical forest in Ghana. *Journal of Ecology* 70: 791-806.
- Locatelli E, Machado ICS. 2004. Fenologia das espécies arbóreas de uma comunidade de Mata Serrana (Brejo dos Cavalos) em Pernambuco, Nordeste do Brasil. In: Porto KC, Cabral JJ, Tabarelli M eds. *Brejos de Altitude: História Natural, Ecologia e Conservação*. Brasília: 255-276.
- Longman, K.A., JENIK, J., 1974. *Tropical forest and its environment*. Longman Scientific and Technical, New York.
- Lovejoy T.E., Bierregaard R.O., Rylands Jr. A.B., Malcolm J.R., Quintela C.E., Harper L.H.:Brown K.S.; Powell Jr., A.H.; Powell G.V.N.; Schubart H.O.R. and Hays M.B. 1986. In: Soulé M.E. (ed), *Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. Biology: The science of scarcity and diversity*, pp.257-285.
- Lowman M.D. and Moffett M. 1993. The ecology of Tropical Rain Forest canopies. *Trends in Ecology and Evolution* 8: 104-107.
- Machado I. C. and Barroso L. M. 1997. Phenology of Caatinga species at Serra Talhada, PE, northeastern Brazil. *Biotropica* 29: 57-68.
- Mantovani A. & Morellato LPC. 2000. Fenologia da floração, frutificação, mudança foliar e aspectos da biologia floral do palmitreiro. *Sellowia* 49-52:23-38.
- Marques M.C.M. and Oliveira P.E.A.M. 2004. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas florestas de restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 27: 713-723.
- Monasterio, M. and Sarmiento G. 1976. Phenological strategies of plant species in tropical savanna and semi-deciduous forest of the Venezuela Llanos. Tese de Doutorado. Campinas: UNICAMP.
- Morellato L. P. C. and Leitão-Filho H. F. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia* 50: 163-173.
- Morellato P. C. and Leitão-Filho H. F. 1996. Reproductive phenology of climber in a Southeastern Brazilian Forest. *Biotropica* 28: 180-191.

- Morellato L. P. C., Rodriguez R. R., Leitão-Filho H. F. and Joly C. A. 1989. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 12: 85-98.
- Morellato L.P.C., Talora D.C., Takahasi A., Bencke C.C., Romera C.E. and Zipparro B.V. 2000. Phenology of Atlantic Rain Forest tree: a comparative study. *Biotropica* 32: 811-823.
- Morellato L.P.C. 1995. As flores e seus polinizadores. In: Morellato PC, Leitão-Filho, HF, (orgs), *Ecologia e Preservação de uma floresta tropical urbana – Reserva de Santa Genebra*. Campinas, Editora da Unicamp.
- Morellato L. P. C. 2004. Phenology, sex ratio, and spatial distribution among dioecious specie of *Trichilia* (Meliaceae). *Plant Biology* 6:491-497.
- Murawski D.A. & Hamrick J.L. 1992. Mating system and phenology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in Central Panama. *Journal of Heredity* 83:401-404.
- Murcia C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implication for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58-62.
- Nascimento H.E.M., Dias A.da S., Tabanez A.A.J. and Viana V.M. 1999. Estrutura e dinâmica de populações arbóreas de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual na região de Piracicaba, SP. *Revista Brasileira de Biologia* 59: 329-342.
- Newstrom L. E.; Frankie G. W. Baker H. G. and Colwell R. K. 1994a. Diversity of long-term flowering patterns. In: McDade, L.A., Bawa K.S.; Hespenheide H.A. and Hartshorn (eds), *La Selva: Ecology and natural history of a Neotropical Rain Forest*, pp. 142-160.
- Newstrom L.E.; Frankie G.W. and Baker H.G. 1994b. A new classification for plant phenology based on flowering pattern in lowland Tropical Rain Forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26: 141-159.
- Oliveira M.A., Grillo A.S. and Tabarelli M. 2004. Forest edge in the Brazilian Atlantic forest: drastic changes in tree species assemblages. *Oryx* 38: 389-394.
- Ollerton J. and Lach A.J. 1992. Flowering phenology: An example of relaxation of natural selection? *Trends in Ecology and Evolution* 7: 274-276.
- Opler P.A., Frankie GW. & Baker HG. 1976. Rainfall as a factor in tree release, timing and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *Journal of Biogeography* 3:231-236.
- Opler P.A., Frankie G.W., Baker H.G. 1980. Comparative phenological studies of treelet and shrubs species in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *Journal of*

- Ecology 68: 167-188.
- Rathcke B. and Lacey E.P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 179-214.
- Reich P.B. & Borchert R. 1982. Phenology and ecophysiology of the tropical tree, *Tabebuia neocrysantha* (Bignoniaceae). *Ecology* 63(2):294-299.
- Rivera, G., Borchert, R., 2001. Induction of flowering in tropical trees by a 30-min reduction in photoperiod: evidence from field observations and herbarium collections. *Tree Physiology* 21, 201-212.
- San Martín-Gajardo I. and Morellato, L.P.C. 2003. Inter and intraspecific variation on reproductive phenology of the Brazilian Atlantic forest Rubiaceae: ecology and phylogenetic constraints. *Rev.Biol.Trop.* 51 (3-4):691-698.
- Silva A.G., Guedes-Bruni R.R., and Lima M.P.M. 1997. Sistemas sexuais e recursos florais do componente arbustivo-arbóreo em mata preservada na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. In: Lima H.C., Guedes-Bruni R.R. (eds), *Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação da Mata Atlântica*. Jardim Botânico, Rio de Janeiro.
- Silva J.M.C. and Casteleti C.H.M. 2003. Status of the Biodiversity of the Atlantic Forest of Brazil. In: Gallindo-Leal, C., Câmara, I.G. (eds), *The Atlantic Forest of South America; Biodiversity Status, threats and outlook*. Washington: Island Press, pp. 43-59.
- Simberloff, D., 2000. A New Treatise on Island Biology. *BioScience* 50, 921-922.
- Snow D.W. 1965. A possible selective factor in the evolution of fruiting seasons in tropical forest. *Oikos* 15: 274-281.
- Sokal R.R. and Rohlf F.G. 1995. *Biometry*. W.H. Freeman and Company, New York.
- Sri-Ngernyuang K., Kanzaki M., Mizuno T., Noguchi H., Teejuntuk S., Sungpalee C., Hara M., Yamakura T., Sahunalu P., Dhanmanonda P. and Bunyavejchewin S. 2003. Habitat differentiation of Lauraceae species in a tropical lower montane forest in northern Thailand. *Ecological Research* 18: 1-14.
- Stephenson, A.G., 1982. The Role of the Extrafloral Nectaries of *Catalpa Speciosa* in Limiting Herbivory and Increasing Fruit Production. *Ecology* 63, 663-669.
- Tabanez A.A.J. and Viana V.M. 2000. Patch structure within Brazilian Atlantic Forest fragments and implications for conservation. *Biotropica* 32: 925-933.

- Tabarelli M., Mantovani W. and Peres C.A. 1999. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the Montane Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Biological Conservation* 91: 119-127.
- Tabarelli M. Cardoso J.M.C. and Gascon C. 2004. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. *Biodiversity and Conservation* 13: 1419-1425.
- Takahasi A. 1998. Fenologia de espécies arbóreas de uma floresta atlântica no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba, Ubatuba, SP. *Disertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.*
- Tallora D.C. and Morellato P. C. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 23: 13-26.
- Terborgh J. 1983. *Five New World Primates: a study in comparative ecology.* Reinceston: Princeton University Press.
- Turner IM. 2001. *The ecology of trees in the tropical rainforest.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Veloso H.P., Rangel-Filho A.L.R., and Lima J.C.A. 1991. *Classificação da Vegetação Brasileira Adaptada a um Sistema Universal.* Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- Willians-Linera G., Domínguez-Gastelú V. and García-Zurita M.E. 1998. Micoenvironment and floristics of different edges in a fragmented Tropical Rain Forest. *Conservation Biology* 12: 1091-1102.
- Willians-Linera G. 1997. Phenology of deciduous and broadleaved-evergreen tree species in a Mexican Tropical lower montane forest. *Global Ecology and Biogeography Letters* 6: 115-127.
- Wright SJ. & Calderon O. 1995.. Phylogenetic patterns among tropical flowering phenology. *Journal of Ecology* 83 (6): 937-948.
- Young A.M. 1988. Notes on phenological patterns of flowering and flower-feeding beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in two clones of Cacao (Sterculiaceae: Theobroma cacao L.) in Costa Rica. *Turrialba* 38: 143-148.
- Zar JH. 1996. *Biostatistical Analysis.* 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall.

Agradecimentos

À USGA pelo apoio logístico. À Patrícia Morellato pelas sugestões prévias na elaboração do manuscrito. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de doutorado de Patricia Araujo de Abreu Cara e Produtividade em Pesquisa aos demais autores. Ao apoio financeiro do Projeto Serra Grande, Capan, Conservação Internacional do Brasil e Fundação O Boticário. Ao Leonhard Krause pelo diagrama climático.

Legendas das figuras

Figura 1. Mapa dos remanescentes de floresta Atlântica no nordeste brasileiro (A) e foto aérea do fragmento estudado em Alagoas (B), com destaque da matriz circundante de cana-de-açúcar (C). (Mapa: Pimentel & Tabarelli 2004).

Figura 2. Diagrama climático segundo Walter & Lieth (1960), da área da Usina Serra Grande (USGA), AL. Temperatura média de 1911-1990 (Fonte: Departamento de Ciências Atmosféricas, UFPB). Precipitação média (1922-2001) e precipitação total de 2003-2005 (Fonte: Estação meteorológica da USGA).

Figura 3. Percentual de espécies (%) (A), indivíduos (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase queda de folhas no interior do fragmento Coimbra, Alagoas, NE do Brasil, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 4. Percentual de espécies (%) (A), indivíduos (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase floração no interior do fragmento Coimbra, Alagoas, NE do Brasil, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 5. Percentual de espécies (%) (A), indivíduos (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase frutificação no interior do fragmento Coimbra, Alagoas, NE do Brasil, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 6. Fenologia de 12 espécies comuns ($N \geq 6$ indivíduos) em percentual de indivíduos, no interior do fragmento Coimbra, Alagoas, NE do Brasil, de Maio/03-Abril/05.

Legenda da tabela

Tabela 1. Resultados da análise do coeficiente de Correlação de Spearman (r_s) entre a precipitação e os números de espécies/indivíduos apresentando as fenofases queda de folhas, floração e frutificação na comunidade arbórea nos ambientes de topo, vale e interior total para os períodos de Maio/2003-Abril/2004 (Ano 1), Maio/2004-Abril/2005 (Ano 2) e de Maio/2003-Abril/2005 (24 meses de estudo) em um fragmento de floresta Atlântica no Centro de Endemismo Pernambuco. Valores significativos em negrito.

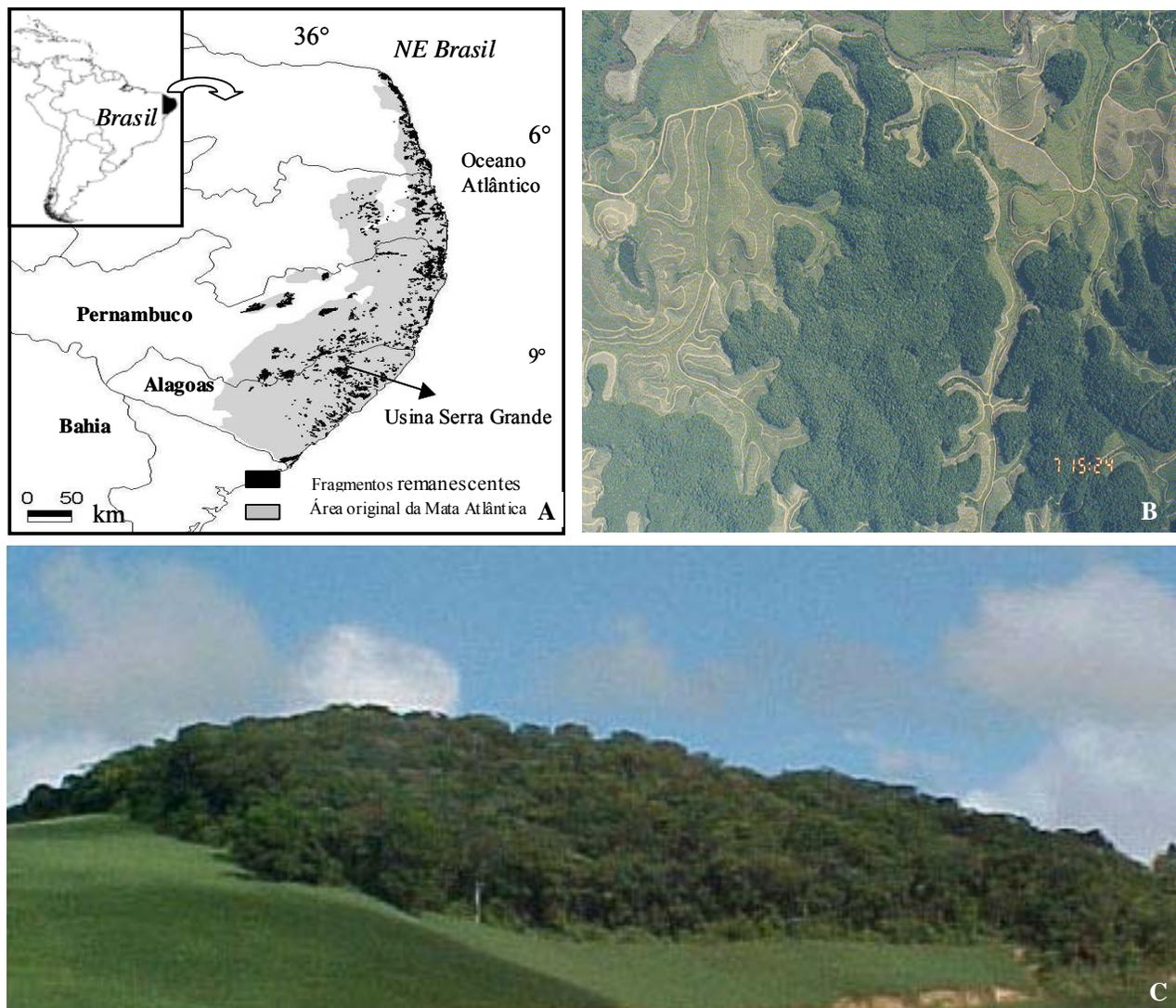


Figura 1. Mapa dos remanescentes de floresta Atlântica no nordeste brasileiro (A) e foto aérea do fragmento estudado em Alagoas (B), com destaque da matriz circundante de cana-de-açúcar (C). (Mapa: Pimentel & Tabarelli 2004).

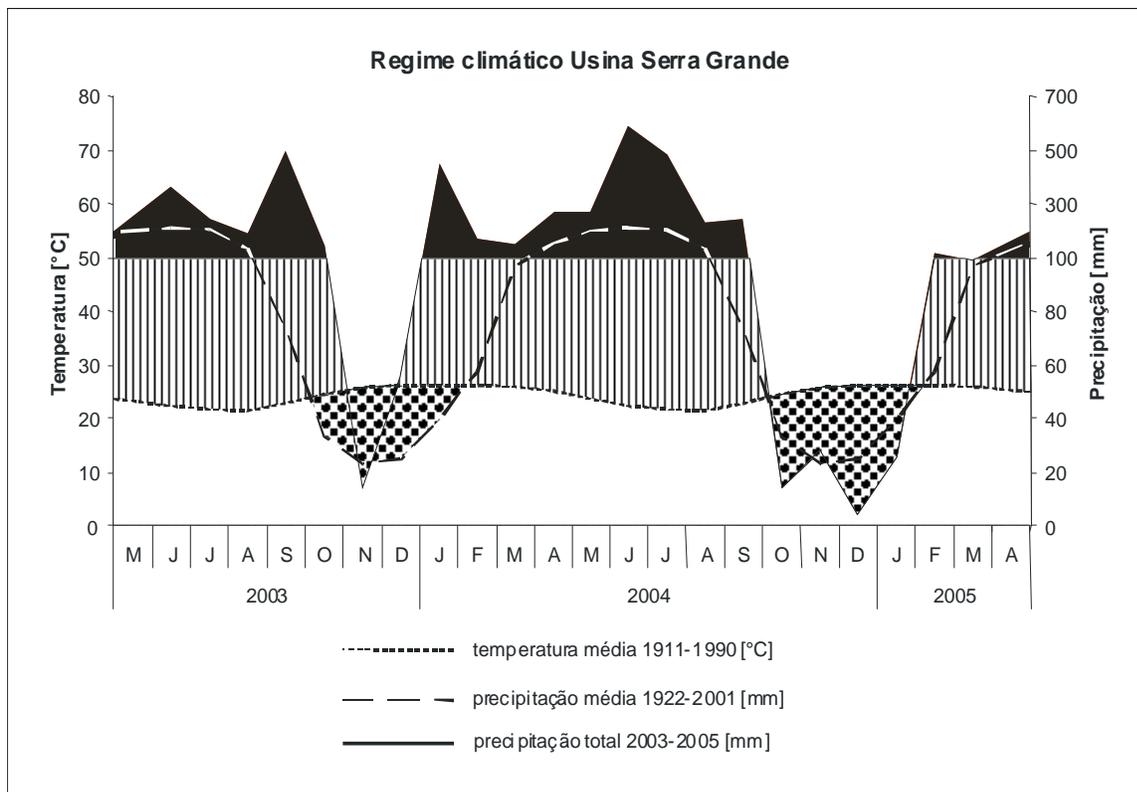
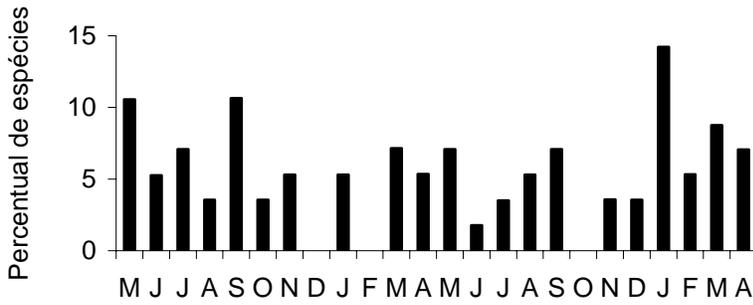


Figura 2. Diagrama climático segundo Walter & Lieth (1960), da área da Usina Serra Grande (USGA), AL. Temperatura média de 1911-1990 (Fonte: Departamento de Ciências Atmosféricas, UFPB). Precipitação média (1922-2001) e precipitação total de 2003-2005 (Fonte: Estação meteorológica da USGA).

A



B



C

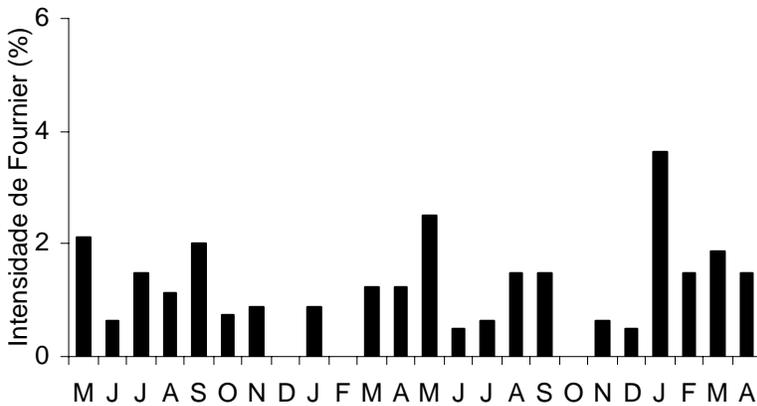


Figura 3. Percentual de espécies (%) (A), indivíduos (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase queda de folhas no interior do fragmento Coimbra, Alagoas, NE do Brasil, de Maio/2003-Abril/2005.

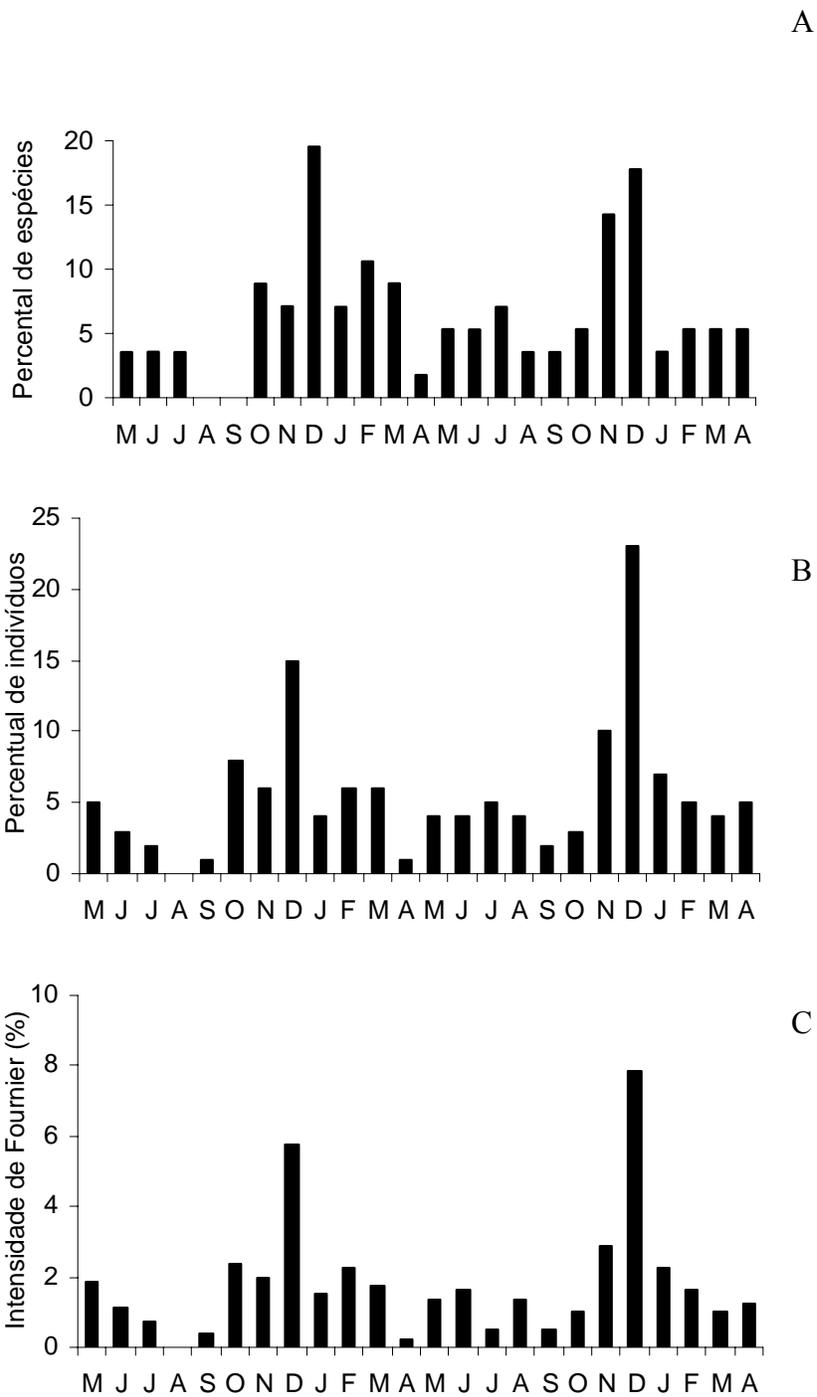


Figura 4. Percentual de espécies (%) (A), indivíduos (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase floração no interior do fragmento Coimbra, Alagoas, NE do Brasil, de Maio/2003-Abril/2005.

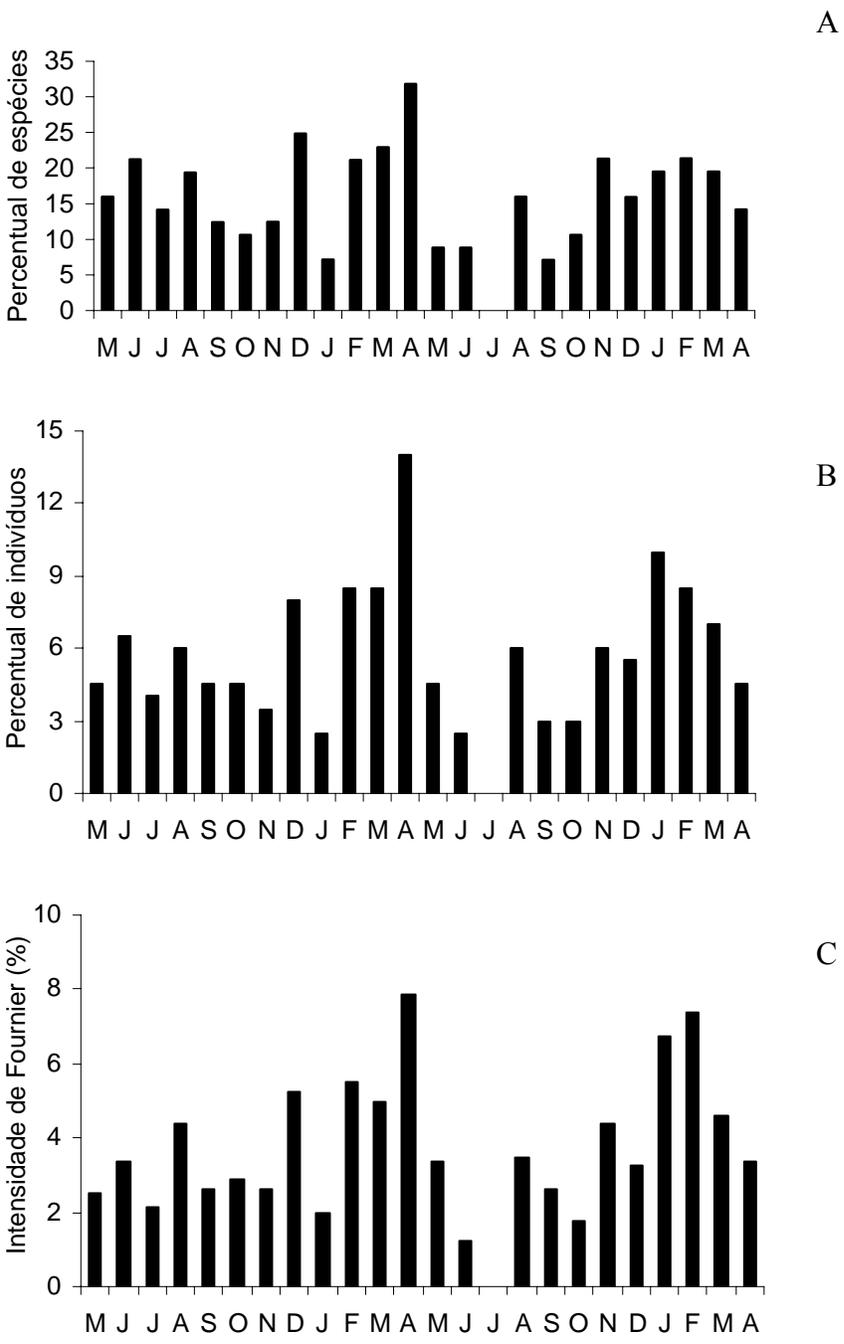


Figura 5. Percentual de espécies (%) (A), indivíduos (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase frutificação no interior do fragmento Coimbra, Alagoas, NE do Brasil, de Maio/2003-Abril/2005.

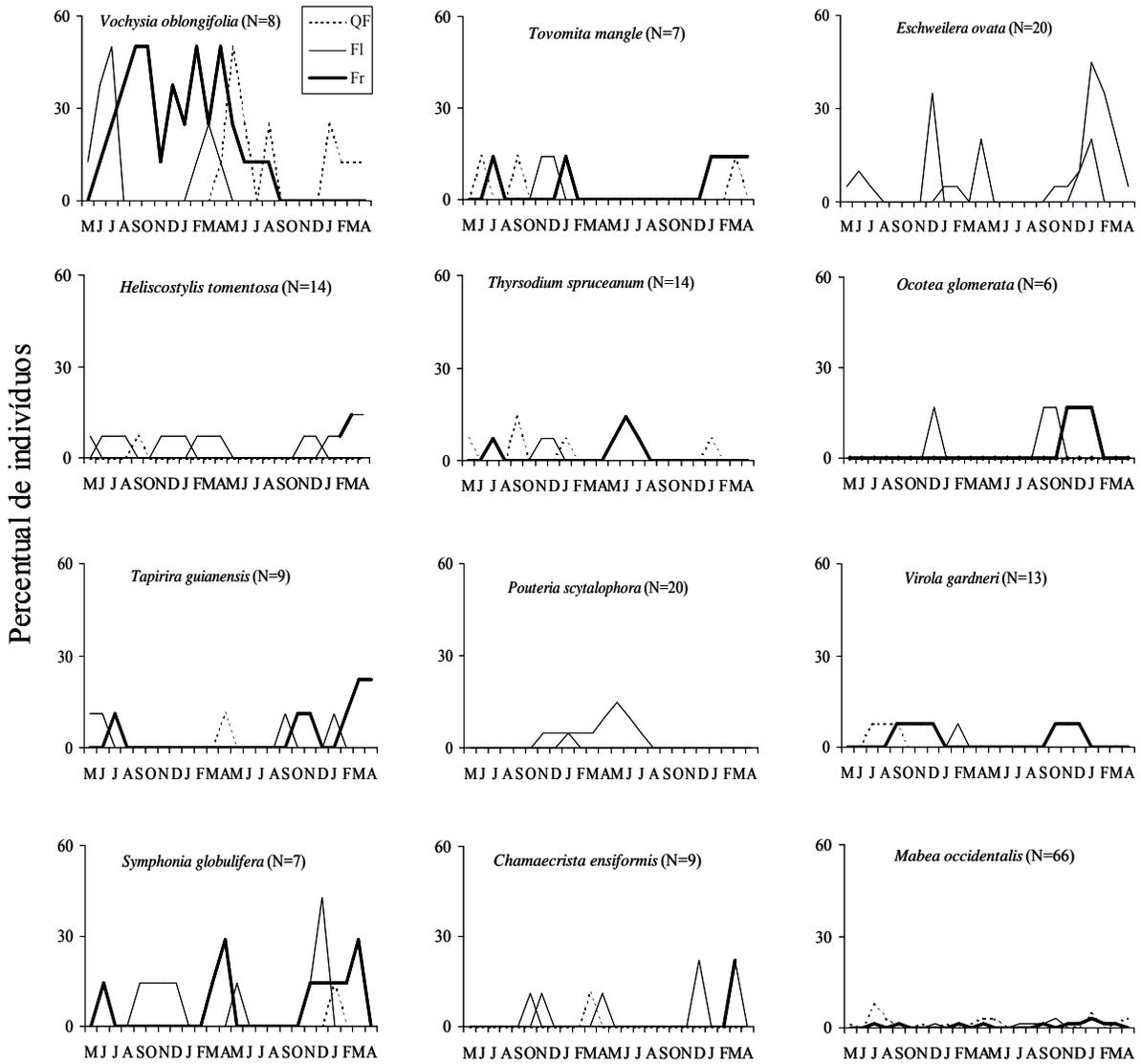


Figura 6. Fenologia de 12 espécies comuns ($N \geq 6$ indivíduos) em percentual de indivíduos, no interior do fragmento Coimbra, Alagoas, NE do Brasil, de Maio/03-Abril/05.

Tabela 1. Resultados da análise do coeficiente de Correlação de Spearman (rs) entre a precipitação e os números de espécies/indivíduos apresentando as fenofases queda de folhas, floração e frutificação na comunidade arbórea nos ambientes de topo, vale e interior total para os períodos de Maio/2003-Abril/2004 (Ano 1), Maio/2004-Abril/2005 (Ano 2) e de Maio/2003-Abril/2005 (24 meses de estudo) em um fragmento de floresta Atlântica no Centro de Endemismo Pernambuco. Valores significativos em negrito.

Local	Fenofase	Ano 1	Ano 2		24 meses	
		P1	P1	P2	P1	P2
Topo	Queda de folhas	ns	ns	rs=-0,57/ns p=0,05/ns	ns	ns
	Floração	rs=-0,74/-0,66 p=0,00/0,01	rs=ns/-0,8 p=ns/0,00	rs=-0,74/-0,85 p=0,00/0,00	rs=-0,73/-0,72 p=0,00/0,00	rs=-0,4/-0,57 P=0,05/0,00
	Frutificação	ns	ns	rs=-0,7/ns p=0,01/ns	rs=-0,46/-0,4 p=0,02/0,02	rs=-0,7/-0,59 p=0,00/0,00
Vale	Floração	rs=ns/-0,6 p=ns/0,03	ns	ns	ns	ns
	Frutificação	ns	ns	rs=-0,66/ns p=0,01/ns	ns	ns
Total	Floração	rs=-0,46/-0,73 p=0,02/0,00	rs=-0,65/ns p=0,02/ns	rs=-0,58/-0,58 p=0,04/0,04	rs=-0,46/-0,61 p=0,02/0,00	ns
	Frutificação	ns	rs=-0,63/-0,71 p=0,02/0,00	rs=-0,71/-0,71 p=0,008/0,008	ns	rs=0,43/ns p=0,03/ns

Total = Soma dos valores de T+V.

P1 = precipitação do mês de observação.

P2 = precipitação do mês anterior à observação.

ns = valores não significativos

**EFEITO DE BORDA SOBRE A FENOLOGIA DE UMA COMUNIDADE
ARBÓREA EM REMANESCENTE DE FLORESTA ATLÂNTICA NORDESTINA**

MANUSCRITO 2

A ser enviado para a revista *Conservation Biology*

RESUMO

A perda de área e alterações microclimáticas em bordas de florestas fragmentadas, afetam a composição de espécies em comunidades vegetais e também interferem nos padrões fenológicos apresentados por essas comunidades. Neste estudo foi testado o efeito de borda sobre a fenologia reprodutiva e a queda de folhas de uma comunidade arbórea, em um fragmento de floresta Atlântica com 3.375ha de área florestada (9° 0' S, 35° 52' W), circundado por uma matriz não florestada de cana-de-açúcar, no estado de Alagoas, NE brasileiro. Para isto foram comparados 200 indivíduos arbóreos (DAP>10cm) em borda (entre 0 e 100m) e interior (topo e vale - >200m) de mata, totalizando 600 árvores, distribuídas em 12 parcelas de 0,1ha cada, entre maio/2003 e abril/2005. Foram acompanhadas 93 espécies (33 na borda, 56 no topo e 57 no vale – algumas comuns a mais de um local), distribuídas em 72 gêneros e 40 famílias. Na borda foi observada maior atividade reprodutiva, com maior proporção de indivíduos, espécies e maior intensidade das fenofases em relação ao topo ou ao vale do fragmento. Da mesma forma, a queda de folhas foi mais pronunciada na borda do que no interior. Houve diferença significativa no número de indivíduos perdendo folhas ($G=50,28$; $gl=23$; $p<0,001$), florescendo ($G=57,42$; $gl=23$; $p<0,0001$) e frutificando ($G=50,98$; $gl=23$; $p<0,001$) entre os ambientes de borda e topo no fragmento estudado. De maneira semelhante, houve diferença significativa entre o número de indivíduos perdendo folhas ($G=69,65$; $gl=23$; $p<0,0001$), florescendo ($G=70,79$; $gl=23$; $p<0,0001$) e frutificando ($G=64,11$; $gl=23$; $p<0,0001$) entre borda e vale. O número de espécies perdendo folhas também diferiu significativamente entre os ambientes de borda e vale ($G=36,04$; $gl=23$; $p<0,05$). A alta densidade e a alta frequência de ocorrência de espécies pioneiras e favorecidas pelo efeito de borda poderia explicar o elevado número de indivíduos e espécies apresentando os padrões fenológicos observados.

Palavras-chave: Árvores; conservação da Mata Atlântica nordestina; fenologia reprodutiva; fragmentação; queda foliar.

ABSTRACT

Area loss and microclimatic changes at the edges of fragmented forests affect the species composition in plant communities and influence the phenological patterns showed by this communities. In this study, the edge effect on the reproductive phenology and leaf fall of a tree community was tested in a 3.375 ha northeast Brazilian Atlantic Rainforest fragment, situated in the Alagoas State (9° 0' S 35° 52' W) and surrounded by a deforested matrix of sugar cane plantations. For this purpose, between May/2003 and April/2005 200 tree individuals (BHD>10 cm) at the forest edge (0-100m) and in the interior (>200 m) habitats-top and valley, were compared, totalizing 600 individuals, and distributed into 12 plots of 100x10 m (0.1 ha). 93 species (33 at the edge, 56 at the top and 57 in the valley, some common to more than one habitat), belonging to 72 genera and 40 families were attended. At the edge, a higher reproductive activity with higher proportion of individuals and species and higher phenophase intensity compared to the fragment top or valley was observed. Similarly, the leaf fall was more pronounced at the forest edge than in the interior. There was a significant difference in the number of individuals losing leaves ($G=50,28$; $df=23$; $p<0,001$), flowering ($G=57,42$; $df=23$; $p<0,0001$) and fruiting ($G=50,98$; $df=23$; $p<0,001$) between the fragment edge and top environment. In the same way there was a significant difference between the number of individuals losing leaves ($G=69,65$; $df=23$; $p<0,0001$), flowering ($G=70,79$; $df=23$; $p<0,0001$) and fruiting ($G=64,11$; $df=23$; $p<0,0001$) at the border and the valley. Also, the number of species losing leaves was significant different between the edge and valley environment ($G=36,04$; $df=23$; $p<0,05$). The high density and frequency of the occurrence of pioneer an edge-effect-favoured species could explicate the high number of individuals and species showing the observed phenological patterns.

Key words: trees, northeastern Atlantic Rainforest conservation, reproductive phenology, fragmentation, leaf fall.

Efeito de borda sobre a fenologia de uma comunidade arbórea em remanescente de floresta Atlântica nordestina

Patricia Araujo de Abreu Cara¹, Isabel Cristina Machado² & Marcelo Tabarelli².

¹ Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco.

E-mail: patycara@yahoo.com.br.

² Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brazil.
50670-901.

Introdução

Os efeitos da fragmentação florestal na estrutura e diversidade de florestas tropicais têm sido alvo de estudos (*e.g.* Laurance 1991; Turner 1996; Laurance & Bierregaard 1997; Oliveira-Filho *et al.* 1997; Benitez-Malvido 1998) e muito se discute sobre as mudanças que ocorrem nas características bióticas e abióticas em ambientes fragmentados. Algumas conseqüências da fragmentação florestal são a redução de área, o isolamento e a criação de bordas. O resultado de interações entre dois ambientes adjacentes, separados por uma transição abrupta, ou borda, é conhecido como “efeito de borda” (Bierregaard *et al.*, 1992; Murcia 1995) e este ambiente apresenta características particulares e muitas vezes deletérias para algumas espécies ou comunidades vegetais (Oliveira *et al.* 2004).

Segundo Gascon *et al.* (1999), a interação entre o remanescente florestal e a matriz não florestada, pode ser definido pela forma como a matriz circundante influencia a dinâmica do fragmento. A perda de área resultante da fragmentação é descrita por alguns autores como um fator importante no declínio de espécies (Simberloff, 2000; Parker & Mac Nally, 2002; Fahrig 2003), porém sua extensão varia dependendo do tipo de organismo (Laurance 2000).

Em comparação com as florestas contínuas, fragmentos florestais apresentam maiores temperaturas e menor umidade no solo próximo às bordas (Kapos 1989; Young & Mitchell 1994; Camargo & Kapos 1995). Os padrões de interações entre as espécies e os fatores abióticos são alterados nas bordas de florestas, causando o declínio de populações de espécies tolerantes à sombra (Turner 1996; Parker & Mac Nally 2002). A densidade, a biomassa e o recrutamento de espécies pioneiras aumentam na borda (Palik & Murphy 1990; Laurance 1991; Young & Mitchell 1994; Laurance *et al.* 1998; Oliveira *et al.* 2004), assim como aumenta a mortalidade de árvores (Ferreira & Laurance 1997) e diminui a regeneração florestal (Benitez-Malvido 1998). Além disso o comportamento e dinâmica da fauna também são alterados com a fragmentação florestal (Bierregaard 1990), ocorrendo perda de biodiversidade (Turner 1996).

Na borda, a perda de alguns grupos ecológicos (*i.e.* espécies tolerantes à sombra, com grandes sementes ou emergentes), ao mesmo tempo em que outras espécies se sobresaem (*i.e.* intolerantes à sombra, com pequenas sementes e de dossel), aliadas ao

empobrecimento das áreas florestais próximas à borda, leva à “simplificação” destes locais (Murcia 1995; Oliveira *et al.* 2004), que se tornam cada vez mais, ambientes homogêneos. Além disso, a perda não-aleatória de espécies pode afetar processos ecológicos como a polinização e dispersão de sementes (Ganade, 1995; Murcia, 1995; Laurance *et al.*, 2002; Melo, 2004), impedindo a regeneração e favorecendo degeneração das áreas de floresta próxima às bordas do fragmento.

A fenologia, sendo o estudo da periodicidade de ocorrência dos eventos de vida repetitivos (Rathcke & Lacey 1985), é importante para a compreensão da ecologia e evolução de espécies e comunidades nos trópicos (Newstrom *et al.* 1994). Em ambientes tropicais, além dos fatores abióticos como a pluviosidade e a temperatura, interações entre plantas e organismos polinizadores, dispersores e herbívoros também podem influenciar a fenologia de plantas (Rathcke & Lacey 1985; Morelato *et al.* 2000).

Padrões sazonais e ritmos periódicos de crescimento e reprodução de espécies vegetais são descritos em alguns estudos (*e.g.* Janzen 1967; Longman & Jenik 1974; Arroyo *et al.* 1981; Reich & Borchert 1984; Morellato *et al.* 1989; Wright & Van Schaik 1994; Rivera & Borchert 2001). Contudo, poucos estudos abordam as respostas fenológicas ao efeito de borda ou outros resultados da fragmentação florestal (*e.g.* Aizen & Feinsinger 1994a e b; Hill & Curran 2000; Rossi & Higushi 1998; D’Eça Neves 2004).

Este estudo, portanto, teve como objetivo comparar as diferenças nas proporções de indivíduos e espécies de uma comunidade arbórea apresentando as fenofases queda foliar, floração e frutificação em borda e interior (topo e vale) em remanescente de floresta Atlântica nordestina. O índice de intensidade das fenofases para os indivíduos ativos na comunidade também foi comparado entre os ambientes. Partindo da premissa que “bordas florestais apresentam maior densidade de espécies pioneiras, de dossel, zoocóricas e de vida curta, enquanto topo e vale de mata apresentam maior densidade de espécies tolerantes à sombra, com diferente estratificação (subbosque, emergentes e dossel) e diferentes síndromes de dispersão” (Oliveira *et al.* 2004), as hipóteses deste estudo são: i) em parcelas de bordas, a predominância de espécies pioneiras favoreceria padrões fenológicos mais sazonalmente marcados; ii) em topo e vale, a maior diversidade de grupos ecológicos implicaria na substituição de espécies manifestando os eventos fenológicos ao longo do tempo, favorecendo padrões mais constantes.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado em um fragmento de Floresta Atlântica de 3.375 ha (Fragmento Coimbra) em reserva particular da Usina Serra Grande (USGA) (9° 0' S, 35° 52' W), localizada entre os municípios de Ibateguara e São José da Laje, Alagoas, NE do Brasil (Fig. 1). O solo é do tipo latossolo e podzólico, e o relevo local é montanhoso, com vales rasos e largos (IBGE 1985). O clima é de tipo Am (Köppen 1931), tropical quente-úmido apresentando sazonalidade climática, com uma estação seca de outubro a fevereiro e uma estação chuvosa de abril a setembro (dados meteorológicos de 1922-2001, USGA) (Fig. 2A). A precipitação média anual é de 2000mm e a temperatura média anual varia entre 22 e 24° C (IBGE 1985). Durante o período de estudo (maio/2003 a abril/2005) as precipitações mensais foram mais elevadas em relação à média dos 79 anos, com uma pronunciada estação seca entre outubro/2004 a janeiro/2005 (Fig. 2B). A vegetação é classificada como floresta ombrófila aberta baixo-montana, com 250-600m de altitude (Veloso *et al.* 1991), cujas espécies dominantes pertencem às famílias Leguminosae (*sensu lato*), Euphorbiaceae, Sapotaceae, Apocynaceae, Moraceae, Lecythidaceae e Chrysobalanaceae (Oliveira *et al.* 2004).

Aspectos geomorfológicos, topográficos e florísticos do fragmento

O desenho experimental foi o mesmo utilizado por Oliveira *et al.* (2004) e Grillo (2005), baseados em características da geomorfologia e topografia do terreno, conforme já considerado em outros trabalhos de mesmo cunho científico (*e.g.* Sri-Ngernyuang *et al.* 2003). Com base nestas diferenças, as parcelas foram plotadas em habitats de a) fundo de vale- margeando cursos de água, em terrenos mais planos e baixos da floresta; b) topo de morro- localizadas nos pontos mais altos dos morros, entre as áreas de vale e c) borda de floresta- localizadas nos ambientes de transição da matriz de cana-de-açúcar e o interior do fragmento florestal.

Os ambientes de topo e vale representam o interior do fragmento estudado, mas diferem em relação à riqueza de espécies arbóreas por unidade de área, ao percentual de espécies nos diferentes estágios sucessionais e estratos ocupados, tratados aqui como grupos ecológicos. Bordas florestais e topo de mata apresentam maior similaridade florística em comparação com borda e vale, ou topo e vale (Oliveira *et al.* 2004). O habitat de topo também apresenta maior riqueza de espécies por área (Grillo 2005).

Categorias dos grupos ecológicos

As espécies arbóreas constituintes da comunidade estudada também foram categorizadas em grupos ecológicos com base em Oliveira *et al.* (2004) e Grillo (2005). Para isto os autores consideraram: i) o estágio sucessional ou nicho de regeneração em a) espécies tolerantes à sombra, cuja regeneração está associada a habitats sombreados da floresta madura; e b) espécies intolerantes à sombra (*i.e.* pioneiras) cuja presença está associada a locais perturbados e de maior insolação (de acordo com Tabarelli *et al.* 1999); ii) o estrato ocupado pelas espécies arbóreas na floresta, com: a) espécies do subosque, presentes no estrato mais sombreado e inferior da floresta madura, abaixo do dossel; b) espécies do dossel, formando o estrato mais contínuo (cujas copas se tocam lateralmente) e intermediário da floresta madura; e c) espécies emergentes, que são aquelas cujas copas encontram-se totalmente expostas acima do dossel (segundo Oliveira *et al.* 2004) e iii) a síndrome de dispersão de cada espécie, considerando como a) espécies bióticas (*i.e.* zoocóricas), aquelas cujas sementes são carnosas ou forneçam algum tipo de recurso a dispersores vertebrados (*e.g.* arilo ou elaiossomo); e b) espécies abióticas como as anemocóricas (*e.g.* sementes aladas), ou autocóricas (*e.g.* barocoria) (segundo van der Pijl 1982).

A distribuição das espécies nos diferentes ambientes e grupos ecológicos encontra-se relacionada na Tabela 1, cujas categorias seguem Oliveira *et al.* (2004) e Grillo (2005).

A comunidade arbórea

Para coleta dos dados foram selecionados no fragmento estudado, 600 indivíduos arbóreos (DAP>10cm) em 12 parcelas de 0,1ha (100m X 10m) em três ambientes no fragmento estudado (borda – de 0 a 100m na floresta, topo e vale – a partir de 200m da margem do fragmento). As parcelas utilizadas haviam sido previamente distribuídas de maneira não aleatória em estudo anterior (veja Oliveira *et al.* 2004) e a “distância de borda” foi baseada em Laurance *et al.* (1998), considerando que o efeito de borda penetra 100m no fragmento. Em cada ambiente foram amostrados, entre maio/2003 a abril/2005, 200 indivíduos distribuídos em 4 parcelas. A escolha dos indivíduos foi feita com base na visualização de suas copas, com auxílio de binóculo, sendo escolhidas 50 árvores em cada uma das parcelas. O número de indivíduos por espécie variou de 1-41, sendo explicado pela frequência, abundância ou raridade de cada espécie (Galetti *et al.* 2003). Durante todo o período de estudo, ao longo das parcelas eram coletadas flores e frutos, os quais foram fixados em álcool 70% e/ou secos em estufa. O material botânico coletado encontra-se depositado no herbário Prof. Geraldo Mariz (UFP) (números de coletor: Cara, P. A. A., entre 001 e 082).

Foram acompanhadas noventa e três espécies de árvores, pertencentes a 72 gêneros e 40 famílias. Dentre estas, 10 espécies são exclusivas de borda (10,8%), 45 são exclusivas de interior (48,4%) e nove espécies são comuns a ambos os ambientes (9,7%), com 33 espécies encontradas na borda e 80 espécies no interior (56 no topo e 57 no vale). O número total e a proporção relativa de indivíduos e espécies pioneiras, com síndrome de dispersão zoocórica e em cada estrato ocupado na comunidade arbórea no fragmento estudado encontra-se na Tabela 2.

Fenologia

Os dados fenológicos foram obtidos em indivíduos previamente marcados e numerados seqüencialmente em cada local de coleta. De cada indivíduo marcado foram registrados mensalmente as fenofases queda foliar, floração (botão + antese) e frutificação (frutos verdes + frutos maduros). As informações sobre botão floral e antese, e frutos verdes e

maduros foram somados a fim de dar mais consistência às análises, dadas as dificuldades em visualizar tais eventos no interior da mata. Para coleta e análise destes dados foram utilizados dois métodos, descritos a seguir.

Índice de atividade

Foi registrado o número de indivíduos e espécies em cada fenofase ao longo do período de observação, que em seguida foi transformado para proporção, dividindo-se pelo número de indivíduos (N=200) por ambiente, ou pelo número de espécies presentes em cada ambiente (N=33 na borda, 56 no topo e 57 no vale) multiplicado por 100. Esta amostragem permite visualizar de maneira geral quando cada fenofase ocorreu na comunidade em termos de percentuais de indivíduos e espécies.

Percentual de intensidade de Fournier (Fournier 1974)

Neste método o evento fenológico foi agrupado em classes de intervalos de 1-4 (1-100% de intensidade) para todos os indivíduos ativos em cada fenofase. Foi calculado o valor médio de intensidade, somando-se cada classe de intensidade para cada indivíduo por mês de observação. Para calcular o índice de intensidade para a comunidade estudada em cada fenofase, foi utilizada a seguinte fórmula (adaptada de Fournier 1974):

Índice de intensidade de Fournier (IF) = Σ valores de intensidade para todos indivíduos no mês / N . 4 . 100, sendo que N=200 indivíduos em cada ambiente e quatro é o valor máximo de intensidade que cada indivíduo pode alcançar.

Dessa forma foi possível visualizar o pico de intensidade de cada fenofase, indicando quando esta ocorreu de modo mais intenso na comunidade, mostrando não só o número de indivíduos manifestando a fenofase, mas também a intensidade estimada (em intervalos de percentuais) de folhas, flores (incluindo botões e flores abertas) e frutos por copa de árvore amostrada.

Análises estatísticas

A fim de analisar as diferenças na atividade fenológica e sobre a intensidade de fenofase da comunidade arbórea estudada, entre os ambientes de borda, topo e vale de mata, foi utilizado teste G (Zar 1996), no programa BIOSTAT 2.0 (Ayres *et al.* 2003).

Para isto foram comparados o número de indivíduos e espécies em cada fenofase em cada um dos três ambientes e também a intensidade de fenofase dos indivíduos da comunidade em cada um dos ambientes, para todos os indivíduos ativos na comunidade.

Resultados

A comunidade arbórea

Neste estudo foram acompanhadas 93 espécies arbóreas, pertencentes a 72 gêneros e 40 famílias, correspondendo a 71% do total das espécies de árvores no fragmento Coimbra em levantamento realizado anteriormente por Oliveira *et al.* (2004). As famílias mais representativas no estudo anteriormente citado foram Mimosaceae e Moraceae, com seis espécies cada uma, seguidas por Lauraceae e Sapotaceae com cinco espécies.

Queda de folhas

O maior percentual de indivíduos e espécies perdendo folhas foi registrado na borda (Figura 3A e B). De maneira semelhante, as maiores intensidades de Fournier também foram registradas neste ambiente (Figura 3C).

Apenas seis das noventa e três espécies perderam folhas de forma contínua durante o período de estudo, sendo responsáveis por 48% dos registros deste evento fenológico. Algumas espécies (*e.g.* *Byrsonima sericea*, *Platymenia foliolosa*, *Vochysia oblongifolia* e *Virola gardneri*) apresentaram até quase 100% de perda foliar por terem suas folhas removidas por saúvas (*Atta laevigata*).

Foi registrado um pico para o número de indivíduos com queda de folhas em ambiente de borda, em janeiro do ano de 2004 (N=24). Em janeiro do ano de 2005 (N=18) também registrou-se elevado número de indivíduos em queda de folhas. Já no interior do fragmento foi observado um padrão mais constante de perda foliar, com um aumento no número de indivíduos apresentando este evento em janeiro do ano de 2005 no topo (N=9) e em março do mesmo ano no vale (N=5).

A porcentagem de espécies perdendo folhas em ambiente de borda foi praticamente constante ao longo do período de estudo, embora possa ser observado um pico pronunciado em janeiro de 2005 (N=11). No topo, a maior porcentagem de espécies perdendo folhas (N=6) ocorreu no mesmo período que o registrado em borda, enquanto no vale foram observados dois “picos”, um em maio de 2003 (N=5) e outro em março de 2005 (N=5).

Quanto aos valores de intensidade de Fournier, na borda este índice foi mais elevado em janeiro de 2004, com 7,5% da comunidade arbórea perdendo folhas neste ambiente. No interior da floresta estes valores foram menores, com máximo de 2,7% de intensidade no topo em janeiro de 2005 e 1,9% no vale em março de 2005.

Houve diferença significativa no número de indivíduos perdendo folhas entre os ambientes de borda e topo ($G=50,3$; $gl=23$; $p<0,001$) e entre os ambientes de borda e vale ($G=69,7$; $gl=23$; $p<0,001$). O número de espécies apresentando queda foliar também foi significativamente diferente entre os ambientes de borda e vale ($G=36,05$; $gl=23$; $P=0,04$).

Floração

O maior percentual de indivíduos florescendo também foi registrado na borda (Figura 4A). No interior da mata o maior percentual de indivíduos com floração foi registrado no topo seguido do vale. O percentual de espécies apresentando floração foi maior na borda, seguido de topo e vale (Figura 4B). A intensidade de Fournier para a fenofase floração apresentada pela comunidade também foi maior na borda, seguida porém, do vale e topo (Figura 4C)

Pico de atividade em número de indivíduos florescendo foi registrado na borda em janeiro de 2005 (N=31) (Figura 4A). O pico de indivíduos florescendo no topo e no vale foi observado no mês de dezembro de 2004 (N=12 e 11 respectivamente) (Figura 4A).

Na borda o maior percentual de espécies com flores foi observado para os meses de dezembro de 2003 (N=7) e janeiro de 2005 (N=7), enquanto no topo foram nos meses de dezembro de 2003(N=7), novembro de 2004 (N=7) e dezembro de 2005 (N=7) (Figura 4B). No vale, os maiores registros em número de espécies foram para os meses de dezembro de 2003 (N=4) e fevereiro de 2004 (N=4) (Figura 4B).

Os maiores índices de intensidade de Fournier para os ambientes foram registrados respectivamente em janeiro de 2004 (N=7,5%), janeiro de 2005 (N=2,7%) e março de 2005 (N=1,87%) para borda, topo e vale de mata (Figura 4C).

As análises estatísticas demonstraram que houve diferença significativa no número de indivíduos florescendo entre os ambientes de borda e topo ($G=57,41$; $gl=23$; $p<0,001$) e entre borda e vale ($G=70,8$; $gl=23$; $p<0,001$), mas não entre topo e vale.

Frutificação

Nos três ambientes os maiores percentuais de indivíduos, espécies e de intensidade de Fournier frutificando durante o estudo foram registrados na borda, seguido do vale e do topo (Figura 5A). Da mesma maneira, foi observada maior frutificação em percentual de espécies para borda, seguida de vale e topo (Figura 5B). Maior intensidade de Fournier também foi observada em ambiente de borda, seguido de vale e topo (Figura 5C).

Em porcentagem de indivíduos, os picos registrados na borda foram nos meses de abril de 2004 (N=34) e março de 2005 (N=37) (Figura 5A). No interior da floresta os picos registrados em número de indivíduos foram em abril de 2004 no topo (N=19) e em fevereiro de 2005 (N=11) (Figura 5A).

As espécies frutificaram em maior número na borda em abril de 2004 (N=12) (Figura 5B). No interior o pico de frutificação das espécies ocorreu em dezembro de 2003 e fevereiro de 2005 para o topo, ambos com mesmo número de espécies (N=9) (Figura 5B). No vale, o maior número de espécies frutificando foi registrado em abril de 2004 (N=11), mesmo período de pico desta fenofase na borda (Figura 5B).

Na borda, o maior índice de intensidade de Fournier foi observado em março de 2005 (N=13,4%) (Figura 5C). No topo, este índice foi maior em fevereiro de 2005 (N=4,9%) e no vale em março de 2004 (N=4,25%) (Figura 5C).

As análises estatísticas indicaram haver diferença significativa no número de indivíduos frutificando entre os ambientes de borda e topo ($G=50,98$; $gl=23$; $p<0,001$) e borda e vale ($G= 64,11$; $gl=23$; $p<0,001$).

Discussão

Conforme as hipóteses testadas, o padrão fenológico esperado para a comunidade arbórea na paisagem fragmentada da floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco foi encontrado. As diferenças significativas observadas para o padrão de queda de folhas em número de indivíduos nos ambientes de borda e interior (borda *vs.* topo e borda *vs.* vale) do fragmento avaliado, demonstram que esta fenofase é mais pronunciada na borda. Da mesma forma, o número de espécies perdendo folhas diferiu entre a borda e o vale, o que poderia indicar que existem diferenças microclimáticas que permitem às espécies responder diferentemente na perda de folhas entre os ambientes. Porém, as diferenças observadas para o número de espécies apresentando este evento fenológico comparando-se a borda e o topo da mata não foram significativas, o que poderia ser justificado pela maior similaridade florística e microclimática entre estes dois ambientes. Portanto, as espécies devem estar respondendo fisiologicamente de forma similar aos fatores microclimáticos (Murcia 1995), explicados pelas semelhanças nos fatores abióticos: umidade relativa do ar e do solo, temperatura do ar e do solo e exposição a ventos.

Embora neste estudo a fenofase queda foliar tenha sido também reflexo de herbivoria por formigas cortadeiras “saúvas” (*Atta cephalotes*), as diferenças encontradas para esta fenofase entre a borda e o interior do fragmento podem ser explicadas pelos efeitos da fragmentação florestal. De acordo com alguns autores, a proporção no número de espécies decíduas está relacionada a alguns fatores da fragmentação de habitats, sendo eles o tamanho da área e o efeito de borda (Hill & Curran 2001). Portanto, em fragmentos pequenos e nas áreas de borda seria encontrada maior proporção de espécies perdendo folhas. Também foi observado por Araújo (2004), nesta mesma área, que nas bordas há maior atividade das formigas cortadeiras *Atta laevigata*, herbívoras de muitas espécies

pioneiras nestes ambientes, portanto a perda de folhas por herbivoria é maior em áreas de borda quando comparadas com o interior.

De maneira semelhante, foram encontradas diferenças significativas para o número de indivíduos florescendo entre os ambientes, tendo sido registrados os maiores valores para esta fenofase em ambiente de borda, seguida de topo e vale, demonstrando mais uma vez que os indivíduos estão respondendo aos fatores microclimáticos (luminosidade, por exemplo) de maneira parecida nos ambientes de borda e topo, conforme já discutido por Grillo (2005), atuando estes fatores como indutores da floração para muitos indivíduos. A luminosidade é descrita por alguns autores como um importante fator indutor da floração em espécies tropicais (*e.g.* Morellato *et al.* 2000; Borchet *et al.* 2005). Diferenças no número de indivíduos em floração entre áreas de borda e interior de mata já foram registrados em estudos na floresta Atlântica (D’Eça Neves 2004), e em outros ambientes florestais (Cunnigham 2000; Araujo 2001).

O padrão mais sazonalmente marcado para a floração da comunidade estudada em ambiente de borda também pode ser explicado pela maior densidade de espécies pioneiras e de dossel encontradas neste ambiente (Oliveira *et al.* 2004). Espécies pioneiras teriam alto investimento reprodutivo, floração massiva e rápida, refletido nos maiores números de indivíduos, espécies e maior intensidade de floração na borda. Embora não abordado neste estudo, as características do padrão de floração na borda poderia caracterizar o tipo “big-bang”. Este padrão de floração já foi registrado em floresta úmida na Amazônia Central (Knowles & Parrotta 1997). Floração sincrônica do tipo explosivo ou “big-bang” (Gentry 1974), com alta produção de flores por curto período de tempo é descrita para floresta mesófila (Morellato & Leitão-Filho 1990). Para alguns autores, este tipo de floração representaria uma estratégia das plantas para atrair os polinizadores, que iriam se utilizar do recurso abundante oferecido pelas flores, concentrado temporal e espacialmente (Janzen 1967; Gentry 1974). Fuchs *et al.* (2003), estudando uma população de *Pachira quinata* (Bombacaceae) (Jacq.) em floresta seca no México, encontraram que em condições de isolamento eram produzidas mais flores do que em populações contínuas, indicando que a fenologia de floração para esta espécie não foi afetada pela fragmentação florestal. Porém estes autores relatam ainda que os efeitos da fragmentação são refletidos na redução da variabilidade genética dos indivíduos isolados.

A frutificação observada para a comunidade também apresentou picos sazonais, especialmente nas bordas, o que deve estar relacionado ao fato deste ambiente apresentar maior densidade de espécies pioneiras e zoocóricas (Oliveira *et al.* 2004), estando seus picos de número de indivíduos e espécies explicados pela sua frutificação. A alta proporção de indivíduos e espécies frutificando na borda pode ser explicada pelas alterações microclimáticas causadas pelo efeito de borda e à alta porcentagem de espécies pioneiras presentes neste local (Oliveira *et al.* 2004). Estas espécies apresentariam frutificação em massa e maior sincronia entre indivíduos da comunidade (e.g. *Byrsonima sericea*) e uma maior concentração de frutos carnosos na estação chuvosa, contrário ao observado para espécies anemocóricas, como para *Pterocarpus violaceus* (Papilionaceae) no vale e *Vochysia oblongifolia* (Vochysiaceae) no topo.

Normalmente padrões de frutificação são explicados pelo tipo de fruto ou de síndrome de dispersão, predominando a frutificação de espécies com frutos carnosos, zoocóricos na estação chuvosa e de frutos secos, anemo ou autocóricos na estação seca, em diferentes ecossistemas (Machado *et al.* 1997; Griz & Machado 1998; Bulhão & Figueiredo 2002; Funch *et al.* 2002, Marques & Oliveira 2004). A predominância de frutos zoocóricos em floresta Atlântica possibilita um suprimento alimentar constante para dispersores residentes, mesmo em ambiente com baixa sazonalidade (Morellato 1991; Morellato & Leitão-Filho 1992). Porém é conhecida a abundância de frutos como sendo sazonal para a maioria das florestas tropicais (Van Schaik *et al.* 1993; Morellato *et al.* 2000). Portanto, é de extrema importância conhecer a fenologia de frutificação (abordado no capítulo 4) na floresta Atlântica, para a implementação de propostas de manejo de áreas florestais, uma vez que frutos carnosos servem de alimentos para muitas populações de frugívoros, que por sua vez são potenciais dispersores de muitas espécies vegetais.

A floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco é um distinto Centro de Endemismo da América do Sul (Oliveira *et al.* 2004) e também uma das áreas mais degradadas da floresta Atlântica, restando atualmente 4,82% de sua cobertura original, distribuídos em pequenos fragmentos (na maioria <50ha), principalmente sob topos de morros (<500m) (Ranta *et al.* 1998; Silva & Tabarelli 2000). Esse quadro atual de degradação nos leva a refletir quanto dos padrões ecológicos observados são resultado da fragmentação florestal e como a fragmentação afeta processos ecológicos como a fenologia,

a polinização e a dispersão de sementes de árvores em remanescentes de mata. Enquanto algumas espécies pioneiras parecem beneficiar-se de fragmentação de habitat, aumentando sua abundância em pequenos fragmentos (Mesquita *et al.* 1999; Tabarelli *et al.* 1999) e em áreas de borda (Oliveira *et al.* 2004), espécies sensíveis à borda, tolerantes à sombra, com grandes sementes diminuem em abundância no nível local e regional (Tabarelli *et al.* 2004).

Tendo em vista a maior diversidade e heterogeneidade ambiental e de grupos ecológicos no habitat de interior, com a substituição de grupos ecológicos ao longo do tempo, padrões mais constantes para as fenofases analisadas eram esperados. Por outro lado, o predomínio de espécies pioneiras, zoocóricas e de dossel em ambiente de borda refletiria em padrões fenológicos em pulsos ou sazonais, seguindo o ritmo das espécies predominantes.

Estas diferenças nas proporções de espécies em diferentes fenofases entre os ambientes de borda e interior, que neste trabalho foi amostrado em topo e fundo de vale podem ajudar a entender os padrões fenológicos encontrados. Não só os períodos das fenofases estariam ajustados aos padrões dos determinados grupos ecológicos, como também o efeito de borda estaria agindo como “simplificador” de algumas áreas nas margens dos fragmentos florestais. Segundo Camargo & Kapos (1995), com o passar do tempo as bordas tornam-se um mosaico de clareiras com diferentes idades e condições microclimáticas perto do solo. Ambiente de topo de mata no fragmento estudado apresentou maior similaridade com áreas de borda do que com ambiente de vale (Oliveira *et al.* 2004), embora no interior (topo e vale) a heterogeneidade no gradiente luz seja maior, proporcionando a co-existência de espécies pioneiras e climáticas, com aumento da diversidade local (Webb *et al.* 1999; Brokaw & Busing 2000), e, conseqüentemente, da oferta de recursos ao longo de todo o período.

Os padrões observados entre borda e topo para as fenofases queda de folhas e floração foram mais semelhantes entre si e a fenofase frutificação foi mais semelhante entre as áreas de borda e vale, em termos de percentuais de indivíduos, espécies e intensidade de Fournier, podendo ser explicados pelos motivos relatados anteriormente. Este quadro pode ser reflexo do nível de fragmentação da floresta Atlântica estudada.

Embora maior diferença entre borda e topo para os padrões fenológicos fossem esperados, isto não foi corroborado em estudo anterior por Oliveira *et al.* (2004). Neste

trabalho, as análises mostraram que alguns fatores da fragmentação da floresta Atlântica estudada estão interferindo no nível de “complexidade” das bordas observadas, como o tempo de uso da terra, intensidade dos distúrbios que influenciam a borda, como corte e queima da matriz circundante, relevo e o tipo da matriz (Santos 2005). Enquanto nos vales prevalecem monoculturas agrícolas (Grillo 2005), ambientes de topo de mata normalmente seriam áreas mais preservadas de remanescentes florestais. Contudo, no fragmento estudado, topos encontram-se com características mais similares a ambientes de borda (Oliveira *et al.* 2004), provavelmente por estes ambientes experimentarem as mesmas condições de exposição à insolação, dissecação do solo e ventos.

Os padrões fenológicos observados poderiam indicar ainda que, contrário à teoria de “simplificação” das áreas de borda, proposta por Bierregaard *et al.* (2001), que diz que com o tempo, bordas se assemelham a florestas secundárias, estes ambientes analisados no fragmento estudado são em sua maioria mais complexos do que se esperava. Fatores como a idade do fragmento (>60 anos) e o difícil acesso às áreas de bordas estudadas, devido ao seu terreno muito inclinado, cercado de vales amplos margeando cursos d’água, permitiram ao fragmento Coimbra manter uma certa estabilidade ecológica em relação à sua riqueza e diversidade vegetal.

Tal fato só enfatiza a necessidade de implementação de planos de restauração e aumento da área florestada, onde o fragmento analisado, por ser o maior remanescente ao norte do Rio São Francisco e ainda abrigar uma comunidade vegetal capaz de suportar populações de animais polinizadores e dispersores, poderia ser usado como fonte doadora de fauna e flora para fragmentos menores que a ele estivessem interconectados, por meio de corredores ecológicos. Criação de corredores “verdes”, proibição da caça e da retirada de lenha, associados a estratégias de educação ambiental, melhoria das condições de vida e conscientização de comunidades tradicionais residentes nas áreas circunvizinhas ao fragmento Coimbra, são talvez as únicas formas de manter as interações ecológicas restantes neste local, onde muita coisa já foi alterada e vários elos da intrincada teia ecológica ainda podem ser perdidos.

Os resultados fenológicos encontrados neste estudo, além de trazerem contribuições para o entendimento da dinâmica florestal neste ambiente fragmentado nos remetem a pensar na conservação dos fragmentos de floresta Atlântica nordestina. A expansão e

ligação dos fragmentos por corredores ecológicos, permitiria o aumento das migrações de animais polinizadores e dispersores entre as ilhas (fragmentos), favorecendo a manutenção de muitas populações vegetais, que em sua maioria dependem desses animais para sua persistência.

Referências bibliográficas

- Aizen, M. A. and Feinsinger, P. 1994a. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a Chaco Dry Forest, Argentina. *Ecology* 75: 330-351.
- Aizen, M. A., and Feinsinger, P. 1994b. Habitat fragmentation, native insect pollinators, and feral honey bees in Argentine “Chaco Serrano”. *Ecological Applications* 4: 378-392.
- Araujo, A. C. 2001. Flora, fenologia de floração e polinização em capões do Pantanal sul matogrossense. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Araújo, Jr. M. V. 2004. Efeito da fragmentação florestal nas taxas de herbivoria da formiga cortadeira *Atta laevigata*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.
- Arroyo, M.T.K., Armesto, J.J., Villagran, C., 1981. Plant Phenological Patterns in the High Andean Cordillera of Central Chile. *The Journal of Ecology* 69, 205-223.
- Ayres, M., Ayres, Jr. M., Ayres, D.L., Santos, A.A.S, 2003. Bioestat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Sociedade Civil Mamirauá, Belém.
- Benitez-Malvido, J. 1998. Impact of forest fragmentation on seedling abundance in a tropical rain forest. *Conservation Biology* 12: 380-389.
- Berry, J.A., Raison, J.K., 1981. Responses of macrophytes to temperature. *Encyclopedia of Plant Physiology, New Series*, 277-338.
- Bierregaard, Jr R. O., Lovejoy, T.E., Kapos, V., Santos, A. A., and Hutchings, R. W. 1992. The Biological Dynamics of tropical rainforest fragments: a prospective comparison of fragments and continuous forest. *Bioscience* 42: 859-866.
- Bierregaard, Jr. R. O., Laurance, W. F., Gascon, C., Benitez-Malvido, J., Fearnside, P.M., Fonseca, C.R., Ganade, G., Malcolm, JR., Martins, M. B. , Mori, S., Oliveira, M., Rankin-de-Mérona, J., Scariot, A., Spironello, W., and Williamson, B. 2001. Principles of forest fragmentation and conservation in the Amazon. In: Bierregaard, Jr. R. O., Gascon, C., Lovejoy, T. E., Mesquita, R., eds. *Lessons from Amazon, the ecology and conservation of a fragmented Forest*. New Haven e London, Yale University Press, pp. 335-345.
- Borchert R., Renner SS., Calle Z., Navarrete D., Tye A. Gautier L. & Spichiger R. 2005. Photoperiodic induction of synchronous flowering near Equator. *Nature* 433:627-629.

- Brokaw, N. and Busing, R.T. 2000. Niche versus chance and tree diversity in forest gaps. *Trends Ecol.Evol.* 15 (5):183-188.
- Bulhão, C.F., and Figueiredo, P. S. 2002. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. *Revista Brasileira de Botânica* 25: 361-369.
- Camargo, J. L. C., and Kapos, V. 1995. Complex edge effects on soil moisture and microclimate in central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology* 11: 205-221.
- Cunningham SA. 2000. Effects of Habitat Fragmentation on the Reproductive Ecology of four plant species in Mallee Woodland. *Conservation Biology* 14: 758-768.
- D'Eça-Neves FF. 2004. Estudo fenológico comparativo em duas áreas de Floresta Semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, SP: Avaliação do Uso de Diferentes Métodos de Amostragem e Análise. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, Brasil.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematic* 34: 487-515.
- Ferreira, L. V., Laurance, W.F. 1997. Effects of forest fragmentation on mortality and damage of selected trees in central Amazonia. *Conservation Biology* 11: 797-801.
- Fournier L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24: 422-423.
- Fuchs, E. J., Lobo, J. A., and Quesada, M. 2003. Effects of forest fragmentation and flowering phenology on the reproductive success and mating patterns of the tropical dry forest tree *Pachira quinata*. *Conservation Biology* 17: 149-157.
- Galleti M, Costa CPA, Cazetta E. 2003. Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of ornithochoric fruits. *Biological Conservation* 111:269-273.
- Ganade, G. 1995. Seedling establishment in Amazon rainforest and old fields. Tese de doutorado, Imperial College at Silwood Park, University of London, Londres.
- Gascon C., Lovejoy TE., Bierregaard RO., Malcolm JR., Stoufer PC., Vasoncelos HL., Laurance WF., Zimmerman B., Tocher M. & Borges S. 1999. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological Conservation* 91:223-229.

- Gentry, A. H. 1974. Flowering Phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6: 64-68.
- Grillo, A. A. S. 2005. As Implicações da Fragmentação e da Perda de Habitats Sobre a Assembléia de Árvores na Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.
- Griz, L. M. S. and Machado, I. C. S. 1998. Aspectos morfológicos e síndromes de dispersão de frutos e sementes na Reserva Ecológica de Dois Irmãos. In: Machado, I. C. S., Lopes, A. V., Porto, K. C. (orgs.), Reserva Eológica de Dois Irmãos: Estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área Urbana (Recife-Pernambuco-Brasil). Editora Universitária da UFPE, Recife, pp. 197-224.
- Hill, J. L., and Curran, P. J. 2001. Species composition in fragmented forest: conservation implications of changing forest area. *Applied Geography* 21: 157-174.
- IBGE, 1985. Atlas Nacional do Brasil: região Nordeste. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- Janzen, D. H. 1967. Synchronization of sexual reproduction of tree within the dry season in Central America. *Evolution* 21: 620-637.
- Kapos, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology* 5: 173-185.
- Knowles, O. H., and Parrota, J. A. 1997. Phenological observation and tree seed characteristics in an equatorial moist forest at Trombetas, Para State, Brazil. In: Lieth H, Schwartz MD, eds Phenology in Seasonal Climates. Backhuys, Leiden, The Netherlands, pp. 67-84.
- Köppen, W. 1931. Grundriss der Klimakunde. Walter de Gruyter, Berlin.
- Laurance, W. F. 1991. Edge effects in Tropical Forest fragments: application of a model for design nature reserves. *Biological Conservation* 57: 205-219.
- Laurance WF 2000. Mega-development trends in the Amazon: implication for global change. *Environmental monitoring and assesment* 61:113-122.
- Laurance, W. F., and Bierregaard, Jr. R. O. 1997. Tropical Forest Remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities. University of Chicago Press, Chicago. pp 616.
- Laurance, W. F., Ferreira, L. V., Rankin-De Merona J. M., and Laurance, S. G. 1998. Rain

- forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology* 79: 2032-2040.
- Laurance, W.F., Lovejoy, T.E., Vasconcelos, H.L., Bruna, E.M., Didham, R.K., Stouffer, P.C., Gascon, C., Bierregaard Jr., R.O., Laurance, S.G. E Sampaio, E. 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology* 16, p.605-618.
- Machado, I. C. S., Barros, L. M., and Sampaio, E. V. S. B. 1997. Phenology of Caatinga species at Serra Talhada, PE. Northeastern Brazil. *Biotropica* 29: 57-68.
- Marques M.C.M. and Oliveira P.E.A.M. 2004. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas florestas de restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 27: 713-723.
- Melo, F.P.L. 2004. O papel do efeito de borda sobre a chuva de sementes e o recrutamento inicial de plântulas: o caso das grandes sementes. Dissertação de mestrado, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Morellato, L. P. C. 1991. Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta Semidecídua no sudeste do Brasil. Tese de Doutorado, Universidade de Campinas, São Paulo.
- Morellato, L. P. C., and Leitão-Filho H. F. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia* 50: 163-173.
- Morellato, P. C. and Leitão-Filho H. F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: Morellato LPC, org. *História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Campinas: Editora da Unicamp.
- Morellato, L. P. C., Rodríguez, R. R., Leitão-Filho H. F., and Joly, Y. C. A. 1989. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas da floresta de altitude e floresta semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 12: 86-98.
- Morellato, L. P. C., Talora, D. C., Takahasi, A., Bencke, C. C., Romera, C. E., and Zipparro, B. V. 2000. Phenology of Atlantic Rain Forest tree: a comparative study. *Biotropica* 32: 811-823.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends*

- in *Ecology and Evolution* 10: 58-62.
- Newstrom, L. E., Frankie, G. W., Baker, H. G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26: 141-159.
- Oliveira Filho, A. T.; Mello, A. T. J. M. and Scolforo, J. R. S. 1997. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of semi-deciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987-1992). *Plant Ecology* 131: 45-66.
- Oliveira, M. A., Grillo, A. S. and Tabarelli, M. 2004. Forest edge in the Brazilian Atlantic forest: drastic changes in tree species assemblages. *Oryx* 38: 389-394.
- Palik, B. J. N. and Murphy, P. G. 1990. Disturbance versus edge effects in sugar-maple/beech forest fragments. *Forest Ecology and Management* 32: 187-202.
- Parker, M. and Mac Nally, R. 2002. Habitat Loss and the habitat fragmentation threshold: an experimental evaluation of impacts on richness and abundance using grassland invertebrates. *Biological Conservation* 105: 217-229.
- Ranta, P., Blom, T., Niemelä, J., Joensuu, E., and Siitonen, M. 1998. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. *Biodiversity and Conservation* 7: 385-403.
- Rathcke, B. and Lacey, E. P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 179-214.
- Reich, P. B. and Borchert, R. 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest the lowlands of Costa Rica. *Journal of Applied Ecology* 72: 61-74.
- Rossi LMB. & Rigushi N. 1998. Comparação entre métodos de análise do padrão espacial de oito espécies arbóreas de uma floresta tropical úmida. In: *Floresta Amazônica: Dinâmica, regeneração e manejo*. Gascon C., Moutinho P. (Ed.). Manaus. Pp. 41-59. 373pp.
- Santos, B. A. 2005. A criação de bordas recria florestas secundárias? Um estudo na Floresta Atlântica Nordestina. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.
- Silva, J. M. C., and Tabarelli, M. 2000. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. *Nature* 404: 72-74.

- Sri-Ngernyuang K., Kanzaki M., Mizuno T., Noguchi H., Teejuntuk S., Sungpalee C., Hara M., Yamakura T., Sahunalu P., Dhanmanonda P. and Bunyavejchewin S. 2003. Habitat differentiation of Lauraceae species in a tropical lower montane forest in northern Thailand. *Ecological Research* 18: 1-14.
- Tabarelli, M., Mantovani, W and Peres, C. A. 1999. Effects of Habitat Fragmentation and Plant Guild structure in the Montane Atlantic Forest of Southeastern Brazil. *Biological Conservation* 91: 119-127.
- Tabarelli, M., Cardoso, J. M. C. , and Gascon, C. 2004. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. *Biodiversity and Conservation* 13: 1419-1425.
- Turner, I. M. 1996. Species loss in fragments of Tropical Rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* 33: 200-209.
- Van der Pijl L. 1982. Principles of dispersal in higher plants. New York: Springer Verlag.
- Van Schaik C. P., Terborgh, J. W., and Wright, S. J. 1993. The phenology of tropical forests – adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 353-377.
- Veloso, H. P., Rangel-Filho, A. L. R. and Lima, J. C. A. 1991. Classificação da Vegetação Brasileira Adaptada a um Sistema Universal. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- Webb, E. L., Stanfield, B., and Jensen, M. L. 1999. Effects of topography on rainforest tree community structure and diversity in America Samoa, and implication for frugivore and nectarivore populations. *Journal of Biogeography* 26: 887-897.
- Wright, S. J. and van Schaik, C. P. 1994. Light and the phenology of Tropical trees. *American Naturalist* 143: 192-199.
- Young, A. and Mitchell, N. 1994. Microclimate and Vegetation edge effects in a fragmented podocarp-broadleaf forest in New Zealand. *Biological Conservation* 67: 63-72.
- Zar JH. 1996. *Biostatistical Analysis*. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall.

Agradecimentos

À USGA pelo apoio logístico. À Patrícia Morellato pelas sugestões prévias na elaboração do manuscrito. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de doutorado de Patricia Araujo de Abreu Cara e Produtividade em Pesquisa aos demais autores. Ao apoio financeiro do Projeto Serra Grande, Cepan, Conservação Internacional do Brasil e Fundação O Boticário. Ao Leonhard Krause pelo diagrama climático.

Tabela 1. Distribuição das espécies amostradas em número de indivíduos nos ambientes de borda, topo e vale e seus grupos ecológicos em nicho de regeneração, estratificação e dispersão, em fragmento de floresta Atlântica na Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil.

Espécie	Borda	Topo	Vale	Nicho de regeneração	Estratificação	Dispersão
Anacardiaceae						
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	10	8	1	intolerante	dossel	zoocoria
<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	41	11	3	intolerante	dossel	zoocoria
Annonaceae						
<i>Guatteria australis</i> St.-Hil.	0	0	1	tolerante	subbosque	zoocoria
<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	0	1	3	intolerante	dossel	zoocoria
Apocynaceae						
<i>Aspidosperma discolor</i> A.DC.	0	0	3	intolerante	dossel	anemocoria
<i>Himatanthus bracteatus</i> (A.DC.) Woodson	0	3	0	intolerante	subbosque	anemocoria
Aquifoliaceae						
<i>Ilex aff. sapotifolia</i> Reiss.	0	0	1	tolerante	subbosque	zoocoria
Araliaceae						
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin	7	5	0	intolerante	dossel	zoocoria
Bignoniaceae						
<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. Ex DC.) Standl.	0	1	0	intolerante	dossel	anemocoria
Bombacaceae						
<i>Eriotheca crenulicalyx</i> A. Robyns	0	0	1	intolerante	emergente	anemocoria
<i>Eriotheca gracilipes</i>	0	3	1	intolerante	emergente	anemocoria
<i>Quararibea turbinata</i> (Sw.) Poir	0	0	1	tolerante	emergente	zoocoria
Burseraceae						
<i>Protium giganteum</i> Engl.	0	1	1	tolerante	dossel	zoocoria
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	1	0	6	tolerante	dossel	zoocoria
<i>Protium sp.</i>	0	3	0	tolerante	dossel	zoocoria
<i>Tetragastris trattnickia</i>	0	1	1	tolerante	dossel	zoocoria
Caesalpiniaceae						
<i>Chamaecrista ensiformes</i> (Vell.) Irwin & Barneby	0	8	1	tolerante	dossel	anemocoria
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	0	1	4	intolerante	emergente	zoocoria
<i>Sclerolobium densiflorum</i> Benth.	0	1	0	intolerante	dossel	anemocoria
Caricaceae						
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A.DC.	0	0	1	tolerante	emergente	zoocoria
Cecropiaceae						
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	0	1	0	intolerante	dossel	zoocoria
<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	0	2	2	intolerante	dossel	zoocoria
Chrysobalanaceae						
<i>Couepia rufa</i> Ducke	0	1	3	tolerante	emergente	zoocoria
<i>Licania kunthiana</i> Hook f.	0	1	1	tolerante	dossel	zoocoria
<i>Licania sp.</i>	0	1	0	tolerante	dossel	zoocoria
Elaeocarpaceae						
<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	0	1	0	tolerante	emergente	zoocoria
<i>Sloanea obtusifolia</i> (Moric.) K. Schum.	0	0	2	tolerante	emergente	zoocoria
Erythroxylaceae						
<i>Erythroxylum mucronatum</i> Benth.	3	0	0	tolerante	subbosque	zoocoria
Euphorbiaceae						
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	4	2	0	intolerante	dossel	autocoria

Tab. 1 Continuação

<i>Hyeronima alchorneoides</i> Fr. Allem.	0	5	0	intolerante	dossel	autocoria
<i>Mabea occidentalis</i> Benth.	0	28	38	intolerante	dossel	autocoria
<i>Senefeldera multiflora</i> Mart.	0	3	5	intolerante	dossel	autocoria
Flacourtiaceae						
<i>Banara guianensis</i> Aubl.	1	0	1	intolerante	subbosque	zoocoria
Guttiferae						
<i>Rheedia brasiliensis</i> Pl. Et. Tr.	0	6	0	tolerante	dossel	zoocoria
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	0	3	4	intolerante	dossel	zoocoria
<i>Tovomita mangle</i> G. Mariz	0	3	4	tolerante	subbosque	zoocoria
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	1	0	0	intolerante	dossel	zoocoria
Lauraceae						
<i>Cryptocaria</i> sp.	1	0	1	tolerante	dossel	zoocoria
<i>Ocotea glomerata</i> (Nees) Mez	12	6	0	intolerante	dossel	zoocoria
<i>Ocotea oppifera</i> (Ness) Mez	0	2	0	tolerante	dossel	zoocoria
<i>Ocotea cf. bracteosa</i> (Meissn) Mez	0	4	0	tolerante	dossel	zoocoria
<i>Ocotea</i> sp.	0	4	2	tolerante	dossel	zoocoria
Lecythidaceae						
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Miers	4	6	14	tolerante	emergente	zoocoria
<i>Eschweilera</i> sp.	0	2	0	tolerante	dossel	zoocoria
<i>Lecythis chartacea</i> O. Berg	0	1	0	tolerante	emergente	zoocoria
<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	2	1	4	tolerante	dossel	zoocoria
Malpighiaceae						
<i>Byrsonima crispa</i> A. Juss.	3	0	0	intolerante	dossel	zoocoria
<i>Byrsonima sericea</i> A.DC.	39	0	0	intolerante	dossel	zoocoria
<i>Byrsonima stipulacea</i> Juss.	1	1	1	intolerante	dossel	zoocoria
Melastomataceae						
<i>Miconia hypoleuca</i> (Benth.) Triana	0	1	0	intolerante	dossel	zoocoria
<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) A.DC.	3	0	0	intolerante	dossel	zoocoria
<i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.	1	0	0	intolerante	dossel	zoocoria
Meliaceae						
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	0	0	1	tolerante	dossel	zoocoria
Mimosaceae						
<i>Ballizia pedicellaris</i> (A.DC.) Barneby & J.W.Grimes	0	1	2	intolerante	emergente	autocoria
<i>Inga blanchetiana</i> Benth.	0	0	4	tolerante	dossel	zoocoria
<i>Inga capitata</i> Desv. v. <i>tenuior</i> Benth	5	1	2	intolerante	dossel	zoocoria
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	0	0	1	intolerante	emergente	zoocoria
<i>Plathymenia foliolosa</i> Benth.	2	0	1	intolerante	emergente	autocoria
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.	0	1	1	intolerante	emergente	autocoria
Moraceae						
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	1	1	0	intolerante	dossel	zoocoria
<i>Brosimum</i> sp.	0	4	0	intolerante	emergente	zoocoria
<i>Brosimum guianensis</i> (Aubl.) Huber	4	0	1	intolerante	dossel	zoocoria
<i>Brosimum rubescens</i> Tauber	0	0	1	intolerante	dossel	zoocoria
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) Rusby	0	5	9	tolerante	dossel	zoocoria

Tab. 1. Continuação

<i>Sorocea hilarii</i> Gaudchand	0	0	1	tolerante	subbosque	zoocoria
Myristicaceae						
<i>Virola gardneri</i> (A.DC.) Warb.	0	5	8	tolerante	emergente	zoocoria
Myrtaceae						
<i>Eugenia magnifica</i> Spring	0	0	1	intolerante	emergente	zoocoria
<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) A.DC.	2	0	2	intolerante	dossel	zoocoria
<i>Psidium</i> sp.	1	0	1	intolerante	dossel	zoocoria
Monimiaceae						
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	0	1	1	tolerante	subbosque	zoocoria
Nyctaginaceae						
<i>Pisonia</i> sp.	6	0	5	intolerante	subbosque	zoocoria
Ochnaceae						
<i>Ouratea cf. castaneifolia</i> (DC.) Engler	0	1	1	intolerante	dossel	anemocoria
Palmae						
<i>Euterpe sp.nova</i>	0	1	0	intolerante	dossel	zoocoria
Papilionaceae						
<i>Andira aff. paniculata</i> Benth	2	0	0	tolerante	dossel	zoocoria
<i>Andira</i> sp.	0	1	0	tolerante	dossel	zoocoria
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	16	0	0	intolerante	dossel	anemocoria
<i>Pterocarpus violaceus</i> Vogel (Papilion)	0	0	3	intolerante	emergente	anemocoria
Proteaceae						
<i>Roupala cf. rhombifolia</i> Mart.ex. Meisn.	1	1	0	tolerante	subbosque	anemocoria
Rubiaceae						
<i>Psychotria sessilis</i> (Vell.) Müll.Arg.	0	0	1	tolerante	subbosque	zoocoria
Rutaceae						
<i>Hortia arborea</i> Engl.	0	1	0	intolerante	dossel	zoocoria
Sapindaceae						
<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	3	1	0	intolerante	dossel	zoocoria
<i>Cupania revoluta</i> Radlk.	6	0	0	intolerante	dossel	zoocoria
<i>Cupania</i> sp.	0	2	1	intolerante	dossel	zoocoria
<i>Dilodendron bipinatum</i> Radlk.	0	1	0	intolerante	dossel	zoocoria
Sapotaceae						
<i>Chrysophyllum splendens</i> Mart.	0	3	0	tolerante	emergente	zoocoria
<i>Manilkara rufula</i> (Miq.)H.J. Lam	0	0	1	Tolerante	emergente	zoocoria
<i>Micropholis</i> sp.	0	0	1	Tolerante	dossel	zoocoria
<i>Pouteria scytalophora</i> Eyma	1	8	12	Tolerante	dossel	zoocoria
<i>Pouteria</i> sp.	0	0	1	Tolerante	dossel	zoocoria
Simaroubaceae						
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	3	4	1	Intolerante	emergente	zoocoria
Sterculiaceae						
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	0	0	1	Intolerante	dossel	anemocoria
Verbenaceae						
<i>Aegiphila pernambucensis</i> Moldenke	1	0	0	Intolerante	dossel	zoocoria
Vochysiaceae						
<i>Vochysia oblongifolia</i> Warm.	1	4	4	Intolerante	emergente	anemocoria

Tabela 2. Número total e proporção relativa (%) de indivíduos e espécies de árvores pioneiras, com síndrome de dispersão zoocórica, dos estratos emergente, de dossel e sub-bosque amostradas em ambiente de borda, topo e vale em fragmento de floresta Atlântica na Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil.

Categorias	Ambientes		
	Borda	Topo	Vale
N. indivíduos/espécies			
Pioneiras ¹	172/24	99/25	91/25
Zoocóricas ¹	165/28	117/42	118/44
Emergentes ¹	11/3	30/12	32/14
Dossel ¹	148/19	99/31	86/32
Sub-bosque ¹	30/10	46/13	62/11
% de indivíduos/espécies			
Pioneiras ¹	86/72,7	49,5/44,6	45,5/43,9
Zoocóricas ¹	82,5/84,8	58,8/75	59/77,2
Emergentes ¹	5,5/9,1	15/21,4	16/24,6
Dossel ¹	74/57,6	49,5/55,4	43/56,1
Sub-bosque ¹	15/30,3	23/23,2	31/19,3

Fonte das classificações: ¹ Oliveira *et al.* (2004).

Proporção relativa de indivíduos (%) = N^o total de indivíduos em cada categoria/N^o total de indivíduos em cada ambiente . 100.

Proporção relativa de espécies (%) = N^o total de espécies em cada categoria/N^o total de espécies em cada ambiente . 100.

Legenda das figuras

Figura 1. Localização dos remanescentes de floresta Atlântica no nordeste brasileiro (A) e foto aérea do fragmento estudado em Alagoas (B). Fisionomia de topo e vale (C) e aspecto de terreno inclinado na borda do fragmento Coimbra em Alagoas (D). (Mapa: Pimentel & Tabarelli 2004).

Figura 2. Diagrama climático segundo Walter & Lieth (1960), da área da Usina Serra Grande (USGA), AL. Temperatura média de 1911-1990 (Fonte: Departamento de Ciências Atmosféricas, UFPB). Precipitação média (1922-2001) e precipitação total de 2003-2005 (Fonte: Estação meteorológica da USGA).

Figura 3. Proporção (%) de indivíduos (A), espécies (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase queda de folhas na borda, no topo e no vale, durante o período de Maio/2003 a Abril/2005 no fragmento Coimbra, AL, NE do Brasil.

Figura 4. Proporção (%) de indivíduos (A), espécies (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase floração na borda, no topo e no vale, durante o período de Maio/2003 a Abril/2005 no fragmento Coimbra, AL, NE do Brasil.

Figura 5. Proporção (%) de indivíduos (A), espécies (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase frutificação na borda, no topo e no vale, durante o período de Maio/2003 a Abril/2005 no fragmento Coimbra, AL, NE do Brasil.

Legenda das tabelas.

Tabela 1. Distribuição das espécies amostradas em número de indivíduos nos ambientes de borda, topo e vale e seus grupos ecológicos em nicho de regeneração, estratificação e dispersão, em fragmento de floresta Atlântica na Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil.

Tabela 2. Número total e proporção relativa (%) de indivíduos e espécies de árvores pioneiras, com síndrome de dispersão zoocórica, dos estratos emergente, de dossel e sub-bosque amostradas em ambiente de borda, topo e vale em fragmento de floresta Atlântica na Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil.

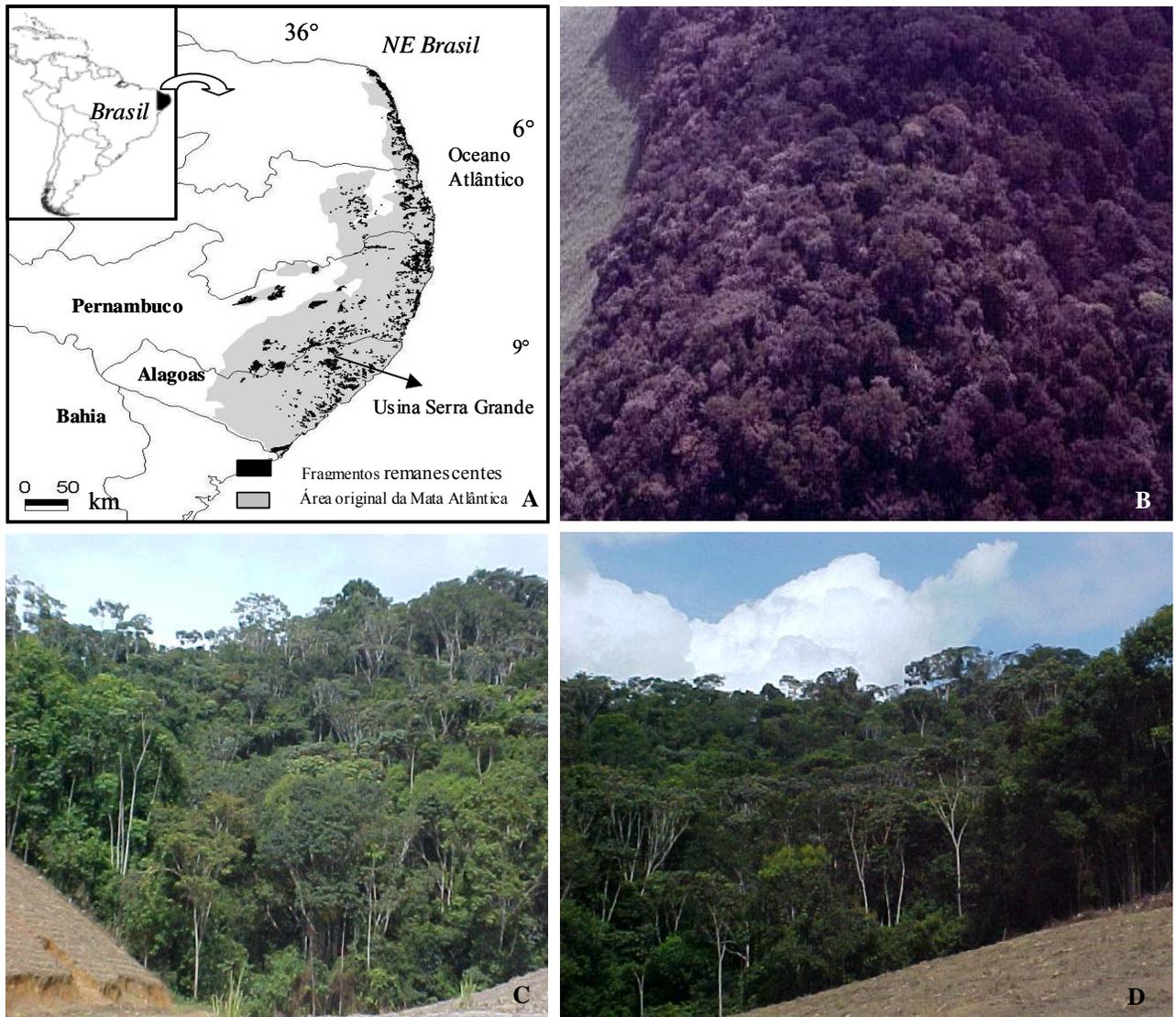


Figura 1. Localização dos remanescentes de floresta Atlântica no nordeste brasileiro (A) e foto aérea do fragmento estudado em Alagoas (B). Fisionomia de topo e vale (C) e aspecto de terreno inclinado na borda do fragmento Coimbra em Alagoas (D). (Mapa: Pimentel & Tabarelli 2004).

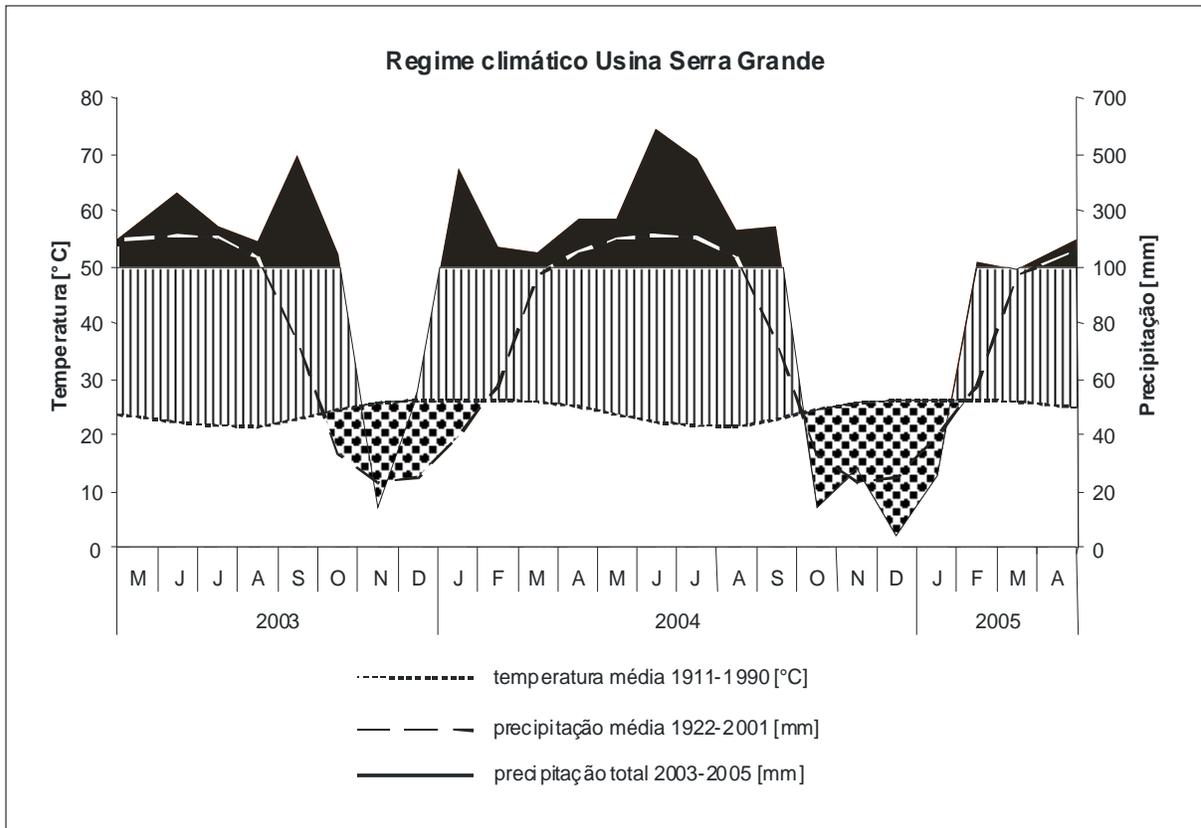


Figura 2. Diagrama climático segundo Walter & Lieth (1960), da área da Usina Serra Grande (USGA), AL. Temperatura média de 1911-1990 (Fonte: Departamento de Ciências Atmosféricas, UFPB). Precipitação média (1922-2001) e precipitação total de 2003-2005 (Fonte: Estação meteorológica da USGA).

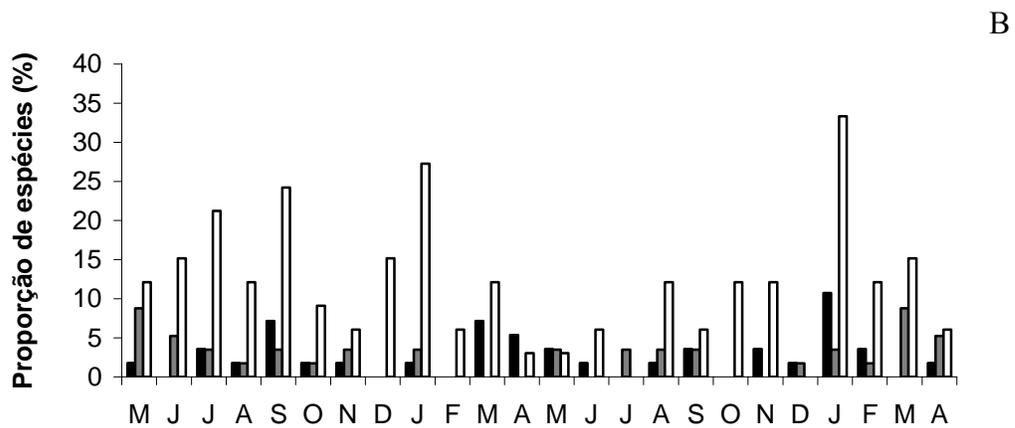
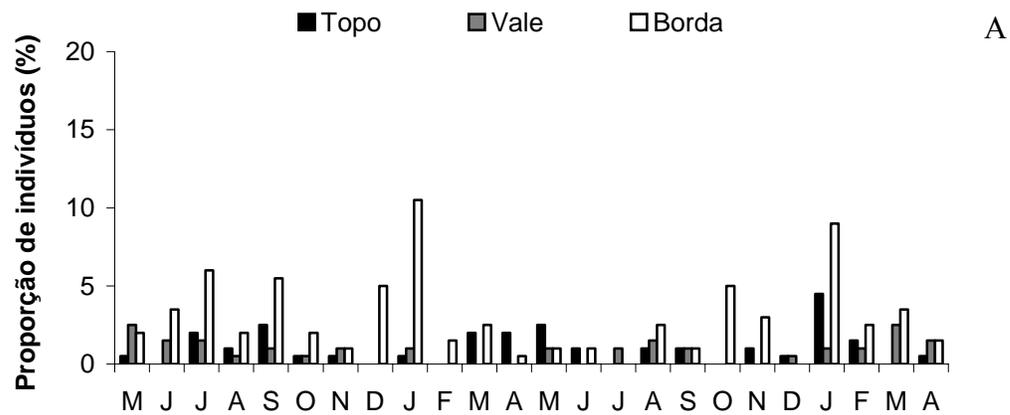


Figura 3. Proporção (%) de indivíduos (A), espécies (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase queda de folhas na borda, no topo e no vale, durante o período de Maio/2003 a Abril/2005 no fragmento Coimbra, AL, NE do Brasil.

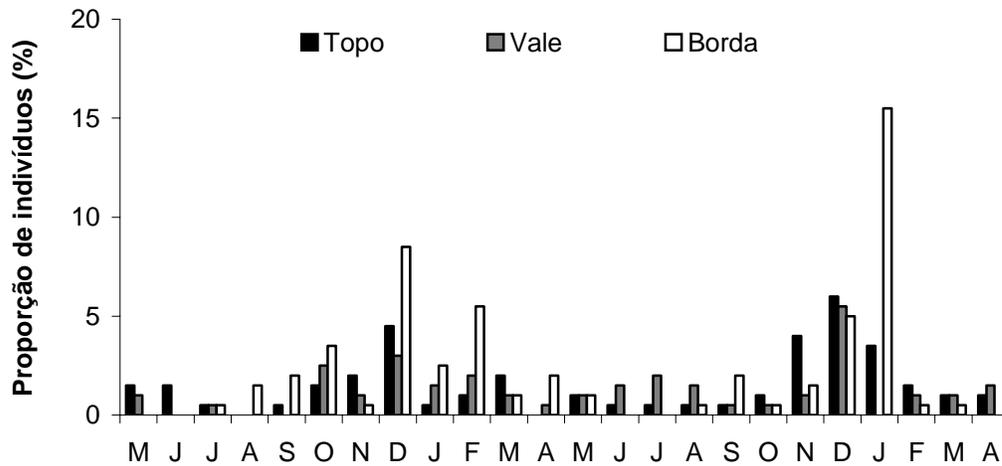


Figura 4. Proporção (%) de indivíduos (A), espécies (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase floração na borda, no topo e no vale, durante o período de Maio/2003 a Abril/2005 no fragmento Coimbra, AL, NE do Brasil.

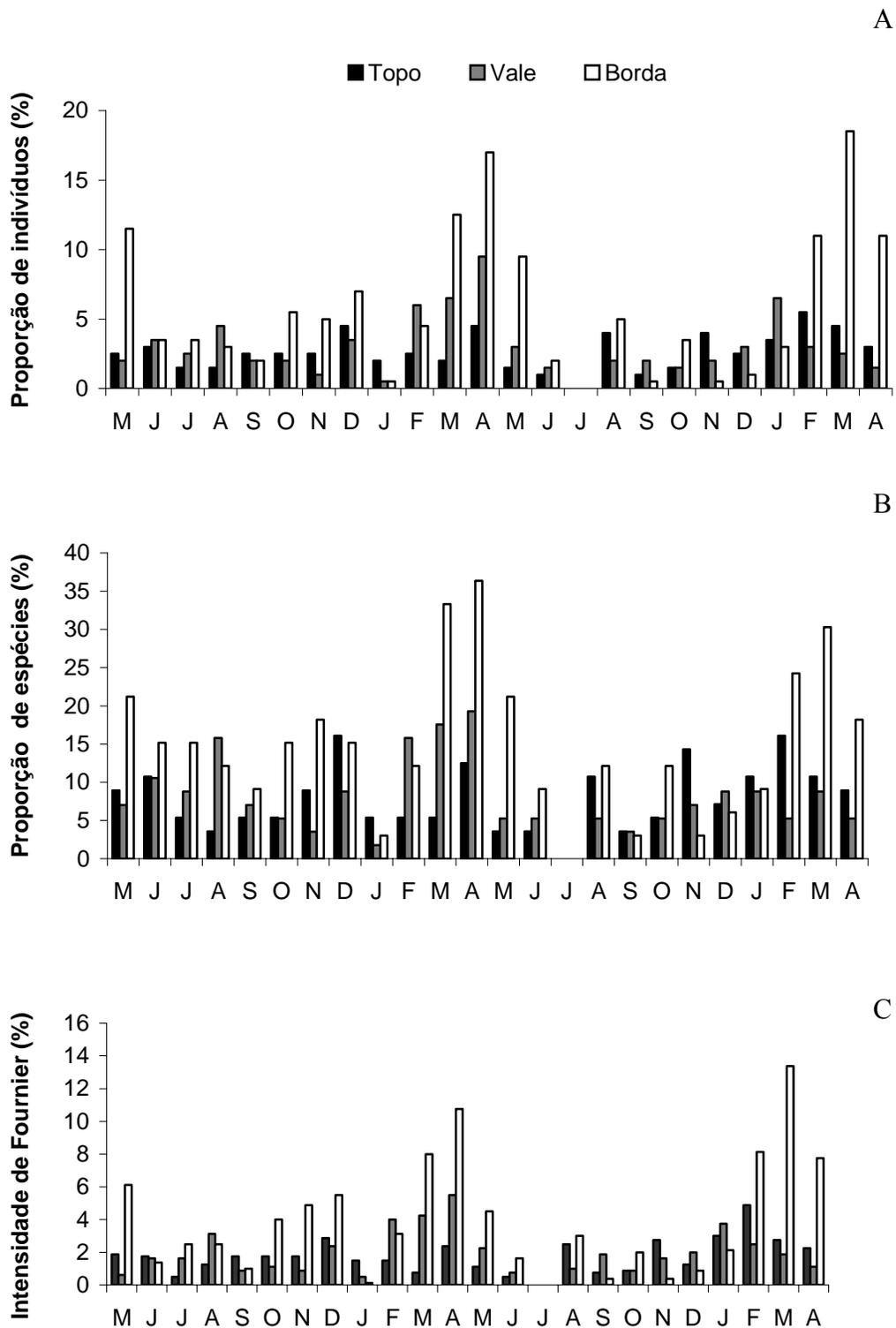


Figura 5. Proporção (%) de indivíduos (A), espécies (%) (B) e índice de intensidade de Fournier (%) (C) para a comunidade arbórea apresentando a fenofase frutificação na borda, no topo e no vale, durante o período de Maio/2003 a Abril/2005 no fragmento Coimbra, AL, NE do Brasil.

**EFEITO DE BORDA SOBRE A GUILDA DE POLINIZADORES E OS SISTEMAS
SEXUAIS DE UMA COMUNIDADE ARBÓREA NO CENTRO DE ENDEMISMO
PERNAMBUCO**

MANUSCRITO 3

A ser enviado para a revista *Annals of Botany*

EFEITO DE BORDA SOBRE A GUILDA DE POLINIZADORES E OS SISTEMAS SEXUAIS DE UMA COMUNIDADE ARBÓREA NO CENTRO DE ENDEMISMO PERNAMBUCO

Patricia Araujo de Abreu Cara^{1*}, Isabel Cristina Machado² & Marcondes Oliveira¹.

¹ Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

² Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. 50670-901.

* E-mail: patycara@yahoo.com.br

RESUMO

Introdução e objetivos A alta riqueza de espécies vegetais e a diversidade de mecanismos de polinização em florestas Tropicais está ameaçada pela perda de grupos ecológicos, consequência da fragmentação florestal. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de borda sobre a polinização e os sistemas sexuais de uma comunidade arbórea.

Métodos Durante dois anos foram estudados 600 indivíduos arbóreos, no maior remanescente de floresta Atlântica nordestina (3.375ha), em ambientes de borda e interior (topo e vale), em Alagoas. Através de observações diretas dos atributos florais, literatura e material de herbário, foram examinadas a guilda de polinizadores, os sistemas sexuais e os atributos florais como cor, tamanho, tipo floral e recurso oferecido de 95 espécies, distribuídas em 77 gêneros e 41 famílias. Os atributos florais, os sistemas sexuais e a guilda de polinizadores foram comparados em número de indivíduos e espécies para os três ambientes amostrados.

Resultados principais Entomofilia predominou nos três ambientes, destacando-se a melitofilia, seguida pela polinização por diversos pequenos insetos. Depois da entomofilia, os sistemas de polinização mais frequentes foram quiropterofilia e ornitofilia. O sistema sexual predominante foi o hermafrodita, apresentando a maioria das espécies flores pequenas, inconspícuas, de cores claras, com néctar e/ou pólen como recurso. A porcentagem de indivíduos em cada atributo ecológico avaliado diferiu significativamente entre os ambientes. Houve diferença significativa no número de indivíduos nas classes de atributos florais, guildas de polinizadores e sistemas sexuais entre os ambientes, assim como para algumas relações entre os sistemas sexuais, atributos florais e estratificação vs. guildas de polinizadores.

Conclusões O efeito de borda está interferindo nos sistemas de polinização, através da alteração na composição de algumas espécies, favorecendo populações com sistemas de polinização mais generalistas e expressão sexual hermafrodita, as quais poderiam ser polinizadas por muitos vetores específicos de pólen.

Palavras-chave: Borda, comunidade, entomofilia, fragmentação, Floresta Atlântica, polinização, sistemas sexuais, zoofilia.

ABSTRACT

Background and aims The high plant species richness and the pollination mechanisms in the tropical forests are endangered by the loss of ecological groups, consequence of the forest fragmentation. The objective of this study was to evaluate the edge effect on the pollination and the reproductive systems of a tree community.

Methods 600 tree individuals belonging to 95 species (77 genera and 41 families) were studied during two years in the largest northeast Brazilian Atlantic Rainforest fragment (3.375 ha, Alagoas State) in the edge and interior (top and valley) environment. By means of direct observations of floral attributes, literature and herbarium material the pollinator guild, reproductive systems and floral attributes like colour, size, flower type and offered resource were examined. The floral attributes, the reproductive systems and the pollinator guild were compared regarding the number of individuals and species, respectively, for the three sampled environments.

Key results Entomophily predominated in the three habitats, emphasizing mellitophily, followed by pollination by diverse small insects. After entomophily, chiropterophily and ornithophily were the most frequent pollination syndromes. The hermaphroditic reproductive system dominated, with the majority of the species showing small inconspicuous flowers of light colours and offering nectar or pollen as resource. The percentage of individuals in each ecological attribute differed significantly between the environments. There was a significant difference between the habitats on the number of individuals in the flower attribute classes, pollinator guilds and reproductive systems, as also on some relations between reproductive systems, floral attributes and stratification *vs.* pollinator guilds.

Conclusions The edge effect is influencing the pollination systems via changing the species composition favouring populations of more generalistic pollination systems and hermaphroditic sexual expression, which could be pollinated for many pollen vectors.

Key words: Edge, community, entomophily, fragmentation, Atlantic Rainforest, pollination, sexual systems, zoophily

INTRODUÇÃO

Em florestas tropicais há grande diversidade de sistemas de polinização, os quais podem ser explicados pela alta riqueza de espécies (Appanah 1981, 1990; Ashton 1969; Bawa *et al.* 1985), predominando a polinização por animais (Bawa 1990). O conjunto de atributos florais (*e.g.* cor, odor, morfologia, horário de antese) comuns e particulares a determinados grupos vegetais que está relacionado com o tipo de polinizador, é denominado Síndrome de Polinização (Faegri & Van der Pijl 1979; Waser *et al.* 1996). A polinização pelo vento, anemofilia, é pouco freqüente em florestas tropicais chuvosas (Bawa *et al.* 1985) e aumenta com latitudes mais altas (Regal 1982). Segundo Regal (1982), a anemofilia é mais comum em áreas com menor diversidade florística e vegetação mais aberta (*e.g.* savanna) ou com perda sazonal de folhas (florestas temperadas no norte). Por outro lado, a polinização biótica, realizada por diferentes grupos de animais é responsável por cerca de 45% do fluxo de pólen das plantas de florestas tropicais (Bawa 1990).

Existem controvérsias relativas às síndromes de polinização. Enquanto alguns autores sugerem maior especialização nas interações plantas-polinizadores (*e.g.* Feinsinger 1983), outros autores discutem que os sistemas de polinização variam de pouco especializados a muito generalistas (*e.g.* Waser *et al.* 1996; Johnson & Steiner 2000). O maior número de espécies vegetais em florestas tropicais é polinizado por invertebrados, especialmente por abelhas (Bawa 1990). Já a polinização por vertebrados, principalmente a quiropterofilia e a ornitofilia, ocorre em menos de 15% das espécies de uma comunidade vegetal (*e.g.* Koptur *et al.* 1988; Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger 1988; Ramirez 1989; Ormond *et al.* 1991; Barbosa 1997; Oliveira & Gibbs 2000).

A fragmentação da floresta tropical chuvosa vem alcançando níveis alarmantes, reduzindo o tamanho das populações, aumentando seu isolamento, aumentando a pressão antrópica, causando alterações microclimáticas nas margens dos fragmentos, o chamado “efeito de borda” (Bierregaard *et al.* 2001) e propiciando a invasão por espécies exóticas (Zuidema *et al.* 1996; Gascon *et al.* 2000). O resultado destes fatores é a mudança na distribuição e abundância de muitos grupos animais e vegetais nas regiões de floresta tropical fragmentada (Turner 1996; Bierregaard *et al.* 2001). A polinização por animais é um dos primeiros e grandes passos na persistência a longo prazo de uma população de

angiospermas e, portanto, estudar o efeito da fragmentação sobre as interações plantas-polinizadores é importante para prever a persistência de populações e comunidades a longo prazo em ambientes fragmentados (Rathcke & Jules 1993).

A perda de habitat pode acarretar ainda o isolamento espacial de populações, com impactos negativos para o sucesso reprodutivo e fluxo gênico de espécies de árvores tropicais (Templeton *et al.* 1990; Young *et al.* 1993; Nason & Hamrick 1997). Portanto, a baixa densidade de árvores reprodutivas pode diminuir a quantidade e qualidade do fluxo de pólen e da dispersão de sementes (Nason & Hamrick 1997), que, por outro lado, reduz a variabilidade genética (Fuchs *et al.* 2003) e aumenta os efeitos deletérios na progênie como resultado de endocruzamento, inclusive em espécies com polinização cruzada (Charlesworth & Charlesworth 1987; Ellstrand 1992; Ellstrand & Ellam 1993).

Atualmente vários ecólogos têm voltado a atenção para planos de manejo e restauração florestal, visando a reintrodução de espécies em algumas áreas ou protegendo habitats da degradação. Porém, a reintrodução de espécies só é bem sucedida quando os processos funcionais e interações intraespecíficas também são restabelecidos (Neal 1998).

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo estudar as síndromes de polinização de uma comunidade arbórea em um importante remanescente de floresta Atlântica, localizada no centro de endemismo Pernambuco, estado de Alagoas, avaliando o efeito da fragmentação florestal sobre a frequência das diferentes síndromes de polinização e dos sistemas sexuais em ambientes de borda e interior (topo e vale) de mata, respondendo as seguintes questões: i) Existe diferença na frequência das síndromes de polinização e dos sistemas sexuais entre os ambientes de borda e interior de mata? ii) Como está organizada a distribuição espacial e temporal de recursos para polinizadores na floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco? iii) Existe relação entre as guildas de polinizadores, os atributos florais e os sistemas sexuais da comunidade arbórea no remanescente estudado em Alagoas?

Neste manuscrito foram testadas as hipóteses: (H1) Em habitats de borda há menor diversidade de síndromes de polinização, sistemas sexuais e atributos florais, uma vez que esses ambientes são mais homogêneos em termos de diversidade florística; (H2) No interior (topo e vale) do fragmento a diversidade de síndromes de polinização, sistemas sexuais e de atributos florais é maior, dada a maior heterogeneidade destes ambientes; (H3) Havendo

maior similaridade florística entre topo e borda do fragmento estudado, espera-se que estes dois ambientes também sejam mais similares na diversidade de síndromes de polinização, sistemas sexuais e atributos florais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi conduzido em dois anos, entre Maio/03 a Abril/05, em um fragmento de Floresta Atlântica de 3.375 ha (Fragmento Coimbra) na reserva particular da USGA (9° 0' S, 35° 52' W), localizada entre os municípios de Iateguara e São José da Laje, Alagoas, NE do Brasil (Fig. 1). O solo é do tipo podzólico e latossolo, e o relevo local é montanhoso (ca. de 500m de altitude), com vales rasos e largos (IBGE 1985). O clima é do tipo As' (Köppen 1931), tropical quente-úmido, apresentando sazonalidade climática, com uma estação seca de Outubro a Março e uma estação chuvosa de Abril a Setembro (dados meteorológicos de 1922-2001, USGA). A precipitação média anual é de 2000mm e a temperatura média anual varia entre 22 e 24° C (IBGE 1985). A vegetação é classificada como floresta ombrófila aberta baixo-montana, com 250-600m de altitude (Velofo *et al.* 1991), cujas espécies dominantes pertencem às famílias Leguminosae (*sensu lato*), Euphorbiaceae, Sapotaceae, Apocynaceae, Moraceae, Lecythydaceae e Chrysobalanaceae (Oliveira *et al.* 2004).

Escolha das espécies e dos locais de coleta

Para coleta dos dados foram selecionados 600 indivíduos arbóreos (DAP>10cm) (200 indivíduos por local), distribuídos em 12 parcelas de 0,1ha (100m X 10m) em três ambientes no fragmento estudado (borda – de 0 a 100m na floresta e interior – superior a 150m adentrando a floresta) (conforme Oliveira *et al.* 2004). O interior foi subdividido em topo – floresta com terrenos até cerca de 500m e vale – florestas com terrenos mais baixos (<400m), margeando cursos d'água. Em cada um destes ambientes foram incluídas quatro

parcelas, sendo amostradas 50 árvores em cada uma das parcelas em cada ambiente. O material botânico coletado encontra-se depositado no herbário Prof. Geraldo Mariz (UFP).

A comunidade arbórea foi dividida em estratos emergente, dossel e sub bosque, de acordo com sua estratificação em altura, adotando classificação de Oliveira *et al.* (2004) em trabalho de florística e fitosociologia realizado na mesma área deste estudo: i) espécies do subosque, presentes no estrato mais sombreado e inferior da floresta madura, abaixo do dossel; ii) espécies do dossel, formando o estrato mais contínuo (cujas copas se tocam lateralmente) e intermediário da floresta madura; e iii) espécies emergentes, que são aquelas cujas copas encontram-se totalmente expostas acima do dossel.

Coleta das flores

Ao longo do período de estudo, o material botânico florido acessível foi coletado, em alguns dos indivíduos, através da ajuda de auxiliar de campo, que escalava até chegar mais próximo do ramo florido e com ajuda de podão retirava o material diretamente das copas das árvores. Também foram coletadas flores que se encontravam no chão e depositados em peneiras (1m²) colocadas aleatoriamente ao longo das parcelas ou debaixo de árvores com copas muito altas. O material coletado foi fixado em álcool 70% e posteriormente triado e analisado em laboratório.

Atributos florais, sistemas sexuais e guildas de polinizadores da comunidade arbórea

Através de observações diretas dos atributos florais, informações de literatura (e.g. Martius *et al.* 1840-1906; Ribeiro *et al.* 1999) e de material de herbário, foram determinadas as síndromes de polinização (*sensu* Faegri & Pijl 1979) e os sistemas sexuais das espécies pertencentes à comunidade nos três ambientes estudados. Para categorizar as classes de atributos florais e das guildas de polinizadores foi utilizada a metodologia de Machado & Lopes (2003, 2004).

Para tamanho floral foram consideradas quatro categorias de flores: pequenas ($\leq 10\text{mm}$), médias ($>10 \leq 20\text{mm}$), grandes ($>20 \leq 30\text{mm}$) e muito grandes ($>30\text{mm}$). Foram registradas flores de cor lilás/violeta (incluindo azul), rosa, vermelha, amarela, branca e

esverdeada (incluindo bege e creme). Os tipos florais ou “classes estruturais” (modificadas de Faegri & Pijl 1979) considerados foram o inconspícuo, câmara, campânula, estandarte, pincel, disco e tubo. Para os recursos florais foram registrados a presença de flores oferecendo néctar/pólen, néctar, pólen, óleo e resina.

Foram registrados o número de espécies e de indivíduos em cada classe de atributos florais (tamanho floral, cor, tipo floral e recurso), de sistemas sexuais (hermafrodita, monóico e dióico), considerando a expressão morfológica e de guildas de polinizadores (insetos, aves e mamíferos), sendo com isto calculada e comparada a frequência destas categorias nos dois ambientes avaliados (borda e interior – topo e vale). As frequências das síndromes de polinização e dos sistemas sexuais encontrados foram comparados com outros estudos em ecossistemas tropicais.

Análises estatísticas

Para testar as diferenças nas categorias de atributos florais, sistemas sexuais e guildas de polinizadores entre os ambientes analisados foi usado teste qui-quadrado e teste G (Zar 1996) no programa BioEstat 2.0 (Wilkinson 1990). Também foram testadas as relações entre as guildas de polinizadores com as cores das flores, com o recurso oferecido e com o tamanho das flores, assim como o sistema sexual com as guildas de polinizadores em cada um dos ambientes (borda e interior – topo e vale). A relação entre a estratificação vertical com as síndromes de polinização também foi testada através de teste qui-quadrado (BioEstat 2.0), a fim de verificar se existia diferença entre os estratos emergentes, dossel e sub bosque entre as guildas de polinizadores.

RESULTADOS

Foram estudadas 95 espécies da comunidade arbórea no fragmento (33 na borda, 53 no topo e 64 no vale – algumas ocorrendo em mais de um local) (Fig. 2), distribuídas em 77 gêneros e 41 famílias. Dentre estas espécies, 10 foram exclusivas de borda (10,52% da amostra) e 48 foram exclusivas de interior (50,52% de todas espécies amostradas). O

número de indivíduos por espécie variou de 1-39, sendo resultado da frequência, abundância ou raridade de cada espécie (Galetti *et al.* 2003).

Atributos e recompensas florais

Na comunidade arbórea estudada houve predominância de flores de tamanho pequeno (mais de 60% dos indivíduos em cada um dos ambientes), cores claras, com destaque para a cor esverdeada (acima de 40% dos indivíduos em cada local), do tipo inconspícuo (superior a 60% dos indivíduos e espécies em cada ambiente) (Fig. 3) e oferecendo, como recompensa floral, néctar e/ou pólen na mesma flor (mais de 42% dos indivíduos por ambiente).

Tamanho

Embora não tenha sido significativo o número de espécies em classes de tamanho floral entre os ambientes, mais de 72% das espécies da borda (N = 24) apresentaram flores pequenas (Fig. 4A). Houve diferença significativa para o número de indivíduos em cada categoria de tamanho floral entre os ambientes estudados ($G = 68$; $p < 0,001$; $gl = 6$), mas não para o número de espécies. A maior porcentagem de indivíduos com flores pequenas foi registrado no topo (76,8%), seguido do vale (71,4%) e da borda (61,1%) (Fig. 3B). O alto percentual de indivíduos com flores pequenas na borda está representado principalmente por duas espécies de Anacardiaceae: *Tapirira guianensis* Aubl. (N = 9 indivíduos) e *Thyrsodium spruceanum* Benth. (N = 39 indivíduos).

No interior, a frequência de flores grandes e muito grandes foi maior do que a encontrada no ambiente de borda (Fig. 4A e B), com destaque para espécies das famílias Annonaceae e Apocynaceae e *Erytheca crenuticalyx* A. Robyns (Bombacaceae), dentre outras, que não ocorreram na borda. *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers (Lecythidaceae) e *Inga capitata* Desv. v. *tenuior* Benth (Leguminosae) foram as espécies com flores grandes que ocorreram na borda.

Cores

Da mesma maneira, o número de indivíduos em cada classe de cor floral variou significativamente entre os ambientes ($\chi^2 = 68$; $p < 0,001$; $gl = 10$), mas não o número de espécies. Foi registrado maior porcentagem de espécies com flores brancas na borda (45,5%), seguida do vale (37,5%) e do topo (32,08%) (Fig. 5A) e maior porcentagem de indivíduos com flores esverdeadas (incluindo bege e creme) no topo (64,3%), seguido do vale (49,5%) e da borda (45,5%) (Fig. 5B).

A maior frequência de flores esverdeadas no topo está representada principalmente pelas espécies *Mabea occidentalis* Benth. (Euphorbiaceae) e *Thyrsodium spruceanum* Benth. (Anacardiaceae), enquanto esta última (N = 39), juntamente com *Ocotea glomerata* (Nees) Mez (Lauraceae) (N = 11) foram as mais frequentes na borda.

Tipo floral

O tipo floral predominante foi o inconspícuo, com maior percentual de espécies com flores inconspícuas registrado na borda (72,73%), seguido do topo (66,04%) e do vale (60,94%) (Fig. 5A). Já o maior percentual de indivíduos com flores inconspícuas foi observado no topo (79,17%), seguido do vale (69,78%) e da borda (60,56%) (Fig. 6B). Houve diferença significativa no número de indivíduos nos diferentes tipos florais entre os ambientes ($\chi^2 = 135$ $p < 0,001$; $gl = 12$).

As flores do tipo inconspícuo eram preferencialmente esverdeadas ou brancas. A alta frequência de indivíduos com flores do tipo disco na borda (Fig. 6B) é devido principalmente a alta representatividade de *Byrsonima sericea* A.DC. (Malpighiaceae) (N = 38) neste ambiente, além de outras duas espécies deste gênero, enquanto o tipo estandarte foi representado principalmente por *Bowdichia virgilioides* Kunth. (Leguminosae) (N=16). A alta frequência de flores do tipo disco (Fig. 6A e B) no interior do fragmento estudado está associado a espécies exclusivas deste ambiente, como das famílias Annonaceae, Bombacaceae e Guttiferae, dentre outras, enquanto na borda esta frequência deve-se a uma espécie da família Vochysiaceae e a três espécies de Malpighiaceae.

Recurso floral

Foi encontrada diferença significativa para o número de indivíduos entre os ambientes em cada classe de recurso floral oferecido ($\chi^2 = 98,65$; $p < 0,001$; $gl = 8$), enquanto o número de espécies em relação ao recurso oferecido por ambiente não diferiu. O recurso mais freqüente em percentual de espécies na borda foi o néctar (39,39%), e os recursos néctar e pólen ofertados na mesma flor foram mais freqüentes no vale (32,81%) e no topo (32,08%) (Fig. 7A). O recurso mais freqüente em percentual de indivíduos foi néctar/pólen, com 53,57% dos indivíduos no topo, seguido do vale (42,31%) e da borda (42,22%) (Fig. 7B).

As famílias que contribuíram com o maior número de indivíduos por espécie oferecendo néctar e pólen como recurso na mesma flor foram Anacardiaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae e Lecythidaceae, enquanto espécies das famílias Araliaceae, Bombacaceae, Guttiferae, Melastomataceae e Leguminosae, mesmo com baixa freqüência de indivíduos, também apresentaram os dois recursos em suas flores.

Sistemas sexuais

Flores hermafroditas apresentaram maior freqüência tanto ao nível de espécies (78,79% no topo; 62,26% no vale; 31,25% na borda) (Fig. 8A) como de indivíduos (51,1% na borda; 48,21% no vale; 32,78% no topo) (Fig. 8B). As famílias mais representativas em número de indivíduos com sistema sexual hermafrodita foram Guttiferae (no interior) e Malpighiaceae (na borda). As análises estatísticas demonstraram diferença significativa entre o número de indivíduos em cada classe de sistema sexual entre os ambientes ($\chi^2 = 66,64$; $p < 0,001$; $gl = 6$). Indivíduos com sistema sexual dióico também foram freqüentes na borda (42,86%) (Fig. 8B). As famílias com maior representatividade de espécies dióicas foram Anacardiaceae (duas espécies), Lauraceae (cinco espécies) e Sapindaceae (duas espécies). Comparação da freqüência de ocorrência dos sistemas sexuais registrados neste estudo, com outros estudos em ecossistemas tropicais encontram-se listados na Tabela 1.

Guildas de polinizadores

Houve diferença significativa no número de indivíduos nas guildas de polinizadores entre os ambientes estudados ($\chi^2 = 114,79$; $p < 0,001$; $gl = 18$). A polinização por insetos (entomofilia) predominou nos três ambientes com destaque para a melitofilia, representando 87,9% das espécies na borda, 58,5% no topo e 48,4% no vale (Fig. 9A). O percentual de indivíduos melitófilos foi de 80% na borda, 61,9% no topo e 26,6 no vale (Fig. 9B), seguida por diversos pequenos insetos (Fig. 9A e B). *Cecropia hololeuca* Miq. (Cecropiaceae) e *Croton floribundus* Spreng. (Euphorbiaceae) corresponderam aos 3,77% das espécies polinizadas pelo vento (anemofilia) no topo, enquanto *Croton floribundus* foi a única espécie anemófila na borda (3,03%) e *Brosimum guianensis* (Aubl.) Huber e *B. rubescens* Tauber (Moraceae) foram as espécies anemófilas no vale. Depois da guilda dos insetos, a maior frequência registrada foi para a guilda de beija-flores (ornitofilia), com 6,25% das espécies no vale, 5,66% no topo e 3,03% na borda (Fig. 9A). O percentual de indivíduos arbóreos ornitófilos foi de 3,43% no vale, 2,98% no topo e 0,56% na borda (Fig. 9B). Espécies zoófilas polinizadas por mamíferos – quiropterofilia e terofilia, consideradas aqui em conjunto, são representadas pelas famílias Euphorbiaceae, Bombacaceae, Mimosaceae e Proteaceae. *Plathymenia foliolosa* Benth. (Leguminosae) foi o único registro de quiropterofilia na borda, correspondendo a 3,03% das espécies e 0,56% dos indivíduos neste ambiente.

As espécies quiropterófilas registradas neste trabalho foram *Mabea occidentalis* Benth. (Euphorbiaceae), *Eriotheca crenulaticalyx* A. Robyns (Bombacaceae), *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp., *Ballizia pedicellaris* (A.DC.) Barneby & J.W.Grimes e *Plathymenia foliolosa* Benth. (Leguminosae), e *Manilkara rufula* (Miq.) H.J. Lam (Sapotaceae). Por outro lado, a ornitofilia foi registrada neste estudo para as espécies *Symphonia globulifera* L.f. (Guttiferae), *Sloanea guianensis* (Aubl.) Benth., *S. obtusifolia* (Moric.) K. Schum. (Elaeocarpaceae) e *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex DC.) Standl. (Bignoniaceae), esta última também polinizada por abelhas grandes.

Relações entre guildas de polinizadores, atributos florais e sistemas sexuais

Houve diferença significativa entre as cores das flores e a guilda de polinizadores em número de indivíduos no topo ($\chi^2=231,034$; $p<0,001$; $gl=45$). A predominância foi de flores esverdeadas, polinizadas por abelhas.

Também foi significativa a diferença do número de indivíduos em cada classe de recurso floral entre as síndromes de polinização nos ambientes de topo ($\chi^2=159,129$; $p<0,001$; $gl=36$) e de vale ($\chi^2=176,454$; $p<0,001$; $gl=36$). Em ambos os locais predominou a oferta de pólen e néctar na mesma flor, associados à melitofilia.

O tamanho floral diferiu significativamente em número de indivíduos ($\chi^2=130,43$; $p<0,001$; $gl=27$) e espécies ($\chi^2=44,216$; $p=0,019$; $gl=27$) entre as guildas de polinizadores, no topo, assim como para o número de indivíduos ($\chi^2=162$; $p<0,001$; $gl=27$) e espécies ($\chi^2=47,54$; $p=0,008$; $gl=27$) no vale. Nestes ambientes predominaram flores pequenas, polinizadas por abelhas, seguidas das polinizadas por diversos pequenos insetos.

Os sistemas sexuais também diferiram significativamente entre as guildas de polinizadores no topo, em número de indivíduos ($\chi^2=188,95$; $p<0,001$; $gl=27$), assim como em número de indivíduos ($\chi^2=248,16$; $p<0,001$; $gl=27$) e espécies ($\chi^2=69,98$; $p<0,001$; $gl=27$) no vale. No topo predominou o sistema sexual dióico associado à polinização por abelhas, enquanto no vale predominou o hermafroditismo também associado à melitofilia.

A relação entre a estratificação vertical das espécies arbóreas e as síndromes de polinização para cada um dos ambientes estudados foi testada, revelando que existe diferença significativa no número de indivíduos nos estratos dossel, emergente e subbosque nas diferentes síndromes de polinização no topo ($\chi^2=50,65$; $p<0,001$; $gl=18$) e para o número de indivíduos ($\chi^2=61,75$; $p<0,001$; $gl=18$) e espécies ($\chi^2=28,44$; $p=0,05$; $gl=18$) no vale.

DISCUSSÃO

As 95 espécies arbóreas amostradas neste estudo representam 71% da comunidade arbórea uma vez que em levantamento florístico e fitossociológico anterior foram registradas 134 espécies de árvores na mesma área, com 24% das espécies ocorrendo exclusivamente em borda e 57% exclusivas de interior (Oliveira *et al.* 2004). Portanto, este valor pode ser considerado de boa representatividade para a comunidade, explicando ainda o menor percentual de espécies típicas de borda e interior amostrados neste estudo.

Atributos florais vs. guildas de polinizadores

Flores de tamanho pequeno, associado a cores claras, como branca e esverdeada (incluindo bege e creme) observadas neste estudo já foram encontradas em floresta úmida na Venezuela (Ramirez *et al.*, 1990). Bawa & Opler (1975) e Bawa *et al.* (1985) destacam que flores claras, geralmente menores que 10mm, são visitadas por diversos pequenos insetos, semelhante ao registrado neste trabalho. Outros autores relacionam tamanho de tubo floral com as dimensões do corpo ou peças bucais de seus polinizadores ou insetos visitantes (e.g. Opler, 1980; Lindsey & Bell, 1985; Real, 1983; Kodric-Brown *et al.*, 1984).

Portanto, flores com tubos curtos associados a alguns tipos florais como o inconspícuo, também mais freqüente neste estudo, permitiriam o acesso a uma ampla diversidade de polinizadores (Faegri & Pijl, 1979). Isto pode ser corroborado com os resultados aqui obtidos, uma vez que espécies com estas características florais, como *Tapirira guianensis* e *Thyrsodium spruceanum* (Anacardiaceae) são visitadas por uma ampla gama de insetos, pertencentes a várias ordens, sendo polinizadas principalmente por abelhas e diversos pequenos insetos (L. Krause, com. pessoal). Além disso, flores pequenas são associadas a polinização mais generalizada e com sistemas sexuais dióicos (Bawa 1980; 1994).

Embora alguns autores não tenham encontrado relação significativa entre cor das flores e sistemas de polinização (Momose *et al.*, 1998), outros estudos relacionando cor, tamanho, forma e recurso oferecido mostraram que, em bosque mediterrâneo, flores claras são em sua maioria pequenas, abertas (e.g. não tubulares) e polinizadas por moscas e

pequenas abelhas de língua curta (Shmida & Dukas, 1990), oferecendo pólen como principal recurso (Herrera 1987). Da mesma forma, Frankie *et al.* (1983) registraram que abelhas grandes visitavam preferencialmente flores de cor lilás, com simetria bilateral, enquanto abelhas menores tendiam a visitar flores amarelas ou brancas, radialmente simétricas.

Outro atributo floral importante na atração de polinizadores é o recurso floral (Faegri & Pijl 1979) e neste trabalho, semelhante ao encontrado por Momose *et al.* (1998) em floresta tropical de terras baixas, a maior frequência de indivíduos apresentou néctar e pólen na mesma flor. O percentual de espécies com ambos recursos na mesma flor ($\geq 35\%$ em cada ambiente) foi superior ao encontrado em outros estudos em comunidades arbustivas nos trópicos, com mais de 28 e 17% de espécies (Ramirez *et al.*, 1990; Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger, 1988). Estes recursos foram representados principalmente por espécies das famílias Anacardiaceae (2 espécies), Lauraceae (4 spp.), Lecythidaceae (3 spp.) e Leguminosae (4 spp.).

O percentual de espécies apresentando néctar como recurso principal (entre 30 e 39% nos três ambientes), representado principalmente por indivíduos das famílias Papilionaceae e Sapindaceae na borda, é inferior ao encontrado para outros estudos em áreas de floresta úmida (59,5 % e 45,24%) (Leite 2005; Silva *et al.* 1997), cerrado (45,9 e 70,2%) (Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger, 1988; Oliveira & Gibbs, 2000) caatinga (71,5%) (Machado & Lopes 2004) e restinga (62%) (Ormond *et al.*, 1993). Porém, em alguns destes referidos estudos, este percentual refere-se não só ao estrato arbóreo, conforme abordado neste estudo, mas também às ervas, arbustos e lianas (*e.g.* Machado & Lopes 2004; Leite 2005), o que deve refletir o valor bem mais elevado quando comparado a este estudo. Pólen foi registrado como principal recompensa principalmente em espécies das famílias Euphorbiaceae e Moraceae. O percentual de espécies cujo principal recurso oferecido aos visitantes florais foi o pólen, variou entre 18 e 32% nos ambientes estudados, semelhante aos estudos anteriormente citados, os quais variaram entre 15,3 e 62% das espécies. Flores de óleo foram restritas à família Malpighiaceae, que neste estudo ocorreram preferencialmente e com maior frequência na borda.

Características florais vs. sistemas sexuais

Neste estudo, as espécies hermafroditas apresentaram predominantemente flores de cores brancas e amarelas e as espécies dióicas e monóicas flores esverdeadas. Ibarra-Manríquez & Oyama (1992) também encontraram relação entre a cor da corola e os sistemas sexuais em espécies de floresta chuvosa no México, além de verificar que flores maiores eram representadas por espécies hermafroditas, semelhante ao registrado neste estudo, seguidas das monóicas e dióicas. Tabla & Bullock (2002), ao discutirem as controvérsias entre as correlações ecológicas das características florais, com as síndromes clássicas, sugerem que estes resultados podem permitir estudos comparativos das características reprodutivas das plantas em espécies com pouca relação filogenética.

A predominância de flores hermafroditas, seguida de dioícia, é um padrão também encontrado em outros estudos em florestas úmidas no Brasil (Silva *et al.*, 1997), na Costa Rica (Kress & Beach, 1994; Bawa *et al.*, 1985), na Venezuela (Sobrevilla & Arroyo, 1982) e no México (Ibarra-Manríquez & Oyama, 1992) (Tabela 1). Porém, em nenhum destes trabalhos foi abordada a diferença entre os ambientes de borda e interior de florestas, sendo nosso estudo pioneiro neste aspecto. Neste estudo, o número de espécies e indivíduos dióicos no estrato do dossel florestal foi maior, principalmente na borda, do que o registrado em mata Atlântica no sudeste do Brasil (Silva *et al.* 1997). Por sua vez, para a expressão sexual hermafrodita não tem havido muita diferença (Silva *et al.* 1997). Isto se deve ao fato de que a borda, neste estudo apresenta maior proporção de indivíduos e espécies de dossel, quando comparadas com o interior.

Bawa (1990) afirma que os sistemas de polinização parecem ser não randômicos, nos quais a guilda das abelhas e dos diversos pequenos insetos ocorre predominantemente no dossel, enquanto beija-flores, mariposas e besouros ocorrem preferencialmente no sub bosque. De maneira semelhante, neste estudo foi encontrada diferença na relação entre a estratificação vertical das espécies arbóreas e as guildas de polinizadores nos ambientes de topo e vale, predominando no dossel a melitofilia, seguida de diversos pequenos insetos. Já na borda não foi significativa esta diferença, embora estes sistemas anteriormente citados também sejam dominantes neste ambiente.

A evolução de sistemas unissexuais tem sido relacionada ao mecanismo de evitar depressão endogâmica através da polinização cruzada (Thomson & Barret, 1981; Lloyd, 1982; Sakai *et al.*, 1995; Freeman *et al.*, 1997). Alguns autores associam dioicia com polinização mais generalista (Bawa & Opler, 1975), entomofilia (Bawa, 1974; Ibarra-Manríquez & Oyama, 1992; Oliveira & Gibbs, 2000) e com frugívoros especialistas (Bawa, 1980; Bawa *et al.*, 1985), o que está de acordo com a guilda de polinizadores e de dispersores (veja no capítulo 4) registrados neste estudo. Já o hermafroditismo pode ser considerado como condição sexual fundamental da maioria das angiospermas (Barret 2002), uma vez que indivíduos hermafroditas podem tanto receber como dispersar pólen, funcionando como parentais paternos ou maternos para a geração futura.

Dois fatores devem ser considerados de grande importância ao analisarmos as vantagens e desvantagens de indivíduos hermafroditas: i) o hermafroditismo pode refletir economia de recursos, uma vez que a alocação para atrativos e recompensas florais, beneficiam ambas as funções, maternas e paternas (Charnov *et al.* 1976); ii) a autofertilização reduz o “fitness” da prole, resultando em depressão endogâmica. Portanto, apesar de uma certa perda em “fitness”, deve ser vantajoso para a comunidade arbórea apresentar predominância do sistema sexual hermafrodita neste ambiente fragmentado, uma vez que para muitas espécies auto-compatíveis, na ausência do polinizador, a autofecundação garantiria a formação de frutos, promovendo assim a persistência destas espécies no ambiente. Por outro lado, a eficiência dos polinizadores pode promover maior troca de pólen entre indivíduos mais distantes, possibilitando maior variabilidade genética nas espécies, permitindo que espécies hermafroditas tenham certa vantagem deste caráter sexual em ambos casos.

Guildas de polinizadores

A predominância da entomofilia, com destaque para a guilda de abelhas (>48% no interior e >87% na borda), seguida por diversos pequenos insetos (>23% no interior e >33% na borda) era esperada. De acordo com Bawa (1990), em florestas neotropicais as abelhas são o grupo de polinizadores mais importantes, sendo também responsáveis pela polinização da maioria das espécies em diferentes ecossistemas (Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger,

1988; Oliveira & Gibbs, 2000; Machado & Lopes 2003; 2004). Embora não tenha sido registrada na borda, a cantarofilia, ou polinização por besouros, foi registrada na família Annonaceae em ambiente de interior, com percentual dentro da faixa descrita na literatura, que aponta variação entre 2 e 12,7% (Oliveira & Gibbs, 2000; Kress & Beach, 1994). Da mesma forma, a frequência de espécies anemófilas (3% na borda e 1,9% no topo), está na média do valor encontrado por Bawa *et al.*, (1985) em seu estudo na Costa Rica.

A guilda de morcegos polinizadores foi registrada para apenas uma espécie na borda, provavelmente devido ao esforço amostral não ter englobado todas as espécies quiropterófilas registradas para a área estudada. Por sua vez, os percentuais de espécies quiropterófilas encontradas no topo (5,66%) e no vale (9,38%), foram superiores aos registrados em outros estudos em florestas úmidas (Bawa *et al.*, 1985; Kress & Beach, 1994). Os beija-flores corresponderam à frequência semelhante da encontrada por Bawa *et al.* (1985), porém foi menor à encontrada por Kress & Beach (1994) em La Selva. Em geral, a polinização por vertebrados, analisadas separadamente por guildas, é inferior a 15% do total de espécies de uma comunidade (Koptur *et al.*, 1988; Ramirez, 1989; Ormond *et al.*, 1991; Oliveira & Gibbs, 2000; Buzato *et al.*, 2000).

Falta de padronização na forma de coleta, análise e apresentação dos dados são alguns problemas que dificultam comparações em estudos de comunidade. Além disso, atualmente são poucos os remanescentes de floresta Atlântica brasileira que ainda apresentem áreas contínuas e que tenham sua flora estudada, especialmente no nível de comunidade arbórea. A destruição de habitats, através do estabelecimento de monoculturas, pastagens, desmatamento e irrigação é uma das formas que populações de polinizadores são afetadas. Segundo Kevan (1999), a destruição de habitats leva a i) perda de fontes alimentares; ii) perda de locais para ninhos e oviposição; iii) destruição dos locais para reprodução ou pouso de muitas populações de abelhas polinizadoras.

Polinizadores são fundamentais para a manutenção não só dos ecossistemas florestais, mas também para a agricultura e portanto devem ser analisados cuidadosamente, podendo ser utilizados como bioindicadores ambientais de algumas formas: (1) como indivíduos, uma vez que suas atividades são afetadas ou como eles são amostrados na natureza; (2) como populações de espécies que são afetadas por mudança ambiental e (3) como assembléia de espécies, guildas ou taxons, interagindo entre si e com o ambiente

(Kevan 1999). Portanto, a predominância de polinização por abelhas na comunidade arbórea avaliada neste estudo reforça a necessidade de planos de manejo e conservação da área florestal onde se situa o remanescente abordado, uma vez que esta guilda de polinizadores é sensível ao efeito de fragmentação e sua conseqüente perda de habitat, o que implicaria no fracasso da polinização das espécies arbóreas dependentes destes vetores de pólen para sua reprodução.

Os atributos florais, sistemas sexuais e a guilda de polinizadores encontrados neste estudo ilustram a diversidade de caracteres florais e da interação entre os polinizadores e suas flores de uma comunidade arbórea no maior remanescente de floresta Atlântica nordestina brasileira. A predominância de flores pequenas, inconspícuas, de cores claras, ofertando os recursos néctar e pólen na mesma flor, com sistema sexual hermafrodita, leva a sistemas de polinização mais generalistas, o que por sua vez favorece a polinização das espécies arbóreas por uma “gama” maior de animais.

A fragmentação florestal ou mais precisamente o efeito de borda, pode estar interferindo nos padrões de distribuição de espécies com sistemas de polinização mais especializados, com auto-incompatibilidade e distribuição restrita, como é o caso de muitas espécies raras ocorrentes, e até mesmo amostradas, no fragmento estudado. Possivelmente o baixo número de indivíduos destas espécies raras, associado à criação de bordas e à perda de polinizadores implica no desaparecimento de algumas populações. Talvez as bordas da floresta Atlântica nordestina, conforme observado neste maior remanescente em Alagoas, sejam mais complexas que em outras áreas da floresta Atlântica brasileira, e não só a diversidade de árvores e recursos florais, mas também associados ao estrato herbáceo e arbustivo podem estar disponibilizando a manutenção das populações de polinizadores.

Outro fator importante para a manutenção desta comunidade avaliada, podendo ser extrapolado para outros ambientes florestais na região, representados por florestas imersas em matriz de monocultura, é a necessidade da criação de corredores ecológicos que permitam o fluxo de espécies de animais polinizadores e dispersores, o que aumentaria a possibilidade de persistência de populações vegetais e animais. Conforme já observado em outros estudos (Donaldson *et al.* 2002), fragmentos grandes podem servir de fontes doadoras de polinizadores para os remanescentes menores. Além disso, a baixa frutificação

ou o declínio de polinizadores em grandes fragmentos, indica perda de heterogeneidade de habitat, resultante da dominância de poucas espécies nestes ambientes.

Uma estratégia para minimizar o efeito da fragmentação florestal nestes ambientes da floresta Atlântica nordestina é o estabelecimento de corredores ecológicos conectando fragmentos grandes e pequenos, pois grandes fragmentos agiriam como “fonte” de polinizadores, enquanto os menores poderiam manter pequenas populações de espécies raras, possibilitando a manutenção destes fragmentos por si só, assim como o fluxo de polinizadores entre os fragmentos e a manutenção das populações vegetais.

Legendas das figuras

Figura 1. Mapa dos remanescentes de floresta Atlântica no nordeste brasileiro (A), com detalhe de borda em terreno plano (B) e da matriz circundante de monocultura de cana-de-açúcar no fragmento estudado em Alagoas (C). (Mapa: Pimentel & Tabarelli 2004).

Figura 2. Número e partilha de espécies da comunidade arbórea na Borda (B), no Topo (T) e no Vale (V) do fragmento Coimbra na Usina Serra Grande, Al, Brasil.

Figura 3. Diferentes síndromes de polinização no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas. Flores claras, entomófilas/d.p.i. de *Miconia hypoleuca* (Melastomataceae) (A), *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae) (C) e *Ocotea glomerata* (Lauraceae) (D). Ambofilia em *Croton floribundus* (Euphorbiaceae) (B). Flores amarelas, entomomófilas/melitófilas de *Sclerolobium densiflorum* (Caesalpinaceae) (E) e *Eschweilera ovata* (Lecythidaceae) (F). Flor vermelha, ornitófila de *Symphonia globulifera* (Guttiferae) (G) e flor lilás, melitófila em *Bowdichia virgilioides* (Papilionaceae) (H).

Figura 4. Frequência de tamanhos florais da comunidade arbórea estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 5. Frequência de cor das flores da comunidade arbórea estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 6. Frequência de tipos florais da comunidade arbórea estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 7. Freqüência de recursos florais da comunidade arbórea estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 8. Freqüência de sistemas sexuais da comunidade arbórea estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 9. Freqüência de guildas de polinizadores da comunidade arbórea estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Legenda da tabela

Tabela 1. Frequência de ocorrência dos sistemas sexuais no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas e para outros estudos em distintas comunidades vegetais.

Agradecimentos

À USGA pelo apoio logístico. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de doutorado de Patricia Araujo de Abreu Cara e Produtividade em Pesquisa de Isabel Cristina Machado. À CAPES pela bolsa de doutorado de Marcondes Oliveira. Ao apoio financeiro do Projeto Serra Grande, Capan, Conservação Internacional do Brasil e Fundação O Boticário. Ao Leonhard Krause pela fotos de *Tapirira guianensis*, *Sclerolobium densiflorum*, *Ocotea glomerata* e *Eschweilera ovata*. À Karina V. Linhares pela foto de *Croton floribundus*. À Tarcila Nadia pela ajuda na confecção da prancha de fotos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Appanah S 1981.** Pollination in Malaysian primary forests. *Malaysian Forester* **44**: 37-42.
- Arista M, Oliveira PE, Gibbs PE, Talavera S. 1997.** Pollination and breeding system of two co-occurring *Hirtella* species (Chrysobalanaceae) in Central Brasil. *Botanica Acta* **110**: 496-502.
- Arroyo MTK, Primack R, Armesto J. 1982.** Community studies in pollination ecology in the high temperate Andes of Central Chile. I. Pollination mechanisms and altitudinal variation. *American Journal of Botany* **69**: 82-97.
- Ashton PS 1969.** Speciation among tropical forest trees: some deductions in the light of recent evidence. *Biological Journal of the Linnean Society* **1**: 155-196.
- Barbosa AAA, Sazima M. 2005.** Biologia da Polinização e Reprodução de plantas herbáceas do Cerrado. In: Sano SM, Ribeiro JPS, Almeida SP, orgs. *Cerrado: Ambiente e flora*. 2ª Edição revista e ampliada.
- Barbosa AAA 1997.** *Biologia reprodutiva de uma comunidade de Campo sujo, Uberlândia – MG*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Barrett SCH 2002.** Sexual interference of the floral kind. *Heredity* **88**: 154-159.
- Bawa KS, Opler PA. 1975.** Dioecism in tropical forest trees. *Evolution* **29**: 167-179.
- Bawa KS, Perry DR, Beach JH. 1985.** Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. Sexual systems and self-incompatibility mechanisms. *American Journal of Botany* **72**: 331-345.
- Bawa KS. 1974.** Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. *Evolution* **28**: 85-92.
- Bawa KS. 1980.** Evolution of dioecy in flowering plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* **11**: 15-39.
- Bawa KS. 1990.** Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* **21**: 399-422.
- Bawa KS 1994.** Pollinators of Tropical Dioecious Angiosperms: A Reassessment? No, not yet. *American Journal of Botany* **81**: 456-460.
- Bierregaard Jr RO, Laurance WF, Gascon C, Benitez-Malvido J, Fearnside PM, Fonseca CR, Ganade G, Malcolm JR, Martins MB, Mori S, Oliveira M, Rankin-de-Mérona J, Scariot A, Spironello W, Williamson B. 2001.** Principles of forest

- fragmentation and conservation in the Amazon. In: Bierregaard Jr RO, Gascon C, Lovejoy TE, Mesquita R, eds. *Lessons from Amazon, the ecology and conservation of a fragmented Forest*. New Haven e London, Yale University Press, 335-345.
- Bullock SH. 1985.** Breeding systems in the flora of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica*. **17**: 287-301.
- Buzato S, Sazima M, Sazima I. 2000.** Hummingbird-pollinated floras at Atlantic forest sites. *Biotropica* **32**: 824-841.
- Charlesworth D, Charlesworth B 1987a.** Inbreeding Depression and its Evolutionary Consequences. *Annual Review of Ecology and Systematics* **18**: 237-268.
- Charnov EL, Bull JJ, Smith JM 1976.** Why be an hermaphrodite? *Nature* **263**: 125-126.
- Croat TB. 1979.** The sexuality of the Barro Colorado Island flora (Panama). *Phytologia* **42**: 319-348.
- Donaldson J.; Nänni I.; Zachariades C. and Kemper J. 2002.** Effects of habitat fragmentation on pollinator diversity and plant reproductive success in Renosterveld Shrublands of South Africa. *Conservation Biology* **16**: 1267-1276.
- Ellstrand NC 1992.** Gene flow by pollen: Implications for plant conservation genetics. *Oikos* **63**: 77-86.
- Ellstrand NC, Elam DR 1993.** Population genetic consequences of small population size: implications for plant conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics* **24**: 217-242.
- Faegri K, Pijl L Van Der. 1979.** *The principles of pollination biology*. Second revised Edition. Pergamon Press, Oxford, England.
- Feinsinger P. 1983.** Coevolution and pollination. In: Futuyma D, Slatkin M, eds. *Coevolution*. Sianuer Associates Publishers, Sunderland, Massachusetts, 282-310.
- Flores S, Schemske DW. 1984.** Dioecy and monoecy in the flora of Puerto Rico and the Virgin Islands: ecological correlates. *Biotropica*. **16**: 132-139.
- Frankie GW, Harber WA, Opler PA, Bawa KS. 1983.** Characteristics and organization of the large bee pollination system in the Costa Rican dry forest. In: Jones CE, Little RJ, eds. *Handbook of experimental pollination biology*. New York: Van Nostrand and Reinhold Inc., 411-448.
- Freeman DC, Doust JL, ElKeblawy A, Miglia KJ., McArthur ED. 1997.** Sexual

- specialization and inbreeding avoidance in the evolution of dioecy. *Botanical Review* **63**: 65-92.
- Fuchs EJ, Lobo, JA, Quesada M. 2003.** Effects of forest fragmentation and flowering phenology on the reproductive success and mating patterns of the tropical dry forest tree *Pachira quinata*. *Conservation Biology* **17**: 149-157.
- Galleti M, Costa CPA, Cazetta E. 2003.** Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of ornithochoric fruits. *Biological Conservation* **111**:269-273.
- Gascon C, Wilianson B, Fonseca, GAB. 2000.** Receding forest edges and vanishing reserves. *Science* **288**: 1356-1358.
- Gentry AH. 1982.** Patterns of neotropical plant species diversity. *Evolution Biology* **15**: 1-84.
- Herrera CM. 1987.** Vertebrate dispersal plants of the Iberian Peninsula: a study of fruit characteristics. *Ecological Monographs*.**57**: 305-331.
- Ibarra-Manríquez G, Oyama K. 1992.** Ecological correlates of reproductive traits of mexican rain forest trees. *American Journal of Botany* **79**: 383-394.
- IBGE 1985.** *Atlas Nacional do Brasil: região Nordeste*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- Johnson SD, Steiner KE. 2000.** Generalization versus specialization in plant pollination systems. *Trends in Ecology and Evolution* **15**: 140-143.
- Kato M. 1996.** Plant-pollinator interactions in the undestory of lowland mixed dipterocarp forest in Sarawak. *American Journal of Botany* **83**: 732-743.
- Kearns CA; Inouye DW, Waser NM. 1998.** Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review Ecology Evolution and Systematic* **29**: 83-112.
- Kevan PG 1999.** Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **74**: 373-393.
- Kodric-Brown A, Brown J, Bier GS, Gori DF. 1984.** Organization of a tropical island community of hummingbirds and flower. *Ecology* **65**: 1358-1368.
- Köeppen, W. 1931.** Grundriss der Klimakunde. Walter de Gruyter, Berlin.
- Koptur S, Haber WA, Frankie GW, Baker HG. 1988.** Phenological studies of shrub and

- treelet species in tropical cloud forests of Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* **4**: 323-346.
- Kress WJ, Beach JH. 1994.** Flowering plant reproductive systems. In: McDade LA, Bawa KS, Hespennheide H, Hartshorn G, eds. *La Selva: ecology and natural history of neotropical rain forest*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 161-182.
- Leite IRM. 2005.** *Fenologia de três espécies de Palmae e Síndromes de Polinização em um remanescente Urbano de Mata Atlântica – Recife - PE – Brasil*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.
- Lindsey AH., Bell CR. 1985.** Reproductive biology of Apiaceae. II. Cryptic specialization and floral evolution in *Thaspium* and *Zizia*. *American Journal of Botany* **72**: 231-247.
- Machado IC, Lopes AV. 2003.** Recursos florais e sistemas de polinização e sexuais em Caatinga. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC, eds. *Ecologia e conservação da Caatinga*. Recife: Ed Universitária da Universidade Federal de Pernambuco, 515-563.
- Machado IC, Lopes AV. 2004.** Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a brazilian tropical dry forest. *Annals of Botany* **94**: 365-376.
- Mattalana G, Wendt T, Araujo DSD, Scarano FR. 2005.** High abundance of dioecious plants in a tropical coastal vegetation. *American Journal of Botany* **92**: 1513-1519.
- Momose K, Yumoto T, Nagamitsu T, Kato M, Nagamasu H, Sakai S, Harrison RD, Itioka T, Hamid AA, Inoue T. 1998.** Pollination Biology in a lowland dipterocarp forest in Sarawak, Malaysia. I. Characteristics of the plant-pollinator community in a lowland dipterocarp forest. *American Journal of Botany* **85**: 1477-1501.
- Nason JD, Hamrick JL 1997.** Reproductive and genetic consequences of forest fragmentation: Two case studies of neotropical canopy trees. *Journal of Heredity* **88**: 264-276.
- Oliveira MA, Grillo AS, Tabarelli M. 2004.** Forest edge in the Brazilian Atlantic forest: drastic changes in tree species assemblages. *Oryx* **38**: 389-394.
- Oliveira PE, Gibbs P. 2000.** Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. *Flora* **195**: 311-329.
- Oliveira PE, Gibbs PE, Barbosa AA, Talavera S. 1992.** Contrasting breeding systems in two *Eriotheca* (Bombacaceae) species of the brazilian cerrados. *Plant Systematic and Evolution* **179**: 207-219.

- Oliveira PE. 1998.** Reproductive biology, evolution and taxonomy of Vochysiaceae in Central Brazil. In: S. J. Owens and P. J. Rudall, eds. *Reproductive Biology*. Royal Botanic Gardens, Kew, 381-393.
- Opler PA. 1980.** Nectar production in a tropical ecosystem. In: Bentley B, Elias T, eds. *The biology of nectaries*. New York, Columbia University Press, 30-79.
- Ormond WT, Pinheiro MCB, Lima HA, Correia MCR, Castro AC 1991.** Sexualidade das plantas da restinga de Marica, RJ. *Boletim do Museu Nacional do Rio de Janeiro* **87**: 1-24.
- Ormond WT, Pinheiro MCB, Lima AH, Correia MCR, Pimenta ML 1993.** Estudo de recompensas florais das plantas de restinga de Maricá – Itaipacu, RJ. I-Nectaríferas. *Bradea* **6**: 179-195.
- Ramirez N, Brito Y 1990.** Reproductive biology of a Tropical Palm Swamp community in the venezuelan Llanos. *American Journal of Botany* **77** (10): 1260-1271.
- Ramirez N, Seres A 1994.** Plant reproductive biology of herbaceous monocots in a venezuelan tropical cloud forest. *Plant Systematic and Evolution* **190**: 129-142.
- Ramirez N; Gil C; Hokche O, Seres A, Brito Y. 1990.** Biología floral de una comunidad arbustiva tropical en la Guayana Venezolana. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **77**: 1260-1271.
- Ramirez N 1989.** Biología de polinización en una comunidad arbustiva tropical de la alta Guyana Venezolana. *Biotropica* **21**: 319-330.
- Rathcke BJ, Jules ES. 1993.** Habitat fragmentation and plant-pollinator interactions. *Current Science* **65**: 273-277.
- Real L 1983.** *Pollination Biology*. Academic Press, Florida.
- Regal RJ 1982.** Pollination by wind and animals: Ecology and Geographic Patterns. *Annual Review of Ecology and Systematics* **13**: 497-524.
- Ribeiro JELS, hopkins MJG, Vicentitni A, Sothers CA, Costa MAS, Brito JM, Souza MAD, Martins LHP, Lohmann LG, Assunção PACL, Pereira EC, Silva CF, Mesquita M, Procópio LC (Eds.). 1999.** *Flora da Reserva Ducke - Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central*. INPA-DFID, Manaus, Amazonas, Brasil. 798pp.
- Roubik, DW. 2000.** Pollination system stability in tropical America. *Conservation Biology*

- 14: 1235-1236.
- Ruiz Zapata T, Arroyo MTK. 1978.** Plant reproductive ecology of a secondary deciduous forest in Venezuela. *Biotropica* **10**: 221-230.
- Santos MJL, Machado IC. 1998.** Biologia floral e heterostilia em *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy (Clusiaceae). *Acta Botanica Brasilica* **12**: 451-464.
- Shmida A, Dukas R 1990.** Progressive reduction in the mean body sizes of solitary bees active during the flowering season and its correlation with the sizes of bee flowers of the mint family(Lamiaceae). *Israel Journal of Botany* **39** 133-141.
- Silberbauer-Gottsberger I, Gottsberger G. 1988.** A polinização de plantas do cerrado. *Revista Brasileira de Biologia* **48**: 651-663.
- Silva AG, Guedes-Bruni RR, Lima MPM. 1997.** Sistemas sexuais e recursos florais do componente arbustivo-arbóreo em mata preservada na reserva ecológica de Macaé de Cima. In: Lima HC, Guedes-Bruni RR, orgs. *Serra de Macaé de Cima: Diversidade Florística e Conservação em Mata Atlântica*. Rio de Janeiro: Jardim Botânico, pp. 187-211.
- Sobrevilla C, Arroyo MTK. 1982.** Breeding systems in a montane tropical cloud forest in Venezuela. *Plant Systematic and Evolution* **140**: 19-37.
- Steiner KE. 1983.** Pollination of *Mabea occidentalis* (Euphorbiaceae) in Panama. *Systematic Botany* **8**: 105-117.
- Tabla VP, Bullock SH. 2002.** La polinización en la selva tropical de Chamela. In: Noguera F. A., Vega Rivera JH, García Aldrete AN, Quesada M. A. (Eds.) *Historia natural de Chamela*. Instituto de Biología, UNAM, México, 499-515.
- Teixeira LAG, Machado IC. 2000.** Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima sericea* DC (Malpighiaceae). *Acta Botanica Brasilica* **14**: 347-357.
- Turner IM. 1996.** Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* **33**:200-209.
- Veloso HP, Rangel-Filho ALR, Lima JCA. 1991.** *Classificação da Vegetação Brasileira Adaptada a um Sistema Universal*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- Waser NM, Chittka L, Price MV, Williams NM, Ollerton J. 1996.** Generalization in pollination systems and why it matters. *Ecology* **77**: 1043-1060.

Zuidema PA, Sayer JA, Dijkman W. 1996. Forest fragmentation and biodiversity: the case for intermediate-sized conservation areas. *Environmental Conservation* **23**: 290-297.

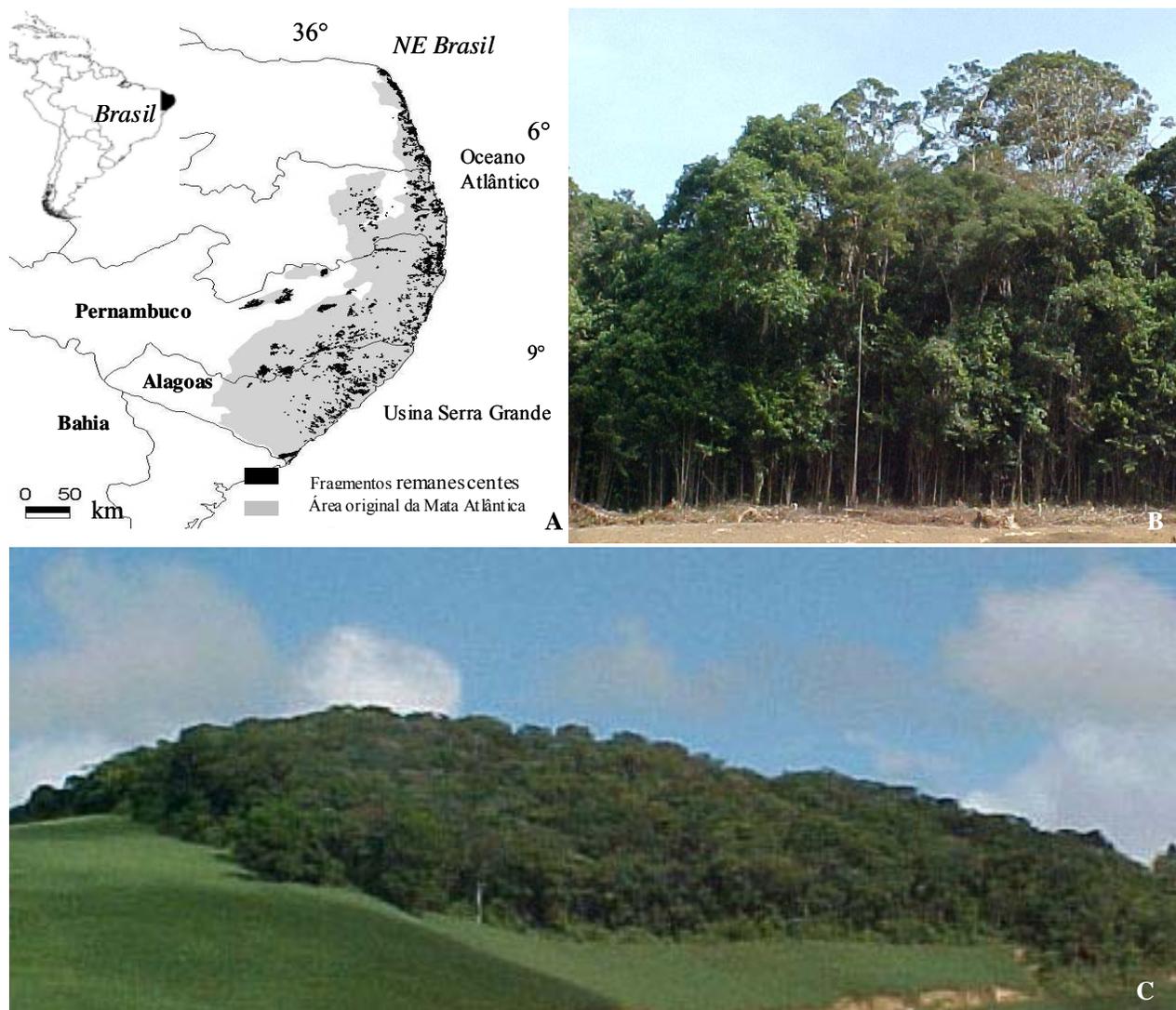


Figura 1. Mapa dos remanescentes de floresta Atlântica no nordeste brasileiro (A), com detalhe de borda em terreno plano (B) e da matriz circundante de monocultura de cana-de-
açúcar no fragmento estudado em Alagoas (C). (Mapa: Pimentel & Tabarelli 2004).

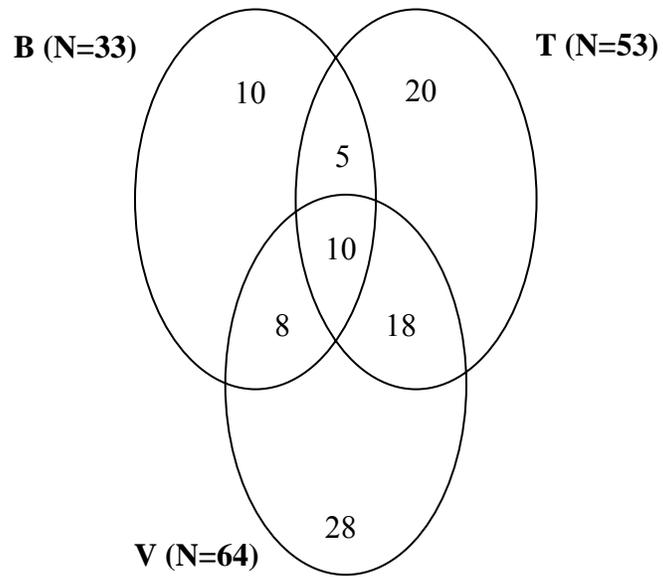


Figura 2. Número e partilha de espécies da comunidade arbórea na Borda (B), no Topo (T) e no Vale (V) do fragmento Coimbra na Usina Serra Grande, Al, Brasil.

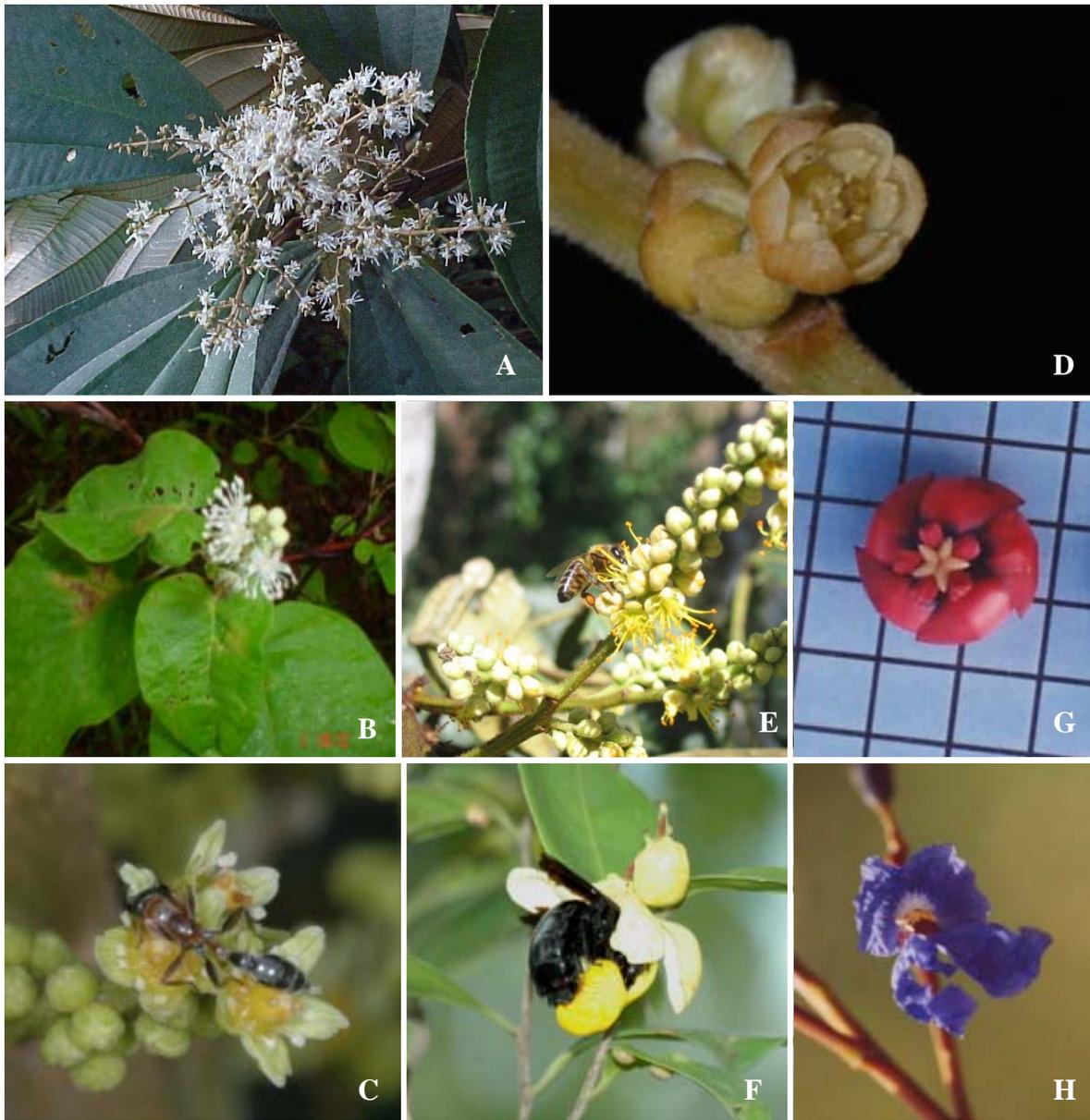


Figura 3. Diferentes síndromes de polinização no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas. Flores claras, entomófilas/d.p.i. de *Miconia hypoleuca* (Melastomataceae) (A), *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae) (C) e *Ocotea glomerata* (Lauraceae) (D). Ambofilia em *Croton floribundus* (Euphorbiaceae) (B). Flores amarelas, entomomófilas/melitófilas de *Sclerolobium densiflorum* (Caesalpiniaceae) (E) e *Eschweilera ovata* (Lecythidaceae) (F). Flor vermelha, ornitófila de *Symphonia globulifera* (Guttiferae) (G) e flor lilás, melitófila em *Bowdichia virgilioides* (Papilionaceae) (H).

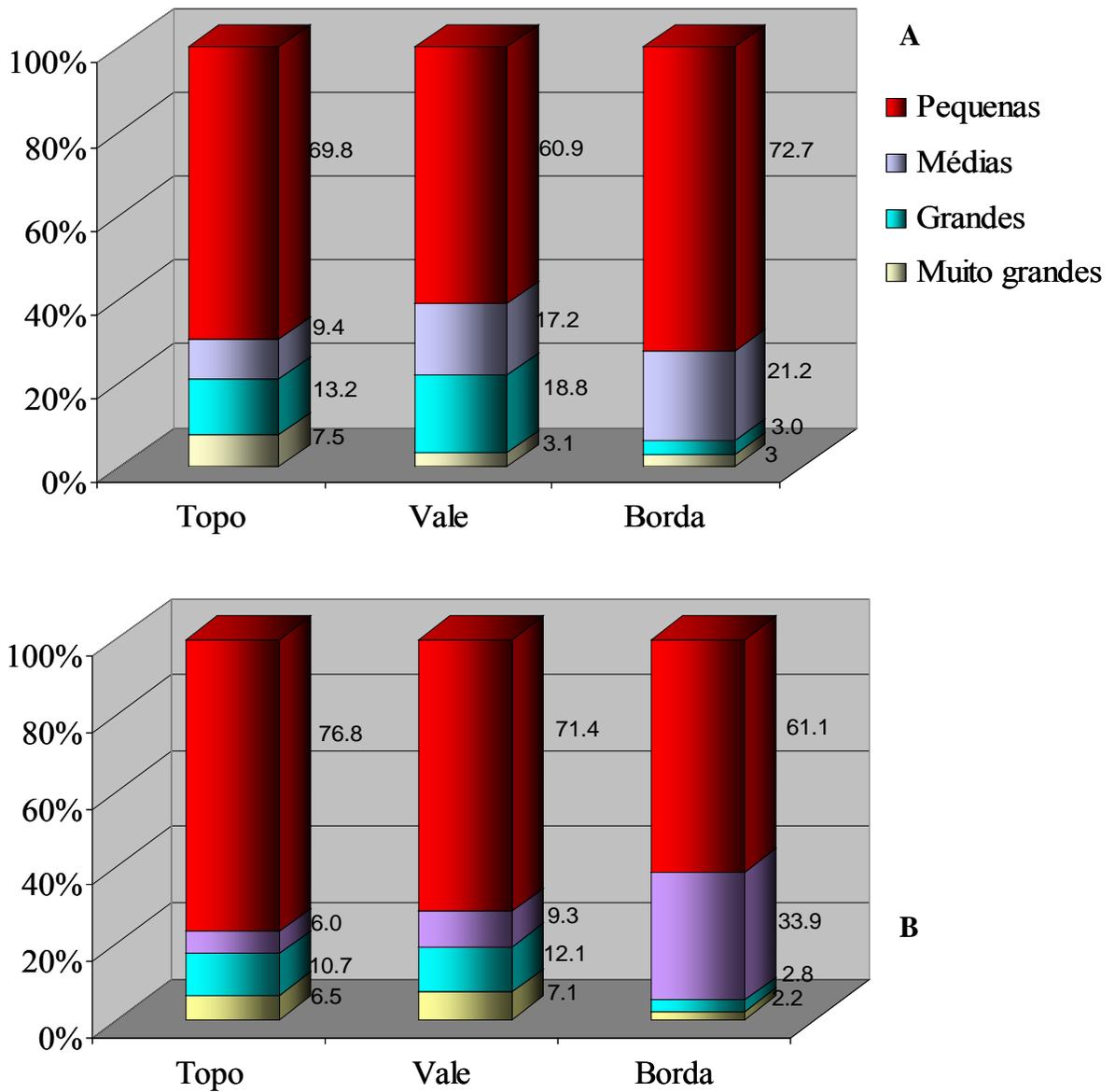


Figura 4. Frequência de tamanhos florais da comunidade arbórea estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

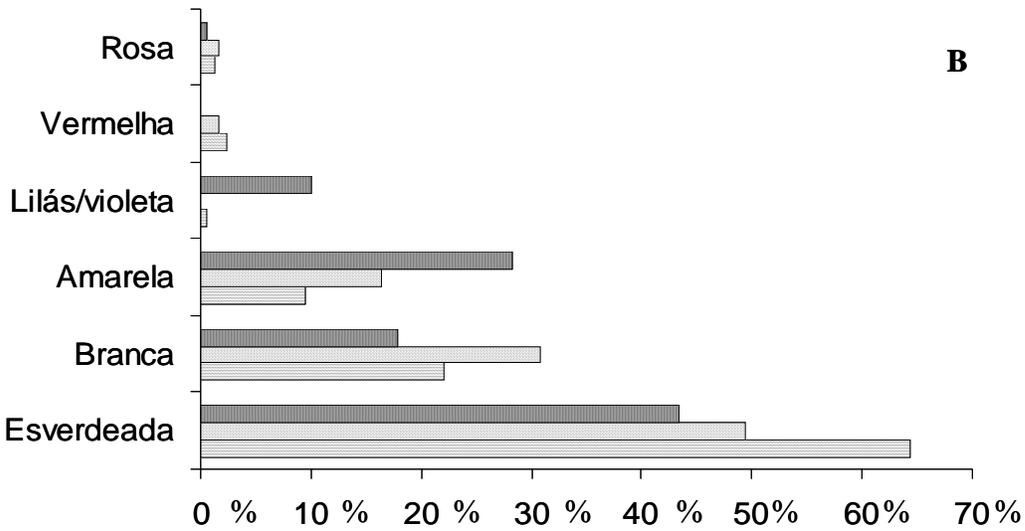
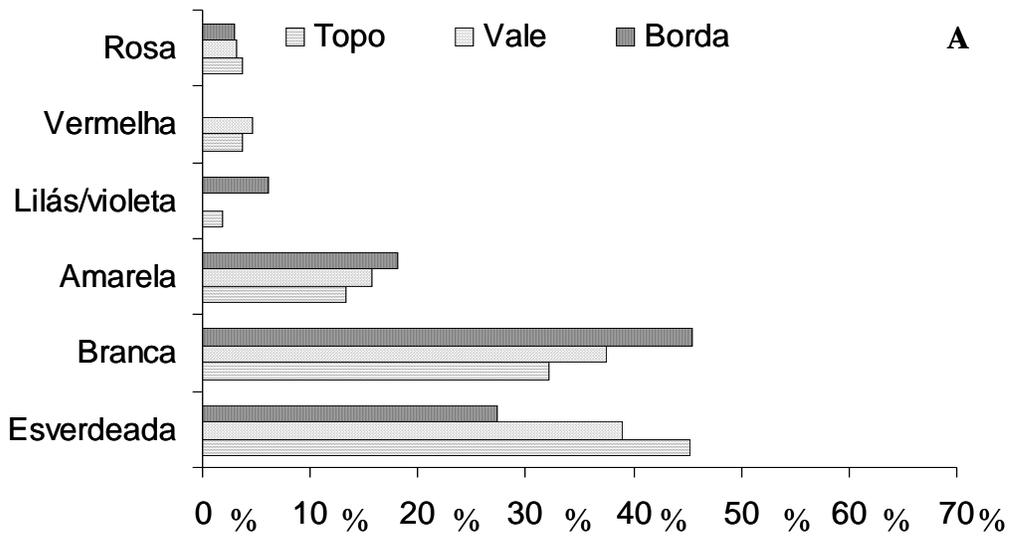


Figura 5. Frequência de cor das flores da comunidade arbórea estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

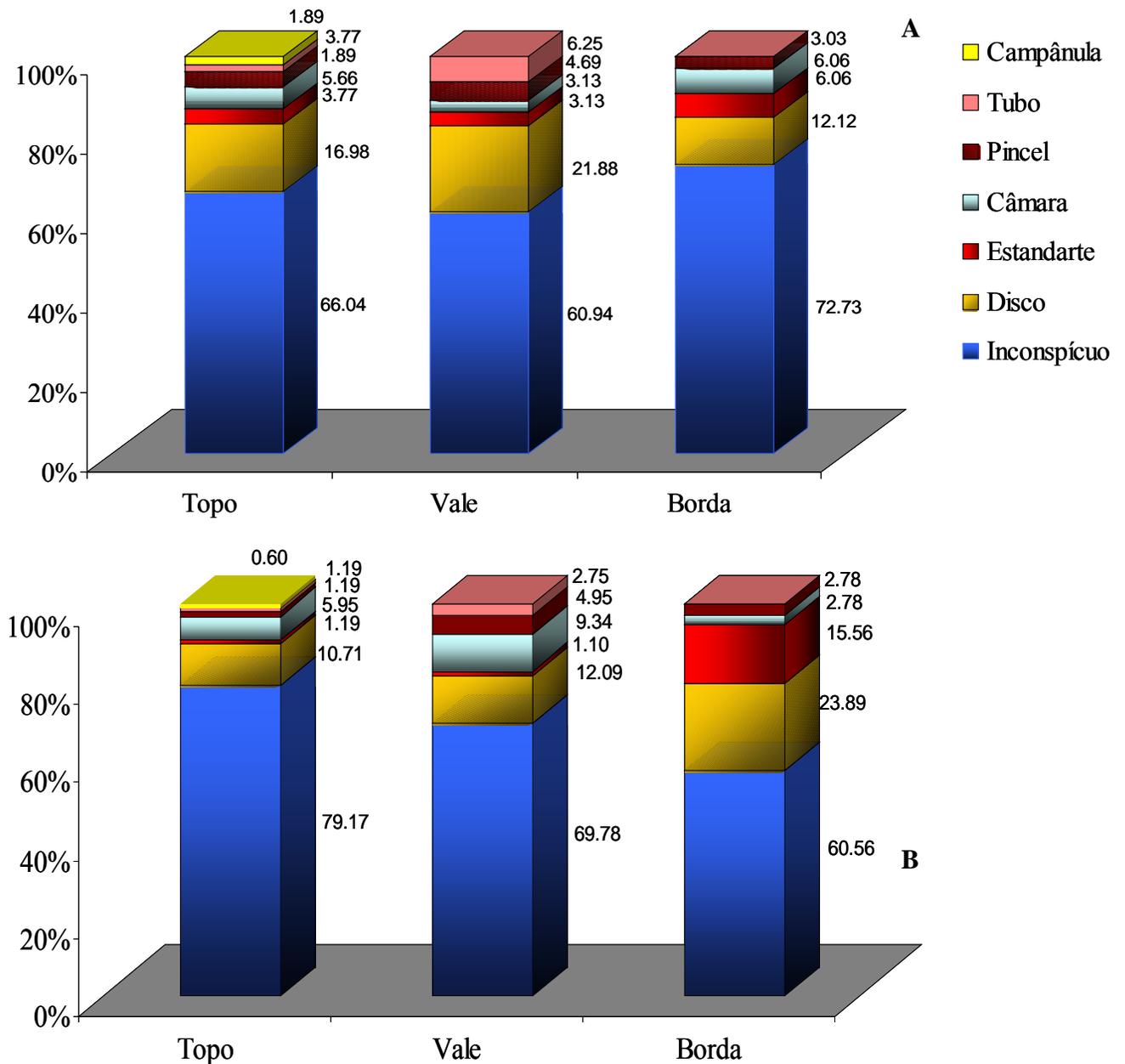


Figura 6. Frequência de tipos florais da comunidade arbórea estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

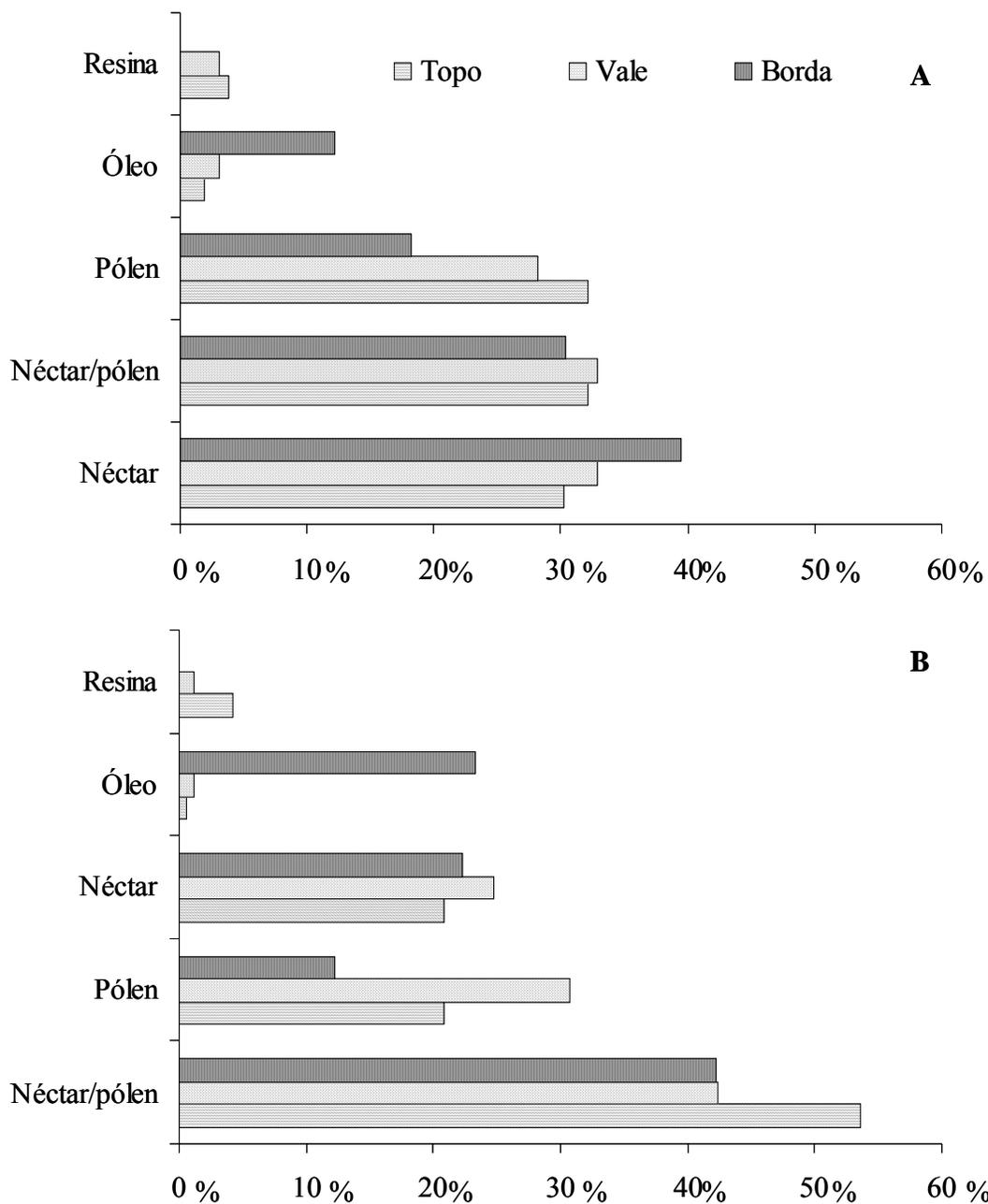


Figura 7. Frequência de recursos florais da comunidade arbórea estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

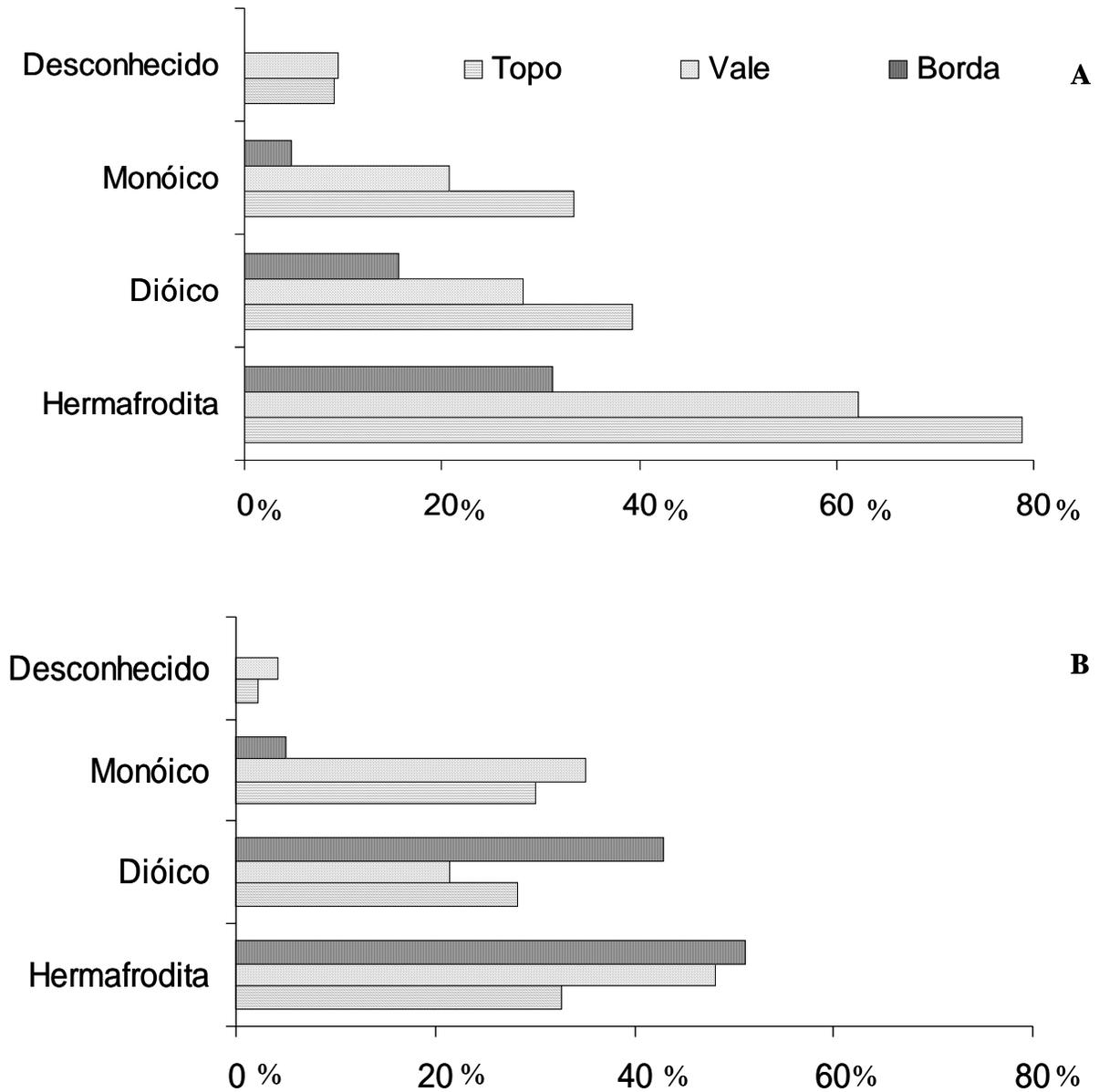


Figura 8. Frequência de sistemas sexuais da comunidade arbórea estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

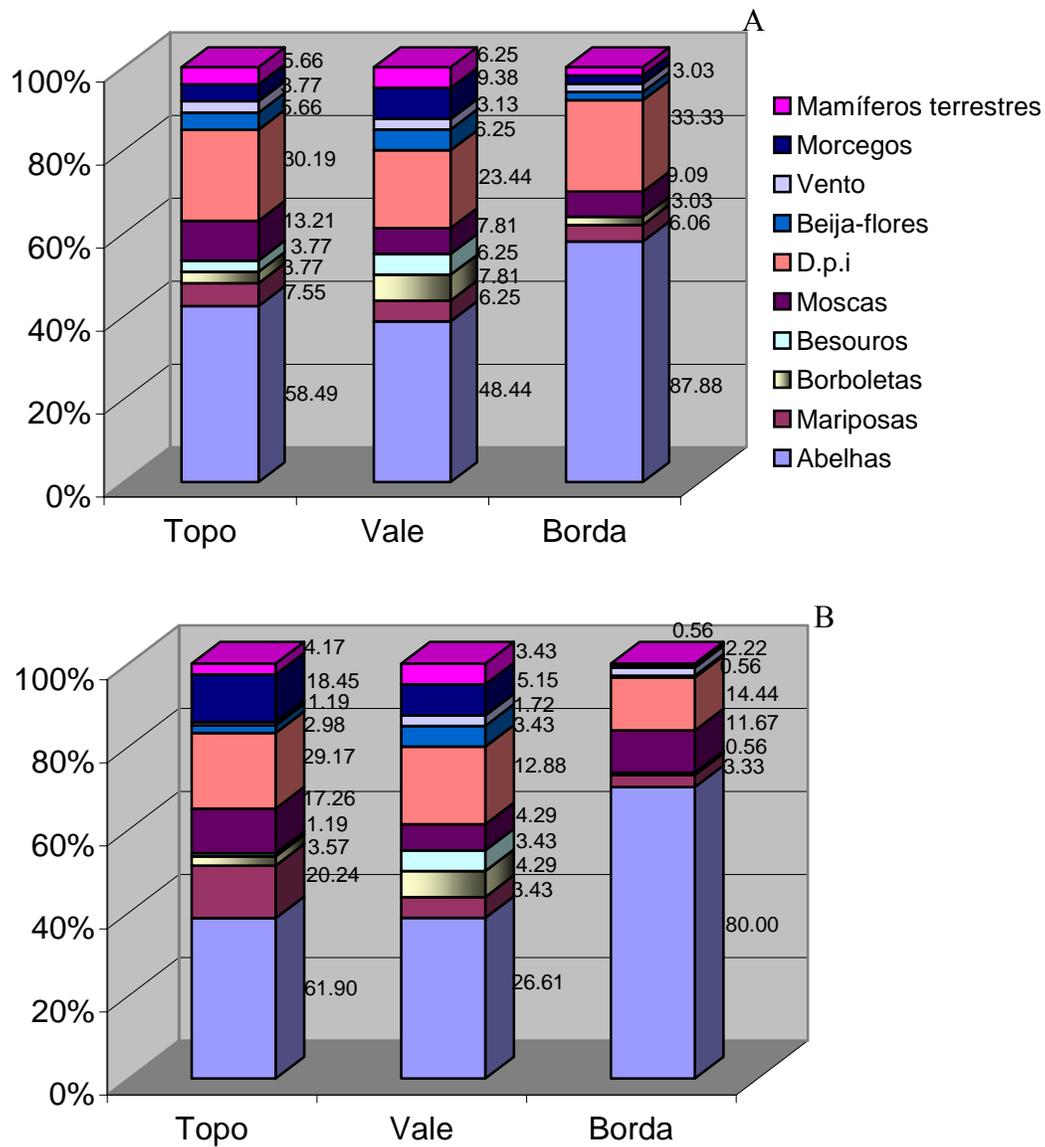


Figura 9. Frequência de guildas de polinizadores da comunidade arbórea estudada em percentual de espécies (A) e indivíduos (B) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Tabela 1. Frequência de ocorrência dos sistemas sexuais no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas e para outros estudos em distintas comunidades vegetais.

Vegetação	No. espécies	Sistema sexual (%)		
		Hermafroditas	Dióicas	Monóicas
FLORESTAS ÚMIDAS				
Floresta Atlântica, Alagoas (este trabalho)	95	83,2 ^c 66,3 ^d	40 ^c 31,2 ^d	26,3 ^c 24,7 ^d
Floresta Atlântica, Pernambuco (Leite 2005) ^a	230	85,5	3,94	9,21
Floresta Atlântica, Rio de Janeiro (Silva <i>et al.</i> 1997) ^b	199	79	13	8
Floresta de terras baixas, México (Kato 1996) ^a	41	80	13	7
Floresta de terras baixas, La Selva (Kress & Beach 1994)	-	70,2	17,4	12,4
Floresta tropical úmida, México (Ibarra-Manriquez & Oyama 1992) ^b	139	63	27	9
Floresta tropical de terras baixas (Bawa <i>et al.</i> 1985) ^b	-	65,5	23,1	11,4
Floresta tropical chuvosa, Porto Rico (Flores & Schemske 1984) ^a	2037	79	6	14
Floresta tropical pré-montana, Venezuela (Sobrevila & Arroyo 1982) ^a	36	69,45	30,55	-
Floresta tropical chuvosa, Barro Colorado, Panamá (Croat 1979) ^a	1212	76	9	11
FLORESTAS SECAS				
Cerrado (Barbosa & Sazima 2005) ^a	-	98,7	3,4	6,9
Restinga (Mattalana <i>et al.</i> 2005) ^a	43	60	35	5
Caatinga (Machado & Lopes 2004) ^a	147	83,4	2,1	9,7
Cerrado (Oliveira & Gibbs 2000) ^a	54	80	15	5
Restinga (Ormond <i>et al.</i> 1991) ^a	226	75,56	10,22	14,22
Floresta decídua, México (Bullock 1985)	708	70	13	17
Floresta decídua, Venezuela (Ruiz-Zapata & Arroyo 1978)	-	63,7	22,7	-
Floresta semidecídua, Costa Rica (Bawa & Opler 1975)	154	68	22	10

^a Aborda outros hábitos além do arbóreo

^b Trata só o hábito arbóreo

^c Percentual total (topo, vale e borda)

^d Percentuais no interior (topo e vale)

**FRUTIFICAÇÃO E SÍNDROMES DE DISPERSÃO DE ÁRVORES EM
REMANESCENTE DE FLORESTA ATLÂNTICA NORDESTINA**

MANUSCRITO 4

A ser enviado para a revista Flora

Frutificação e síndromes de dispersão de árvores em remanescente de floresta Atlântica nordestina.

Patricia Araujo de Abreu Cara¹, Isabel Cristina Machado² & Marcelo Tabarelli³

^{1,2} Laboratório de Biologia Floral e Reprodutiva/ Departamento de Botânica/ CCB, Universidade Federal de Pernambuco, 50372-970, Recife, PE, Brasil

³ Laboratório de Ecologia Vegetal/ Departamento de Botânica/ CCB, Universidade Federal de Pernambuco, 50670-901, Recife, PE, Brasil.

¹ patycara@yahoo.com.br

² imachado@ufpe.br

³ mtrelli@ufpe.br

RESUMO

O efeito de borda pode gerar a substituição de grupos ecológicos em florestas fragmentadas, onde espécies tolerantes a sombra e com grandes frutos e sementes podem ser substituídos por espécies intolerantes, com frutos e sementes pequenas, típicos de florestas secundárias. No maior remanescente de floresta Atlântica ao norte do Rio São Francisco (3.375ha), localizado em reserva particular de floresta Atlântica na Usina Serra Grande em Alagoas, foi estudada a fenologia de frutificação e as síndromes de dispersão de uma comunidade arbórea no período de Maio/2003 a Abril/2005, em ambientes de borda e interior (topo e vale). Maior proporção de indivíduos e espécies frutificando, assim como maior índice de atividade de Fournier foram observados nas bordas. Frutos carnosos zoocóricos foram produzidos durante todo o período de estudo, com picos na estação chuvosa, sendo os frutos carnosos indeiscentes e a zoocoria, predominantes tanto na borda como no vale. No topo houve predomínio de autocoria e de frutos secos deiscentes. Houve diferença significativa para a frequência de indivíduos produzindo frutos zoocóricos entre os ambientes. Neste estudo drupa foi o tipo de fruto mais freqüente nos três ambientes, predominando frutos e sementes pequenas na borda, enquanto no interior predominaram os frutos e sementes grandes. A predominância de frutos e sementes pequenas, com maior índice de atividade e intensidade de frutificação na borda, pode estar demonstrando que o efeito de borda, neste ambiente, está acarretando nas bordas a substituição de espécies de frutos com grandes sementes, dispersas por grandes vertebrados. Além disso, fatores microclimáticos e a maior frequência de espécies zoocóricas, pioneiras e de dossel na borda devem explicar a maior atividade fenológica das espécies e indivíduos nestes ambientes.

Palavras-chave: Borda; Fenologia de frutificação; Floresta Atlântica nordestina; Interior; Zoocoria

ABSTRACT

The edge effect can cause substitution of ecological groups in fragmented forests, where shade tolerant species, with large fruits and seeds can be replaced by shade intolerant species with small fruits and seeds, typical of secondary forests. In the largest northeast Brazilian Atlantic Rainforest fragment north of the São Francisco River, localized in the private refuge Usina Serra Grande in the Alagoas State, the fruiting phenology and the dispersal syndromes of a tree community were studied from May/2003 to April/2005 in the edge and interior (top and valley) environment.- At the edge, a higher proportion of fruiting individuals and species was observed, as like as a higher Fournier activity index. Fleshy fruits were produced during the entire study period with peaks in the rainy season, being fleshy fruits and the zoochory the predominating dispersal syndrome at the edge and in the valley. At the top, dry dehiscent fruits predominated. The frequency of individuals producing zoochoric fruits differed significantly between the habitats. In this study, drupes were the most frequent fruit type in all environments, being small seeds and fruits predominant at the edge, whereas large fruits and seeds predominated in the interior. The dominance of small fruits and seeds together with the higher fruiting activity and intensity index at the edge demonstrates that the edge effect in this environment implicates the substitution of large-seeded species dispersed by large vertebrates. Furthermore, microclimatic factors and the higher frequency of pioneer, canopy-forming and zoochoric species at the forest edge should explicate the higher phenological activity of the species and individuals in this environment.

Key words: Edge, fruiting phenology, northeast Brazilian Atlantic Rainforest, Interior, Zoochory

Introdução

Florestas tropicais apresentam plantas com variados padrões na fenologia reprodutiva. Para muitas espécies, o período de floração ou de frutificação pode variar sazonalmente (Heideman 1989; Morellato *et al.* 1989, 2000; van Schaik *et al.* 1993; Foster 1996; Adler & Kielpinski 2000; Galetti *et al.* 2000), assim como dentro das e entre populações (De Steven *et al.* 1987; Smith & Bronstein 1996). Esta variabilidade sazonal nas fenofases reprodutivas é influenciada por fatores próximos, como a precipitação, o estress hídrico e a irradiação (e.g. Opler *et al.* 1980; Borchert 1980; Reich & Borchert 1982; Wright & Van Schaik 1994), ou por fatores finais como a abundância de dispersores (Smythe 1970; Wheelwright 1985) e de predadores de sementes (Augsburger 1981).

Um alto número de espécies em florestas tropicais apresentam seus frutos dispersos por animais, principalmente vertebrados (Gentry 1983; Howe & Smallwood 1982; Morellato & Letão-Filho 1991; Galetti *et al.* 2004). A biomassa destes vertebrados frugívoros nestes ambientes pode chegar a 80% da comunidade (Terborgh 1986; Janson & Emmons 1990; Gautier-Hion *et al.* 1985). Portanto, entender como os animais afetam as populações vegetais, e como a distribuição do recurso alimentar para frugívoros afeta a abundância destes animais, é importante para a aplicação de planos de manejo e restauração de ambientes degradados (Galetti *et al.* 2004).

Características dos frutos como cor (Gautier-Hion *et al.* 1985), tamanho e número de sementes (Levey 1987a; Lord *et al.* 1997), conteúdo nutricional (Herrera 1982; Levey 1987b; Galetti *et al.* 2000), e a fenologia de frutificação (Herrera 1981; Adler & Kielpinski 2000) podem influenciar a seleção das espécies vegetais pelos vertebrados. Muitas espécies de floresta primária possuem grandes sementes, dispersas por mamíferos e aves de grande porte, os quais atuam na regeneração florestal, transportando sementes das florestas primárias para os ambientes degradados (Duncan & Chapman 1998; Guariguata & Pinard 1998; Fuentes 2000; Galetti *et al.* 2000; Clark *et al.* 2001; Tabarelli & Peres 2002; Melo 2004).

A fragmentação florestal causada pela ação humana acarreta alterações na composição de espécies, principalmente próximo às bordas (Murcia 1995) e a regeneração destas áreas fragmentadas vai depender da manutenção de processos ecológicos

importantes como a polinização e a dispersão de sementes (Didham *et al.* 1996). A dispersão (também através da chuva de sementes) representa para as populações vegetais o último estágio reprodutivo da planta e o primeiro estágio no recrutamento de novos indivíduos (Galetti *et al.* 2004). Muitos eventos pós-dispersão podem influenciar a sobrevivência das sementes dispersas (Chapman *et al.* 2003), uma vez que estas devem encontrar sítios seguros para seu estabelecimento (Uhl *et al.* 1981; Uhl 1987).

Estudos dos padrões de dispersão em nível de comunidades em sua maioria abordam alguns grupos de dispersores como aves, morcegos e macacos (Howe 1990; Charles-Dominique 1991; Da Silva *et al.* 1996; Duncan & Chapman 1999; Clark *et al.* 2001). Outros estudos discutem aspectos ecológicos das espécies envolvidas na dispersão, apresentando listas da dieta dos animais frugívoros (Gautier-Hion *et al.* 1985; Galetti *et al.* 2000). Desta forma, estes estudos relatam os padrões de disseminação de sementes, com base nas preferências alimentares dos frugívoros, não enfocando o padrão reprodutivo da comunidade vegetal.

A fim de conhecer a disponibilidade de recursos para animais frugívoros, foram estudados os padrões temporais e espaciais de frutificação de espécies arbóreas da floresta Atlântica nordestina. Para isto comparou-se a fenologia de frutificação, as síndromes de dispersão e as características dos frutos que possam ser atrativos para animais dispersores de uma comunidade arbórea em remanescente de floresta Atlântica, em ambiente de borda e interior de mata.

As hipóteses testadas foram: i) a oferta de frutos carnosos zoocóricos ocorre preferencialmente no início da estação chuvosa, favorecendo o estabelecimento das sementes dispersas e a germinação e o estabelecimento das plântulas; i.1) existem interações entre as variáveis ambientais (local e estação) com a variável ecológica (consistência do pericarpo) que expliquem as diferentes frequência de espécies e indivíduos de árvores com frutos secos ou carnosos nos diferentes locais e estações; ii) nas bordas da floresta há poucas espécies arbóreas com grandes sementes zoocóricas, típicas de floresta madura, que seriam encontradas no interior; iii) frutos pequenos, com sementes pequenas a médias são encontrados nas bordas, uma vez que espécies pioneiras, zoocóricas e de ciclo de vida rápido se destacam nestes ambientes.

Métodos

Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido em área de reserva particular da Usina Serra Grande (USGA), no estado de Alagoas, NE do Brasil, com cerca de 9000ha de matas primárias. O fragmento estudado possui 3.375 ha (Fragmento Coimbra) (9° 0' S, 35° 52' W) (Fig. 1) e é o maior remanescente de floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco, importante centro de biodiversidade e endemismos, denominado Centro de Endemismo Pernambuco (Silva & Casteleti 2003). O solo é do tipo podzólico e latossolo, e o relevo local é montanhoso, com vales rasos e largos (IBGE 1985). O clima é de tipo AS' (Köppen 1931), tropical quente-úmido apresentando sazonalidade climática, com uma estação seca de outubro a fevereiro e uma estação chuvosa de abril a setembro (Fig. 2). A precipitação média anual é de 2000mm e a temperatura média anual varia entre 22 e 24° C (IBGE 1985). Durante o período de estudo (maio/2003 a abril/2005) as precipitações mensais foram mais elevadas em relação à média dos 79 anos, com uma pronunciada estação seca entre outubro/2004 a janeiro/2005 (Fig. 2). A vegetação é classificada como floresta ombrófila aberta baixo-montana, com 250-600m de altitude (Velooso *et al.* 1991), cuja matriz circundante é formada por plantação de cana-de-açúcar. As espécies dominantes pertencem às famílias Leguminosae (*sensu lato*), Euphorbiaceae, Sapotaceae, Apocynaceae, Moraceae, Lecythydaceae e Chrysobalanaceae (Oliveira *et al.* 2004).

Aspectos geomorfológicos, topográficos e florísticos do fragmento

O desenho experimental foi o mesmo utilizado por Oliveira *et al.* (2004) e Grillo (2005) na mesma área, baseados em características da geomorfologia e topografia do terreno, conforme já considerado em outros trabalhos de mesmo cunho científico (*e.g.* Sri-Ngernyung *et al.* 2003). Com base nestas diferenças, as parcelas foram plotadas em habitats de a) fundo de vale- margeando cursos de água, em terrenos mais planos e baixos da floresta; b) topo de morro- localizadas nos pontos mais altos dos morros, entre as áreas

de vale e c) borda de floresta- localizadas nos ambientes de transição da matriz de cana-de-açúcar e o interior do fragmento florestal.

Os ambientes de topo e vale representam o interior do fragmento estudado, mas diferem em relação à riqueza de espécies arbóreas por unidade de área, ao percentual de espécies nos diferentes estágios sucessionais e estratos ocupados, tratados aqui como grupos ecológicos. Bordas florestais e topo de mata apresentam maior similaridade florística em comparação com borda e vale, ou topo e vale (Oliveira *et al.* 2004). O habitat de topo também apresenta maior riqueza de espécies por área (Grillo 2005).

Os grupos ecológicos

As espécies arbóreas constituintes da comunidade estudada também foram categorizadas em grupos ecológicos com base em Oliveira *et al.* (2004) e Grillo (2005). Para isto os autores consideraram: i) o estágio sucessional ou nicho de regeneração em a) espécies tolerantes à sombra, cuja regeneração está associada a habitats sombreados da floresta madura; e b) espécies intolerantes à sombra (*i.e.* pioneiras) cuja presença está associada a locais perturbados e de maior insolação (de acordo com Tabarelli *et al.* 1999) e ii) o estrato ocupado pelas espécies arbóreas na floresta, com: a) espécies do subosque, presentes no estrato mais sombreado e inferior da floresta madura, abaixo do dossel; b) espécies do dossel, formando o estrato mais contínuo (cujas copas se tocam lateralmente) e intermediário da floresta madura; e c) espécies emergentes, que são aquelas cujas copas encontram-se totalmente expostas acima do dossel (segundo Oliveira *et al.* 2004).

Observações fenológicas e das síndromes de dispersão

Foram observados mensalmente de maio/2003 a abril/2005 com auxílio de binóculo (Pentax 08x40) e através de coletas com podão e ajuda de mateiro, 600 indivíduos arbóreos (DAP>10cm) em 12 parcelas (100X10m=0,1ha) nos ambientes de borda, topo e vale, sendo 4 parcelas com 50 indivíduos marcados em cada ambiente no fragmento estudado. As parcelas foram dispostas de maneira aleatória percorrendo os 40km de perímetro do fragmento analisado, de acordo com o desenho feito em trabalho de levantamento florístico e fitossociológico realizado anteriormente no mesmo local por Oliveira *et al.* (2004): parcelas na borda eram plotadas perpendicular à margem do fragmento, até 100m no interior deste, enquanto no interior foram plotadas a partir de 200m da margem do fragmento. Este desenho amostral leva em consideração, segundo Laurance *et al.* (1998), que o efeito de borda penetra ao menos 100m no fragmento. Todas as parcelas amostradas localizavam-se em área com certa variação topográfica, portanto bem preservado, onde não houve corte seletivo de madeira (A. Grillo, *obs pessoal*).

Para cada indivíduo observado eram registrados a atividade da fenofase (presença ou ausência de frutificação) e a intensidade com que ocorria o evento (índice de intensidade, segundo Fournier 1974). Para o índice de intensidade de Fournier, eram considerados intervalos de 1-4, com 25% de intensidade para cada categoria registrada, permitindo desta forma o registro semi-quantitativo do evento de frutificação. Uma vez que a visualização total das copas em alguns indivíduos de estratos mais altos era muito difícil principalmente no interior da floresta, foi considerado em conjunto o valor de frutos imaturos e maduros para maior precisão na análise dos dados.

Para auxiliar na determinação do padrão de queda de frutos para a comunidade estudada, foram montados coletores de 1m² (mínimo de dez e máximo de quatorze) em sete das parcelas avaliadas no interior do fragmento estudado. Os coletores foram confeccionados com tela e colocados estrategicamente debaixo das copas de algumas espécies de mais difícil visualização, ao longo do caminho percorrido entre as parcelas. Também foram coletados frutos caídos ao longo das parcelas e estes ou eram fixados em álcool 70% ou secos em sacos de papel na estufa para posterior identificação.

As síndromes de dispersão, os tipos de frutos e as suas cores foram determinadas de acordo com observações diretas no campo e com base em literatura especializada (Pijl 1982; Roosmalen 1985; Lorenzi 1998; Barroso *et al.* 1999; Silva & Tabarelli 2000; Oliveira *et al.* 2004). Os frutos foram classificados ainda quanto à consistência do pericarpo em secos (pericarpo não suculento) e carnosos (pericarpo espesso e suculento) e quanto à deiscência em deiscentes (que se abrem quando maduros) e indeiscentes (que não se abrem), utilizando para isso Vidal & Vidal (1995).

Para determinação dos tamanhos de frutos e sementes foi seguido o trabalho de Dew & Wright (1998), que propõem as categorias de frutos pequenos (≤ 10 mm de diâmetro) e grandes (> 10 mm de diâmetro) e para tamanho de sementes considerou como pequenas, aquelas com até 5mm de comprimento, como médias as que apresentavam entre 5 e 10mm de comprimento e grandes, as maiores de 10mm de comprimento.

Os frutos foram classificados baseados nos critérios morfológicos, em três grupos de dispersão, segundo Pijl (1982), sendo eles: i) anemocóricos, cujos diásporos estão adaptados à dispersão pelo vento; ii) zoocóricos, quando os diásporos são adaptados a serem dispersos por animais, e, iii) autocóricos, quando os diásporos não apresentam adaptações para dispersão pelos vetores anteriormente citados, enquadrando-se aqui espécies cuja dispersão pode ser através da gravidade (barocóricas) ou de forma explosiva.

Análises estatísticas

A fim de verificar se existe diferença no período de frutificação das espécies zoocóricas, autocóricas e anemocóricas entre as estações seca e chuvosa, foi testado o coeficiente de correlação de Spearman para o número de indivíduos e espécies em cada síndrome de dispersão, entre as diferentes estações nos ambientes de borda, topo e vale. Para esta análise foram consideradas a precipitação do mês da observação, de um mês anterior à observação e de dois meses antes da observação (Sokal & Rohlf 1996).

Uma segunda análise foi feita para comparar se existe diferença entre as curvas de distribuição de frequência das diferentes síndromes de dispersão entre os ambientes de borda, topo e vale de mata, utilizando teste de Kolmogorov-Smirnov (Sokal & Rohlf 1996). Estas duas análises foram feitas com o programa BioStat 2.0.

Em uma terceira análise foram consideradas as categorias abióticas - estações (seca e chuvosa) e localidade (borda, topo e vale) e biótica – consistência do pericarpo (caroso e seco) em uma análise multivariada. Esta última análise teve como objetivo verificar se a interação entre estes fatores abióticos e biótico, ocorrendo simultaneamente, explicam a frequência de espécies e indivíduos apresentando frutos com diferentes consistências de pericarpos, e, portanto, diferentes tipos de dispersores no presente estudo. Esta análise foi feita através da criação de um conjunto de modelos log-lineares que partem de um modelo complexo (modelo saturado), que através de exclusões sucessivas dos termos não significativos, alcança um modelo mais parcimonioso (Sokal & Rohlf 1996). Este modelo testou as hipóteses de que: 1) a distribuição de espécies e indivíduos no fragmento Coimbra não é mutuamente independente dos locais, das estações climáticas e da consistência do pericarpo (existe interação de terceira ordem entre as variáveis) e 2) existem interações de segunda ordem entre as variáveis analisadas. O nível de significância assumido foi de 5% ($\alpha=0,05$) e foram feitas correções de Bonferroni na seleção do melhor modelo (veja Sokal & Rohlf 1996). O programa utilizado para esta análise foi o Systat 8.0 (Wilkinson, 1998).

Resultados

Os tipos de frutos, as síndromes de dispersão e os números de indivíduos das espécies da comunidade arbórea estudada no maior fragmento de floresta Atlântica nordestina, localizado em Alagoas, são apresentados na Tabela 1. Foram estudadas 93 espécies de árvores, distribuídas em 40 famílias e 74 gêneros, com 200 indivíduos em cada um dos três ambientes, totalizando 600 indivíduos.

A zoocoria foi a síndrome de dispersão predominante nos três ambientes estudados (borda, topo e vale), assim como nos três estratos arbóreos considerados (dossel, emergente e subbosque) (Tabela 2).

Na borda, a zoocoria correspondeu a 48,5% das espécies de dossel (64,5% dos indivíduos), 27,3% das espécies de subbosque (14,5% dos indivíduos) e 9,1% das espécies emergentes (3,5% dos indivíduos). A anemocoria foi registrada para 6,1% das espécies de dossel (8,5% dos indivíduos) e 3% das espécies (0,5% dos indivíduos) de subbosque, não

tendo sido registrada para o estrato emergente. Autocoria ocorreu em 3% das espécies de dossel e emergente, correspondendo a 1% e 2% dos indivíduos de cada estrato respectivamente (Tabelas 1 e 2).

No topo, a zoocoria também foi a síndrome predominante em 30,4% das espécies (44% dos indivíduos) de dossel, seguido de 16,1% das espécies (10% dos indivíduos) emergentes e 12,5% das espécies (4,5% dos indivíduos) de subbosque. Neste ambiente, autocoria foi maior que anemocoria registrada para o estrato emergente, enquanto para os demais estratos a anemocoria foi a segunda síndrome mais freqüente, conforme Tabelas 1 e 2.

Dispersão zoocórica também predominou no vale, em 29,8% das espécies (37% dos indivíduos) no estrato dossel, seguido por 17,5% de espécies (13 % dos indivíduos) emergentes e 14% das espécies (9% dos indivíduos) no subbosque. Semelhante ao ambiente de topo, no vale a segunda síndrome predominante foi a autocoria no subbosque, enquanto não foram registradas espécies autocóricas no estrato emergente (veja Tabelas 1 e 2).

Fenologia de frutificação vs. síndromes de dispersão

Zoocoria

A produção de frutos zoocóricos foi praticamente constante ao longo do período observado, com os maiores percentuais de espécies produzindo frutos zoocóricos no período de início da estação chuvosa do ano de 2004 nos ambientes de borda e vale (Fig. 3 A e C), e no final da estação seca de 2004, no topo (Fig. 3 B).

Produção constante de frutos zoocóricos e maior percentual de indivíduos com síndrome de dispersão zoocórica também foi registrado para os três ambientes, cujos maiores picos foram encontrados na estação chuvosa de 2004 e antes da chuvosa de 2005, para a borda (Fig. 4 A) e para o vale (Fig. 4 C). No topo, o pico de produção de frutos zoocóricos ocorreu na estação chuvosa de 2005 (Fig. 4 B).

No topo houve correlação significativa e negativa para o número de indivíduos e espécies produzindo frutos zoocóricos e a pluviosidade do mesmo mês observado $r_s = -0,55$

($p < 0,01$) e $r_s = -0,54$ ($p < 0,01$), respectivamente. O número de indivíduos e espécies no topo produzindo frutos zoocóricos também foram significativos e negativamente correlacionados com as chuvas do mês anterior à observação, com $r_s = -0,76$ ($p < 0,0001$) e $r_s = -0,77$ ($p < 0,0001$), respectivamente. Além disso houve correlação negativa significativa para o número de indivíduos e espécies no topo com frutos zoocóricos com a precipitação de dois meses anteriores à observação, com $r_s = -0,6$ ($p < 0,01$) e $r_s = -0,57$ ($p < 0,01$), respectivamente.

O teste de Kolmogorov-Smirnov mostrou que houve diferença significativa na frequência de indivíduos produzindo frutos zoocóricos entre os ambientes de borda e topo ($X^2 = 7,7$; $p = 0,02$; $gl = 2$), entre borda e vale ($X^2 = 14,06$; $p < 0,01$; $gl = 2$) e entre topo e vale ($X^2 = 11,2$; $p < 0,01$; $gl = 2$).

O índice de intensidade de Fournier foi maior para a síndrome de dispersão zoocórica, cujos maiores valores foram observados na borda (Fig. 5 A). No topo, a maior intensidade de frutos zoocóricos foi registrada no final da estação seca de 2004 (Fig. 5 B), enquanto no vale o pico ocorreu no final da seca de 2003 (Fig. 5 C).

Novamente o teste de Kolmogorov-Smirnov demonstrou que a intensidade de frutos zoocóricos produzidos diferiu entre os ambientes de borda e topo ($X^2 = 25,5$; $p < 0,01$; $gl = 2$), borda e vale ($X^2 = 36,4$; $p < 0,01$; $gl = 2$) e entre topo e vale ($X^2 = 36,6$; $p < 0,01$; $gl = 2$).

Autocoria

O maior percentual de espécies autocóricas foi registrado no topo, no início da estação chuvosa do ano de 2004, nos meses de junho e julho (Fig. 3 B). Na borda, espécies autocóricas frutificaram na seca do ano de 2003, em novembro-dezembro e antecedendo a estação chuvosa do ano de 2005, em março (Fig. 3 A). Já no ambiente de vale foram registradas espécies autocóricas frutificando por períodos mais longos, com pico na estação seca de 2004 (outubro e dezembro) a 2005 (novembro-janeiro) (Fig. 3 C).

Com relação ao percentual de indivíduos, os períodos de frutificação foram os mesmos que os registrados para o percentual de espécies, porém com valores inferiores na borda (Fig. 4 A), no topo (Fig. 4 B) e no vale (Fig. 4 C).

O percentual de intensidade de Fournier apresentou padrão de distribuição de picos semelhantes aos dos períodos do maior percentual de espécies e indivíduos com frutos

autocóricos na borda (Fig. 5 A) e no vale (Fig. 5 C). No entanto os picos de intensidade de Fournier no topo diferiram nos primeiros meses observados (Fig. 5 B).

Na borda houve correlação significativa negativa do número de indivíduos e espécies com a precipitação do mesmo mês da observação, com $r_s = -0,39$ ($p = 0,05$) e $r_s = -0,54$ ($p < 0,01$), respectivamente.

As análises estatísticas mostraram que houve diferença significativa na intensidade de Fournier para frutos autocóricos entre os ambientes de borda e topo ($X^2 = 11,3$; $p < 0,01$; $gl = 2$) e entre borda e vale ($X^2 = 9,8$; $p < 0,01$; $gl = 2$).

Anemocoria

O período de maior percentual de espécies anemocóricas frutificando foi registrado na borda durante o período seco em 2003 e início da chuvosa de 2004, este último foi longo, com 3% das espécies apresentando frutos dispersos pelo vento entre os meses de outubro de 2003 a maio de 2004 (Fig. 3 A).

No topo, a frutificação das espécies dispersas pelo vento estendeu-se de junho a novembro de 2003. Nesse ambiente a síndrome de anemocoria ocorreu em forma de pulsos ao longo do período de estudo (Fig. 3 B).

O padrão de frutificação das espécies anemocóricas em ambiente de vale foi semelhante ao topo, para o primeiro ano de estudo, ocorrendo em pulsos, mas com início em julho de 2004 (Fig. 3 C).

Já a produção de frutos dispersos pelo vento na borda em percentual de indivíduos apresentou picos com valores inferiores e mais curtos (Fig. 4 A), assim como para o topo (Fig. 4 B). No vale, o padrão de frutificação de indivíduos anemocóricos foi muito semelhante ao padrão das espécies, com os maiores percentuais de indivíduos frutificando nos mesmos períodos e de forma semelhante ao das espécies (Fig. 4 C).

Os períodos de picos no índice de intensidade de Fournier para os frutos anemocóricos foi semelhante ao pico de atividade das espécies e dos indivíduos na borda (Fig. 5 A) e no vale (Fig. 5 C). No topo, os períodos de maior intensidade foram mais breves que os picos na atividade dos indivíduos e das espécies (Fig. 5 B).

Foi observada correlação positiva significativa entre o número de indivíduos com frutos anemocóricos no topo e a pluviosidade de dois meses anteriores à observação, com $r_s=0,39$ ($p=0,05$).

Houve diferença significativa para a intensidade de Fournier para frutos anemocóricos entre os ambientes de borda e topo ($X^2=11,9$; $p<0,01$; $gl=2$) e borda e vale ($X^2=13,4$; $p<0,01$; $gl=2$).

Fenologia de frutificação vs. tipos de frutos

Fruto tipo drupa foi o mais freqüente registrado nesse estudo, com maior percentual de espécies na borda (45,45%), seguido do vale (38,59%), enquanto no topo o percentual de espécies com frutos do tipo drupa e cápsula foi igual (30,35%) (Fig. 6 A). Da mesma forma, maior percentual de indivíduos foi registrado apresentando frutos do tipo drupa, com 63,5% dos indivíduos na borda e 37% dos indivíduos no topo. Porém no vale o maior percentual de indivíduos apresentou frutos do tipo cápsula (36,5%) (Fig. 6 B). Cápsula foi o segundo tipo de fruto mais freqüente em percentual de indivíduos e espécies registradas neste estudo, seguido de baga e legume (Fig. 6 A e B).

A atividade fenológica das espécies da comunidade arbórea estudada, na borda e no interior do fragmento permitem verificar que algumas espécies frutificaram ao longo de todo o estudo, como *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith (Leguminosae), *Helicostylis tomentosa* (Poepp. & Endl.) Rusby (Moraceae), *Byrsonima sericea* A.DC. e *Byrsonima stipulacea* Juss. (Malpighiaceae) (Figs. 7 e 8), todas zoocóricas, com frutos carnosos indeiscentes. Espécies como *Byrsonima sericea* A.DC. e *Byrsonima stipulacea* Juss. (Malpighiaceae), apresentaram sobreposição em seus períodos de frutificação (Fig. 7).

Por outro lado, algumas espécies comuns ao ambiente de borda e interior diferiram em seus períodos de frutificação em cada ambiente (note espécies comuns a ambos ambientes em negrito), como *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers (Lecythidaceae), que frutificou na borda apenas no final do estudo (Fig. 8), enquanto no interior apresentou frutos nos três anos de estudo (Fig. 8). *Croton floribundus* Spreng. (Euphorbiaceae) é um exemplo de espécie que apresentou frutos anemocóricos (secos e deiscentes) preferencialmente nas estações secas nos anos de 2003 e 2005 na borda (Fig. 7), enquanto

no interior, embora tenha frutificado em junho de 2003, no período chuvoso, frutificou no período seco nos anos de 2004 e 2005 (Fig. 8)

Quanto à consistência do pericarpo, maior número de espécies apresentou frutos carnosos indeiscentes nos três ambientes. Na borda e no topo também houve predomínio de indivíduos com frutos carnosos indeiscentes, enquanto no topo, maior número de indivíduos foi registrado apresentando fruto seco deiscente (veja Tabela 1).

Tamanho de frutos, cor, síndromes de dispersão e estratificação da comunidade

Neste estudo houve predominância de frutos grandes (57 espécies), (61,3% do total de espécies) sendo que dentre estas, 37 espécies apresentaram semente grandes, 15 espécies sementes médias e 5 espécies dos frutos de tamanho grande apresentaram sementes pequenas. Já os frutos pequenos corresponderam a 29 espécies (31,2% do total amostrado), dentre as quais, 22 apresentaram sementes pequenas e 7 apresentaram sementes médias (Tabela 1).

Maior número de espécies foi registrada apresentando frutos de cor marrom (N=42), seguido de amarelo (N=17), vermelho (N=15), preto (N=7) e verde (N=5). Duas famílias apresentaram espécies cujas sementes possuem arilo, sendo estas: *Virola gardneri* (A.D.C.) Warb. (Myristicaceae), *Cupania racemosa* (Vell.) Radlk, *C. revoluta* Radlk e *Cupania* sp. (Sapindaceae) (Tabela 1).

Na borda houve predomínio de espécies e indivíduos zoocóricos com frutos pequenos e sementes pequenas, enquanto no interior (topo e vale) houve maior número de espécies e indivíduos com frutos e sementes grande. O número de espécies e indivíduos zoocóricos em cada estrato vertical, apresentando frutos grandes com sementes grandes e frutos pequenos com sementes pequenas e médias no fragmento de floresta Atlântica estudado, encontra-se listado na Tabela 3.

Interações entre fatores abióticos, bióticos e os frutos

O modelo log-linear que melhor explicou a distribuição das espécies com frutos de diferentes consistência de pericarpos ($G = 5,47$; g.l. = 4; $p = 0,024$) envolveu uma interação

de terceira ordem entre “estação”, “pericarpo” e “local” (EST*PER*LOC; $G = 9,61$; g.l. = 2; $p < 0,01$) e uma interação de segunda ordem entre “pericarpo” e “local” (PER*LOC; $G = 21,71$; g.l. = 2; $p < 0,001$). Para a distribuição de indivíduos, o modelo também demonstrou interação de terceira ordem entre “estação”, “pericarpo” e “local” (EST*PER*LOC; $G = 12,52$; g.l. = 2; $p < 0,01$) e uma interação de segunda ordem entre “pericarpo” e “local” (PER*LOC; $G = 82,47$; g.l. = 2; $p < 0,001$).

Discussão

Fenologia de frutificação vs. dispersão de sementes

O padrão de frutificação sazonal observado neste estudo, com maior proporção de indivíduos e espécies frutificando na borda (Cara *et al.* dados não publicados, caps. 1 e 2 desta tese), especialmente na estação chuvosa, assim como no vale, deve ser reflexo da maior produção de frutos carnosos na estação chuvosa e frutos anemo e autocóricos principalmente na estação seca, no topo. Este padrão sazonal de frutificação está de acordo com outros trabalhos que relatam ritmos periódicos para as fenofases reprodutivas em ambientes tropicais, na floresta Atlântica (*e.g.* Morellato *et al.* 1989, 2000; Locatelli & Machado 2004; Leite 2005), nas savanas tropicais (Sarmiento & Monastério 1983; Mantovani & Martins 1988; Batalha & Mantovani 2000; Batalha & Martins 2004) e na caatinga (Barbosa *et al.* 1989; Machado *et al.* 1997; Griz & Machado 2001; Quirino 2006).

Algumas características que poderiam estar atuando como seletivas no período de frutificação da comunidade arbórea estudada são o tipo de fruto (se carnosos indeiscente ou seco deiscente ou indeiscente), a síndrome de dispersão e o período mais propício para a germinação das sementes (Janzen 1967; Garwood 1983; Primack 1987; Marques 2002). Os resultados estatísticos significativos da correlação entre zoocoria e pluviosidade indicaram que, no topo, esta relação foi significativa e negativa, para a pluviosidade do mês anterior e dois meses antes da observação, tanto para o número de indivíduos como para o número de espécies frutificando neste ambiente. Este fato se deve ao grande número de espécies com frutos secos deiscentes que frutificaram ao longo do estudo, especialmente na estação mais

seca, como *Vochysia oblongifolia* (Vochysiaceae), *Chamaecrista ensiformis* (Caesalpiniaceae), *Senefeldera multiflora* (Euphorbiaceae), *Balizia pedicellaris* (Mimosaceae), *Tabebuia chrysotricha* (Bignoniaceae), dentre outras.

O efeito conjunto das estações climáticas, dos diferentes “habitats” e do tipo de pericarpo dos frutos também foi constatado no modelo Log-linear, que melhor explicou a frequência de espécies e indivíduos com relação ao tipo de fruto neste estudo. O modelo mais parcimonioso envolveu ao mesmo tempo as duas estações, os três “habitats” e os diferentes tipos de frutos com relação à consistência de pericarpo. Este fato foi confirmado com o teste de correlação de Spearman, onde verificou-se maior presença de frutos carnosos indeiscentes principalmente na estação chuvosa, como para as espécies *Byrsonima sericea* (Malpighiaceae), *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae) e *Miconia minutiflora* (Melastomataceae) na borda, além de *Symphonia globulifera* (Guttiferae), *Brosimum rubescens* (Moraceae) e *Dialium guianensis* (Caesalpiniaceae) no interior. Além disso também foi observado grande produção de frutos secos na estação menos chuvosa. Nossos resultados estão de acordo com outros estudos realizados em diferentes ambientes, os quais relatam produção de frutos secos na estação seca e carnosos na estação chuvosa (Morellato *et al.* 1989; Silberbauer-Gottsberger, 2001; Barbosa *et al.* 2003).

Já na borda, muitas espécies zoocóricas com frutos carnosos apresentaram frutificação mais longa, como por exemplo *Byrsonima sericea*, *B. Stipulaceae* (Malpighiaceae), *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae) e *Ocotea glomerata* (Lauraceae), não concentrando necessariamente sua frutificação nos períodos mais úmidos do estudo. Este padrão mais constante na frutificação favoreceria a manutenção das populações de vertebrados frugívoros, que estariam atuando como dispersores potenciais das espécies de árvores estudadas. Segundo o estudo de Galetti *et al.* (2000) sobre o papel de tucanos frugívoros em dois locais de floresta Atlântica de altitude, 96,5% dos registros alimentares destes animais foram frutos, indicando a dependência destes animais do recurso oferecido pela comunidade vegetal para a manutenção de suas populações. Outros autores relatam ainda que estas aves podem ser consideradas dispersores de sementes “especialistas”, realizando uma dispersão de sementes de “alta qualidade” (McKey 1975; Snow 1981), embora poucos dados estejam disponíveis sobre a frugivoria por tucanos (c.f. Howe 1977, 1981, 1993; Galetti *et al.* 2000).

Espécies vegetais dos gêneros *Cecropia*, *Virola* e *Euterpe*, as quais foram registradas frutificando neste estudo, são importantes itens alimentares para espécies de tucanos ocorrentes na floresta Atlântica brasileira (Galetti 2000). Em uma ocasião, foi registrado neste estudo a visita de um tucano a um indivíduo de *Cecropia hololeuca* (Cecropiaceae) (árvore de dossel) frutificando, porém não foi observado frugivoria da espécie nesta ocasião. Outras espécies dos gêneros *Xylopia*, *Guarea*, *Trichilia*, *Psychotria*, *Manilkara*, assim como *Symphonia globulifera* e *Dialium guianense* são importantes itens alimentares na dieta de aves, macacos e esquilos, os quais são potenciais dispersores de espécies destes gêneros em floresta tropical de terras baixas (Clark *et al.* 2001). Galetti *et al.* (2000) observaram espécies de tucanos do gênero *Ramphatus* forrageando no dossel e dois outros gêneros no sub-bosque. Grandes aves frugívoras são estritamente dependentes de frutos na sua alimentação, especialmente na estação reprodutiva, e no caso de escassez deste item, os animais complementam sua dieta com flores, folhas e insetos, especialmente na estação seca, quando há baixa disponibilidade de frutos para frugívoros (Laps 1996).

Maior percentual de espécies anemocóricas e autocóricas frutificaram na estação seca, no topo, o que deve estar relacionado à maior incidência de ventos nestes locais na estação seca, favorecendo a dispersão dos diásporos secos. Anemocoria ocorreria na presença de ventos mais fortes e condições de pouca umidade, enquanto a zoocoria predomina em estações mais úmidas (Howe & Samalwood 1982). Além disso, o pico de frutificação de espécies anemo e autocóricas coincide com os períodos de maior perda de folhas no interior do fragmento (Cara *et al.* dados não publicados, caps. 1 e 2 desta tese), facilitando a queda de diásporos e a chuva de sementes destes indivíduos arbóreos.

Características dos frutos e das sementes vs. sua dispersão

Características como a maior proporção de frutos pequenos com sementes pequenas e muitas vezes numerosas, em indivíduos da família Melastomataceae, ou frutos pequenos, com sementes médias, que quando caem das árvores formam adensamentos sob as copas dos parentais, como em *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae) e espécies de *Ocotea* (Lauraceae), registradas na borda do fragmento estudado eram esperadas. Por outro lado, o registro de espécies com frutos grandes e sementes médias, como é o caso de espécies das

famílias Euphorbiaceae e Mimosaceae, e frutos grandes com sementes grandes, como nas famílias Lecythidaceae, Moraceae, Sapindaceae e Sapotaceae, também produzindo sementes em grandes massas, no interior (topo e vale) do fragmento estudado também era esperado. Tais fatores são explicados pelas características dos grupos ecológicos (dossel, emergente ou sub bosque) e de regeneração (pioneiras ou tolerantes) mais representativos em cada um dos ambientes.

Este fato poderia ser explicado quando comparamos o que foi observado com outros trabalhos, uma vez que tanto em espécies de regiões temperadas como em floras tropicais existe uma forte associação entre grandes massas de sementes e condições de estabelecimento de plântulas em locais sombreados ou vegetação fechada (Foster & Janson 1985; Mazer 1989; Rockwood 1985). O estabelecimento sob condições de baixa luminosidade favoreceria as grandes sementes que produziriam plântulas mais robustas, capazes de competir por recurso luminoso limitado (Janice *et al.* 1997), como é o caso das espécies tolerantes presentes no interior. Portanto, outro fator importante que deve garantir a persistência de espécies arbóreas da comunidade estudada neste ambiente fragmentado, além da dispersão das sementes oriunda dos vetores da dispersão e da chuva de sementes, é a germinação destas sementes e o estabelecimento das plântulas (Tabarelli & Peres 2002; Melo 2004).

Em trabalho na mesma área, Oliveira *et al.* (2004) discutem que alterações como baixo estabelecimento de plântulas devido à dessecação do hábitat, e altas taxas de mortalidade de adultos devido ao aumento na turbulência do vento, sofridas pela comunidade arbórea nas bordas do fragmento estudado em Alagoas, são os resultados mais marcantes do tradicional efeito de borda. Contudo, nas bordas observadas pelos autores, algumas espécies arbóreas típicas da floresta madura não demonstravam dificuldades fisiológicas para germinar e se estabelecer, e a chuva de sementes alóctone não incluía grandes sementes zoocóricas (> 15 mm), típicas da floresta madura (Melo 2004). Tais fatores sugerem que hajam falhas no processo de dispersão dessas sementes, o que levaria à homogeneização e à simplificação biótica de algumas das bordas estudadas.

Uhl (1987), estudando espécies de *Vismia* (Guttiferae) após abandono de áreas de agricultura, verificou que estas espécies de dossel, pioneiras, portanto de crescimento rápido se estabeleciam rapidamente nos primeiros meses de abandono de cultura,

facilitando a entrada de outras espécies de árvores com ciclos de vida mais longos. Portanto é comprovado o fato de que, ao longo do tempo, a substituição das espécies pode restaurar as características estruturais e funcionais da comunidade. Em um estudo na floresta Atlântica montana após 10 anos de abandono de terra cultivável, Tabarelli & Mantovani (1999) observaram um aumento no percentual de espécies zoocóricas, de sub-bosque e tolerantes à sombra, e a conseqüente redução na proporção de espécies anemo e autocóricas, de dossel, e intolerantes à sombra. Outro estudo realizado na mesma área, 3 anos após, encontrou ainda a diminuição do número de espécies com frutos pequenos e o aumento do número de espécies com frutos e sementes médios (Tabarelli & Peres 2002).

Grupos ecológicos, tipos de frutos e zoocoria

A presença de diferentes tamanhos de frutos e sementes possibilita a atração de diferentes grupos de animais (Silva & Tabarelli 2000) que poderiam agir como dispersores das espécies de árvores no ambiente estudado. Desta forma, a regeneração da floresta torna-se possível, e o ambiente fragmentado vai aos poucos retornando ao seu estágio de complexidade e heterogeneidade (Saldarriaga *et al.* 1988; Brown & Lugo 1990). Porém este aumento na complexidade e heterogeneidade ambiental vai em oposição à simplificação e homogeneização das bordas do fragmento estudado, conforme já observado por Oliveira *et al.* (2004). Portanto, o fato deste trabalho ter observado maior número de espécies com frutos e sementes pequenas na bordas, corrobora as hipóteses: i) bordas se degeneram ao longo do tempo (Bierregaard *et al.* 2001) e ii) o efeito de borda é uma fonte contínua de distúrbio (Laurance 2001). A perda de espécies de frutos e sementes grandes, dispersas por grandes vertebrados é um sinal de que está ocorrendo mudanças na composição de espécies com o efeito de borda.

Por outro lado, a possibilidade de explorar frutos em diferentes extratos na floresta, permite que maior número de animais frugívoros possam se alimentar e se movimentar nestes ambientes, favorecendo o transporte das sementes para locais mais distantes da planta-mãe. Isto é demograficamente importante para a comunidade vegetal, uma vez que estas sementes sofreriam baixas taxas de ataques de patógenos e herbívoros (Fuentes 2000).

Neste trabalho, diferentes atrativos nos frutos foram registrados nos diferentes estratos, o que possibilitaria maior diversidade de animais frugívoros utilizando o recurso alimentar nos períodos de frutificação desta comunidade arbórea. Frutos do tipo drupa, por exemplo, foram em sua maioria do estrato de dossel, de tamanho pequeno, carnosos, de cores variadas (amarelos, marrons e vermelhos), merecendo destaque as famílias Lauraceae, Malpighiaceae e Moraceae, conhecidas por seus frutos serem apreciados por animais (Clark *et al.* 2001). Cápsula foi o tipo de fruto com predomínio de pericarpo seco, zoocórico, anemo e/ou autocórico, ocupando preferencialmente o dossel, com cor marrom, merecendo destaque para a família Sapindaceae, na qual as espécies de *Cupania* apresentam arilo altamente lipídico, importante na dieta de grandes aves frugívoras, como tucanos (Galetti *et al.* 2000), assim como *Virola gardneri* (Myristicaceae). Os frutos do tipo baga, terceiro tipo mais freqüente neste estudo eram preferencialmente de espécies emergentes, com frutos pequenos ou grandes, carnosos, zoocóricos, amarelos ou marrons, destacando-se, as famílias Moraceae, Myrtaceae e Sapotaceae, também relatadas em estudos na floresta Atlântica como apreciadas por aves frugívoras (Galetti *et al.* 2000). Este quadro foi o mesmo para os três ambientes estudados, indicando que tanto a borda, quanto o topo e o vale são importantes na diversidade de tipos de recurso para animais frugívoros e assim para a manutenção do processo de dispersão das sementes neste ambiente fragmentado.

Conforme observado neste trabalho, a maioria das plantas em florestas tropicais produzem frutos carnosos, cujos vertebrados frugívoros agem como dispersores primários de sementes (Jordano 1992). Segundo Howe (1990), diferentes comportamentos dos dispersores de sementes determinam diferenças nos padrões de distribuição das sementes e, conseqüentemente a abundância, diversidade e preferência alimentar da comunidade de frugívoros deve influenciar a estrutura florestal. Além disso, algumas plantas não germinam com sucesso, caso o arilo de sua semente não seja removido por um frugívoro (Howe 1986).

Embora não tenha sido alvo deste estudo, vale a pena salientar que alguns autores encontraram diferenças no comportamento alimentar dos animais frugívoros em ambientes de floresta tropical, gerando diferentes padrões na distribuição de sementes. Por exemplo, sementes defecadas por grandes aves e macacos alcançavam distâncias mais longas de

dispersão (Sun *et al.* 1997; Holbrook & Smith 2000), enquanto sementes derrubadas por esquilos e algumas espécies de macacos resultavam em dispersão a curta distância (Rowell & Mitchell 1991; Lambert 1999). Isto pode ser relevante para as características dos frutos observados para a comunidade arbórea estudada, uma vez que em outro estudo em floresta tropical, onde foram registradas algumas espécies comuns a este trabalho, Clark *et al.* (2001) observaram que aves dispersavam sementes no extrato superior da floresta, enquanto macacos dispersaram sementes principalmente no extrato mediano e inferior da floresta.

Portanto os resultados deste trabalho corroboram as hipóteses testadas, demonstrando que apesar da fragmentação da floresta Atlântica ao norte do Rio São Francisco, os processos de dispersão de sementes são mantidos, graças à diversidade de tipos de frutos e seus atrativos, que atraem uma infinidade de animais dispersores, com diferentes estratégias de forrageamento, os quais são mantidos utilizando os recursos disponíveis ao longo do ano.

Referências Bibliográficas

- Adler, G.H. & Kielpinski, K.A. 2000. Reproductive phenology of a tropical canopy tree, *Spondias mombim*. *Biotropica* 32:686-692.
- Augspurger, C.K. 1981. Reproductive synchrony of a tropical shrub: experimental studies on effects of pollinators and seed predators on *Hybanthus prunifolius* (Violaceae). *Ecology* 62 (3):775-788.
- Barroso G.M, Morim M.P., Peixoto A.L. and Ichaso, C.L.F. 1999. Frutos e Sementes: Morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Editora da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 443pp.
- Batalha, M., Mantovani, W., 2000. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de-Gigante reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): comparison between the herbaceous and woody floras. *Revista Brasileira de Biologia* 60, 129-145.
- Batalha, M.A., Martins, F.R., 2004. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). *Austral. J. Bot* 2, 149-161.
- Bierregaard, Jr. R.O., Laurance, W.F., Gascon, C., Benitez-Malvido, J., Fearnside, P.M., Fonseca, C.R., Ganade, G., Malcolm, J.R., Martins, M.B., Mori, S., Oliveira, M., Rankin-de-Mérona, J., Scariot, A., Spironello, W., Williamson, B., 2001. Principles of forest fragmentation and conservation in the Amazon. In: Bierregaard, Jr. R.O., Gascon, C., Lovejoy, T.E., Mesquita, R. (Eds.), *Lessons from Amazon, the ecology and conservation of a fragmented Forest*. New Haven e London, Yale University Press, pp. 335-345.
- Borchert, R. 1980. Phenology and ecophysiology of tropical trees: *Erythrina poeppigiana* O.F. Cook. *Ecology*: 1065-1074
- Brown S. & Lugo AE. 1990. Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology* 6: 1-32.
- Charles-Dominique, P. 1991. Feeding strategie and activity budget of the frugivoros bat *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomatidae) in French Guiana.
- Da Silva, J.M., Uhl, C. & Murray, G. 1966. Planta sucesion landscape managemant and the ecology of frugivorous birds in abandoned Amazoniana pastures. *Conservation Biology* 10:491-503.

- De Steven, D.D.D., Windsor, M., Putz, F.E. & De Leon B. 1987. Vegetative and reproductive phenology of a palm assemblage in Panama. *Biotropica* 19: 342-356.
- Didham, R.K., Ghazoul, J., Stork, N.E. & Davies, A.J. 1996. Insects in fragmented forests: a functional approach. *TREE* 11(6):255-260.
- Duncan, R. & Chapman, C.A. 1999. Seed dispersal and potential forest succession in abandoned agriculture in tropical Africa. *Ecological Application* 9:998-1008.
- Foster, R.B. 1996. The sazonal rhythm of fruit fall on Barro Colorado island. In: EG. Leigh Jr., AS. Rand, and BM. Windsor (Eds.). *The ecology of a tropical rain forest: seasonal rhythms and long-term change*, pp. 151-172. *Smythsonian Institution Press*, Washington, DC.
- Foster, S.A. & Janson, C.H. 1985. The relationship between seed size and stablishment condition in tropical woody plants. *Ecology* 66:773-780.
- Fournier L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24: 422-423.
- Fuentes, M., 2000. Frugivory, seed dispersal and plant community ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 15, 487-488.
- Galleti M, Laps R, Pizo MA. 2000. Frugivory by tucans (Ramphastidae) at two altitude in the Atlantic forest of Brazil. *Biotropica* 32: 842-850.
- Galleti, M.; Pizo, M.A., Morellato, P.C. 2004. Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. In: Cullen Jr. L.; Rudran, R. and Valladares-Padua, C. (eds.), *Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre*. Editora da UFPR, Curitiba, Paraná, Brasil. Pp. 395-422.
- Gautier-Hion, A., Duplantier, J.M., Quris, R., Feer, F., Sourd, C., Decoux, J.P., Dubost, B, Emmons, L., Erards, C. Hecketsweiler, P., Mougazi, A., Rousilhon, C., Thiolay, J.M., 1985. Fruit characters as a basis of fruit choice and seed dispersal in a tropical wet forest vertebrate community. *Oecologia* 65, 324-337.
- Gentry, A.H., 1983. Dispersal ecology and diversity in neotropical forest communities. *Sonderbaende des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg* 7, 303-314.
- Grillo, A.A.S., 2005. As Implicações da Fragmentação e da Perda de Habitats Sobre a Assembléia de Árvores na Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.

- Griz, L.M.S., Machado, I.C.S. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 17, 303-321.
- Guariguata, M.R., Pinard, M.A., 1998. Ecological knowledge of regeneration from seed in neotropical trees: implications for natural forest management. *Forest Ecology and Management* 112, 87-99.
- Heideman, P.D. 1989. Temporal and spatial variation in the phenology of flowering and fruiting in a tropical rain forest. *J. Ecol.* 77:1059-1079.
- Herrera, C.M. 1982. Seasonal variation in the quality of fruits and diffuse coevolution between plants and avian disperser. *Ecology* 63:773-785.
- Howe, H.F.; Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13:221-228.
- Howe HF. 1977. Bird activity and seed dispersal of a tropical wet forest tree. *Ecology* 58: 539-550.
- Howe HF. 1981. Dispersal of a Neotropical nutmeg (*Virola sebifera*) by birds. *Auk*. 98:88-98.
- Howe HF. 1986. Seed dispersal by fruit-eating birds and mammals. In Murray DR. (Ed.). *Seed Dispersal*. Sydney: Academic Press. Pp.123–189
- Howe HF. 1990. Seed dispersal by birds and mammals: implication for seedling demography. In: K.S. Bawa and M. Hadley (Eds.). *Reproductive ecology of tropical forest plants*. Pp. 191-218. Parthenon Publishing group, Paris, France.
- Howe H.F. 1993. Aspects of variation in a Neotropical seed dispersal system. *Vegetatio* 107/108: 149-162.
- IBGE, 1985. Atlas Nacional do Brasil: região Nordeste. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- Janson, C.H., Emmons, L.H., 1990. Ecological structure of the nonflying mammal community at Cocha Cashu Biological Station, Manu National Park, Peru. *Four neotropical rainforests*. Yale University Press, New Haven, 314-338.
- Janzen, D.H. 1967. Synchronization of sexual reproduction of tree within the dry season in Central America. *Evolution* 21: 620-637.
- Jordano P 1992. Fruits and frugivory. In: Fenner M, ed. *Seeds: the ecology of regeneration*

- in natural plant communities. Wallingford: CAB International, 105-156.
- Lambert, J.E. 1999. Seed handling in chimpanzees (*Pan troglodytes*) and redtail monkeys (*Cercopithecus ascanius*): implication for understanding hominoid and cercopithecine fruit-processing strategies and seed dispersal. *Am. J. Phys. Anthropol.* 109:365-386.
- Laurance, W.F., 2001. Fragmentation and plant communities: synthesis and implications for landscape management. In: Bierregaard, Jr., R.O., Gascon, C., Lovejoy, T.E e Mesquita, R.C.G. (Eds.), *Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest*. Yale University Press, New Haven, pp.158-167.
- Laurance, W.F., Ferreira, L.V., Rankin-DE Merona, J.M., Laurance, S.G., 1998. Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology* 79, 2032-2040.
- Leite IRM. 2005. Fenologia de três espécies de Palmae e Síndromes de Polinização em um remanescente Urbano de Mata Atlântica – Recife - PE – Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.
- Levey DJ 1987. Seed size and fruit-handling techniques of avian frugivores. *American Naturalist* 129: 471-485.
- Locatelli E, Machado ICS. 2004. Fenologia das espécies arbóreas de uma comunidade de Mata Serrana (Brejo dos Cavalos) em Pernambuco, Nordeste do Brasil. In: Porto KC, Cabral JJ, Tabarelli M eds. *Brejos de Altitude: História Natural, Ecologia e Conservação*. Brasilia: 255-276.
- Lord, J., Egan, J., Clifford, T., Jurado, E., Leishman, M., Williams, D., Westoby, M., 1997. Larger seeds in tropical floras: consistent patterns independent of growth form and dispersal mode. *Journal of Biogeography* 24, 205-211.
- Lorenzi H. 1998. *Árvores Brasileiras – Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil*. Vol. 01-02. Insituto Plantarum.
- Machado, I.C.S., Barros, L.M., Sampaio, E.V.S.B., 1997. Phenology of Caatinga species at Serra Talhada, PE. Northeastern Brazil. *Biotropica* 29, 57-68.
- Mantovani, W., Martins, F.R., 1988. Variações fenológicas do cerrado da reserva de Mogi Guaçu, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 11, 101-112.
- Marques, M.C.M., 2002. Dinâmica da dispersão de sementes e regeneração de plantas da planície litorânea da Ilha do Mel, PR. Tese de doutorado, Unicamp.

- McKey, D. 1975. The ecology of coevolved seed dispersal systems. In: Coevolution of animal and plants. L.E. Gilbert & P.H. Raven (Eds.). University Texas Press, Austin. P. 159-191.
- Melo, F.P.L., 2004. O papel do efeito de borda sobre a chuva de sementes e o recrutamento inicial de plântulas: o caso das grandes sementes. Dissertação de mestrado, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Morellato, L.P.C, Rodríguez, R.R, Leitão-Filho, H.F., Joly, Y.C.A., 1989. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas da floresta de altitude e floresta semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 12, 86-98.
- Morellato, L. P. C., Talora, D. C., Takahasi, A., Bencke, C. C., Romera, C. E., and Zipparro, B. V. 2000. Phenology of Atlantic Rain Forest tree: a comparative study. *Biotropica* 32: 811-823.
- Morellato, L.P.C e Leitão-Filho H.L.F., 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: Morellato L.P.C., (Ed), *História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Campinas, Editora da Unicamp.
- Murcia, C., 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10, 58-62.
- Oliveira, M.A., Grillo, A.S., Tabarelli, M., 2004. Forest edge in the Brazilian Atlantic forest: drastic changes in tree species assemblages. *Oryx* 38, 389-394.
- Opler, P.A., Frankiem, G.W., Baker, H.G., 1980. Comparative phenological studies of treelet and shrubs species in tropical wet and dry forests in teh lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 68, 167-188.
- Pijl L van der. 1982. Principles of dispersal in higher plants. Springer Verlag, New York.
- Primack R.B. 1987. Relationships amongo flower, fruits and seeds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18:409-430.
- Quirino, Z.G.M., 2006. Fenologia, Síndromes de Polinização e Dispersão e Recursos Florais de uma Comunidade de Caatinga no Cariri Paraibano. Tese de Doutorado, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Reich PB. & Borchert R. 1982. Phenology and ecophysiology of the tropical tree, *Tabebuia neocrysantha* (Bignoniaceae). *Ecology* 63(2):294-299.

- Rockwood, L.L., 1985. Seed Weight as a Function of Life Form, Elevation and Life Zone in Neotropical Forests. *Biotropica* 17, 32-39.
- Roosmalen, M.G.M., 1985. Fruits of the Guianan Flora. Institute of Systematic Botany, Utrecht University, The Netherlands.
- Rowell, T.E. & Mitchell B.J. 1991. Comparison of seed dispersal by guenons in Kenya and capuchins in Panama. *J. Trop. Ecology* 7:269-274.
- Silva, J. M. C.; Casteleti, C. H. M. 2003. Status of the Biodiversity of the Atlantic Forest of Brazil. In: Galindo-Leal, C.; Câmara, I. G. (Eds.). *The Atlantic Forest of South America; Biodiversity status, threats and outlook*. Washington: Island Press, p. 43-59.
- Silva, J.M.C., Tabarelli, M., 2000. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. *Nature* 404, 72—74.
- Smith, C.M. & Bronstein J.L. 1996. Site variation in reproductive synchrony in tree Neotropical figs. *J. Biogeogr.* 23:477-486.
- Smythe, N., 1970. Relationships between fruiting seasons and seed dispersal methods in a neotropical forest. *American Naturalist* 104, 25-35.
- Snow, D.W. 1981. Tropical frugivorous birds and their food plants: a world survey. *Biotropica* 13:1-14.
- Sokal R.R. and Rohlf F.G. 1995. *Biometry*. W. H. Freeman and Company, New York.
- Sri-Ngernyuang K., Kanzaki M., Mizuno T., Noguchi H., Teejuntuk S., Sungpalee C., Hara M., Yamakura T., Sahunalu P., Dhanmanonda P. and Bunyavejchewin S. 2003. Habitat differentiation of Lauraceae species in a tropical lower montane forest in northern Thailand. *Ecological Research* 18: 1-14.
- Sun CA., Ives R. & Moermond T.C. 1997. Effectiveness of three turacos and seed dispersers in a tropical montane forest. *Oecologia* 112: 94-103.
- Tabarelli, M., Mantovani, W., 1999. A regeneração de uma floresta tropical montana após corte e queima (São Paulo-Brasil). *Revista Brasileira de Biologia* 59, 239-250.
- Tabarelli, M., Peres, C.A., 2002. Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic forest: implications for forest regeneration. *Biological Conservation*. 106, 165-176.
- Terborgh, J. 1986. Keystone plant resources in the tropical forest. Pp. 33-44. In: Soulé, ME. (Ed.). *Conservation Biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates,

- Sunderland, MA.
- Uhl, C., Clark, C., Clark, H., Murphy, P., 1981. Early plant succession after cutting and burning in the upper rio Negro of the Amazon Basin. *Journal of Ecology* 69, 631-649.
- Uhl, N.W., 1987. A classification of palms based on the work of Harol E. Moore. *Genera Palmarum*. Kansas: Allan Press.
- Van Schaik, C.P., Terborgh, J.W., Wright, S.J., 1993. The phenology of tropical forests – adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24, 353-377.
- Veloso, H.P., Rangel-Filho, A.L.R., Lima, J.C.A., 1991. *Classificação da Vegetação Brasileira Adaptada a um Sistema Universal*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- Vidal, WN., Vidal, MRR. 1995. *Botânica Organografia*. Imprensa Universidade Federal de Viçosa, MG.
- Wheelwright, NT. 1985. Fruit size, gape width and the diets of fruit-eating birds. *Ecology* 66:808-818.

Agradecimentos

À USGA pelo apoio logístico. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de doutorado de Patricia Araujo de Abreu Cara e Produtividade em Pesquisa dos demais autores. Ao apoio financeiro do Projeto Serra Grande, Capan, Conservação Internacional do Brasil e Fundação O Boticário. Ao Leonhard Krause pelo diagrama climático.

Legenda das figuras

Figura 1. Remanescentes de floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco, incluindo a sub-região Centro de Endemismo Pernambuco (florestas costeiras entre SE e RN) (A), com destaque do fragmento estudado em Alagoas (B) (Fonte: Atlas da Mata Atlântica-FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS 2004). Mosaico de fotografias aéreas incluindo a área estudada em Alagoas, denominado fragmento Coimbra (Imagem de satélite: LANDSAT 5 214/66 obtidas em 07/12/2002).

Figura 2. Diagrama climático segundo Walter & Lieth (1960), da área da Usina Serra Grande (USGA), AL. Temperatura média de 1911-1990 (Fonte: Departamento de Ciências Atmosféricas, UFPB). Precipitação média (1922-2001) e precipitação total de 2003-2005 (Fonte: Estação meteorológica da USGA).

Figura 3. Percentual de espécies arbóreas nas síndromes de dispersão zoocórica, autocórica e anemocórica nos ambientes de borda (A), topo (B) e vale (C) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 4. Percentual de indivíduos arbóreos nas síndromes de dispersão zoocórica, autocórica e anemocórica nos ambientes de borda (A), topo (B) e vale (C) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 5. Percentual de intensidade de Fournier dos indivíduos arbóreos nas síndromes de dispersão zoocórica, autocórica e anemocórica nos ambientes de borda (A), topo (B) e vale (C) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 6. Percentual de espécies (A) e indivíduos (B) arbóreos com diferentes tipos de frutos em borda, topo e vale, no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Figura 7. Fenologia de frutificação das espécies arbóreas no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas na borda, nos anos de 2003 a 2005. Barras escuras correspondem aos picos de frutificação. Meses em cinza representam a estação chuvosa. Espécies em negrito comuns a borda e interior.

Figura 8. Fenologia de frutificação das espécies arbóreas no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas no interior do fragmento, nos anos de 2003 a 2005. Barras escuras correspondem aos picos de frutificação. Meses em cinza representam a estação chuvosa. Espécies em negrito comuns a borda e interior.

Legenda das tabelas

Tabela 1. Relação das espécies arbóreas estudadas no fragmento Coimbra em Alagoas, ocorrência (c=comum; r=rara) e número de indivíduos por espécie em cada ambiente amostrado, bem como seus tipos de frutos, consistência do pericarpo, deiscência, cor, tamanho de fruto (fr) e semente (s) (p=pequeno; m=médio; g=grande) e suas síndromes de dispersão.

Tabela 2. Percentual de espécies e indivíduos arbóreos por síndrome de dispersão e estratificação nos ambientes de borda, topo e vale do fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Tabela 3. Número de espécies e indivíduos zoocóricos com frutos e sementes grandes, com frutos pequenos e sementes pequenas e com frutos pequenos e sementes médias, nos estratos dossel, emergente e subbosque nos ambientes de borda (B), topo (T) e vale (V) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

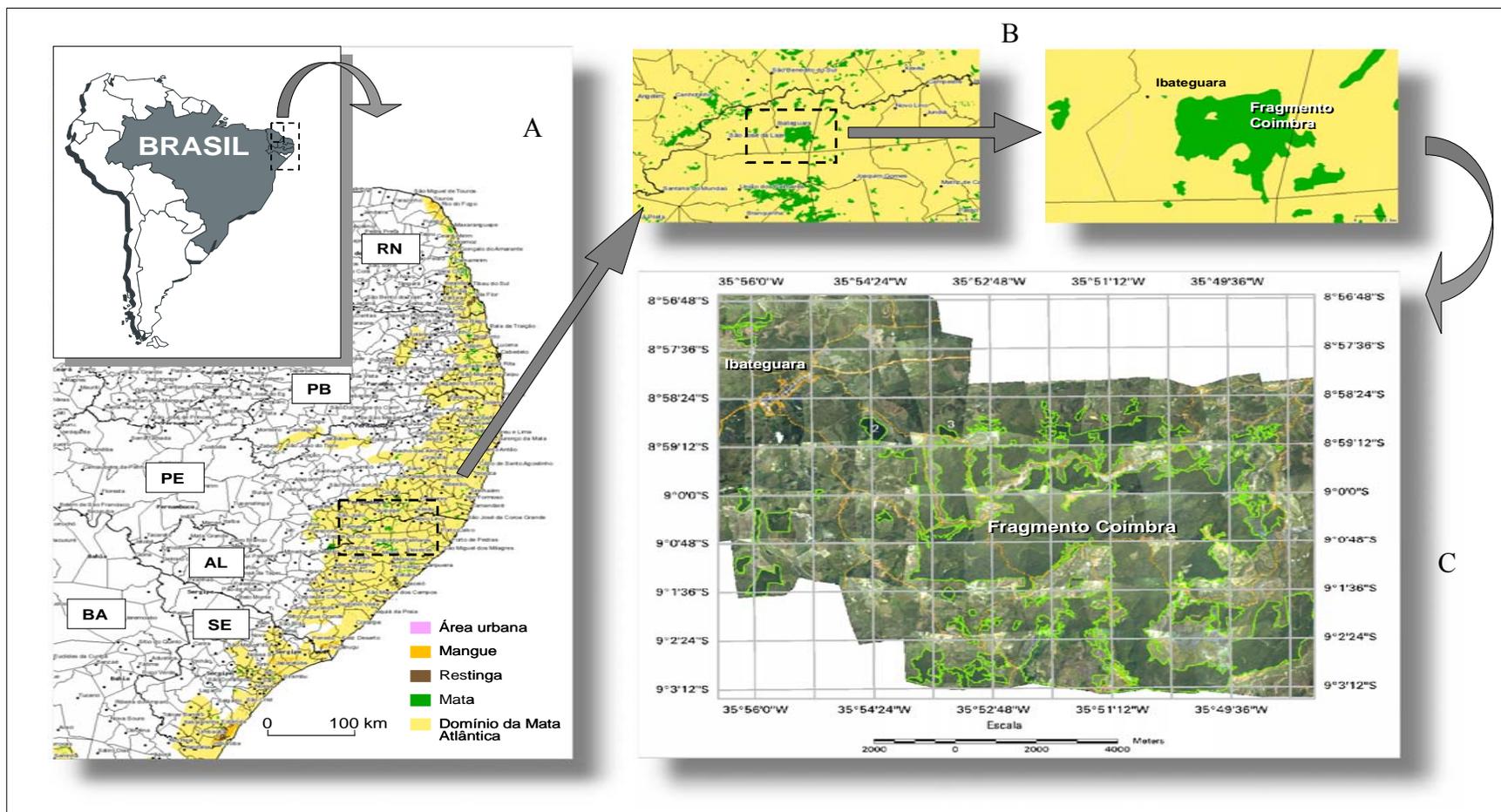


Figura 1. Remanescentes de floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco, incluindo a sub-região Centro de Endemismo Pernambuco (florestas costeiras entre SE e RN) (A), com destaque do fragmento estudado em Alagoas (B) (Fonte: Atlas da Mata Atlântica-FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS 2004). (C) Mosaico de fotografias aéreas incluindo a área estudada em Alagoas, denominado fragmento Coimbra (Imagem de satélite: LANDSAT 5 214/66 obtidas em 07/12/2002).

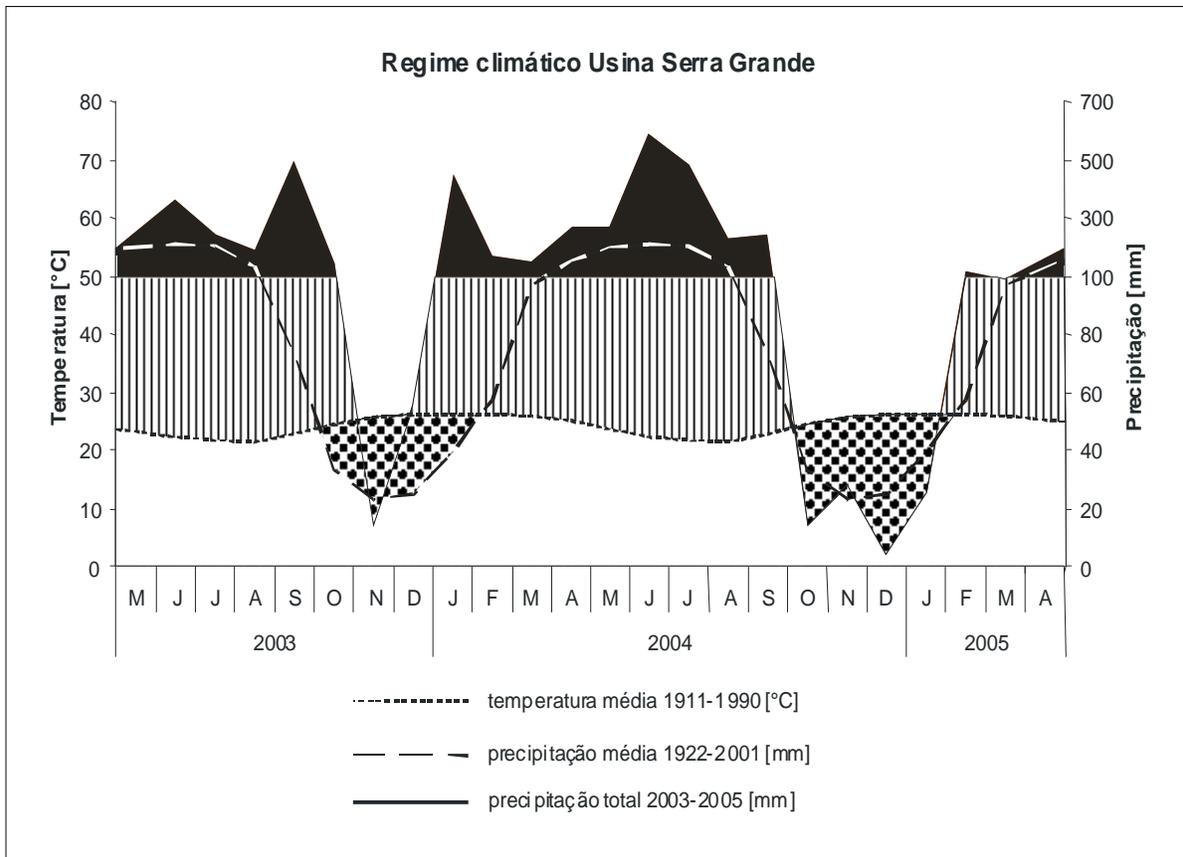


Figura 2. Diagrama climático segundo Walter & Lieth (1960), da área da Usina Serra Grande (USGA), AL. Temperatura média de 1911-1990 (Fonte: Departamento de Ciências Atmosféricas, UFPB). Precipitação média (1922-2001) e precipitação total de 2003-2005 (Fonte: Estação meteorológica da USGA).

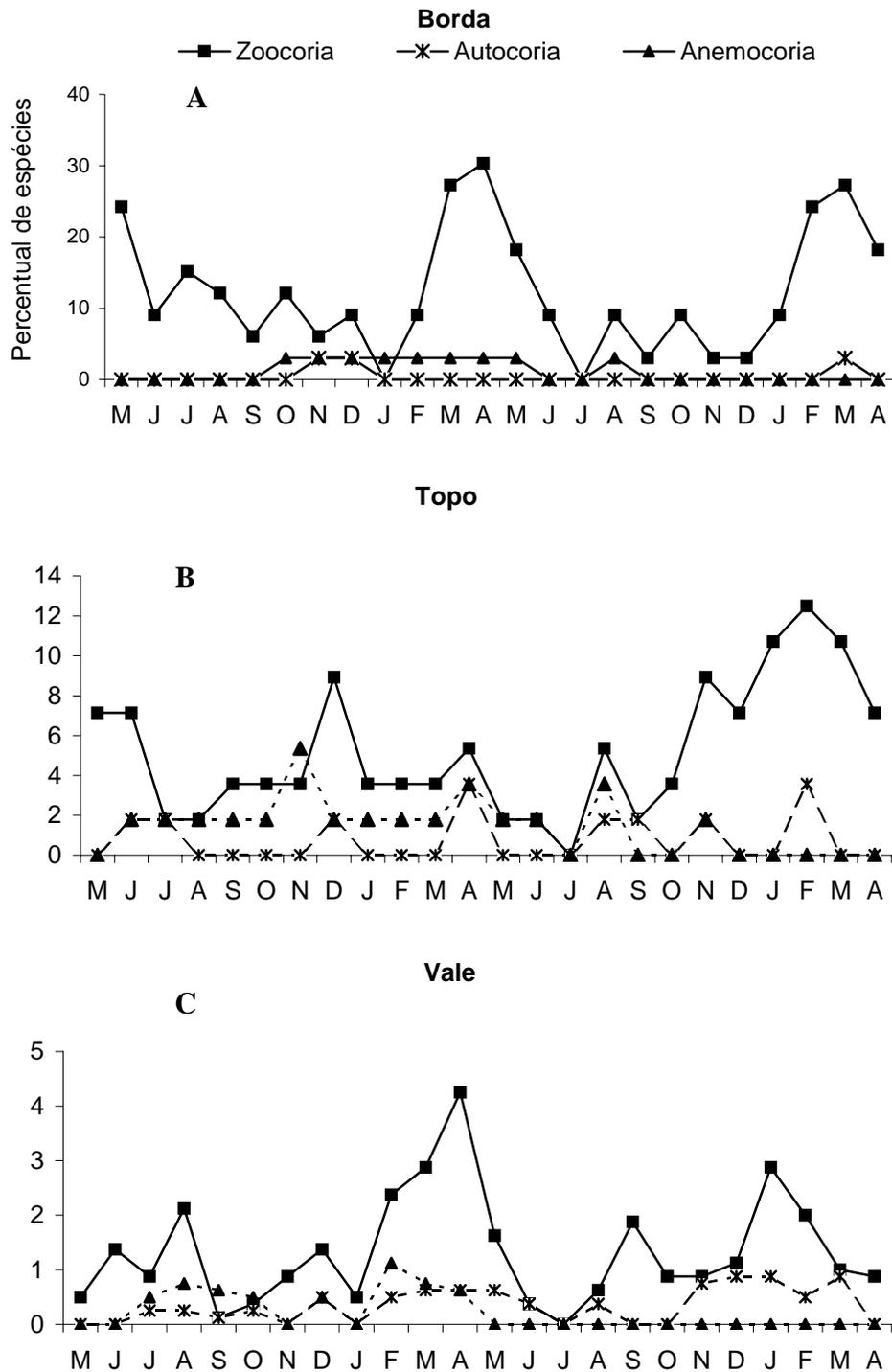


Figura 3. Percentual de espécies arbóreas nas síndromes de dispersão zoocórica, autocórica e anemocórica nos ambientes de borda (A), topo (B) e vale (C) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

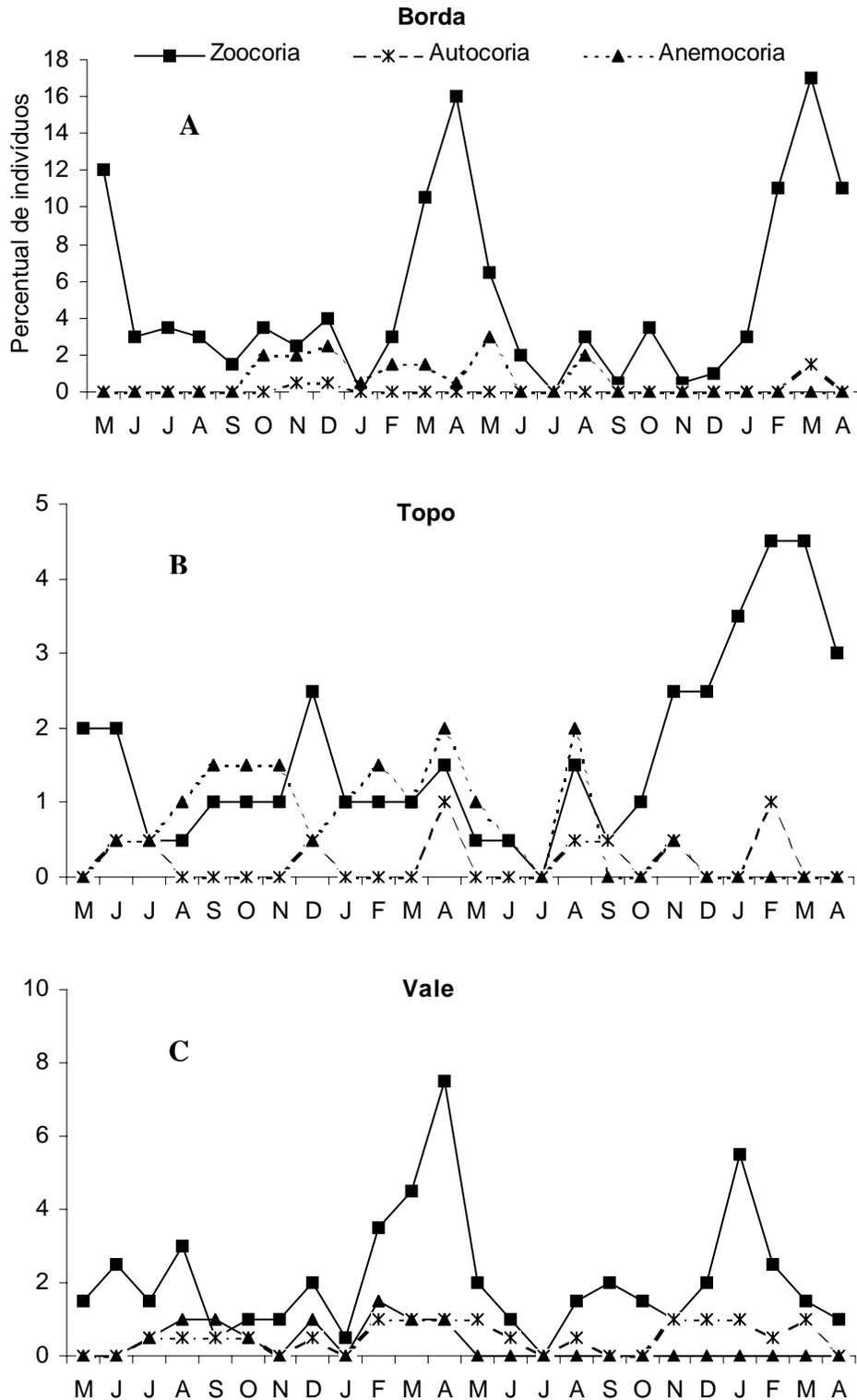


Figura 4. Percentual de indivíduos arbóreos nas síndromes de dispersão zoocórica, autocórica e anemocórica nos ambientes de borda (A), topo (B) e vale (C) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

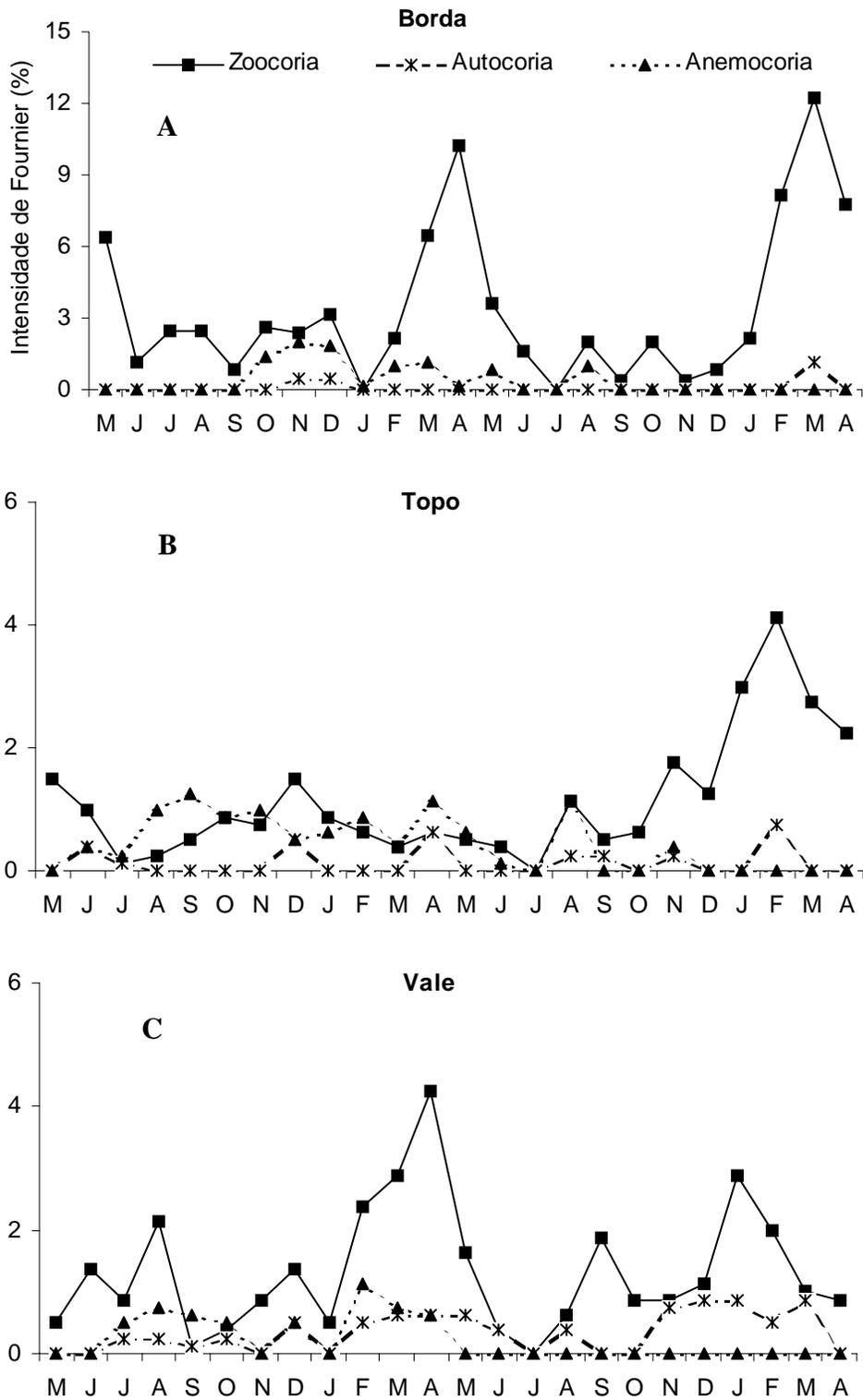


Figura 5. Percentual de intensidade de Fournier dos indivíduos arbóreos nas síndromes de dispersão zoocórica, autocórica e anemocórica nos ambientes de borda (A), topo (B) e vale (C) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

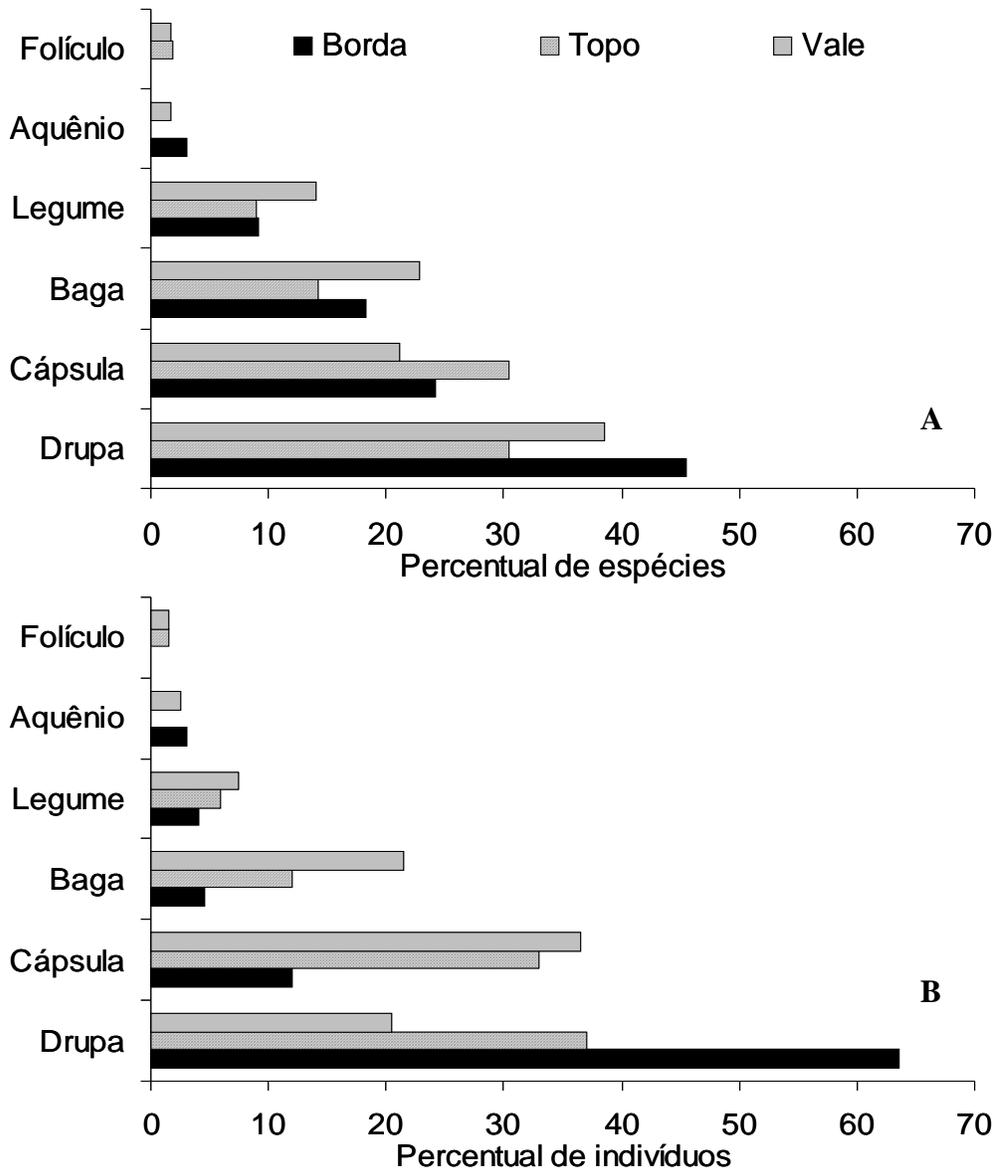


Figura 6. Percentual de espécies (A) e indivíduos (B) arbóreos com diferentes tipos de frutos em borda, topo e vale, no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

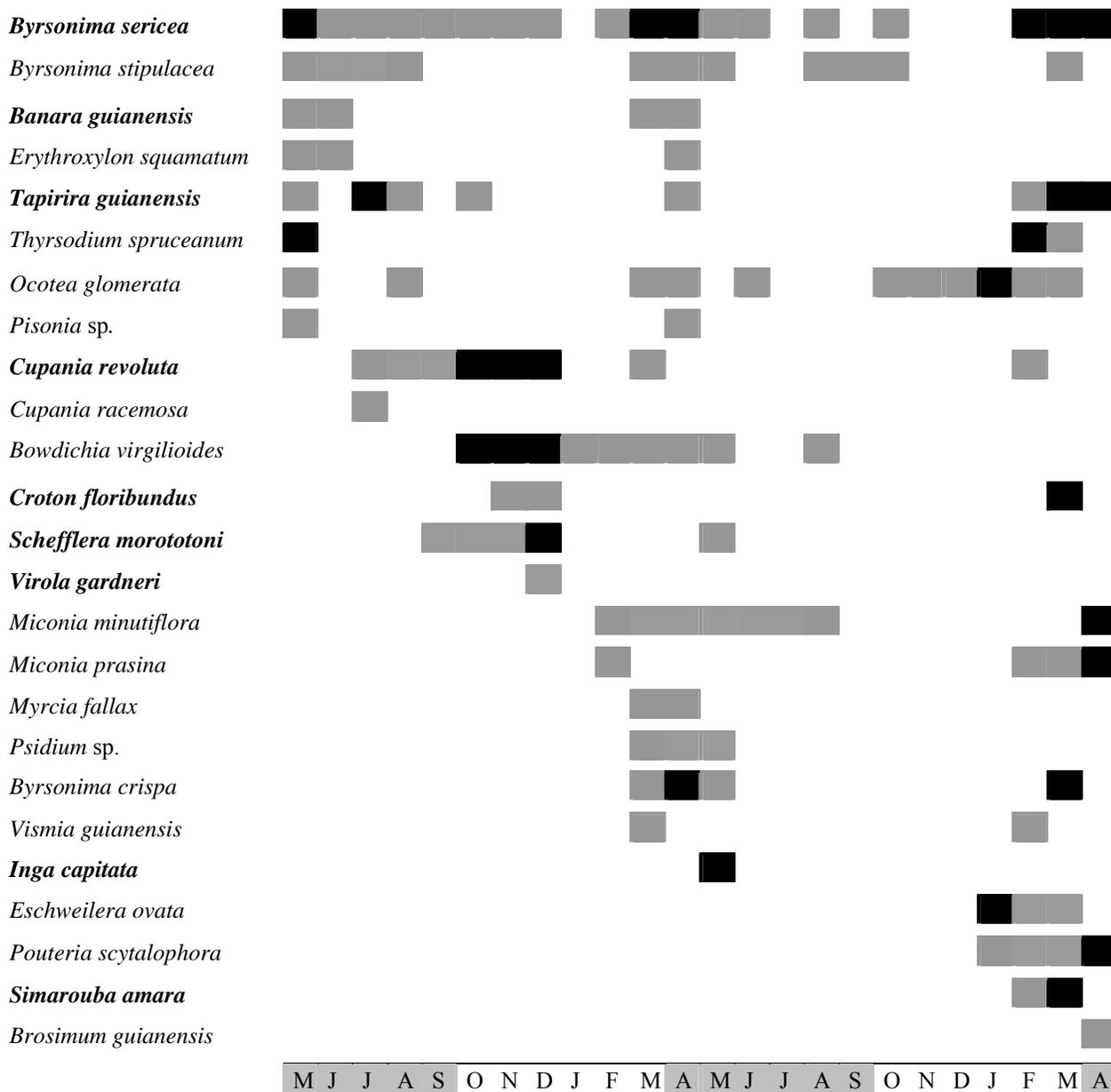


Figura 7. Fenologia de frutificação das espécies arbóreas no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas na borda, nos anos de 2003 a 2005. Barras escuras correspondem aos picos de frutificação. Meses em cinza representam a estação chuvosa. Espécies em negrito comuns a borda e interior.

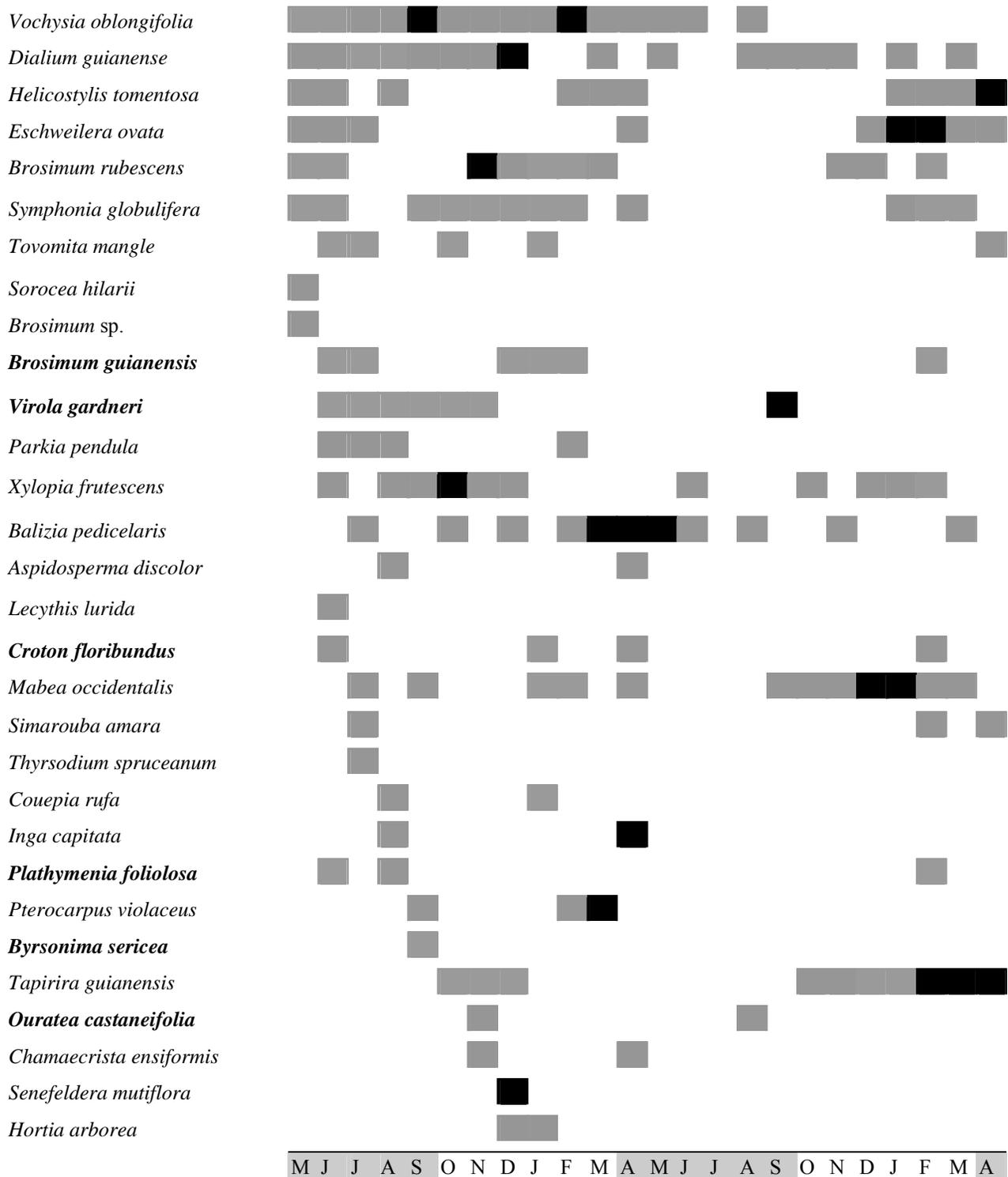


Figura 8. Fenologia de frutificação das espécies arbóreas no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas no interior do fragmento, nos anos de 2003 a 2005. Barras escuras correspondem aos picos de frutificação. Meses em cinza representam a estação chuvosa. Espécies

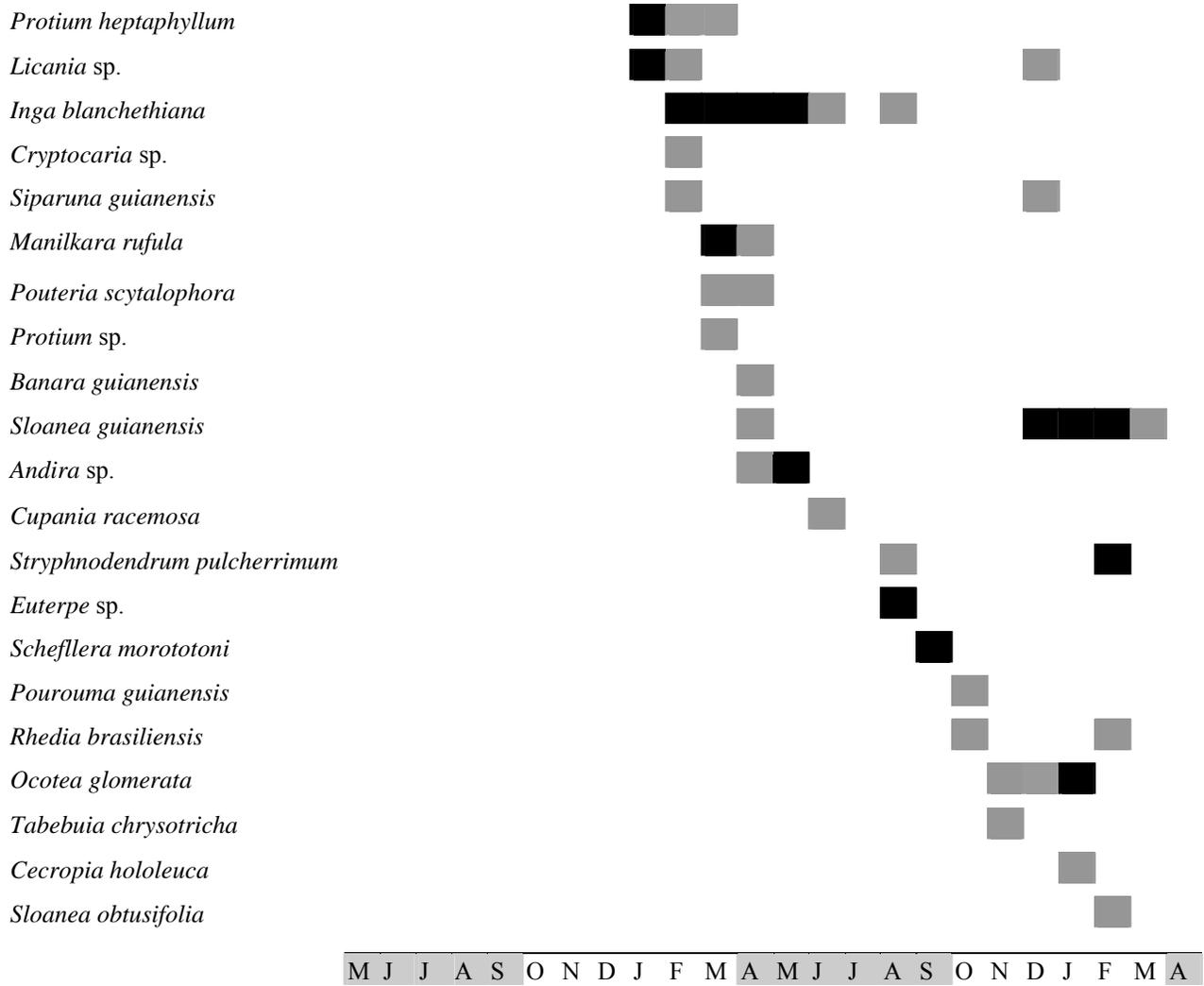


Figura 8. Continuação

Tabela 1. Relação das espécies arbóreas estudadas no fragmento Coimbra em Alagoas, ocorrência (c=comum; r=rara) e número de indivíduos por espécie em cada ambiente amostrado, bem como seus tipos de frutos, consistência do pericarpo, deiscência, cor, tamanho de fruto (fr) e semente (s) (p=pequeno; m=médio; g=grande) e suas síndromes de dispersão.

FAMÍLIA/Espécie	Ocorrência	Borda	Topo	Vale	Tipo de fruto	Consistência do pericarpo	Deiscência	Cor do fruto	Tamanho fr/s ^a	Síndrome de dispersão
ANACARDIACEAE										
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	c	10	8	1	drupa	carnoso	indeiscente	preto	p/p	zoocoria
<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	c	41	11	3	drupa	carnoso	indeiscente	amarelo	p/p	zoocoria
ANNONACEAE										
<i>Guatteria australis</i> St.-Hil.	r	0	0	1	drupa	carnoso	indeiscente	vermelho	g/p	zoocoria
<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	r	0	1	3	baga	carnoso	indeiscente	vermelho	g/p	zoocoria
APOCYNACEAE										
<i>Aspidosperma discolor</i> A.DC.	r	0	0	3	foliculo	seco	deiscente	marrom	g/g	anemocoria
<i>Himatanthus bracteatus</i> (A.DC.) Woodson	c	0	3	0	foliculo	seco	deiscente	preto	g/g	anemocoria
AQUIFOLIACEAE										
<i>Ilex aff. Sapotifolia</i> Reiss.	r	0	0	1	drupa	carnoso	indeiscente	vermelho	p/p	zoocoria
ARALIACEAE										
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin	c	7	5	0	drupa	carnoso	indeiscente	marrom	p/p	zoocoria
BIGNONIACEAE										
<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. Ex DC.) Standl.	c	0	1	0	cápsula	seco	deiscente	marrom	g/m	anemocoria
BOMBACACEAE										
<i>Eriotheca crenulaticalyx</i> A. Robyns	r	0	0	1	cápsula	seco	deiscente	verde/am	g/g	anemocoria
<i>Eriotheca gracilipes</i>	c	0	3	1	cápsula	seco	deiscente	verde/am	g/g	anemocoria
<i>Quararibea turbinata</i> (Sw.) Poir	r	0	0	1	cápsula	seco	deiscente	verde/am	g/g	zoocoria
BURSERACEAE										
<i>Protium giganteum</i> Engl.	c	0	1	1	drupa	carnoso	indeiscente	vermelho	p/p	zoocoria
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	c	1	0	6	drupa	carnoso	indeiscente	vermelho	p/p	zoocoria
<i>Protium sp.</i>	r	0	3	0	drupa	carnoso	indeiscente	vermelho	p/p	zoocoria
<i>Tetragastris trattnickia</i>	r	0	1	1	drupa	carnoso	indeiscente	vermelho	p/p	zoocoria
CAESALPINIACEAE										
<i>Chamaecrista ensiformes</i> (Vell.) Irwin & Barneby	c	0	8	1	legume	seco	deiscente	marrom	g/m	anemocoria

Tabela 1. Continuação. Síndromes de dispersão

FAMÍLIA/Espécie	Ocorrência	Borda	Topo	Vale	Tipo de fruto	Consistência do pericarpo	Deiscência	Cor do fruto	Tamanho fr/s ^a	Síndrome de dispersão
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	c	0	1	4	drupa	carnoso	indeiscente	marrom	p/p	zoocoria
<i>Sclerolobium densiflorum</i> Benth.	c	0	1	0	legume	seco	deiscente	marrom	g/m	anemocoria
CARICACEAE										
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A.DC.	r	0	0	1	drupa	carnoso	indeiscente	amarelo	g/g	zoocoria
CECROPIACEAE										
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	c	0	1	0	baga	carnoso	indeiscente	marrom	g/g	zoocoria
<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	c	0	2	2	baga	carnoso	indeiscente	preto	g/g	zoocoria
CHRYSOBALANACEAE										
<i>Couepia rufa</i> Ducke	c	0	1	3	drupa	carnoso	indeiscente	amarelo	p/m	zoocoria
<i>Licania kunthiana</i> Hook f.	c	0	1	1	drupa	carnoso	indeiscente	amarelo	p/m	zoocoria
<i>Licania</i> sp.	c	0	1	0	drupa	carnoso	indeiscente	amarelo	-	zoocoria
ELAEOCARPACEAE										
<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	c	0	1	0	cápsula	seco	deiscente	marrom	g/g	zoocoria
<i>Sloanea obtusifolia</i> (Morici.) K. Schum.	r	0	0	2	cápsula	seco	deiscente	marrom	g/g	zoocoria
ERYTHROXYLACEAE										
<i>Erythroxylum squamatum</i> Sw.	r	3	0	0	drupa	carnoso	indeiscente	vermelho	p/m	zoocoria
EUPHORBIACEAE										
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	c	4	2	0	cápsula	seco	deiscente	marrom	g/m	autocoria
<i>Hyeronima alchorneoides</i> Fr. Allem.	c	0	5	0	cápsula	seco	deiscente	vermelho	p/p	autocoria
<i>Mabea occidentalis</i> Benth.	c	0	28	38	cápsula	seco	deiscente	marrom	g/m	autocoria
<i>Senefeldera multiflora</i> Mart.	c	0	3	5	cápsula	seco	deiscente	marrom	g/m	autocoria
FLACOURTIACEAE										
<i>Banara guianensis</i> Aubl.	r	1	0	1	baga	carnoso	indeiscente	marrom	g/m	zoocoria
GUTTIFERAE										
<i>Rheedia brasiliensis</i> Pl. Et. Tr.	r	0	6	0	drupa	carnoso	indeiscente	amarelo	g/g	zoocoria
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	c	0	3	4	drupa	carnoso	indeiscente	verde	g/g	zoocoria
<i>Tovomita mangle</i> G. Mariz*	r	0	3	4	cápsula	carnoso	indeiscente	vermelho	p/m	zoocoria
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	r	1	0	0	baga	carnoso	indeiscente	marrom	p/p	zoocoria
LAURACEAE										
<i>Cryptocaria</i> sp.	r	1	0	1	drupa	carnoso	indeiscente	-	p/p	zoocoria

Tabela 1. Continuação. Síndromes de dispersão

FAMÍLIA/Espécie	Ocorrência	Borda	Topo	Vale	Tipo de fruto	Consistência do pericarpo	Deiscência	Cor do fruto	Tamanho fr/s ^a	Síndrome de dispersão
<i>Ocotea glomerata</i> (Nees) Mez	c	12	6	0	drupa	carnoso	indeiscente	marrom	p/m	zoocoria
<i>Ocotea oppifera</i> (Ness) Mez	r	0	2	0	drupa	carnoso	indeiscente	marrom	p/m	zoocoria
<i>Ocotea cf. bracteosa</i> (Meissn) Mez	r	0	4	0	drupa	carnoso	indeiscente	marrom	p/m	zoocoria
<i>Ocotea</i> sp.	r	0	4	2	drupa	carnoso	indeiscente	-	-	zoocoria
LECYTHIDACEAE										
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Miers	c	4	6	14	cápsula	seco	deiscente	marrom	g/g	zoocoria
<i>Eschweilera</i> sp.	r	0	2	0	cápsula	seco	deiscente	-	g/g	zoocoria
<i>Lecythis</i> cf. <i>lanceolata</i> /cartaceae Poir	r	0	1	0	cápsula	seco	deiscente	marrom	g/g	zoocoria
<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	c	2	1	4	cápsula	seco	deiscente	marrom	g/g	zoocoria
MALPIGHIACEAE										
<i>Byrsonima crispa</i> A. Juss.	r	3	0	0	drupa	carnoso	indeiscente	vermelho	p/p	zoocoria
<i>Byrsonima sericea</i> A.DC.	c	39	0	0	drupa	carnoso	indeiscente	amarelo	p/p	zoocoria
<i>Byrsonima stipulacea</i> Juss.	c	1	1	1	drupa	carnoso	indeiscente	amarelo	p/p	zoocoria
MELASTOMATACEAE										
<i>Miconia hypoleuca</i> (Benth.) Triana	c	0	1	0	baga	carnoso	indeiscente	vermelho	p/p	zoocoria
<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) A.DC.	r	3	0	0	baga	carnoso	indeiscente	vermelho	p/p	zoocoria
<i>Miconia prasina</i> (SW.) DC.	r	1	0	0	baga	carnoso	indeiscente	vermelho	p/p	zoocoria
MELIACEAE										
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	c	0	0	1	baga	carnoso	indeiscente	amarelo	g/g	zoocoria
MIMOSACEAE										
<i>Ballizia pedicellaris</i> (A.DC.) Barneby & J.W.Grimes	c	0	1	2	legume	seco	deiscente	marrom	g/m	autocoria
<i>Inga blanchetiana</i> Benth.	r	0	0	4	legume	seco	deiscente	marrom	g/m	zoocoria
<i>Inga capitata</i> Desv. v. <i>tenuior</i> Benth	r	5	1	2	legume	seco	deiscente	marrom	g/m	zoocoria
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	r	0	0	1	legume	seco	deiscente	marrom	g/g	zoocoria
<i>Plathymenia foliolosa</i> Benth.	c	2	0	1	legume	seco	deiscente	marrom	g/m	autocoria
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.	c	0	1	1	legume	seco	deiscente	marrom	g/p	autocoria
MONIMIACEAE										
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	r	0	1	1	drupa	carnoso	indeiscente	preto	g/g	zoocoria

Tabela 1. Continuação. Síndromes de dispersão

FAMÍLIA/Espécie	Ocorrência	Borda	Topo	Vale	Tipo de fruto	Consistência do pericarpo	Deiscência	Cor do fruto	Tamanho fr/s ^a	Síndrome de dispersão
MORACEAE										
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	c	1	1	0	drupa	carnoso	indeiscente	marrom	g/g	zoocoria
<i>Brosimum guianensis</i> (Aubl.) Huber	c	4	0	1	drupa	carnoso	indeiscente	marrom	g/g	zoocoria
<i>Brosimum rubescens</i> Tauber	c	0	0	1	drupa	carnoso	indeiscente	marrom	g/g	zoocoria
<i>Brosimum</i> sp.	r	0	4	0	drupa	carnoso	indeiscente	marrom	g/g	zoocoria
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) Rusby	c	0	5	9	baga	carnoso	indeiscente	amarelo	g/p	zoocoria
<i>Sorocea hilarii</i> Gaudchand	r	0	0	1	baga	carnoso	indeiscente	marrom	g/g	zoocoria
MYRISTICACEAE										
<i>Virola gardneri</i> (A.DC.) Warb. *	r	0	5	8	cápsula	carnoso	indeiscente	verde	g/g	zoocoria
MYRTACEAE										
<i>Eugenia magnifica</i> Spring	r	0	0	1	baga	carnoso	indeiscente	amarelo	g/g	zoocoria
<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) A.DC.	c	2	0	2	baga	carnoso	indeiscente	amarelo	p/p	zoocoria
<i>Psidium</i> sp.	r	1	0	1	drupa	carnoso	indeiscente	marrom	g/g	zoocoria
NYCTAGINACEAE										
<i>Pisonia</i> sp.	c	6	0	5	aquênio	seco	indeiscente	-	-	zoocoria
OCHNACEAE										
<i>Ouratea cf. castaneifolia</i> (DC.) Engler	c	0	1	1	drupa	carnoso	indeiscente	-	-	anemocoria
PALMAE										
<i>Euterpe</i> sp.	r	0	1	0	drupa	carnoso	indeiscente	preto	p/p	zoocoria
PAPILIONACEAE										
<i>Andira</i> sp.	r	2	0	0	drupa	carnoso	indeiscente	marrom	g/m	zoocoria
<i>Andira</i> aff. <i>paniculata</i> Benth.	c	0	1	0	drupa	carnoso	indeiscente	marrom	g/m	zoocoria
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	c	16	0	0	vagem	seco	deiscente	marrom	g/m	anemocoria
<i>Pterocarpus violaceus</i> Vogel (Papilion)	c	0	0	3	vagem	seco	deiscente	marrom	g/m	anemocoria
PROTEACEAE										
<i>Roupala</i> cf. <i>rhombifolia</i> Mart.ex. Meisn.	r	1	1	0	cápsula	seco	deiscente	marrom	g/g	zoocoria
RUBIACEAE										
<i>Psychotria sessilis</i> (Vell.) Müll.Arg.	r	0	0	1	drupa	carnoso	indeiscente	amarelo	p/p	zoocoria

Tabela 1. Continuação. Síndromes de dispersão

FAMÍLIA/Espécie	Ocorrência	Borda	Topo	Vale	Tipo de fruto	Consistência do pericarpo	Deiscência	Cor do fruto	Tamanho fr/s ^a	Síndrome de dispersão
RUTACEAE										
<i>Hortia arborea</i> Engl.	r	0	1	0	baga	carnoso	indeiscente	amarelo	g/g	zoocoria
SAPINDACEAE										
<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk. *	c	3	1	0	cápsula	seco	deiscente	marrom	g/g	zoocoria
<i>Cupania revoluta</i> Radlk. *	c	6	0	0	cápsula	seco	deiscente	marrom	g/g	zoocoria
<i>Cupania sp.</i> *	c	0	2	1	cápsula	seco	deiscente	marrom	-	zoocoria
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	r	0	1	0	cápsula	seco	deiscente	marrom	g/g	zoocoria
SAPOTACEAE										
<i>Chrysophyllum splendens</i> Mart.	r	0	3	0	drupa	carnoso	indeiscente	amarelo	g/g	zoocoria
<i>Manilkara rufula</i> (Miq.) H.J. Lam	r	0	0	1	baga	carnoso	indeiscente	preto	g/g	zoocoria
<i>Micropholis sp.</i>	r	0	0	1	baga	carnoso	indeiscente	-	-	zoocoria
<i>Pouteria scytalophora</i> Eyma	r	1	8	12	baga	carnoso	indeiscente	amarelo	g/g	zoocoria
<i>Pouteria sp.</i>	r	0	0	1	baga	carnoso	indeiscente	amarelo	g/g	zoocoria
SIMAROUBACEAE										
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	c	3	4	1	cápsula	seco	deiscente	amarelo	g/g	zoocoria
STERCULIACEAE										
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	r	0	0	1	cápsula	seco	deiscente	preto	g/p	anemocoria
VERBENACEAE										
<i>Aegiphila pernambucensis</i> Moldenke	c	1	0	0	drupa	carnoso	indeiscente	vermelho	p/p	zoocoria
VOCHYSIACEAE										
<i>Vochysia oblongifolia</i> Warm.	c	1	4	4	cápsula	seco	deiscente	marrom	g/g	anemocoria

* Frutos com semente apresentando arilo.

^a Segundo Roosmalen (1985).

Tabela 2. Percentual de espécies e indivíduos arbóreos por síndrome de dispersão e estratificação nos ambientes de borda, topo e vale do fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Síndrome de dispersão	Estratificação na borda			Estratificação no topo			Estratificação no vale		
	Dossel	Emergente	Subbosque	Dossel	Emergente	Subbosque	Dossel	Emergente	Subbosque
Espécies									
Zoocoria	48,5	9,1	27,3	30,4	16,1	12,5	29,8	17,5	14
Anemocoria	6,1	0	3	5,4	1,8	7,1	5,3	7	1,8
Autocoria	3	3	0	3,6	3,6	3,6	5,3	0	3,5
Indivíduos									
Zoocoria	64,5	3,5	14,5	44	10	4,5	37	13	9
Anemocoria	8,5	0	0,5	6,5	1,5	3	4	3	0,5
Autocoria	1	2	0	1	3,5	1	2	0	1

Tabela 3. Número de espécies e indivíduos zoocóricos com frutos e sementes grandes, com frutos pequenos e sementes pequenas e com frutos pequenos e sementes médias, nos estratos dossel, emergente e subbosque nos ambientes de borda (B), topo (T) e vale (V) no fragmento de floresta Atlântica estudado em Alagoas, de Maio/2003-Abril/2005.

Características dos frutos e sementes	Dossel B/T/V	Emergente B/T/V	Subbosque B/T/V
Número de espécies			
Fruto grande com semente grande	7/13/9	2/6/9	1/2/1
Fruto pequeno com semente pequena	13/8/8	0/1/1	0/0/2
Fruto pequeno com semente média	1/4/1	0/1/1	1/1/1
Número de indivíduos			
Fruto grande com semente grande	19/36/36	7/20/30	1/2/1
Fruto pequeno com semente pequena	110/29/15	0/1/4	0/0/2
Fruto pequeno com semente média	12/13/1	0/1/3	3/3/4

RESUMO GERAL

Uma séria ameaça às comunidades vegetais, resultante da fragmentação de habitats, é a criação de bordas em remanescentes florestais. As alterações sofridas nestes ambientes são conhecidas como efeito de borda, e podem causar a perda de espécies e a ruptura de interações planta-animal, como a polinização e a dispersão. O principal objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da criação de bordas em alguns processos ecológicos como a fenologia, a polinização e a dispersão de sementes de uma comunidade arbórea, no maior remanescente de floresta Atlântica ao norte do Rio São Francisco (3375ha), no Centro de Endemismo Pernambuco. Para isto foi estudada a comunidade de árvores ($DAP \geq 10\text{cm}$) ($N=600$ indivíduos) em ambientes de borda, topo e vale do fragmento, avaliando durante dois anos (maio/03-abril/05) os seguintes fatores: (1) o padrão fenológico da comunidade arbórea no interior do fragmento Coimbra; (2) o efeito de borda sobre a fenologia desta comunidade no maior fragmento de floresta Atlântica nordestino; (3) o efeito de borda sobre a guilda de polinizadores e os sistemas sexuais das árvores desta comunidade; (4) as síndromes de dispersão em borda e interior (topo e vale) do fragmento estudado. Para os padrões fenológicos, não houve sazonalidade para a queda de folhas, enquanto a floração e a frutificação foram sazonais, com maior número de indivíduos e espécies apresentando as fenofases na estação seca, especialmente no segundo ano. Houve diferença nos padrões fenológicos entre os ambientes. Na borda foi observada maior atividade reprodutiva, com maior proporção de indivíduos, espécies e maior intensidade das fenofases em relação ao topo ou ao vale do fragmento. Para as síndromes de polinização estudadas, a entomofilia predominou nos três ambientes, destacando-se a melitofilia, seguida pela polinização por diversos pequenos insetos. Depois da entomofilia, os sistemas de polinização mais freqüentes foram a quiropterofilia e a ornitofilia. O sistema sexual predominante foi o hermafrodita, apresentando a maioria das espécies flores pequenas, inconspícuas, de cores claras e ofertando néctar e/ou pólen como recurso. Foi observada diferença significativa para o número de indivíduos nas classes de atributos florais, guildas de polinizadores e sistemas sexuais entre os ambientes, assim como para algumas relações entre os sistemas sexuais, atributos florais e estratificação *vs.* as guildas de polinizadores. A produção de frutos também foi sazonal, com predomínio de frutos carnosos, zoocóricos na estação

chuvosa, e secos, anemo ou autocóricos na estação seca. A síndrome de dispersão predominante foi a zoocoria na borda e no vale, enquanto no topo predominou a autocoria. Drupa foi o tipo de fruto mais freqüente, predominando frutos pequenos com sementes pequenas nas bordas, e frutos grandes, com sementes grandes no interior. Os resultados obtidos indicam que o efeito de borda, neste ambiente, está acarretando a substituição de espécies tolerantes, com frutos e sementes grandes, dispersas por grandes vertebrados, por espécies pioneiras, zoocóricas e de dossel na borda, o que também deve explicar a maior atividade fenológica das espécies e indivíduos nestes ambientes. Além disso, o efeito de borda está interferindo nos sistemas de polinização, através da alteração na composição de algumas espécies, favorecendo populações com sistemas de polinização mais generalistas e expressão sexual hermafrodita, as quais poderiam ser polinizadas por muitos vetores de pólen. Este trabalho é o primeiro relato sobre a situação destes processos ecológicos na paisagem fragmentada da floresta Atlântica nordestina, indicando o grau de fragmentação dos remanescentes ao norte do rio São Francisco, e a necessidade de conservação da área florestada.

Palavras-chave: árvores, dispersão de sementes, efeito de borda, fenologia, floresta Atlântica, guildas de polinizadores, sistemas sexuais, tipos de frutos.

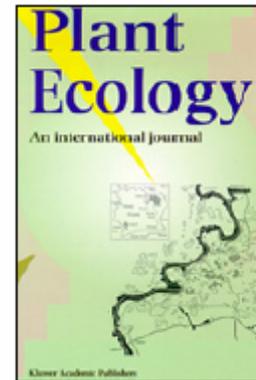
GENERAL ABSTRACT

The creation of forest edges is a serious threat to plant communities, resulting from habitat fragmentation. Suffered shifts in this environment are known as edge effects and can cause species loss and breakdown of plant-animal interactions like pollination and seed dispersal. The main objective of this study was to evaluate the effect of edge creation to some ecological processes like phenology, pollination and seed dispersal in a tree community in the largest Atlantic rainforest remnant north of the São Francisco River (3375 ha), in the Pernambuco Center of Endemism. For that purpose, the tree community (BHD ≥ 10 cm) (n=600) was studied for two years (May 03 – April 05) evaluating the following factors: (1) the phenological pattern of the tree community of the fragment interior; (2) the edge effect on this community; (3) the edge effect on the guild of pollinators and the reproductive systems of the trees of this community; (4) the dispersion syndromes in edge and interior (top and valley) habitats of the fragment.- In terms of phenology, there was no seasonality in leaf shedding, contrarily to flowering and fruiting with higher number of individuals and species showing these phenophases in the dry season, especially in the second year. Between the habitats, the phenological patterns were different. At the edge, a higher reproductive activity with higher proportion of individuals, species and higher intensity was observed, compared with the fragment top or valley. Concerning pollination syndromes, entomophily dominated in the three environments, emphasizing mellitophily followed by pollination by diverse small insects. After entomophily, chiropterophily and ornithophily were the most frequent pollination syndromes. The hermaphroditic reproductive systems dominated, with the majority of the species showing small inconspicuous flowers of light colours and offering nectar and/or pollen as resource. A significant difference was observed between the habitats on the number of individuals in the flower attribute classes, pollinator guilds and reproductive systems, as also on some relations between reproductive systems, floral attributes and stratification vs. pollinator guilds. The fruit production was also seasonal, dominating fleshy, zoochoric fruits in the wet season and dry, auto- and anemochoric fruits in the dry season. Predominating dispersal syndrome at the edge and in the valley was zoochory, whereas autochory prevailed at the top. Drupes were the most frequent fruit type, predominating small fruits with small seeds at the edge and large fruits

with large seeds in the interior. The results demonstrate that the edge effect implicates the substitution of shade tolerant, large-seeded species, dispersed through big vertebrates by pioneer-, canopy-forming and zoochoric species at the forest border, which should also explicate the higher phenological activity of the species and individuals in this environment. Moreover, the edge effect is influencing the pollination systems by changing the species composition favouring populations of more generalistic pollination systems and hermaphroditic sexual expression, which could be pollinated by many pollen vectors. This work is the first report on the situation of these ecological processes in the fragmented landscape of the northeast brazilian atlantic rainforest which indicates the fragmentation degree of the remnants north of the São Francisco river and the exigency of the conservation of the forested area.

Key-words: trees, seed dispersal, edge effect, phenology, Atlantic rain forest, pollinators guilds, sexual systems, fruit types.

ANEXOS



Plant Ecology publishes original articles, short notes and review articles in all fields of terrestrial and aquatic plant ecology. Manuscripts reporting results of descriptive, historical and experimental studies on any aspect of plant physiological, population, community, ecosystem and landscape ecology are solicited as well as manuscripts on ecological theory. *Plant Ecology* also publishes book reviews and notices of scientific meetings. Manuscripts must be in English.

Manuscript submission and correspondence

Manuscripts should be submitted in quadruplicate (an original and three copies) to the:
Editorial Office-Plant Ecology
Springer
P.O. Box 990
3300 AZ Dordrecht
The Netherlands.

All four (4) copies should include all tables and figures. One copy should contain the originals of figures and plates, and its cover page should indicate this by being labeled the original. If the manuscript is not accepted for publication, originals of figures and plates will be returned to the author(s). If possible, an electronic copy of the manuscript on diskette (IBM compatible, using WordPerfect, Wordstar or MS Word) should also be sent. Receipt of manuscripts will always be confirmed.

The name, address, telephone and fax number of the author responsible for correspondence, reprints, etc. should be sent on a separate page or in the cover letter. Names, addresses, and telephone and fax numbers of potential referees for a manuscript may also be submitted in the cover letter. Recommended referees may not have reviewed the manuscript and may not have any personal, institutional, or professional relationship with the author(s). The Editor-in-Chief is under no obligation, however, to use a recommended referee.

Manuscripts are reviewed by members of the Editorial Board, appropriate referees, and the Editor-in-Chief. The final decision to accept or reject a manuscript is made by the Editor-in-Chief. The Editorial Office will inform authors on acceptance, revision, or rejection of manuscripts. Revised manuscripts should be submitted in duplicate (and an electronic copy on disk, if possible) to the Editorial Office within 3 months or else the manuscript will be sent out again for review.

All correspondence concerning submitted manuscripts should refer to the manuscript number and should be sent to the Editorial Office. If the author handling correspondence changes address, the Editorial Office should be notified immediately.

There are no page charges. Papers accepted for publication become copyright of *Springer*.

Manuscript preparation

1. Manuscripts must be typed or printed double-spaced on one side of standard size paper (A4 or 8.5 x 11 inch) with margins of at least 25 mm or 1 inch. All pages including tables and figures should be numbered.

2. Manuscripts should be concise and precise. The CBE Style Manual, available from the AIBS, Washington, D.C., USA, is recommended for stylistic details. Always consult a recent issue of the journal for details on format, sequence of headings and arrangement of the manuscript.

3. The Title and name(s) and address(es) of the author(s) should be placed on the first page of the manuscript. The title should be informative and brief, usually no more than 15 words. Subtitles should be avoided. If an electronic copy of the manuscript is submitted on disk, the name of the file, operating system and word processor used to prepare the manuscript should be indicated on the title page.

Key Words

Up to six Key words should be provided that are not included in the title. They should be placed in alphabetical order at the top of page 2.

Abstract

An Abstract must be included. It should be factual and not exceed 350 words. The Abstract should be placed after the Keywords on the second page of the manuscript.

Main Text

Should start on a new page. For research papers, the text should normally consist of five sections: Introduction, Methods, Results, Discussion and References. Primary headings are left justified and in bold and secondary headings are left justified and in italics. All paragraphs should be indented, except those immediately after a heading. Footnotes should be avoided. The International System of Units (SI) should be used for all measurements.

Nomenclature

The basis for the Nomenclature of taxa and syntaxa used should be indicated in the Methods section as should the latitude and longitude of the study site(s), if appropriate.

Acknowledgments and dedications

Must be placed after the Main text and before the References.

References

References to articles and books should be limited to published work, work in press, or theses and dissertations. Citations in the text should use the following forms: Jones (1990), Smith & Jones (1992) or (Smith *et al.* 1991).

References should be listed in alphabetical order. Names of journals should not be abbreviated. Check the manuscript to make sure that all references are cited and that all citations in the text are included in the References. Also check to make sure that all citations have the correct format.

Formats for citations

Bliss L.C. 1988. Arctic tundra and polar desert biome. In: Barbour M. and Billings W.D. (eds), North American Terrestrial Vegetation. Cambridge University Press, New York, pp. 1-32.

Harper J.L. 1977. The Population Biology of Plants. Academic Press, New York.

Howe H.F. and Smallwood J. 1982. Ecology of Seed Dispersal. Annual Review of Ecology and Systematics 13: 201-228.

Westoby M., Walker B. and Noy-Meir I. 1989. Opportunistic management of rangeland not at equilibrium. Journal of Rangeland Management 42: 266-274.

Appendices

Information too detailed to be included in the main text, for instance a list of areas sampled or technical details of a model, may be presented in appendices. Appendices should be numbered sequentially and placed before the References.

Figures

1. Line drawings should be prepared so that they can be reduced to one column or full page width with text still readable. Author name(s) and figure number should be written in pencil on each figure. Figures should be cited in the text as Fig. 1 or Figs. 1 and 2
2. Figures should be placed after the References (and Appendices, if any) in the manuscript. They should be preceded by the figure legends on a separate page. Indicate in the margins of the manuscript where figures should be placed.
3. Photographs should be supplied as black-and-white high contrast glossy prints.

Tables

Tables must be on separate pages, double spaced and numbered sequentially. The tables should be prepared so that they can be printed in one column or full page width. Tables should be submitted at the end of the manuscript. Indicate in the margins of the manuscript where tables should be placed.

Scientific names

Scientific names of genera and species should be given in full with authority when they are cited for the first time. If species names occur repeatedly in the text the genus name may be abbreviated or, if no confusion arises, only the genus name may be used. Common names should not be used.

Formulae

Formulae should be presented in the text. Complicated formulae should be collected and presented as a figure in camera-ready appearance. Mathematical derivations should be kept to a minimum and put in an appendix.

Italics

Italics should be used for secondary headings, scientific names of taxa (genus and lower) and syntaxa, algebraic expressions and symbols in formulae. If italics can not be printed, text to be set in italics can be indicated by underlining it once. Bold text, i.e., primary headings, can be indicated by underlining it twice if it cannot be printed.

Page proofs

Page proofs are sent to the author(s) together with the manuscript. The corrected proofs, together with the manuscript, should be returned to the Editorial Office without delay. Instructions for proof correction will be included with the proofs.

Reprints

Fifty free reprints of each paper will be provided. Additional reprints can be ordered from the Publishers on the order form accompanying the proofs.

Book reviews

Submit books and monographs to be reviewed to the Book Review Editor (see list of members of the Editorial Board for address). Anyone who wishes to review books for Plant Ecology should send a curriculum vitae and brief description of their area of expertise to the book review editor.

Springer Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer now provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springers online platform SpringerLink. To publish via Springer Open Choice, upon acceptance please visit www.springeronline.com/openchoice to complete the relevant order form and provide the required payment information. Payment must be received in full before publication or articles will publish as regular subscription-model articles. We regret that Springer Open Choice cannot be ordered for published articles.



Instructions to Authors

► [Author Style Guide](#)

Instructions to Authors -- updated: December 2005

Acceptable Manuscripts

The submission rate for *Conservation Biology* continues to grow, and a large number of manuscripts is handled each year. Given the immutable laws of mathematics, this means less time can be spent on each paper, and many papers must be rejected. But many of the manuscripts received (approximately 25-35%), although of high quality, clearly are not appropriate for this journal and simply waste the time of the authors and the editorial staff. Consequently, greater self-culling is desirable. Here are some types of papers that we typically do not publish unless they have some additional features that argue for their inclusion:

- autecological studies of single species or groups of species;
- purely descriptive studies that do not address any particular conservation question;
- status and trend reports of species, regardless of how dire their conditions might be;
- geographic patterns of genetic diversity in a species, with no larger conservation or genetics question addressed;
- reports on species distributions and declines;
- studies that do not have a conservation question at the core.

Furthermore, species endangerment by itself does not qualify a paper as appropriate for this journal; there should be more substantive content than a descriptive analysis of an endangered species. Before submitting a paper, authors should ask themselves whether the work transcends the particular species or system. Does it address larger conservation questions? If so, are these questions the core of the paper or simply contained in a final couple of paragraphs that discuss "conservation implications?" Authors should ask themselves if there is much of a chance that a person in a different field or different part of

the world might be interested in reading their paper. If only a few specialists are likely to read it then it probably belongs in a more specialized or regional journal.

Manuscript Categories

Conservation Biology accepts submittals for the following categories of manuscripts. Number of words includes *all text* from the Abstract through the Literature Cited; it does not include tables or figure legends. Manuscripts that significantly exceed the word count will be *returned without review*.

1. Contributed Papers (approximately 3000 to 7000 words). Typical papers reporting research projects.
2. Research Notes (no more than 3000 words). Shorter, sometimes more preliminary research papers.
3. Review Articles (no more than 7500 words). Comprehensive reviews of a particular topic.
4. Essays (no more than 7000 words). Analytical papers that are more speculative and less documented than research papers.
5. Conservation in Practice (no more than 5000 words). Papers that relate experiences in the application of conservation principles to problem solving.
6. Conservation and Policy (no more than 2500 words). Papers that address the intersections and relationships of conservation science with appropriate policy issues.
7. Comments (no more than 2000 words). Refers to material previously published in this journal, and usually written as a critique or follow up.
8. Diversity (no more than 2000 words). Short opinion pieces.
9. Letters to the Editor should be short (<1000 words). Communications regarding topics of immediate interest to readers, including observations on controversial subjects, on previously published papers, or on other items of note.
10. Book Reviews are by invitation. All book review manuscripts and communications about book reviews should be sent directly to the book review editor.

Note that the submittal rate to *Conservation Biology* is increasing, competition for journal space is intense, and criteria for acceptance are strict. Many manuscripts submitted are not appropriate for *Conservation Biology*. See comments above under "Acceptable Manuscripts."

Manuscript Submission and Specifications (please follow exactly)

All manuscripts must be submitted electronically as Microsoft Word for Windows attachments to an email message. They must be in proper format for a Microsoft Windows or DOS operating system computer. Files written on an Apple Macintosh system must first be converted to Windows format. All figures must be readable by Word and embedded at the end of the manuscript or submitted together in a separate attachment in one TIFF or EPS file. Tables must be included within the Word document, not as separate attachments. They should follow the Literature Cited and precede Figure Legends. A cover letter (stating the intended manuscript

category) should be attached as a separate Word file. Do not use zipped files unless absolutely unavoidable. There should be, at most, three attachments to your submittal email: a cover letter, a manuscript, and possibly a separate file containing figures. Entitle each with the last name of the first author, followed by the content (e.g., SmithLetter.doc or SmithManuscript.doc). The body of the email may be left blank or indicate that a manuscript is being submitted. The subject line should be "Manuscript Submittal." Submit electronic manuscripts to manuscripts@conbio.org (Do NOT send copies to our other email addresses.). Only manuscripts should be submitted to that address; all other correspondence with the editorial office should go to mflagg@conbio.org. If technological limitations prevent submitting a manuscript electronically, you may prepare the manuscript as above and mail an appropriate medium (3.5" diskette, Zip disk, or CD) to Gary Meffe, Editor, *Conservation Biology*, Wildlife Ecology and Conservation, Newins-Ziegler, Box 110430, University of Florida, Gainesville, FL 32611-0430, U.S.A.

The *Conservation Biology* "Style Guide for Authors" contains detailed information on how to write and format a paper for *Conservation Biology*. The document is available on this Web site. Please adhere to its specifications and the following important points. Use ragged right margins as opposed to justified right margins, and clearly delineate paragraphs by indenting the first line. Avoid large blank spaces (such as between sections), and do not use footnotes. Metric measurements must be used unless English measurements are clearly more appropriate, in which case metric equivalents must be given in parentheses. Statistical terms and other measures are to conform to *Scientific Style and Format: the CBE Manual for Authors, Editors, and Publishers*, sixth edition. Spelling should follow the *Webster's Third International Dictionary*, and other style points should follow *The Chicago Manual of Style*, fifteenth edition. We discourage the use of acronyms in the text unless they are absolutely necessary. Pages, including tables, should be numbered at the bottom. Do not number figure pages. . Manuscripts must be in English; U.S. rather than British spelling should be used. We encourage authors whose first language is not English to have a native English speaker edit the paper before submission. A cover page should include the title of the paper, a running head (a shortened version of the title of less than 40 characters), a list of 5 to 8 key words or phrases, word count (all text from Abstract through Literature Cited but not tables or figure legends), authors' addresses at the time the research was conducted and present address(es) including street address (and zip plus four if address is U.S.), and the name and complete mailing address and email of the person to whom correspondence and proofs should be sent.

Abstracts

Each Contributed Paper, Research Note, Review, Essay, or Conservation in Practice article should have an abstract of no more than 300 words (200 for a Research Note). The abstract should state concisely the goals, methods, principal results, and major conclusions of the paper (i.e., should be a "miniversion" of the paper). Incomplete and uninformative descriptions (e.g., "a new method of analysis is given") are not acceptable. Acronyms are not permitted in the abstract. Do **not** provide a Spanish translation of the abstract.

Citations, Tables, and Figures

Literature citations in the text should be as follows: (Buckley & Buckley 1980*b*; Pacey 1983). Reference strings

should be in chronological order (oldest first). Do not cite unpublished material in Literature Cited (a submitted manuscript is not published and should be cited only in the text as "unpublished data"). The Literature Cited section must be double-spaced. For abbreviations and additional details consult the BIOSIS List of Serials, the *CBE Manual*, and recent issues of *Conservation Biology*. Tables must be double-spaced, without vertical rules, and should not duplicate any material in the text or figures. All tables are to have complete but brief headings, be on separate pages, and be numbered consecutively within the text following Literature Cited. Figures and photographs should each be on a separate page. Computer-generated graphics must be of very high quality, with sharp, black lines and lettering of a size suitable for reduction. Line drawings should be done in India ink. Lettering should be uniform among the figures. **All figures and lettering should be capable of 66-50% reduction without loss of clarity or legibility.** Figure legends should be typed double-spaced together on a separate page just before the figures. The combined number of supporting elements (figures and tables) in a manuscript should not exceed a ratio of one element per four pages of text (including Literature Cited).

Additional Submittal Information

Authors are encouraged to provide the names, addresses, and emails of up to four persons qualified to review the manuscript, who have no close working relationships with the authors. The identity of reviewers will be kept confidential unless they choose to be revealed. Authors who are not sure whether their manuscript is suitable for *Conservation Biology* may send an Abstract to the editor via email (gmeffe@conbio.org) for preliminary evaluation. Include the abstract in the body of the message, not as an attachment.

Policy on Duplicate Publication of Research Results

Submission of a manuscript to *Conservation Biology* implies that it has not been published previously and is not being considered for publication elsewhere. At the time of submission, authors must describe in a cover letter any data, figures, or text in the manuscript that have been used in other papers that are published, in press, submitted, or soon to be submitted elsewhere. If any of the data in the manuscript have been included in other published or unpublished manuscripts, the legend of each table or figure reporting such data should cite those manuscripts. All manuscripts and authorships are expected to conform to the SCB member code of ethics, available on this Web site.

Page and Color-Printing Charges

Voluntary page charges will be assessed for each paper accepted for publication. Rates are \$150 per page for those with grant or institutional support for publication costs and \$50 per page for those without support who are willing to pay at this reduced rate. Page charges will be waived for those who will sign a statement to the effect that they have neither institutional support for publication costs nor can they afford \$50 per page. An author's ability to pay will in no way influence whether his or her paper will be accepted for publication. Do not include page charge information in your correspondence with the editor. There is a nonwaivable US\$1400 per page charge for color figures. Submittal of color figures should be accompanied by a statement in the cover letter recognizing the charges for color and acknowledging an ability to pay.

Reviewing Page Proofs

The copyediting of *Conservation Biology* is done through the publisher, Blackwell Publishing. Typeset proofs, however, are NOT checked word for word; thus, **it is the responsibility of the primary author of each paper to review copyedited manuscript and page proofs carefully for accuracy of citations, formulae, etc., and to check for omissions in the text.** It is imperative that the author do a prompt, thorough job of reviewing proofs. It is in the author's power to save himself or herself and the journal the embarrassment of having to explain mistakes that could have been avoided.

Gary K. Meffe, *Editor*

Conservation Biology

updated December 2005

Annals of Botany Information for Authors

Instructions to Authors

Introduction

Experimental, theoretical, descriptive and applied papers on all aspects of plant science are welcome. To merit publication in *Annals of Botany*, contributions should be substantial and combine originality of content with potential general interest. The manuscript or its essential content, must not have been published previously or be under consideration for publication elsewhere. Standard research papers (ORIGINAL ARTICLES) should not normally exceed ten printed pages (each page holds approximately 1000 words or 40–50 references). REVIEWS submitted speculatively should have fewer than 24 printed pages. SHORT COMMUNICATIONS and TECHNICAL NOTES should not exceed six printed pages. Short opinion papers (VIEWPOINT) will also be considered. INVITED REVIEWS (up to 24 pages) and BOTANICAL BRIEFINGS (up to 6 pages) are published by invitation only.

Manuscripts should be prepared in English as described below. Submission should be electronic (see **Formatting and Submitting a Paper for Peer Review** for details) preferably as a single consolidated document submitted on disc or as an e-mail attachment. After satisfactory peer review by at least two experts and, if necessary, following receipt of a suitably revised manuscript, authors will be asked for a final electronic version that is technically distinct from the submitted version and thus suitable for reproduction in the Journal.

Authors pay no fees or page charges and receive a free copy of the issue of the Journal in which their paper appears. Authors also receive 25 reprints of their article without charge and a unique URL that gives access to the Journal's PDF (Portable Document Format) file of their article. Colour plates and graphics are also printed without charge where their use enhances scientific content or clarity.

[Back to Start](#)

Preparing Content

(Always consult a recent issue of *Annals of Botany*)

Text must be typed using size 12 Times New Roman or Courier, double-spaced throughout and with no less than 25 mm margins on all sides. All pages should be numbered sequentially. Each line of the text should also be numbered, with the top line of each page being line 1.

The **first page** of a submitted article should contain (i) full title of the manuscript, (ii) full name, postal address, telephone and fax numbers and e-mail address of the corresponding author to be used during manuscript evaluation and processing, (iii) number of figures, (iv) number of tables, (v) number of words in the abstract and (vi) number of words in the remaining text (excluding tables).

The **second page** should comprise: (i) a concise and informative full title; (ii) names of all authors each followed by an identifying superscript number (^{1,2,3}, etc.) with the corresponding author's name also followed by a superscript asterisk*; (iii) institutional address of each author preceded by the relevant superscript number; (iv) a running heading of not more than eight words; (v) e-mail address of the corresponding author.

The **third page** should contain a structured **Abstract** not exceeding 300 words made up of bulleted headings as follows for ORIGINAL ARTICLES:

- *Background and Aims*
- *Methods*
- *Key Results*
- *Conclusions*

Alternative bulleted section headings, such as 'Aims', 'Scope' and 'Conclusions', are acceptable for REVIEWS, INVITED REVIEWS,

BOTANICAL BRIEFINGS, TECHNICAL NOTES and VIEWPOINT papers.

The Abstract should be followed by up to 12 **Key words** that include the complete botanical name(s) of any relevant plant material. If many species are involved, species groups should be listed instead. Note that essential words in the title should be repeated in the key words since these, rather than the title, are used in some electronic searches. **Title**, **Abstract** and **Key words** should be self-explanatory without reference to the remainder of the paper.

The **fourth and subsequent pages** should comprise the remaining contents of the article. ORIGINAL ARTICLES and SHORT COMMUNICATIONS will usually have the structure INTRODUCTION, MATERIALS AND METHODS, RESULTS, DISCUSSION, ACKNOWLEDGEMENTS and LITERATURE CITED followed by a list of captions to any figures, any tables and finally the figures themselves. Each table should have a caption at the top and should start on a new page. Each figure should be on a separate page and be numbered (e.g. Fig. 2). Results should not include extensive discussion and should not appear in both graphical and tabular form. The Discussion should avoid repeating the results and must finish with conclusions.

Abbreviations are discouraged *except* for units of measurement, standard chemical symbols (e.g. S, Na), names of chemicals (e.g. ATP, Mes, Hepes, NaCl, O₂), procedures (e.g. PCR, PAGE, RFLP), molecular terminology (e.g. bp, SDS) or statistical terms (e.g. ANOVA, s.d., s.e., *n*, *F*, *t*-test and *r*²) where *these are in general use*. Other abbreviations should be spelled out at first mention and all terms must be written out in full when used to start a sentence. Abbreviations of scientific terms should not be followed by a full stop. Use the minus index to indicate 'per' (e.g. m⁻³, L⁻¹, h⁻¹) except in such cases as 'per plant' or 'per pot'.

Units of Measurement. Use the *Système international d'unités* (SI) wherever possible. If non-SI units have to be used, the SI equivalent should be added in parentheses at first mention. For units of volume, expressions based on the cubic metre (e.g. 5 x 10⁻⁹ m³, 5 x 10⁻⁶ m³ or 5

x 10⁻³ m³) or the litre (e.g. 5 µL, 5 mL, 5 L) are acceptable, but one or other system should be used consistently throughout the manuscript. Typical expressions of concentrations might be 5 mmol m⁻³, 5 µM (for 5 µmol L⁻¹), or 5 mg L⁻¹. The Dalton (Da) or more conveniently the kDa, is a permitted non-SI unit of protein mass.

Names of plants must be written out in full (*Genus, species*) in the abstract and again in the main text for every organism. The authority (e.g. L., Mill., Benth.) is not required unless it is controversial. Guidance for naming plants correctly is given in The International Plant Names Index (<http://www.ipni.org/index.html>) and in *The Plant Book: a Portable Dictionary of the Vascular Plants* (1997) by D.J. Mabberley (Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 0521 414210 0). After first mention, the generic name may be abbreviated to its initial (e.g. *A. thaliana*) except where its use causes confusion. Any cultivar or variety should be added to the full scientific name e.g. *Lycopersicon esculentum* 'Moneymaker' following the appropriate international code of practice. For guidance, refer to *International Code for Nomenclature of Cultivated Plants* (1995) edited by P. Treharne, C. D. Brickell, B. R. Baum, W. L. A. Hetterscheid, A.C. Leslie, J. McNeill, S.A. Spongberg. and F. Vrugtman (Wimborne: Quarterjack Publishing. ISSN 0800-0694. ISBN 0-948117-01-X). Once defined in full, plants may also be referred to using vernacular or quasi-scientific names without italics or uppercase letters (e.g. arabidopsis, dahlia, chrysanthemum, rumex, soybean, tomato). This is often more convenient.

Items of **Specialized Equipment** mentioned in MATERIALS AND METHODS should be accompanied by details of the model, manufacturer, and city and country of origin.

Numbers up to and including ten should be written out unless they are measurements. All numbers above ten should be in numerals except at the start of sentences. **Dates** should be in the form of 10 Jan. 1999, and **Clock Time** in the form of 1600 h.

Mathematical equations must be in proper symbolic form; word

equations are not acceptable. Each quantity should be defined with a unique *single character* or symbol together with a descriptive subscript if necessary. Each subscript should also be a *single character* if possible, but a short word is permissible. For example, a relationship between plant dry mass and fresh mass should appear as $M_d = 0.006M_f^{1.461}$, where M_d is plant dry mass and M_f is plant fresh mass; and not as $DM = 0.006FM^{1.461}$. The meaning of terms used in equations should be explained when they first appear. Standard conventions for use of *italics* only for variables should be followed: normal (Roman) font should be used for letters that are identifiers. Thus in the above example, M is the *variable quantity* of mass, the subscripts d and f are identifiers for dry and fresh respectively.

Special note regarding Equation Editor and other software for presentation of mathematics. Symbols and equations that are imported into Word documents as embedded objects from other software packages are generally incompatible with typesetting software and have to be re-keyed as part of the proof-making process. It is therefore **strongly advisable** to type symbols and equations directly into Word wherever possible. Importing from other software should ideally be confined to situations where it is essential, such as two-line equations (i.e. where numerators and denominators cannot be set clearly on a single line using "/") and to symbols that are not available in Word fonts. This will minimize the risk of errors associated with re-keying.

Summary statistics should be accompanied by the number of replicates and a measure of variation such as standard error or least significance difference. Analysis of variance is often appropriate where several treatments are involved. Presentation of an abridged ANOVA table is permissible when its use illustrates critical features of the experiment.

Chemical, biochemical and molecular biological nomenclature should be based on rules of the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) and the International Union of Biochemistry and

Molecular Biology (IUBMB)

(<http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/jcfn/>). Chapter 16 of *Scientific Style and Format. The CBE Manual for Authors, Editors, and Publishers 6th edn.*, by Edward J. Huth (Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 0-521-47154-0) gives useful guidelines.

Sequence information. Before novel sequences for proteins or nucleotides can be published, authors are required to deposit their data with one of the principal databases comprising the International Nucleotide Sequence Database Collaboration: EMBL Nucleotide Sequence Database (<http://www.ebi.ac.uk>), GenBank (<http://www.psc.edu/general/software/packages/seq-intro/genbankfile.html>), or the DNA Data Bank of Japan (<http://www.ddbj.nig.ac.jp>) and to include an accession number in the paper. Sequences matrices should only be included if alignment information is critical to the paper; they can be in colour but should not occupy more than one printed page. Larger matrices will only be printed by special agreement but may more readily be published electronically as **Supplementary Information** (see below).

Gene nomenclature. Species-specific rules on plant gene nomenclature are available for:

maize (http://www.agron.missouri.edu/maize_nomenclature.html),

rice

(<http://www.shigen.nig.ac.jp/rice/oryzabase/basic/geneName.shtml>),

wheat (<http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/wgc/98/>) and

arabidopsis (<http://www.arabidopsis.org/links/nomenclature.html>).

The website of The Commission on Plant Gene Nomenclature

(<http://mbclserver.rutgers.edu/CPGN/>) may also be helpful. Otherwise, *Annals of Botany* adopts the following conventions for abbreviations:

lowercase italics for mutant genes (e.g. *Rp-etr1*); italicized capitals (e.g. *Le-ACO1*) for wild-type genes; upright lower-case for proteins of mutated genes (e.g. Le-adh1), and upright upper-case for proteins of wild-type genes (e.g. At-MYB2). It may often be helpful to readers if the names of genes or gene families are spelled out in full at first mention.

Citations in the text. These should take the form of Bray (2003) or Jacobsen and Forbes (1999) or (Williamson and Watanabe, 1987; Rodrigues, 2002*a, b*) and be ordered chronologically. Papers by three or more authors, even on first mention, should be abbreviated to the name of the first author followed by *et al.* (e.g. Ioanidis *et al.*, 2002). If two different authors have the same last name, give their initials (e.g., NH Kawano, 2003) to avoid confusion. Only refer to papers as 'in press' if they have been accepted for publication in a named journal, otherwise use the terms 'unpubl. res.' (e.g. H Gautier, INRA, Lusignan, France, unpubl. res.) or 'pers. comm.' (e.g. WT Jones, University of Oxford, UK, pers. comm.).

The **LITERATURE CITED** should be arranged alphabetically based on the surname of the first or sole author. Where the same sole author or first author has two or more papers listed, these papers should be grouped in year order. Where such an author has more than one paper *in the same year*, these should be ordered with single authored papers first followed by two-author papers, and then any three-author papers etc. If a further level of alphabetical ordering is needed this should be based on the first letter of the surnames of co-authors. Italicised letters '*a*', '*b*', '*c*', etc., should be added to the date of papers with the same authorship and year.

Each entry must conform to one of the following styles according to the type of publication.

Books

Nobel PS. 1999. *Physicochemical and environmental plant physiology,*

2nd edn. San Diego: Academic Press.

Chapters in books

Scandalios JG. 2001. Molecular responses to oxidative stress. In: Hawkesford MJ, Buchner P, eds. *Molecular analysis of plant adaptation to the environment*. Dordrecht: Kluwer, 181-208.

Research papers

Popper ZA, Fry SC. 2003. Primary cell wall composition of bryophytes and charophytes. *Annals of Botany* **91**: 1–12.

Theses

Fiorani F. 2001. *Leaf growth of contrasting Poa species*. PhD Thesis, University of Utrecht, The Netherlands.

Anonymous sources

Anonymous. Year. *Title of booklet, leaflet, report, etc.* City: Publisher or other source, Country.

On-line references should be structured as: **Author(s) name, author(s) initial(s). year.** *Full title of article.* Full URL. Date of last successful access (e.g. 12 Jan. 2003)

Acknowledgements and Appendix. In the Acknowledgements please be brief. 'We thank . . .' (not 'The present authors would like to express their thanks to . . .').

If elaborate use is made of units, symbols and abbreviations, or a detailed explanation of one facet of the paper seems in order, further details may be included in a separate APPENDIX placed after the LITERATURE CITED.

Figures and Tables. Only scientifically necessary illustrations should be used. **Half-tone and colour images** must be clear and sharp. **Colour**

images are encouraged and printed without charge where they enhance significantly the clarity of the scientific information. Line diagrams must be of high black on white contrast, and boxed with inward scale markings. Use of colour in line diagrams is also permitted where it enhances clarity significantly. Use open and/or closed circles, squares and triangles for symbols in line graphs. Height and width should be chosen for either single or double column reproduction and grouping of related graphics is encouraged. Note that graphs and diagrams may be edited by the publisher to ensure a consistent house style and should be proof read by authors. Electron and light photomicrographs should have internal scale markers. When a block of illustrative material consists of several parts, they should be labelled A, B, C, etc. and not treated as separate figures. The best guides for laying out **tables** and **diagrams** are papers in a recent issue of *Annals of Botany*. When preparing tables, adopt the 'Tables' set-up in Microsoft Word, using one cell for each datum cluster (e.g. 12.2 ± 1.65) and avoid the use of the 'return' key.

Supplementary Information

Large amounts of additional information can be submitted for publication electronically as **Supplementary Information** provided that it is *not* essential for a basic understanding of the main paper. Supplementary material will be refereed along with the core paper. At appropriate positions in the text authors should indicate what details are available followed by the words **[Supplementary Information]** in bold and between square brackets. Special arrangements will need to be made with the Editorial Office to handle videos (e.g. giving access to the URL of a web site where this can be viewed). Videos should be created for viewing in a widely available program such as Windows MediaPlayer. A short paragraph describing the contents of any **Supplementary Information** should be inserted immediately before acknowledgements.

[Back to Start](#)

Formatting and Submitting a Paper for Peer Review

All submissions should be in electronic form except by prior

arrangement. **Two methods** for doing this are described below. Each submission should be accompanied by a **Covering Letter** formatted in Microsoft Word (file type DOC) or in Rich Text Format (file type RTF). The letter should include contact details of the corresponding author, the title and authorship of the paper, and should state if the paper is a first submission or a re-submission. Names and contact details (including e-mail addresses) of up to three referees can be suggested provided that they are not institutional colleagues, former students or recent collaborators. However, the Journal fully retains the right to select referees of its own choosing.

Method 1. Formatting and submitting a consolidated electronic document

Papers should be prepared as a *single* consolidated file in Microsoft Word that contains all text, tables and figures. This will require that figures are inserted after the text, using the 'Insert-Picture' or the appropriate 'Select', 'Copy' and 'Paste' functions to position illustrative material into previously created blank pages. TIFF files are recommended. PowerPoint presentations can be inserted into the Word file *after* conversion to individual TIFF files. If you can, convert the consolidated document into a PDF file using Acrobat Distiller or the free Adobe on-line PDF creator (<http://www.adobe.com>) or other PDF-creation program, after embedding Asian and other fonts. If you are unable to create a PDF, the Editorial Office will convert your consolidated Word file to a PDF prior to peer review.

The consolidated document can be sent to the Editorial Office (annals-botany@bristol.ac.uk) as an e-mail attachment provided the total file size does not exceed 5 MB. A second file containing the covering letter must accompany it. Alternatively, the consolidated document and covering letter can be sent on a disc (3.5 inch floppy, CD-ROM or Zip disc) suitable for PCs. Discs should be clearly labelled with the name of the corresponding author and posted to Annals of Botany Editorial Office, School of Biological Sciences, University of Bristol, Woodland Road, Bristol BS8 1UG, UK, using an accelerated postal service where

appropriate.

If there is no electronic version available for a figure or photograph please inform the Editorial Office by e-mail and post a hard copy that is suitable for scanning.

Method 2. Conventional electronic submission

If submission of a consolidated document is not possible we can accept a conventional PC-compatible electronic version prepared and submitted as follows. Prepare (i) the covering letter as a Microsoft Word or Rich Text Format file (ii) the text sections *including all tables and figure legends* as a Microsoft Word or RTF file, (iii) any continuous tone images as TIFF or JPG files at approx. 300 dpi, (iv) any graphics as TIFF, GIF or JPEG files. Where possible, combine similar graphics into one file. Mac files should only be submitted in a form that is PC-readable. The electronic files can be submitted as an e-mail attachment to annals-botany@bristol.ac.uk (maximum size 5 MB) or on a disc (floppy, CD-ROM or Zip disc) and posted to: Annals of Botany Editorial Office, School of Biological Sciences, University of Bristol, Woodland Road, Bristol BS8 1UG, UK, using accelerated delivery service where appropriate. Discs should be clearly labelled with the name of the corresponding author. Normally, we do not require printed copy.

If electronic submission is not possible please contact the Editorial Office so that special arrangements can be made.

[Back to Start](#)

Review Process

The Editorial Office acknowledges receipt of the manuscript by e-mail, provides a reference number and identifies the Editor to whom the manuscript has been assigned. Manuscripts considered suitable for peer review are sent to at least two outside referees. We give referees a target of two weeks for the return their reports and the option of refereeing openly or confidentially. Currently (2002) approximately 55 %

of peer reviewed papers are accepted. Authors are asked to revise provisionally accepted articles within four weeks.

[Back to Start](#)

Preparing an Accepted Paper for Production

On final acceptance of a suitably revised article, the corresponding author is informed by e-mail and asked to prepare an electronic version suitable for production purposes (see below) and also asked to complete a **Licence to Publish Form** (see **Formal Statement**). In addition, authors will be asked to prepare a 60-word summary of their paper and attach an accompanying 'thumbnail' illustration, in colour. Both will be used in the **ContentSnapshots** feature that appears in the front of each issue.

For production purposes, the corresponding author is asked to supply an electronic version on disc (floppy, CD-ROM or Zip disc) within one week of final acceptance. Discs should be posted to: Annals of Botany Editorial Office, School of Biological Sciences, University of Bristol, Woodland Road, Bristol BS8 1UG, UK. Alternatively, the paper may also be sent as an e-mail attachment to annals-botany@bristol.ac.uk provided the attachment is smaller than 5 MB. A hard copy of each figure should also be sent to the Editorial Office to ensure that electronic images are reproduced accurately.

Text and tables should be in the form of a PC-readable Microsoft Word or RTF file. Use of other word processing packages may delay publication. Unfortunately, desktop publishing files and LaTeX files cannot be used for production. Please use Times New Roman or Courier. Text, figure legends and all tables should be collected together in one file.

Image files should be saved separately for each figure or plate. Black and white line drawings and graphs should be supplied as 1200 dpi Encapsulated PostScript (EPS) or TIFF files. For continuous tone images, please supply as TIFF, JPG or GIF files at 300 dpi (or 600 dpi if the

image is a mix of pictures and text and/or has thin lines). Colour figures should be in CMYK. Each file should be identified with the allocated manuscript number and an appropriate descriptor (e.g. 05-521fig2.jpg). All images should be submitted at approximately the size they would appear in the Journal after any surrounding space has been removed. Figures containing several parts should be consolidated into one file wherever possible. Scaling, sizing and cropping are best carried out within image handling programs such as Adobe PhotoShop or Corel PhotoPaint. Please do not supply photographic images as PowerPoint files as these are generally of poor resolution. PowerPoint may be used to illustrate the layout and labelling of such figures, but separate TIFF, JPG or GIF files should be supplied as detailed above.

Pictures on the front cover. Authors of accepted papers are invited to submit a colour photograph or diagram for possible display on the front cover along with a short description summarizing the subject (30 words max.). The picture should be sharp, of good contrast and be related to the content of the submitted paper, however, it need not be duplicated in the paper itself. The image should preferably be sent in electronic form as a TIFF, JPG or GIF file at 300 dpi. However, prints or transparencies (returnable) are also acceptable provided they are of scannable quality. Authors of selected material will receive a copy of the cover illustration and a complimentary copy of the relevant issue of the Journal.

[Back to Start](#)

Production and Publication

On receipt of a satisfactory production version, the title of the paper, authorship and hot-linked e-mail address of the corresponding author will be posted on the Annals of Botany web site under **AOBFirstAlert**. This is readily accessible from the Journal's home page (<http://www.aob.oupjournals.org>) by both subscribers and non-subscribers.

Authors will receive PDF proofs by e-mail attachment approximately 4-6

weeks after acceptance. Corrected proofs should be returned within 24 h. Adobe Acrobat Reader will be needed to read the PDF proof and is downloadable without charge from: <http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>. Authors should pay special attention to **equations and figures** since these are usually re-keyed or re-drawn by the publisher.

At this stage, authors will be invited to order reprints and extra single copies of the issue in which the article will appear. Reprints may be ordered in paper form, as a unique URL that gives access to the Journal's PDF file of their article, or in a combination of these forms.

Publication and printing process

Once corrected proofs have been received and checked, the paper is posted on the web site approximately six weeks ahead of print under **AOBPreview**. Each article is identified by a unique DOI (Digital Object Identifier), a code that can be used in bibliographic referencing and searching. The DOI and date of electronic publication in **AOBPreview** are also printed in the normal fully paginated monthly issue. This will appear on line and in print during the week preceding the start of the month of issue. The dates of submission, first return for revision, final acceptance and date of electronic publication of each article are printed on each paper when published in its final form.

The corresponding author will receive a free copy of the printed issue in which their paper appears together with 25 free printed copies of their article and a free URL that gives access to the article PDF. These items are normally dispatched within seven days of publication of the printed journal.

[Back to Start](#)

Formal Statement

Authors or their employers retain copyright on articles published in *Annals of Botany*. However, it is a condition of publication in the Journal

that authors or their employers grant an exclusive licence to the Annals of Botany Company by completing and signing the **Licence to Publish Form**. This ensures that requests from third parties to reproduce articles are handled efficiently and consistently and allows the article to be disseminated as widely as possible. The Licence permits authors to use their own material in other publications provided that the Journal is acknowledged as the original place of publication and that the Annals of Botany Company is notified in writing and in advance.

Papers are published on the understanding that the work is free of plagiarism, that all authors have agreed to publication in *Annals of Botany* and that those contributing substantially to the work have been appropriately acknowledged or given co-authorship. The official publication date is the date on which the paper is first posted electronically on the web site. This date will normally be when the paper appears in *AOBPreview*. If a paper is not posted in *AOBPreview*, the date of publication is the date of first appearance in a fully paginated print or electronic monthly issue.

Flora – Instructions to Authors

1. FLORA publishes regular articles and reviews, the latter solicited by the editors. Only contributions will be accepted which have not been published previously.

Manuscripts should be submitted in triplicate to the Editor-in-chief: Prof. Dr. Rainer Lösch, Abt. Geobotanik, Universitätsstr. 1/26.13, D-40225 Düsseldorf, Germany, e-mail: loesch@uni-duesseldorf.de. In cases with difficult postage connections, manuscript submission may occur also in form of an e-mail attachment. An electronic file of the text (by preference in "Word" under "Windows") should be delivered after manuscript acceptance; it is not needed to add it earlier. Correspondence between authors and editor occurs by preference via e-mail.

2. Copyright. Please refer to the Copyright Notice in this issue.

3. The manuscript will be reviewed by two referees, at least one of them being a Flora Editorial Board member. Decision about acceptance of a manuscript is based upon these reviews.

4. Manuscripts should be written in English or German; publication in English is recommended. Publication in French or Spanish is possible in exceptional cases by appointment of the editor-in-chief. Authors not using their mother tongue are strongly advised to have the text reviewed by a native speaker before submission. Manuscripts should be submitted in final form and prepared in accordance with the journal's accepted practice, form and content. Manuscripts should be checked carefully to exclude the need for corrections in proof. They should be typed doublespaced throughout, on one side of the paper only and with wide margins.

5. The first page (title page) should contain the full title of the paper, the full name(s) and surname(s) of the author(s), name of laboratory where the study was carried out, and the address (incl. e-mail) of the author(s).

6. Each manuscript must be preceded by an English title and an English abstract which presents briefly the major results and conclusions of the paper. In case of not-English-written papers this summary must be more extensive as normal and may be as long as maximally 1 ½ printed pages. Immediately following the abstract, up to six English key words should be supplied indicating the scope of the paper. Legends of figures and tables must be given also in English in the case of non-English papers.

7. Papers should be written as concise as possible; as a rule, the total length of an article must not exceed 10 printed pages; exceptions are possible only upon explicit consent of the editors.

The main portion of the paper should preferably be divided into four sections: Introduction, Materials and methods, Results, and Discussion, followed by Acknowledgements (if necessary) and References. Each section and sub-section must bear a heading.

8. Text marking: Names of Authors should not be written in capitals. Scientific names up to the genus are to be written in italics or underlined with a wavy line (*Viola alba* subsp. *alba*); plant community names are not to be printed in italics (*Seslerietum*, but *Sesleria-slope*). The SI-System of units must be used wherever possible.

9. The beginning of a paragraph should be indented. The section "References", captions for illustrations and tables will be printed in small print (petit).

10. Each table should be typed on a separate sheet of paper resp. on a separate page of a file. Tables should be numbered consecutively in Arabic numerals, e.g. "Table 1, Table 2", etc., and attached to the end of the text. Tables should be supplied with headings, kept as simple as possible.

11. Figures (including photographic prints, line drawings and maps) should be numbered consecutively in Arabic numerals, e.g. "Fig. 1, Fig. 2", etc. and attached to the text after the tables. Legends for figures should be listed consecutively on a separate page.

Plan all figures to suit a column width of 7.9 cm or a page width of 16.7 cm. Figures, in particular photographs, may be combined to a maximum plate size of 16.7 cm x 22.0 cm.

Figure number, desired reduction scale and author's name should be written in pencil on the back of the respective figure.

Submit illustration files separately from text files. Files for full color images must be in a CMYK color space. All illustration files should be in TIFF or EPS formats. Journal quality reproduction will require greyscale and color files at resolutions yielding approximately 300 dpi. Bitmapped line art should be submitted at resolutions yielding 600-1200 dpi.

12. Photographs should be black-and-white, high-contrast, sharp glossy prints of the original negative and in a square or rectangular format.

Free colour reproduction. If, together with your accepted article, you submit usable colour figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in colour on the web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in

colour in the printed version. Colour figures can be printed only if the costs are covered by the author (€ 450.00 for first colour page, € 350.00 for every following colour page). For further information on the preparation of electronic artwork, please see www.elsevier.com/locate/authorartwork.

Magnification of microphotographs should be indicated by a scale bar. Inscriptions, marks, and scale bars should preferably be drawn neatly in black ink in an appropriate size on the face of the illustrations. When several pictures are used to produce a single plate, please ensure that they fit each other in size, are of equal contrast, and that they correspond to the caption in number and description.

13. Line drawings (incl. maps) should be large enough in all their details to permit a suitable reduction. Important points to note are thickness of lines, size of inscriptions, size of symbols, adequate spacing of shaded and dotted areas. Line drawings must be submitted as black drawings on white paper. If computerplotted they must have laser-print quality. If traditionally drawn the originals must be prepared with Indian ink according to the established methods of technical drawing.

14. Figures and tables should always be mentioned in the text in numerical order. The author should mark in the margin of the manuscript where figures and tables are to be inserted.

15. When quoting references in the text, the following format should be used: Meyer (1999) resp. (Meyer, 1999), Meyer and Smith (1995) resp. (Meyer and Smith, 1995) or Meyer et al. (1990) resp. (Meyer et al., 1990). Several papers by the same author(s) published in the same year should be differentiated in the text, and in the list of references, by a, b, c following the year of publication. "et al." should be used in the text in the case of more than two authors. Quotations of references from different authors within one pair of brackets must be separated by semicolons, commas are to be put between the years of publication of papers of the same author: (Meyer, 1992, 1999; Meyer and Smith, 1995; Jones et al., 1998a, b).

References should be listed alphabetically. Listings of several works by the same author should be grouped in chronological order. Then, papers of this author each with another one will follow according to the alphabetical order of the second author names, papers with three and more authors ("et al." in the text) will then be arranged again in the chronological order. The style to be used is shown in the following examples:

a. Papers published in periodicals:

Akhalkatsi, M., Wagner, J., 1996. Reproductive phenology and seed development of *Gentianaella caucasica* in different habitats in the Central Caucasus. *Flora* 191, 161-168.

Zotz, G., Patiño, S., Tyree, M.T., 1997. CO₂ gas exchange and the occurrence of CAM in tropical woody hemiepiphytes. *J. of Exp. Biol.* 192, 143-150.

b. Books:

Takhtajan, A., 1959. *Die Evolution der Angiospermen*. G. Fischer, Jena.

c. Papers published in multi-author books:

Mathes, U., Feige, G.B., 1983. Ecophysiology of lichen symbiosis. In: Lange, O.L., Nobel, P.S., Osmond, C.B., Ziegler, H. (Eds.), *Physiological plant ecology II. Responses to the chemical and biological environment*. Encyclopedia of plant physiology. New Series, vol. 12C, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, pp. 423-467.

The titles of books and papers in periodicals should always be quoted completely and exactly. Titles of periodicals should be abbreviated according to the usual rules listed e.g. in the *World List of Scientific Periodicals* or in *Biological Abstracts*. The number of the volume should be given in Arabic numerals.

16. When papers are cited which were originally published in languages which use alphabets other than Latin (e.g. Russian Cyrillic etc.), then the author, title of the paper and the periodical name itself must be transliterated using standards like ISO 1 or ISO 2 (cf. *Taxon* 30: 168-183).

17. FLORA is produced directly in page set. Consequently the author only receives the final page proofs for checking and approval. *Extended corrections are not more possible at this stage.*

18. Publication of an article of normal size and without color photographs in FLORA is free of charge to the author(s). In exchange, the Copyright of the article is transferred to the publisher. However, the author(s) will be free to use single figures or tables of the article in subsequent own work. 30 reprints of each paper will be supplied free of charge. Authors who pay for printed colour figures will be sent another 50 free off-prints. Additional reprints can be purchased. The order must be placed when the proofs are received and should be sent directly to the publisher. Until publication of the print edition, corrected proofs will be available at online first (www.sciencedirect.com).