

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Biociências
Campus de Rio Claro

Natalia Costa Soares

**VARIAÇÃO INTRA-ESPECÍFICA NA FENOLOGIA DE
ESPÉCIES DE SUB-BOSQUE DE FLORESTA ATLÂNTICA E SUA
RELAÇÃO COM VARIÁVEIS MICROAMBIENTAIS**

RIO CLARO - SP
JUNHO - 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Biociências
Campus de Rio Claro

Natalia Costa Soares

**VARIAÇÃO INTRA-ESPECÍFICA NA FENOLOGIA DE
ESPÉCIES DE SUB-BOSQUE DE FLORESTA ATLÂNTICA E SUA
RELAÇÃO COM VARIÁVEIS MICROAMBIENTAIS**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do *Campus* de Rio Claro da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciências Biológicas – Área Biologia Vegetal.

Orientadora: Profa. Dr. L. Patrícia C. Morellato

RIO CLARO - SP
JUNHO - 2011

Natalia Costa Soares

**VARIAÇÃO INTRA-ESPECÍFICA NA FENOLOGIA DE ESPÉCIES DE SUB-
BOSQUE DE FLORESTA ATLÂNTICA E SUA RELAÇÃO COM
VARIÁVEIS MICROAMBIENTAIS**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do *Campus* de Rio Claro da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciências Biológicas – Área Biologia Vegetal.

Comissão Examinadora

Dr. Leonor Patrícia Cerdeira Morellato

Dr. Flávio Nunes Ramos

Dr. Sergius Gandolfi

Rio Claro, 29 de Abril 2011

Agradecimentos

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa (processo 2006/ 61759-0) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento e Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Mestrado concedida.

Ao Instituto Florestal de São Paulo e à administração do Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar por permitirem a realização de minha pesquisa em áreas do Parque.

À Universidade Estadual Paulista (UNESP / *Campus* Rio Claro) que através do Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Área Biologia Vegetal) e de todos os professores, alunos e funcionários colaborou na complementação de minha formação como Bióloga.

À Prof. Dr. L. Patrícia C. Morellato pela confiança, orientação, apoio e, principalmente, pela oportunidade de continuar trabalhando e aprendendo com a fenologia das plantas e em um lugar tão maravilhoso e especial como Picinguaba. Muito obrigada Patrícia!!!

Ao Prof. Dr. Marco Antônio P. L. Batalha (Universidade Federal de São Carlos) pela ajuda fundamental em uma das análises estatística e ao Prof. João Aurélio Pastore por confirmar a identificação taxonômica de uma das espécies.

Aos membros da banca avaliadora Prof. Dr. Flávio Nunes Ramos (Universidade Federal de Alfenas) e Prof. Dr. Sergius Gandolfi (Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz” / USP) pelas correções e ótimas sugestões.

Aos meus amigos Msc. André C. Rochelle, Msc. Eduardo Athayde, Dr. Luis Fernando Alberti, Msc. M^a Gabriela de Camargo e Msc. Julieta Genini pelos ensinamentos, reflexões e auxílios essenciais com as análises estatísticas.

À minha família, pais e irmãos, pela confiança, apoio e por toda a atenção que me deram durante todo o tempo que permaneci ausente e tão distante de casa. Sem o apoio de vocês seria impossível realizar meu trabalho com tanta dedicação e carinho. Muito Obrigada! Amo vocês!

Ao meu leal amigo Valdir Lamim-Guedes que através desse mundinho pequeno me indicou como ajudante de campo no trabalho de doutorado da Eliana e, sem saber, me presenteou com a oportunidade de trabalhar em Picinguaba.

À Eliana Gressler por permitir ser durante mais de um ano sua ajudante de campo, por me apresentar a LINDA Serra do Mar e muitos dos encantos de Picinguaba e arredores, pela amizade, confiança e por toda ajuda desde o incincho. Obrigada Li!!!

Agradeço especialmente ao meu fiel ajudante de campo João Antônio de Oliveira, pessoa que caiu do céu e que me auxiliou durante a maior parte do meu trabalho de campo. Agradeço à ajuda incondicional, a amizade, as boas conversas no campo e a boa companhia nas festinhas do Puruba, sempre acompanhadas de comidinhas gostosas feitas pela esposa Sílvia e de divertidas conversas com o gracioso netinho José. E claro, agradeço ainda pelas caronas na “Perua Velha”, ou como dizia Sr. Zé Pedro, na “Ferrugem”. Valeu João!!! Agradeço ainda ao Manoel, Paulinho (da pós) e Sandra do Puruba que me auxiliaram também no trabalho de campo.

A todos os moradores do bairro Fazenda da Caixa (Ubatuba, SP), especialmente, a bela família de Sr. Zé Pedro que esteve sempre presente, com um sorriso no rosto, muitas vezes cedendo um espacinho de suas casas para nossos equipamentos de medição. E, em especial, agradeço a Sr. Zé Pedro que, como ele mesmo dizia, me deixou ocupar parte do buraco deixado pela Eliana em seu coração. Obrigada Sr. Zé, pelas conversas sempre agradáveis e cheias de histórias engraçadas, pela proteção e por todo o carinho dedicado a mim e a floresta.

Aos funcionários da Pousada Betânia: Mayr e Eliane; Edvaldo, Dos Anjos e filhos, Pedro, Michel, Leninha e Manoel. Obrigada por toda ajuda durante as hospedagens em Picinguaba.

Aos amigos que fiz em Picinguaba, Bete Canela, Cristiane (Cris), Lorena (Lori), Maurício (Mao), Nívea e Vinícius. Em especial, a Bete Canela, pelo carinho e divertidos passeios em Paraty, e a Lori, pela bela amizade e conversas sempre agradáveis no campo e na pousada, pelas caronas, e pela boa companhia na praia e nas cervejinhas. Obrigada! A companhia de vocês tornou a Serra do Mar ainda mais bonita para mim.

À Carolina Potascheff (Cá) e a Cíntia Vilanova (Vila) que me receberam com todo carinho, abrindo as portas da alegre “Araribá” para uma mineirinha perdida em Rio Claro. Agradeço pela enorme amizade e atenção, pela boa companhia e ótimas conversas, pelas risadas e festinhas em casa e por todo o carinho que a mim dedicaram! À Cá agradeço ainda pelas “caronas” para Picinguaba. Beijo flores!

Aos meninos da Rep. Madrugas (Demorô, Paquito, Tertúlio e Zequinha) pela boa e divertida amizade e ajuda na lavação das roupas de campo. Santa máquina de lavar!!!

Gostaria de agradecer também a todos os amigos do Programa de Pós-graduação que conheci e me apaixonei aos pouquinhos. Sem dúvida este trabalho não seria o mesmo sem as pessoas especiais que estiveram ao meu lado durante sua realização. Obrigada especial aos queridos: Aline Feistler, Camila Kissman, Carol Potas (Cá), Henrique Tozzi, Leonardo Biral, Mayra Eichemberg, Paulo Souza e Shirley Martins.

Aos queridos amigos e companheiros do Laboratório de Fenologia, especialmente, Alberti, Brú, Gabi, Eliana, Juli, Milene, Nathy, Nara, Paulinha e Van, e aos agregados André Guaraldo e Éville Karina. Obrigada pelos ensinamentos, pelas histórias e conhecimentos compartilhados, pela boa amizade e pela sempre agradável companhia. Valeu pessoal!!! À Gabi e ao Alberti meu agradecimento ainda mais especial pelas ajudas fundamentais, mesmo no finalzinho corrido de análises e correções.

Agradeço ainda aos amigos e irmãos de casa, Leonardo Cancian (Léo loiro), Gabi e Nathy Miranda pela boa companhia, amizade e compreensão, principalmente durante esta fase final de trabalho. Agradeço especialmente à Gabi por toda ajuda profissional e pessoal e pela bela amizade que eu nem esperava encontrar em Rio Claro. Sem querer, arranjei uma nova irmã.

Por fim agradeço à Floresta mais linda e encantadora que já conheci e à inesquecível oportunidade de compreender um pouquinho da complexa e exuberante Mata Atlântica.

Muito Obrigada!!!

Resumo

Variação intra-específica na fenologia de espécies de sub-bosque de Floresta Atlântica e sua relação com variáveis microambientais - Fatores abióticos, como a umidade relativa, temperatura e luz, influenciam o estabelecimento, desenvolvimento e reprodução das espécies vegetais florestais. Entretanto é necessária a coleta de parâmetros estruturais, microclimáticos e microambientais para a caracterização dos ambientes nos quais as plantas se desenvolvem. Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar a influência de fatores do microambiente na resposta fenológica de espécies vegetais componentes do sub-bosque de floresta Atlântica, em Ubatuba, SP. Procuramos responder as seguintes perguntas: i) As plantas de sub-bosque podem ser agrupadas em relação aos ambientes de luz: borda natural, clareira e interior sombreado da floresta?; ii) Existem variações intra-específicas na fenologia das espécies de sub-bosque de Floresta Atlântica de acordo com o ambiente de luz em que foram agrupadas?; iii) A intensidade das respostas fenológicas (número de estruturas reprodutivas produzidas) está relacionada aos locais de luz?; iv) Outras condições microclimáticas, como temperatura e umidade relativa, e microambientais, como a densidade da vegetação, também influenciam a fenologia das espécies? Para tanto a fenologia e a produção de estruturas reprodutivas de quatro espécies abundantes do sub-bosque foram acompanhadas de janeiro de 2009 a abril de 2010. Indivíduos foram selecionados em ambientes previamente determinados como borda natural (beira de rio), clareira e interior de floresta atlântica. Medidas periódicas das variáveis microclimáticas (temperatura, umidade relativa, PAR) e microambiental (abertura do dossel) próximas aos indivíduos amostrados foram realizadas. Medidas estruturais (CAS, CAP, altura total, altura da copa em relação ao solo e tamanho da copa) e de caracterização do microambiente (altura do dossel, densidade vertical, distância para o rio e/ou clareira, distância para o coespecífico e indivíduo mais próximo) foram realizadas. Os indivíduos foram agrupados através da análise K-médias e os dois grupos obtidos diferenciados por Análise de Componentes Principais (PCA). Testes de Mann-Whitney foram utilizados na comparação da produção máxima e das variáveis microclimáticas e microambientais observados em cada grupo. A fenologia foi avaliada pela porcentagem de indivíduos nas fenofases e pela produção total mensal de flores e frutos. A ocorrência de sazonalidade e a diferenciação das datas médias de início e pico das fenofases foi avaliada através da estatística circular. Os índices de sincronia populacional (Z) e individual (Xi) foram calculados e testes de Kolmogorov-Smirnov utilizados na comparação da fenologia dos grupos. Através de regressões múltiplas stepwise a produção máxima dos indivíduos de *Ouratea*, *Piper*, *Psychotria* e *Cabralea* foi relacionada às variáveis estruturais, microclimáticas e microambientais. A relação entre produção e luz local foi ainda analisada por Correlações de Spearman. A análise de K-médias agrupou os indivíduos de *Ouratea*, *Piper*, *Psychotria* e *Cabralea*

em dois grupos: G1(interior) e G2 (borda), principalmente, em função do microambiente de luz. A fenologia reprodutiva foi relacionada principalmente à estação superúmida, seguindo o padrão descrito na literatura para Floresta Atlântica. A fenologia de *Ouratea*, *Piper*, *Psychotria* e *Cabralea* foi explicada basicamente por características estruturais dos indivíduos, e por variáveis microclimáticas e microambientais relacionadas direta ou indiretamente à luz local. A produção de botões florais de *Piper* e *Cabralea* esteve correlacionada positivamente aos ambientes mais próximos a fonte de luz (rio ou clareira). Características do microambiente das plantas, principalmente luz, são importantes para a descrição e compreensão da fenologia de espécies do sub-bosque florestal.

Abstract

Phenological intraspecific variation of Atlantic Forest understory species and its relation to microenvironmental variables - Abiotic factors such as humidity, temperature and light influence the establishment, development and reproduction of forest plant species. However, it is necessary to collect structural, microclimatic and microenvironmental parameters to characterize the environments in which plants grow. In this context, this study evaluated the influence of the microenvironment in the phenological response of understory plant species components of the Atlantic Forest in Ubatuba, São Paulo State. We tried to answer the following questions: i) Can the understory species be grouped in relation to natural edge, gaps and interior microenvironments? ii) Do exist intraspecific variations in the phenology of understory species of Atlantic forest in accordance with the light environment in which they were grouped? iii) Do the intensity of phenological responses (number of reproductive structures produced) related to local conditions of light?; iv) Do other microclimatic (such as temperature and relative humidity) and microenvironmental (density vegetation) conditions also influence the phenology of species? The phenology and reproductive structures production of four abundant species of the understory were followed from January 2009 to April 2010. Individuals were selected in environments previously determined as natural edge (riverside), gap and interior. We performed periodic measurements of microclimatic (temperature, relative humidity and PAR) and microenvironmental variables (canopy openness) near the sampled individuals. Structural measures (CAS, CAP, plant height, crown height from the ground and crown size) and microenvironment characterization (canopy height, understory vertical density, distance to the river and/or gap, and distance to closer conspecific individual) were performed. Individuals were grouped by K-means analysis and the two obtained groups differentiated by Principal Component Analysis (PCA). Mann-Whitney tests were used in the comparison of the maximum production, microclimatic and microenvironmental variables of each group. Phenological patterns were assessed by the percentage of individuals in each phenophase and monthly total fruit and flowers production. The occurrence of a seasonal pattern and the comparison of the onset and peak mean dates of both groups were assessed by circular statistics. The population (Z) and individual (Xi) synchrony indexes were calculated and the Kolmogorov-Smirnov tests used to compare the phenology of each group. Using multiple stepwise regression the maximum production of individuals of *Ouratea*, *Piper*, *Psychotria* and *Cabralea* was related to structural, microclimate and microenvironment variables. The relationship between light and production was analyzed by Spearman correlations. K-means analysis grouped the individuals of *Ouratea*, *Piper*, *Psychotria* and *Cabralea* into two groups: G1 (interior) and G2 (edge), mainly due to the microenvironment of light. The reproductive phenology was related mainly to the superhumid season, agreeing with the pattern described in the literature for the Atlantic Forest. The phenology

of *Ouratea*, *Piper*, *Psychotria* and *Cabralea* was basically explained by structural characteristics of individuals and microclimatic and microenvironmental variables directly or indirectly related to the local light. Flower buds production of *Piper* and *Cabralea* were positively correlated to the short distances from environments with high light. Characteristics of the microenvironment, mainly light conditions, are important to describe and understand the phenology of species in forest understory.

Sumário

Agradecimentos

Resumo

Abstract

1. Introdução -----	1
2. Material e Métodos -----	6
2.1. Área de estudo -----	6
2.2. Espécies estudadas -----	6
2.3. Fenologia -----	8
2.4. Caracterização do microclima e luz -----	9
2.5. Análise de dados -----	10
3. Resultados -----	15
3.1. Definição dos grupos -----	15
3.2. Caracterização das espécies -----	16
3.3. Fenologia das espécies nos grupos interior (G1) e borda (G2) -----	16
3.4. Comparação dos grupos -----	22
4. Discussão -----	25
4.1. Agrupamento das plantas nos ambientes -----	25
4.2. Fenologia e variação entre ambientes de interior (G1) e borda natural (G2) -----	26
4.3. Relação entre a resposta fenológica e o ambiente -----	28
5. Referências bibliográficas -----	31
6. Figuras -----	40
7. Tabelas -----	49
8. Apêndices -----	59

1. Introdução

A fenologia estuda a época de ocorrência de fenômenos naturais recorrentes e sua relação com o clima (van Vliet & Groot 2004). A fenologia vegetal avalia a relação entre o período de ocorrência, duração e amplitude de eventos do ciclo de vida (e.g. floração, frutificação) de uma ou mais espécies de plantas, e a temperatura, umidade e fotoperíodo, bem como, fatores bióticos (Rathcke & Lacey 1985, Newstrom *et al.* 1994). O acompanhamento dos ciclos reprodutivos de plantas é importante para a compreensão da variação temporal de recursos disponíveis para polinizadores (Gentry 1974, Opler *et al.* 1976), dispersores, frugívoros (Morellato & Leitão-Filho 1992) e herbívoros (Aide 1992, 1993).

Alguns fatores abióticos como disponibilidade de água, luz, quantidade de CO₂ e componentes minerais são considerados limitantes para a produtividade vegetal (van Schaik *et al.* 1993). Assim, uma variação sazonal significativa em qualquer um destes recursos pode agir como força seletiva para a fenologia das espécies (van Schaik *et al.* 1993). Em regiões tropicais, a disponibilidade de luz e de chuva são os fatores climáticos frequentemente apontados como condutores da sazonalidade fenológica (Wright & van Shaik 1994, Borchert 1998, Borchert *et al.* 2002).

Estudos em áreas de climas sazonais relacionam a produção de flores, frutos e folhas às variações anuais de precipitação e temperatura, bem como à ocorrência dos períodos de seca (Janzen 1967, Frankie *et al.* 1974, Borchert 1998). Por sua vez, Morellato *et al.* (2000) sugerem que em ambientes pouco sazonais, como o de Floresta Pluvial Atlântica, a variação no comprimento do dia explica melhor os padrões fenológicos das espécies arbóreas do que a pequena variação na pluviosidade.

Dentro do ambiente heterogêneo de florestas, principalmente tropicais, vários microclimas podem coexistir, e o conhecimento desses microclimas é indispensável para a compreensão da dinâmica e funcionamento da comunidade vegetal (Richards 1972). Espécies do dossel ou

encontradas no centro de grandes clareiras vivem sob condições muito similares aquelas do clima geral. Espécies do sub-bosque, entretanto, são muito influenciadas por seus vizinhos próximos, principalmente devido à interceptação da água das chuvas e da luz pelas copas de espécies do dossel, e por isso estão expostas a condições microclimáticas diversificadas (Richards 1972). Bordas naturais e clareiras são ambientes comuns em florestas e apresentam microclimas distintos dos observados no interior mais sombreado (Richards 1972). Diferenças na temperatura e umidade do ar, temperaturas do solo e, principalmente, na luz são encontradas para os microambientes de borda e clareira (Matlack 1993, Kapos *et al.* 1997, Denslow 1980, Chazdon & Fetcher 1984). A fenologia das espécies, principalmente aquelas de sub-bosque, pode ser influenciada pelas condições microclimáticas distintas encontradas nos microambientes florestais (eg. Kato & Hiura 1999, Restrepo *et al.* 1999, Burgess *et al.* 2006, Alberti 2007).

Em ambientes naturais de floresta, espécies vegetais estão expostas a diferentes condições de luz, muito variáveis durante e entre os dias (Chazdon 1988). A luz pode variar consideravelmente no perfil vertical da floresta dentre os distintos estratos (herbáceo, arbustivo e arbóreo) (Keeling & Phillips 2007). Há também grande variabilidade horizontal no padrão de irradiância (Keeling & Phillips 2007), tendo sido relatado em florestas tropicais uma penetração de apenas 1-2% do total de irradiância incidente em ambientes sombreados, sub-bosque, a 20-35% do total de irradiância em locais mais abertos, como o centro de grandes clareiras (Chazdon & Fetcher 1984).

Irradiância ou luz é o fluxo incidente de energia radiante em uma determinada área ou superfície, por unidade de tempo (Taiz & Zeiger 2004, Gandolfi 2000). Seu conhecimento é necessário quando se deseja relacionar o efeito da luz à resposta das plantas e é mais confiável quando medido em unidade de fluxo de fótons (Gandolfi 2000). A densidade de fluxo de fótons, por sua vez, é definida como a medida da quantidade de fótons (*quanta*) incidentes por unidade de área, por unidade de tempo, sendo a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (PPFD) referente à radiação fotossinteticamente ativa (PAR) (400-700nm) (Taiz & Zeiger 2004).

A avaliação dos distintos ambientes de luz presentes em um ecossistema florestal é parte fundamental para um melhor conhecimento da dinâmica deste habitat, bem como, das espécies vegetais que o compõem (Gandolfi 2000). Grande parte da luz que alcança o ambiente mais baixo das florestas é difusa, tendo sido refletida por folhas e superfícies do caule ou transmitida através das folhas das árvores componentes do dossel antes de alcançar a copa das espécies do sub-bosque (Walsh 1996). Portanto, as espécies do sub-bosque florestal recebem a maior parte da sua radiação fotossinteticamente ativa (PAR) na forma de luz difusa (e.g Chazdon 1986, Chazdon & Fetcher 1984, Walsh 1996). Quando comparada às espécies componentes do dossel, espécies de sub-bosque ficam expostas a uma menor sazonalidade na radiação luminosa, o que pode influenciar a sua resposta fenológica (van Schaik *et al.* 1993), bem como sua atividade fotossintética (Chazdon & Fetcher 1984, Chazdon & Pearcy 1991).

Quantidades mínimas de luz direta (“sun flecks”) podem ser importantes para as espécies de sub-bosque (Chazdon & Pearcy 1991, Walsh 1996). Pequenas variações na luz incidente teriam um grande efeito sobre o ganho de carbono dos indivíduos de sub-bosque quando comparado a indivíduos encontrados em grandes clareiras, nas quais a atividade fotossintética pode ser próxima ou equivalente ao valor máximo durante quase todo o dia (Chazdon & Fetcher 1984).

A luz tem grande influência na ecologia das plantas, especialmente em sua fenologia, onde o comprimento do dia e a insolação têm sido considerados os principais fatores definindo a época e sincronia reprodutiva das plantas (Wright & van Schaik 1994; Morellato *et al.* 2000). Entretanto, poucos estudos relacionam a irradiância em ambientes florestais com os padrões reprodutivos e de crescimento das espécies. Montgomery e Chazdon (2002) demonstram que algumas espécies vegetais não respondem somente a mudanças drásticas na disponibilidade de luz, como na abertura de grandes clareiras, mas também a variações da luz em uma escala menor dentro do ambiente heterogêneo dos ecossistemas florestais.

Dentre as florestas tropicais, a Floresta Atlântica constitui a segunda maior área de floresta úmida da América do Sul, sendo inferior apenas ao vasto domínio da Amazônia (Morellato &

Haddad 2000, Oliveira-Filho & Fontes 2000). Juntamente com seus ecossistemas associados o bioma abrangia originalmente uma área correspondente a 13% de todo o território brasileiro (aproximadamente 1,1 milhão de quilômetros quadrados) (Ministério do Meio Ambiente, 2009). No entanto, devido ao acelerado processo de destruição ambiental, principalmente ao longo das últimas três décadas, as áreas florestais estão hoje reduzidas a menos de 8% de sua extensão original, tendo sofrido severas alterações dos ecossistemas, principalmente relacionadas à perda e fragmentação de seus habitats (Fundação SOS Mata Atlântica & INPE 2002). Apesar deste cenário de devastação, a floresta Atlântica ainda abriga uma parcela significativa da biodiversidade brasileira (Fundação SOS Mata Atlântica & INPE 2002, Ministério do Meio Ambiente 2009).

A Floresta Atlântica *sensu stricto* (Oliveira-Filho & Fontes 2000) é composta por dois tipos vegetacionais principais: floresta Atlântica Chuvosa (floresta ombrófila densa) ou floresta costeira, e floresta Atlântica Semidecídua ou floresta tropical sazonal (Morellato & Haddad 2000), sendo a diferenciação florística, entre os tipos, relacionada aos regimes de chuvas aos quais estão submetidos (Oliveira-Filho & Fontes 2000).

Respostas fenológicas significativamente sazonais e correlacionadas com o comprimento do dia e temperatura são relatadas para espécies arbóreas de Floresta Atlântica Pluvial do sudeste do Brasil, sob clima pouco sazonal (Morellato *et al.* 2000). Porém, são desconhecidas as respostas das espécies de floresta Atlântica às variações locais de irradiância, especialmente para espécies de sub-bosque ou ao longo da estratificação florestal.

Neste contexto o presente trabalho tem por objetivo estudar se ocorrem variações intra-específicas na fenologia vegetativa e reprodutiva de quatro espécies de sub-bosque de floresta Atlântica (*Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* (Vell.) Mart. (Meliaceae), *Psychotria nuda* (Cham & Schl.) Wawra (Rubiaceae), *Piper cf. permucronatum* Yunck (Piperaceae) e *Ouratea verticillata* (Vell.) Engl. (Ochnaceae)) relacionadas a luz natural do ambiente em que se desenvolvem.

Pretendemos responder as seguintes questões: i) As plantas de sub-bosque podem ser agrupadas em relação aos ambientes de luz: borda natural, clareira e interior sombreado da

floresta?; ii) Existem variações intra-específicas na fenologia das espécies de sub-bosque de Floresta Atlântica de acordo com o ambiente de luz em que foram agrupadas?; iii) A intensidade das respostas fenológicas (número de estruturas reprodutivas produzidas) está relacionada à luz local?; iv) Outras condições microclimáticas, como temperatura e umidade relativa, e microambientais, como a densidade da vegetação, também influenciam a fenologia das espécies? Esperamos que a distribuição e a fenologia das espécies de sub-bosque sejam influenciadas pelos distintos ambientes de luz da floresta (borda, clareira e interior) ocorrendo diferenças fenológicas intra-específicas principalmente relacionadas às condições locais de irradiância onde cada indivíduo é encontrado.

2. Material e Métodos

2.1. Área de estudo

Este trabalho foi realizado no Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), Núcleo Picinguaba, norte do município de Ubatuba, SP (44°50'W e 23°20'S) (figuras 1A e 1B). O PESM abrange uma área de aproximadamente 8000 ha sendo o Núcleo Picinguaba o único a incluir planícies de restinga e manguezais (Sanchez *et al.* 1999). O estudo foi desenvolvido em uma área de floresta Atlântica de encosta às margens do rio da Fazenda onde foi conduzido um estudo fenológico da comunidade vegetal (Gressler 2010) (Figuras 1B e 2).

O clima da região de Ubatuba é classificado como tipo Af, tropical úmido ou chuvoso, com chuvas ao longo de todo o ano (Köppen 1948), e a vegetação como Floresta Ombrófila Densa Baixo Montana (Veloso *et al.* 1991) ou Floresta Pluvial Atlântica (Oliveira-Filho & Fontes, 2000). O clima médio (1979 – 2008) apresenta precipitação e temperatura de 2.512mm e 22,6°C na região de Ubatuba, respectivamente (figura 3), com duas estações: uma mais quente e superúmida, de outubro a abril, com maior temperatura média em fevereiro (26,2 °C) e precipitação média mensal superior a 230mm; e uma estação mais fria e menos úmida, de maio a setembro, com a menor temperatura média mensal ocorrendo em julho (18,3 °C) e a precipitação média mensal inferior a 180mm (figura 3). Os dados climatológicos, coletados na Estação Experimental de Ubatuba, SP, foram obtidos junto ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC).

De janeiro de 2009 a abril de 2010, período deste estudo, a região de Ubatuba apresentou uma temperatura média de 23,2°C, com máxima de 27,3°C em fevereiro/2010 e mínima de 18°C em junho/2009. A precipitação anual (2009) foi de 3208mm, com mínima de 86,3mm em junho e máxima de 713,7mm em dezembro de 2009 (figura 4).

2.2. Espécies estudadas

Foram selecionadas quatro espécies abundantes no sub-bosque da floresta, frequentes tanto às margens do rio da Fazenda quanto no interior da floresta Atlântica: *Cabrlea canjerana* subsp.

canjerana (Vell.) Mart. (Meliaceae), *Psychotria nuda* (Cham & Schl.) Wawra (Rubiaceae), *Piper* cf. *permucronatum* Yunck (Piperaceae) e *Ouratea verticillata* (Vell.) Engl. (Ochnaceae).

Cabralea canjerana subsp. *canjerana* (Meliaceae) (apêndice B) é uma espécie dióica, de hábito arbóreo ou arbustivo, e alturas que variam de 1,5 (dados deste trabalho – apêndice G) a 40m (Pennington 1981; Barreiros & Souza 1986). É a única do gênero encontrada no Brasil, havendo três subespécies representantes: *canjerana*, *polytrica* e *selloi* (Barreiros & Souza 1986). A subespécie *canjerana* é a de maior distribuição geográfica, restrita a áreas de florestas e matas de galerias do leste da Bahia até o Rio Grande do Sul. Devido a sua ampla distribuição apresenta populações e/ou formas locais (variedades) mais diversificadas em comparação a *polytrica* e *selloi* (Barreiros & Souza 1986), ocorrendo, por exemplo, uma ampla variação na altura dos indivíduos. Na área de estudo a espécie ocorre no sub-bosque com alturas entre 1,5 e 7,5m (apêndice G).

Rubiaceae e Piperaceae estão entre as famílias mais abundantes dos sub-bosques de florestas neotropicais (Gentry & Emmons 1987, Laska 1997). Os gêneros *Psychotria* e *Piper* são bem representados tanto em número de espécies componentes como em abundância de indivíduos no sub-bosque de florestas neotropicais (Laska 1997) e constituem, respectivamente, um importante recurso para aves e morcegos frugívoros (Almeida & Alves 2000; Bizerril & Raw 1998; Thies & Kalko 2004).

Psychotria nuda (Rubiaceae) (apêndice B) é uma espécie de arbusto ou arvoreta, muito ramosa, característica e exclusiva de Floresta Ombrófila Densa de Encosta Atlântica (Delprete *et al.* 2005). Apresenta alturas de 1,5 a 5m (Delprete *et al.* 2005) e está entre as espécies mais representativas no sub-bosque da floresta estudada (Gressler 2010). A espécie é distílica, havendo diferenciação entre morfotipos florais, brevístilos e longístilos, quanto à posição das anteras na base da corola e ao comprimento dos filetes (Jung-Mendaçolli 1999).

Piper cf. *permucronatum* (Piperaceae) (apêndice A) é uma espécie herbácea, hermafrodita, de flores muito pequenas, que apresenta na área estudada indivíduos reprodutivos com alturas que variam de 0,30 a 3,0m (Gressler 2010, observações pessoais).

O gênero *Ouratea* contém aproximadamente 150 espécies de árvores e arbustos distribuídas em regiões tropicais (Whiterfoord 1992). *Ouratea verticillata* (Ochanaceae) (apêndice A) apresenta habito arbustivo e altura média de 1,8m, sendo freqüente e estando entre as espécies mais representativas no sub-bosque da floresta Atlântica estudada (Gressler 2010).

Amostragem dos indivíduos - Os indivíduos das quatro espécies foram amostrados em sete transecções de 60 X 2,5m, localizadas na margem direita do rio da Fazenda, e em oito transecções de 60 X 5m, plotadas no interior da floresta (figura 2) (mais detalhes em Gressler 2010). Indivíduos adicionais foram demarcados entre e próximo as transecções totalizando: 144 indivíduos de *Ouratea*, 169 de *Piper*, 164 de *Psychotria* e 94 de *Cabralea*. Procuramos amostrar número semelhante de indivíduos brevistilos e longistilos de *Psychotria* e masculinos e femininos de *Cabralea*. Os indivíduos foram agrupados em três ambientes de luz pré-definidos: borda natural do rio da Fazenda, clareira e interior da floresta.

2.3 Fenologia

As observações das fenofases brotamento e queda foliar, floração e frutificação foram realizadas mensalmente de janeiro de 2009 a abril de 2010. A floração foi dividida em período com botões florais e antese; a frutificação, em frutos verdes (período do aparecimento dos frutos até a formação de frutos jovens) e frutos maduros e prontos para serem dispersos (Morellato *et al.* 1989). O brotamento foi considerado como o período iniciado com o aparecimento de pequenas folhas, brilhantes, com cor verde clara, amarelada, ou vermelha e finalizado quando as folhas atingiam $\frac{3}{4}$ do tamanho de uma folha adulta; e a queda foliar como o período quando se observava: 1) folhas mudando de cor, apresentando-se verdes mais escuras, alaranjadas ou vermelhas; 2) folhas se enrolando; 3) folhas caindo com facilidade ao ventar; 4) sob os indivíduos muitas folhas do mesmo e 5) notáveis espaços vazios na copa ou presença de galhos sem folhas (Morellato *et al.* 1989).

Foi detectada a presença ou ausência de botões florais, flores, frutos verdes, e frutos maduros por observação direta da copa (Morellato *et al.* 1989) e feita a quantificação através da contagem das estruturas reprodutivas utilizando um contador manual. A contagem é o método que

permite uma melhor aproximação da quantidade real de flores e frutos produzidos pelas plantas e disponíveis aos visitantes florais e frugívoros (Galetti *et al.* 2003, Camargo 2008).

2.4. Caracterização do microclima e luz

Nós avaliamos a temperatura (°C), a umidade relativa do ar (%) e a irradiância (PAR) (densidade de fluxo de fótons fotossintéticos, PPFD, medida em $\text{mol. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) por serem fatores importantes influenciando a fenologia de espécies vegetais (ver van Schaik *et al.* 1993, Morellato *et al.* 1989, 1990, 2000, Hudson *et al.* 2010). As mensurações foram realizadas, em julho de 2009 e janeiro de 2010, com auxílio de um sensor para as medidas de temperatura e umidade e um sensor de PAR para quantificação da luz, ambos acoplados a um HOBO Micro Station S-THB M002 datalogger. As medidas foram realizadas em 214 pontos próximos aos indivíduos marcados para acompanhamento fenológico. Em cada ponto as medidas foram realizadas em intervalos de 30 segundos durante 3 minutos.

Para a avaliação da porcentagem de abertura do dossel foram tiradas fotografias hemisféricas próxima a todos os indivíduos selecionados e em alguns pontos dentro das transecções. Foi utilizada uma lente “Fisheye Converter” (Nikon, modelo FC-E9) acoplada a uma câmera digital (Nikon Coolpix, modelo 8700) posicionada a 1,0 m do solo. Todas as fotos foram analisadas com o software Gap Light Analyzer 2.0 (GLA), que estima a porcentagem de abertura do dossel a partir da proporção de pixels pretos ou brancos de cada imagem. As fotografias foram retiradas nos meses de abril, setembro e outubro de 2009 e em janeiro de 2010. As datas de coleta coincidem com a época de floração das espécies e também com as duas estações do ano. Dias preferencialmente nublados foram escolhidos para que o efeito da luz direta (“sun flecks”) fosse reduzido (Englund *et al.* 2000, Montgomery & Chazdon 2002).

Adicionalmente, para caracterização dos indivíduos e de seu microambiente de luz foram tomadas, para cada um dos indivíduos amostrados em campo, medidas da: circunferência a altura do solo (CAS); circunferência a altura do peito (CAP); altura total; altura da copa em relação ao solo; tamanho da copa; altura do dossel exatamente acima do indivíduo e perfil vertical da

vegetação (densidade vertical) (Pizo & Almeida-Neto 2009). Para as medidas de CAS, CAP e tamanho da copa utilizamos uma fita métrica calibrada em centímetros (comprimento = 1,5m). O perfil vertical foi determinado seguindo metodologia sugerida por Pizo & Almeida-Neto (2009), na qual é feita uma contagem do número de vezes que a vegetação toca uma vara de 4,0m de altura suspensa acima da copa de cada indivíduo.

Foram quantificadas ainda: i) a distância para o indivíduo mais próximo e especificação coespecífico ou não (se coespecífico de *Psychotria* observamos também a distilia); ii) a distância para o indivíduo coespecífico mais próximo (especificação da distilia se coespecífico de *Psychotria*); iii) a distância para o rio (distância máxima considerada = 30m); e iv) distância para clareira próxima (distância máxima considerada = 30m). O tamanho das clareiras próximas aos indivíduos foi estimado a fim de melhor avaliar o efeito desses ambientes para a resposta das espécies à luz. As variáveis: altura do dossel, densidade vertical, distância para o indivíduo mais próximo e distância para o rio e/ou clareira, são principalmente relacionadas ao ambiente de luz individual.

A altura do dossel exatamente acima a cada indivíduo, o tamanho das clareiras e as distâncias dos indivíduos para: o rio, clareira e indivíduos mais próximos foram mensurados com auxílio de aparelho de laser Bosch modelo DLE 50 Professional (faixa de medição = 0,05-50m).

2.5. Análise de dados

Para testar a distribuição dos dados fenológicos e das características dos indivíduos e seu microambiente foram aplicados os testes Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk (Zar 1996). Em razão dos dados não terem apresentado curvas normais de distribuição utilizamos alguns testes não paramétricos e transformamos os dados posteriormente usados nas análises de regressão múltipla stepwise (Zar 1969).

Para testar se os indivíduos se agrupam quanto ao microambiente associado (borda natural, clareira e interior) foi realizada a análise classificatória multivariada de agrupamento denominada K-médias (Hartigan 1975). Através de análises classificatórias é possível identificar grupos

relativamente homogêneos baseado em variáveis selecionadas, como os parâmetros microclimáticos e microambientais (Santos & Noronha 2001). O método K-médias utiliza a distância Euclidiana para definir o centro dos grupos que serão formados (Santos & Noronha 2001). O agrupamento visa diminuir a variância dentro do grupo e maximizar a variância intergrupos (Santos & Noronha 2001).

O maior valor do índice relativo de Calinsk-Harabasz (CH) (Calinsk-Harabasz 1974) foi utilizado na escolha do número de grupos que melhor representava a separação dos indivíduos das quatro espécies em função de características microclimáticas e microambientais. O método de classificação foi limitado à formação de no máximo quatro grupos e o melhor agrupamento, obtido a partir do índice relativo de Calinsk-Harabasz (CH), utilizado em todas as análises posteriores.

Foi realizada Análise de Componentes Principais (PCA) utilizando o agrupamento gerado pelo método de K-médias para testar a relação de cada grupo com os parâmetros microclimáticos e de caracterização microambiental. Os valores máximos, mínimos e as médias das variáveis microclimáticas e microambientais individuais foram usados na comparação e diferenciação dos grupos.

Aplicamos o teste de Mann-Whitney (U) (Zar 1996) para comparar os grupos: quanto aos parâmetros microclimáticos e características do microambiente; comparar a produção máxima (número máximo de estruturas quantificado durante o período do acompanhamento fenológico) de botão floral, flores, fruto verde e maduro entre os grupos para cada uma das quatro espécies; relacionar e comparar a produção máxima de estruturas de reprodução com o sexo dos indivíduos, para *Cabralea*, e com a distília, para *Psychotria*; e comparar os indivíduos dos grupos quanto suas características estruturais (altura total, altura da copa, tamanho da copa, CAS e CAP). Como não houve diferenças significativas ($p > 0,05$; teste Mann-Whitney) entre as produções máximas de botão floral, flores e frutos (verdes e maduros) dos morfos florais (brevi e longistilos) em *Psychotria* e entre as produções de botões e flores dos indivíduos masculinos e femininos de

Cabralea, foram utilizados todos os indivíduos, independente do sexo ou morfofloral, para as análises posteriores das respostas das espécies entre e dentro dos grupos.

A fenologia de *Cabralea*, *Psychotria*, *Piper* e *Ouratea* foi representada pela porcentagem de indivíduos nas fenofases (brotamento e queda foliar, floração e frutificação) e pela produção total mensal de estruturas reprodutivas (obtidas através das contagens de botões, flores e frutos). Para *Cabralea* a produção média também foi apresentada. O índice de intensidade (Fournier 1974) foi utilizado apenas para análise das fenofases vegetativas.

A hipótese da diferença entre os padrões fenológicos quanto à sazonalidade foi testada através de estatística circular conforme a descrição de Morellato *et al* (2000). O teste de Rayleigh (z), que mede a significância do ângulo médio (Zar 1996), foi utilizado para indicar a ocorrência de sazonalidade significativa para as fenofases reprodutivas e vegetativas (Morellato *et al.* 2000). Para a análise circular apenas as observações fenológicas correspondentes ao período de abril/2009 a março/2010 foram utilizadas devido à maior regularidade entre as observações. O mês de janeiro/2010 foi considerado o ângulo 15° da análise circular e assim sucessivamente. Nos casos em que a sazonalidade foi confirmada (ângulo médio significativo) foi aplicado o teste de Watson-Williams (F), para testar se os ângulos médios diferem entre os grupos.

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para testar se os grupos diferem quanto: i) a produção total mensal (somatório da produção/números total de indivíduos); ii) a produção média mensal (somatório da produção/números de indivíduos na fenofase); iii) a duração das fenofases; iv) os meses de início das fenofases vegetativas e reprodutivas; e v) a produção média acumulada de flores e frutos maduros. O termo produção, para fenofases reprodutivas, é relacionado aos valores obtidos pela contagem de botões, flores e frutos. Nas análises de floração e frutificação incluímos apenas os indivíduos adultos da amostragem.

A duração foi representada pelo número de meses que o indivíduo permaneceu em cada fenofase e o início pelo mês no qual se observou uma determinada fenofase após período de ausência de atividade fenológica. A produção média acumulada de flores e frutos maduros foi

calculada através da soma do valor da produção total média de um mês aos valores médios encontrados para os meses anteriores.

Os índices de sincronia individual (X_i) e populacional (Z) (Augspurger 1983) foram calculados para cada uma das quatro espécies de acordo com Martin-Gajardo & Morellato (2003) para avaliar a sincronia fenológica das espécies de sub-bosque dentro dos grupos e também desconsiderando o agrupamento em função do microambiente. Visamos avaliar se as espécies apresentam maior sincronia das fenofases entre indivíduos do mesmo grupo.

Para testar a relação entre a fenologia das espécies e as características estruturais dos indivíduos, condições microclimáticas e microambientais foram realizadas regressões múltiplas stepwise (F) (Zar 1996). As produções máximas (número máximo de botões florais, flores, frutos verdes e maduros produzido pelo indivíduo durante o período acompanhado) foram relacionadas com as variáveis: altura do dossel, densidade vertical, distância para o rio, distância para a clareira, distância para o indivíduo coespecífico mais próximo; distância para o indivíduo mais próximo; temperatura, umidade relativa, luz (PAR), porcentagem de abertura do dossel e característica estrutural (altura, altura da copa, CAS, CAP ou tamanho da copa). Utilizamos para as regressões múltiplas as medidas microclimáticas do período no qual se observou, para cada espécie, estruturas reprodutivas e a característica estrutural que apresentou maior correlação (Correlação de Spearman) (Zar 1969) com a produção avaliada.

Como alguns dados não apresentaram distribuição normal mesmo após as transformações (raiz quadrada para as produções e logaritmo para as características estruturais, e as variáveis microclimáticas e microambientais) consideramos apenas as regressões que apresentaram normalidade dos resíduos (Kolmogorov-Smirnov) (Zar 1996). No modelo de regressão para todos os indivíduos que apresentaram distâncias do rio e/ou clareira superior a 30m foi assumida uma distância igual a 100m, tendo assim desconsiderado a influência destas variáveis de distância para a caracterização da luz individual.

Considerando a luz como o principal fator ambiental determinante para uma resposta fenológica intra-específica diferenciada entre os indivíduos dos grupos, avaliamos mais detalhadamente a relação entre as produções máximas de botões florais, flores e frutos verdes com a luz local (Chazdon & Pearcy 1991, Cunningham 1997, Wright & van Schaik 1994, Bendix *et al.* 2006). Para isto, correlações de Spearman (r_s) foram realizadas utilizando os valores de produção máxima (número máximo de estruturas produzidas durante o período da observação fenológica) e as distâncias dos indivíduos para a fonte de luz mais próxima (clareira ou borda natural).

3. Resultados

3.1. Definição dos grupos

A análise classificatória de agrupamento, K-médias, através do maior valor encontrado para o índice de Calinsk-Harabasz (CH = 77,79), indicou a classificação dos indivíduos dentro de dois grupos distintos (G1 com N = 283 e G2 com N = 247) como sendo o melhor número possível de grupos a ser formado quando se considera as diferenças do microclima e microambiente das plantas. A análise, como esperado, separou os indivíduos do interior daqueles próximos ao rio, classificando a maioria dos indivíduos do interior florestal dentro do grupo G1 (interior) e todos os indivíduos de borda natural no grupo G2 (borda), entretanto, não distinguiu indivíduos do interior próximos as clareiras daqueles do interior sombreado.

Através da PCA observamos como os indivíduos (de *Cabralea*, *Psychotria*, *Piper* e *Ouratea*) se distribuem dentro dos grupos e sua relação com as variáveis microclimáticas e microambientais (figura 5). Os indivíduos de G1 (interior) foram mais relacionados às variáveis: distância para o rio da Fazenda, temperatura e luz; enquanto que aqueles de G2 (borda) estiveram mais associados com os valores de umidade relativa (janeiro/10); abertura do dossel e distâncias para as clareiras (figura 5).

Os valores máximos, mínimos e as médias das variáveis microclimáticas e microambientais demonstraram que, de maneira geral, o grupo do interior G1 apresentou: i) dossel mais baixo (3,73m em média); ii) densidade vertical menor; iii) indivíduos distantes do rio, porém com maior proximidade em relação às clareiras; iv) maior temperatura (temperatura média 1,0°C acima da encontrada em G2); v) maior luz; vi) menor umidade relativa e vii) menor abertura do dossel (Apêndice G). Os valores também indicaram que o grupo da borda G2 possui: i) dossel mais alto; ii) maior cobertura vegetal acima da copa; iii) indivíduos mais próximos ao rio e distantes de clareiras; iv) menor temperatura; v) menor luz, vi) maior umidade relativa e vii) maior abertura do dossel (Apêndice G). As caracterizações de G1 e G2 quanto às variáveis ambientais foram, em geral, significativamente diferentes (Teste de Mann-Whitney, $p < 0,05$) (Apêndice G). A

porcentagem de abertura do dossel foi significativamente diferente (Teste de Mann-Whitney $p < 0,05$) entre G1 e G2 em todos os meses avaliados (abril, setembro, outubro/09 e janeiro/10) (Apêndice G e figura 6).

Observamos que o G1 apresentou uma maior luz (irradiância) mesmo tendo uma menor porcentagem de abertura do dossel. Isso pode ser explicado pela maior proximidade dos indivíduos do G1 aos ambientes de clareiras (Apêndice G). Provavelmente devido à maior incidência de luz direta nas clareiras e em áreas com maior abertura no dossel foi notável a grande variação dos valores de luz ou irradiância (medida em PPFD) em ambos os grupos, embora esta tenha sido muito maior entre os indivíduos do interior (G1) (Apêndice G).

3.2. Caracterização das espécies

Comparações do G1 e G2 em função de características estruturais individuais (altura total, altura da copa em relação ao solo, tamanho da copa, CAS e CAP) (ver tabela 1) indicaram que todas as espécies, exceto *Psychotria nuda*, apresentam indivíduos estruturalmente semelhantes independentemente das condições microambientais (teste de Mann-Whitney - $p < 0,05$; tabela 1). *Psychotria* apresentou indivíduos em média mais altos no G1 (interior) (tabela 1). No entanto, os maiores valores de altura total (5,0m) e de altura da copa em relação ao solo (5,0m) em *Psychotria* foram observados no G2 (borda) (tabela 1).

3.3. Fenologia das espécies nos grupos interior (G1) e borda (G2)

Ouratea verticillata

Ouratea verticillata exibiu as maiores produções de botões florais, flores, frutos verdes e brotos foliares durante os meses mais chuvosos (figura 7 e 11a). A espécie mostrou padrões altamente sazonais de floração, produção de frutos verdes e brotamento foliar ($r = 0,70$ a $0,91$). A produção de frutos maduros ($r = 0,59$ a $0,75$) e a perda de folhas ($r = 0,30$ a $0,55$) mostraram menor sazonalidade em comparação às outras fenofases (tabela 3 e apêndice C).

Observamos floração de *Ouratea* de janeiro a abril/09 e de novembro/09 a março/10 com uma porcentagem próxima ou superior a 30% do total de indivíduos florescendo durante todo o

período (Figura 7 a-b). A produção de botões teve início no mês de novembro com picos em dezembro, enquanto que a produção de flores iniciou, principalmente, em dezembro com picos no final de janeiro, para indivíduos de G1, e no início de fevereiro, para aqueles de G2 (tabela 3). Não houve diferenças significativas nas datas médias (ângulos médios) de início e pico da floração entre os indivíduos do G1 e G2 (teste Watson- Williams; $p > 0,05$). As curvas da produção total mensal de botões e flores obtidas para os dois grupos também não diferiram significativamente (Kolmogorov-Smirnov; $p > 0,10$) (tabela 7).

A frutificação de *Ouratea* ocorreu principalmente na estação superúmida. A produção de frutos verdes esteve concentrada de janeiro a março/09 e de janeiro a abril/10 (figura 7 c-d). A fenofase iniciou em dezembro, porém observamos datas de inícios concentradas no final de janeiro e uma maior atividade durante os meses de março/09 e janeiro/10 (tabela 3 e figura 7c). As datas médias encontradas indicam picos de produção de frutos verdes em abril e maduros em abril (para o G1) e maio (para o G2) (tabela 3). As datas médias dos picos de produção de frutos maduros diferiram significativamente entre os grupos ($F = 4,18$; $p = 0,045$). Entretanto, a comparação das curvas de produção total não apontou diferença significativa entre a produção do G1 e G2 (Kolmogorov-Smirnov; $p < 0,10$) (tabela 7). A produção de frutos maduros teve início durante a estação chuvosa (janeiro). Entretanto, a maior atividade ocorreu principalmente durante a estação menos úmida (maio e junho/09 e março/10) (figura 7d).

A produção de novas folhas de *Ouratea* também coincidiu com o período de maior pluviosidade e quase nenhum brotamento foi observado durante a estação menos úmida (Figura 11a). Em geral, o brotamento antecedeu a floração, iniciando principalmente no final dos meses de outubro (indivíduos de G1) e novembro (indivíduos de G2) (figura 11a e tabela 3). Na comparação dos grupos, foram observadas diferenças significativas nas datas médias de início ($F = 21,39$; $p = 0,00$) e pico ($F = 10,88$; $p = 0,00$) do brotamento, com datas diferindo em até 30 dias entre indivíduos de G1 e G2 (tabela 3).

Ouratea apresentou folhas escuras ou indícios de perda de folhas ao longo de todo o período estudado, com maior atividade de junho a julho/09 e em março/10 (figura 11b). As datas médias dos grupos não diferiram significativamente ($F = 0,068$; $p_{\text{pico}} = 0,79$) e os picos de queda foliar, concentrados no mês de julho, apresentaram os menores graus de sazonalidade ($r_{G1} = 0,403$; $r_{G2} = 0,306$) (tabela 3; apêndice C).

Piper cf permucronatum

Piper cf permucronatum mostrou padrões altamente sazonais de floração e frutificação ($r = 0,65$ a $0,95$; Rayleigh $p < 0,05$) e fracamente sazonais para mudança foliar ($r = 0,32$ a $0,60$; Rayleigh; $p < 0,05$), relacionados, principalmente, ao padrão contínuo de produção e queda foliar (tabela 4; apêndice D).

Apesar de *Piper* ter produzido botões florais e inflorescências durante todo o período estudado uma maior atividade de floração foi observada de agosto a novembro/09 (figura 8 a-b). Botões florais apareceram principalmente no mês de agosto (tabela 4), havendo diferenças significativas entre as datas médias observadas para G1 e G2 ($F_{\text{início}} = 5,27$; $p = 0,02$). As produções totais mensais de botões foram significativamente distintas entre os grupos (Kolmogorov-Smirnov; $p < 0,05$) (tabela 7). O início da antese foi concentrado no mês de outubro e não diferiu significativamente entre G1 e G2 ($F_{\text{início}} = 0,02$; $p = 0,64$). O pico ocorreu no final de outubro para os indivíduos do G1, e no início de novembro, para aqueles de G2 (tabela 4), não ocorrendo significativa diferença entre os grupos ($F_{\text{pico}} = 0,68$; $p = 0,41$).

A frutificação de *Piper* também compreendeu todo o período acompanhado, com maior produção de frutos verdes durante os meses mais úmidos (figura 8 c-d). A data média de início foi em dezembro (tabela 4), e a de pico em janeiro (para G1) e fevereiro (para G2) (tabela 4, apêndice D). Frutos maduros iniciaram em abril (tabela 4), com o pico em abril (para G1) e maio (para G2) (tabela 4). As datas médias de início e pico de frutificação não diferiram de maneira significativa, entre os grupos (Watson-Williams; $p > 0,05$). Entretanto, constatamos diferenças significativas entre

as curvas de produção total mensal de frutos maduros de G1 e G2 (Kolmogorov-Smirnov; $p < 0,05$) (tabela 7).

As fenofases vegetativas foram contínuas (figura 12) e não diferiram significativamente entre os grupos (Kolmogorov-Smirnov; $p > 0,05$) (tabela 7). As datas médias de pico de brotamento e queda foliar também não diferiram (Watson-Williams; $p > 0,05$). Apesar de fracamente sazonal, observamos data média para o pico de brotamento em outubro e setembro para indivíduos do G1 e G2, respectivamente, e maior perda foliar em agosto nos dois grupos (tabela 4), principalmente na estação menos úmida (figura 12).

Psychotria nuda

Psychotria nuda também mostrou padrão altamente sazonal para as fenofases reprodutivas e vegetativas, com valores de r igual ou superiores a 0,90 para botões florais, flores, frutos verdes e folhas (tabela 5; apêndice E). A produção de frutos maduros e a queda foliar exibiram menor sazonalidade, com valores de r entre 0,47 e 0,65 para frutos maduros; e r entre 0,37 e 0,82 para queda foliar (tabela 5; apêndice E).

Psychotria apresentou inícios de botões florais em novembro/09, com datas médias em janeiro (tabela 5). Os picos de botões ocorreram em fevereiro, para indivíduos do G1, e em março para os do G2 (tabela 5). A antese teve início em março (G1) e abril (G2), com datas médias de pico em abril (G1) e maio (G2) (tabela 5). As datas médias de início e pico de floração foram significativamente distintas entre os indivíduos de G1 e G2 ($F_{\text{início botão}} = 11,2$; $F_{\text{início antese}} = 16,5$; $F_{\text{pico botão}} = 15,2$; $F_{\text{pico antese}} = 13,2$; $p = 0,00$). O teste de Kolmogorov-Smirnov não apontou diferenças ($p > 0,10$) para as curvas de produção total de botões e flores apresentadas pelos grupos (tabela 7). A floração de *Psychotria* ocorreu principalmente ao longo da estação quente e superúmida (figura 9 a-b).

Frutos verdes foram vistos ao longo de todo o período da observação fenológica (figura 9c), no entanto, a frutificação de *Psychotria* não pode ser considerada contínua, pois não há

formação de novos frutos durante todo o ano. A quantificação de frutos imaturos durante todo o período está relacionada ao prolongado tempo de maturação e não a produção de novos frutos.

O início da frutificação ocorreu no meio da estação menos úmida (julho), enquanto as datas médias dos picos no início da estação superúmida, setembro (G1) e outubro (G2) (tabela 5). As datas de início ($F = 5,29$; $p = 0,02$) e pico ($F = 9,64$; $p = 0,00$) de frutos verdes, dos grupos, foram significativamente distintas. Diferenças foram encontradas também entre as datas de início de frutos maduros de G1 e G2 ($F = 6,47$; $p = 0,01$), que ocorreram em dezembro (G1) e fevereiro (G2).

Psychotria apresentou brotamento e queda foliar durante todo o ano (figura 13). Com padrões altamente sazonais para ambas as fenofases vegetativas ($r_{\text{Brotamento}} > 0,90$; $r_{\text{queda início}} > 0,70$) (tabela 5; apêndice E), exceto para as datas de pico de perda de folhas ($r_{\text{pico G1}} = 0,58$; $r_{\text{pico G2}} = 0,37$). O brotamento foi mais frequente na estação superúmida, com datas de início em novembro e picos em janeiro (G1) e dezembro (G2) (tabela 5 e figura 13a). As datas médias de pico de brotamento diferiram entre os grupos ($F = 20,69$; $p = 0,00$). A queda foliar ocorreu nos meses de menor pluviosidade e temperatura, com início no mês de junho e pico (mais de 50% de indivíduos na fenofase) de julho a novembro (figura 13b; tabela 5).

O teste de Mann-Whitney (U) mostrou distinções entre a quantidade máxima (produção máxima) de botões florais e flores exibida por indivíduos de *Psychotria* do G1 (tabela 2). Indivíduos do interior (G1) foram também em média mais altos em relação aqueles do G2 (tabela 1), o que pode influenciar a produção do grupo.

Cabralea canjerana supesp. *canjerana*

Cabralea canjerana apresentou padrões significativamente sazonais de reprodução e mudança foliar (tabela 6; Apêndice F). A floração ocorreu de julho a novembro/09, concentrada na estação menos úmida (figura 10 a-b). A frutificação foi concentrada na estação superúmida e de temperaturas elevadas (janeiro a março/09 e de outubro/09 a março/10) (figura 10). A produção e a perda de folhas foram fracamente sazonas (r variando de 0,38 a 0,65) de ocorrência contínua durante o ano (figura 14; tabela 6; apêndice F).

O início e o pico da floração e frutificação foram significativamente sazonais ($r > 0,85$) (tabela 6). O início de botões florais ocorreu em julho e os picos em agosto (tabela 6). A antese de *Cabranea* teve data média de início em setembro e de pico em outubro (tabela 6). Apesar de concentradas em julho as datas médias de início da floração foram significativamente distintas entre os grupos ($F = 4,2$; $p = 0,05$). O teste de Kolmogorov-Smirnov não indicou diferença significativa entre as curvas de produção total mensal de botões e flores dos indivíduos de G1 e G2 (tabela 7).

As maiores quantidades de botões (133) e flores (58) por indivíduos foram observados em plantas do G2 (figura 15). Os maiores valores de produção de frutos (30 verdes e 24 maduros), no entanto, foram quantificados em indivíduos do G1 (figura 15). *Cabranea* apresentou número reduzido de frutos por indivíduo (produção média) (figura 15 c-d). O baixo número de indivíduos frutificando não permitiu algumas aplicações da estatística circular nesta fenofase (tabela 10).

Os picos do brotamento foliar foram menos sazonais ($r_{G1} = 0,65$; $r_{G2} = 0,58$) e as datas médias concentradas em novembro (G1) e dezembro (G2) (tabela 6). Os maiores valores de intensidade de Fournier e as maiores porcentagens de indivíduos exibindo folhas novas foram vistos em dezembro/09 (G1) e em fevereiro/10 (G2) (figura 14a). As datas médias dos picos não diferiram entre os dois grupos ($F = 0,83$; $p = 0,36$), assim como as curvas de produção mensal (Kolmogorov-Smirnov $p > 0,10$) (tabela 7).

Cabranea mostrou início de queda de folhas significativamente sazonal apenas para G2 (tabela 6, apêndice F) e apresentou aumento considerável na perda foliar no começo da estação menos úmida, com picos de intensidade e de número de indivíduos ocorrendo em julho (figura 14b). Neste mesmo mês foram observadas as datas médias de pico dos dois grupos (tabela 6). As datas médias de início e pico não foram significativamente diferentes entre os grupos ($F_{início} = 2,33$; $p = 0,13$ e $F_{pico} = 0,55$; $p = 0,46$). As curvas descritivas da perda foliar da espécie não diferiram significativamente entre os grupos (Kolmogorov-Smirnov $> 0,10$) (tabela 7).

3.4. Comparação dos grupos

Indivíduos do G1 apresentaram em geral maior número de botões, flores, frutos verdes e maduros e maior porcentagem de indivíduos nas fenofases em relação aos de G2, exceto para *Cabrlea* (Figuras 7 a 10).

A produção máxima de botões florais e flores de *Cabrlea* também diferiu de forma significativa entre os grupos (tabela 2). Contrário ao observado para *Psychotria*, indivíduos de *Cabrlea* do G2 (borda) apresentaram os maiores valores de produção de flores e os maiores números de indivíduos na fenofase (figuras 10, 15a e 15b).

Comparando os indivíduos do G1 (interior) e do G2 (borda), observamos ainda que apesar das diferenças significativas encontradas para as datas médias de início de botão floral em *Piper*, *Psychotria* e *Cabrlea*, de antese, fruto verde e maduro em *Psychotria* e de brotamento em *Piper* a duração e os meses de início das fenofases não foram significativamente diferentes (Kolmogorov-Smirnov; $p < 0,05$) (apêndices H e I).

As espécies (exceto *Cabrlea*) apresentaram maior produção média acumulada de flores por indivíduos do G1, em comparação aqueles do G2. Entretanto, esta maior floração não foi acompanhada por uma maior produção de frutos. Encontramos maior produção de frutos maduros por indivíduos do G1 apenas em *Ouratea*. Estas diferenças observadas entre a produção média acumulada de flores e frutos maduros de indivíduos do G1 e G2 não foram, porém, significativamente diferentes (Kolmogorov-Smirnov, $p < 0,05$).

As quatro espécies apresentaram floração sincrônica ($Z_{(\text{botão floral})} > 0,50$) entre seus indivíduos (tabela 8). Indivíduos de *Psychotria* foram sincrônicos também na produção de frutos verdes e nas mudanças foliares (tabela 8), enquanto *Piper* apresentou sincronia para o brotamento (tabela 8). A produção de frutos maduros e a queda de folhas foram não sincrônicas na maioria das espécies (Tabela 8).

Observamos sincronia na floração, frutificação, brotamento e queda foliar para indivíduos do G1 e do G2 (Tabela 9). Os valores de sincronia populacional obtidos para os grupos (tabela 9)

foram, em geral, maiores que aqueles encontrados quando não consideramos a separação dos indivíduos nos grupos do interior e da borda (tabelas 8), ou seja, as espécies exibiram, assim como esperado, fenofases mais sincrônicas entre os indivíduos de microambiente semelhante. *Ouratea* e *Psychotria* apresentaram maior sincronia de floração entre indivíduos de G1 (interior) (tabela 9). A produção de frutos verdes foi mais sincrônica também entre indivíduos do interior nas espécies *Ouratea*, *Psychotria* e *Piper* (tabela 9). *Cabralea* apresentou para todas as fenofases maior sincronia entre os indivíduos do G2 (borda) (tabela 9).

Avaliando o ambiente de luz observamos que *Piper* e *Cabralea* apresentaram, apenas para a produção de botão floral, correlação negativa significativa ($r_S \text{ Piper} = -0,19$ e $r_S \text{ Cabralea} = -0,24$, correlação de Spearman para $p < 0,05$) entre a produção máxima de estruturas reprodutivas e a distância para a fonte luz (rio ou clareira). *Ouratea* e *Psychotria* não apresentaram correlações significativas.

O modelo de regressão múltipla stepwise (F) foi significativo ($p < 0,05$) para a floração e frutificação de *Ouratea*, *Psychotria* e *Piper* e para a floração de *Cabralea* (tabelas 10 a 13). A frutificação de *Cabralea* não foi considerada devido a não normalidade dos resíduos. A característica estrutural (altura total, altura da copa, tamanho da copa, CAS ou CAP) foi a variável que melhor explicou as produções, independentemente da espécie e dos grupos G1(interior) ou G2 (borda) (tabelas 10 a 13). Os fatores microclimáticos e microambientais também contribuíram significativamente para as produções das espécies. Indivíduos de *Ouratea*, *Psychotria* e *Piper* do G1 (interior) apresentaram maior influência das variáveis microambientais e microclimáticas em sua floração e frutificação do que os indivíduos do G2 (borda) (tabelas 10 a 12). *Cabralea*, no entanto, apresentou uma maior influência das variáveis do microambiente e microclima em indivíduos da borda (G2) (tabela 13).

A produção de botões florais e flores de *Ouratea*, em ambos os grupos, foi relacionada principalmente a característica estrutural dos indivíduos e às variáveis microambientais direta (luz - PAR) ou indiretamente (densidade vertical, distância para a clareira e distância para o rio)

relacionadas ao ambiente de luz dos indivíduos (tabela 10). A frutificação também foi influenciada pela estrutura dos indivíduos e por variáveis microclimáticas, principalmente irradiância (no G1 e G2) e umidade relativa (no G1), e microambientais em geral relacionadas à luz local (altura do dossel, densidade vertical, distância para clareira e abertura do dossel) (tabela 10).

Para *Piper* e *Psychotria* as variáveis microclimáticas e microambientais explicam principalmente as produções dos indivíduos do G1 (interior) (tabelas 11 e 12). *Piper* teve a produção de flores e frutos em geral influenciada negativamente pela altura do dossel e densidade vertical, apresentando ainda relações significativas com a distância para as clareiras e, menos frequentemente, com a distância para o coespecífico, a umidade relativa e a luz (tabela 11). As produções máximas dos indivíduos *Piper* foram bem explicadas pelo modelo de regressão utilizado (R^2_{ajustado} variando de 0,34 a 0,68) (tabela 11).

Para *Psychotria*, além da estrutura dos indivíduos, a distância do indivíduo coespecífico e a irradiância (PAR) foram fatores bem influentes na produção de botões, flores e frutos (tabela 12). A distância para a clareira, a temperatura e a abertura do dossel também foram significativas. Exceto para a produção de fruto maduro do G2, os valores de R^2_{ajustado} (0,34 a 0,59) também indicam boa explicação do modelo de regressão (tabela 12).

Cabralea teve a floração influenciada principalmente por características de seus indivíduos, pela proximidade dos indivíduos da borda com coespecíficos, pela densidade do dossel observado próximo ao rio e pela umidade relativa no interior (tabela 13). Os valores de R^2_{ajustado} (0,27 a 0,46) indicam uma boa explicação do modelo de regressão utilizado para a floração da espécie (tabela 13).

4. Discussão

4.1. Agrupamento das plantas nos ambientes

O agrupamento dos indivíduos em interior (G1) e borda natural (G2) demonstrou a influência das variáveis microambientais direta (abertura do dossel e PAR) e indiretamente (distância para o rio e/ou clareiras) relacionadas à luz local. Assim, a definição de G1 e G2 mostra a existência de dois microambientes de luz dentro do ambiente heterogêneo da floresta Atlântica estudada. Plantas de sub-bosque, como as observadas, podem responder a variações na disponibilidade de luz (Chazdon 1986, Montgomery & Chazdon 2002), que determinam seu padrão de distribuição em ambientes sombreados e de dossel mais fechado e em ambientes mais iluminados como os de borda e clareiras naturais (Chazdon 1986, Montgomery & Chazdon 2002).

A inclusão da maioria dos indivíduos próximos ao rio em um mesmo grupo (G2), definido principalmente pela distância para o rio, era esperada e é explicada principalmente por características microclimáticas como a maior abertura do dossel, a maior umidade relativa e menor temperatura (apêndice 1) e pode estar relacionada ainda a características edáficas (parâmetros químicos e físicos do solo) que também diferem significativamente entre transecções da borda de rio e do interior na mesma área (Gressler 2010). Diferentemente do esperado, os indivíduos próximos as clareiras não foram incluídos em um grupo distinto daqueles do interior sombreado. A diferença na irradiância (PAR) dos ambientes de clareira e interior sombreado teve pouca relevância para o agrupamento, que foi influenciado principalmente pela maior distância dos indivíduos da borda do rio para os ambientes de clareiras. Diversos fatores condicionam os regimes de luz de ambientes florestais (Gandolfi 2000) e, conseqüentemente a distribuição das espécies.

4.2. Fenologia e variação entre ambientes de interior (G1) e borda natural (G2)

Com exceção de *Cabralea* todas as espécies floresceram e frutificaram nos períodos com temperatura e precipitação mais elevada seguindo o padrão descrito para a comunidade arbórea de Picinguaba (Morellato *et al.* 2000, Talora & Morellato 2000, Gressler 2010). A ocorrência de floração durante os meses de maior precipitação é descrita para espécies de regiões com clima fracamente sazonal (Bendix *et al.* 2006), sendo comum para áreas de floresta Atlântica (Davis 1945, Morellato *et al.* 2000, Talora & Morellato 2000, Goulart *et al.* 2005, Pereira *et al.* 2006, Gressler 2010).

As espécies de arbustos e arvoretas de subosque estudadas apresentaram fenofases sazonais, como observado por Morellato *et al.* (2000) e Gressler (2010). Respostas sazonais de floração e frutificação são descritas para a maioria das florestas úmidas tropicais (Morellato 2003; Goulart *et al.* 2005, Ramos & Santos 2005, Pereira *et al.* 2008). Entretanto os padrões altamente sazonais como os aqui observados para frutificação (exceto de *Psychotria*) não são comumente encontrados para floresta Atlântica (Morellato *et al.* 2000, Talora & Morellato 2000).

Nossos resultados indicaram que o sexo e a heterostilia não influenciam o comportamento fenológico de *Cabralea* e *Psychotria*. A produção total de estruturas reprodutivas não diferiu para os indivíduos de diferentes sexos e tipos florais. Padrões reprodutivos diferenciados são observados entre co-específicos de espécies distílicas (Castro & Araújo 2004) e/ou dióicas (Bullock 1982, 1992, Bullock *et al.* 1983). Entretanto, Morellato (2004) não observou divergências entre a época de floração de indivíduos machos e fêmeas de quatro espécies dióicas do gênero *Trichilla* (Meliaceae), embora as datas de início e a duração da fenofase divergissem entre os indivíduos dos diferentes sexos de *Trichilla catigua*. Castro e Araújo (2004) em trabalho realizado na mesma área deste estudo (Núcleo Picinguaba) encontraram diferenças entre a produção de frutos por polinização intra-morfos em indivíduos heterostílicos de *Psychotria nuda* e observaram uma maior produção de frutos em plantas brevistilas.

Demonstramos a ocorrência de diferenças intra-específicas na fenologia das espécies de sub-bosque de floresta Atlântica localizadas em ambientes de luz distintos. Em geral, *Ouratea*, *Piper*, *Psychotria* e *Cabralea* apresentaram diferenças no padrão sazonal entre indivíduos do G1 (interior e próximo de clareiras) e do G2 (borda natural). A produção de estruturas reprodutivas foi maior e com início antecipado nos indivíduos do G1 (exceto para *Cabralea*) em comparação aqueles do G2. De acordo com Gourelart *et al.* (2005) variações nas datas de inícios dentro de uma população podem estar relacionadas, entre outros fatores, a diferenças nas condições microclimáticas dos indivíduos.

As diferenças observadas entre as produções de estruturas reprodutivas das quatro espécies estudadas estão relacionadas ao distinto ambiente de luz observado para os grupos G1 (interior) e G2 (borda). Estudos comparativos da fenologia de espécies em ambientes de borda natural, borda antrópica, clareira e interior florestal observaram diferenças para as produções de flores (Alberti 2007), frutos (Johns 1988, Kato & Hiura 1999, Ramos & Santos 2006, Alberti 2007) e folhas (Kato & Hiura 1999) relacionadas principalmente às distintas condições de luz. Variações na fenologia de plantas de sub-bosque expostas a diferentes condições de luz são observadas para espécies tropicais (Johns 1988, Levey 1988, 1990, Kato & Hiura 1999, Ramos & Santos 2005, 2006). Alguns trabalhos demonstram ainda os efeitos da abertura de clareiras e/ou da ocorrência de borda na disponibilidade (para dispersores) de frutos por plantas do sub-bosque (Levey 1988, 1990).

Uma relação comum entre a floração de plantas tropicais e fatores ambientais se refere à irradiância (Bendix *et al.* 2006). A fenofase geralmente é correlacionada a períodos de maior luz (Wright & van Schaik 1994, Bendix *et al.* 2006). Estudos sugerem que fatores como o comprimento do dia (Morellato *et al.* 2000, Bendix *et al.* 2006), a qualidade da luz e a oscilação anual dos valores de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) são importantes influenciadores da fenologia das espécies, atuando até mesmo para a sincronia dos períodos de floração entre as comunidades de plantas (Bendix *et al.* 2006). A maior sincronia da floração e frutificação encontrada entre indivíduos do mesmo grupo, principalmente entre aqueles do G1 (ambiente mais iluminado de

dossel mais baixo), indicam que variações microclimáticas e microambientais, principalmente aquelas relacionados à irradiância, podem influenciar também na sincronia das espécies do sub-bosque.

Respostas sincrônicas de floração e frutificação, como as encontradas em nosso trabalho, são frequentemente relacionadas às atividades de agentes polinizadores, dispersores (Augspurger 1981; Ratchke & Lacey 1985) e predadores (Marquis 1988). Diferenciadas condições de luz em ambientes florestais podem influenciar o período e a duração (Marquis 1988) das fenofases reprodutivas, pois interferem nas interações planta–animal, como na relação das espécies com seus polinizadores, dispersores e predadores de sementes (Endler 1993). Variações na luz dos ambientes sombreados de sub-bosque são importantes para a frutificação de algumas espécies (Marquis 1988).

4.3. Relação entre a resposta fenológica e o ambiente

As características do microambiente das plantas, ligadas principalmente à irradiância, foram relacionadas significativamente com a fenologia das quatro espécies analisadas, assim como a característica estrutural dos indivíduos. Os grupos G1 e G2 apresentaram relações positivas com a luz local e negativa com a temperatura, umidade relativa, abertura do dossel, altura do dossel e densidade vertical. Assim, apesar da relação negativa observada em relação à abertura do dossel, maiores produções de botões, flores e frutos tenderam acontecer em ambientes de maior irradiância e menor cobertura da copa por folhas de indivíduos próximos. Portanto, características do local onde os indivíduos se estabelecem, principalmente em relação à luz, determinam sua produtividade.

É importante ressaltar que a relação entre o microambiente e a fenologia de espécies de sub-bosque pode ser bastante complexa (Willians-Linera & Meave 2002). Pizo & Almeida-Neto (2009) demonstraram diferenças na frutificação de *Geonoma pauciflora* em função da luz local dos indivíduos e correlacionaram algumas respostas reprodutivas às diferenças encontradas na densidade vertical e altura do dossel. Tais autores observaram que *G. pauciflora* tende a apresentar, em ambientes sombreados de dossel mais alto, indivíduos com copas maiores e frutos maiores (Pizo & Almeida-Neto 2009).

Indivíduos do interior (G1), principalmente devido a sua proximidade com as clareiras, apresentaram os maiores valores de irradiância e também as maiores produções de botões florais (*Piper*) e de botões, flores e frutos (*Psychotria*), reforçando a forte relação com a disponibilidade de luz local. Gressler (2010) observou diferenças significativas na fenologia de *Piper* cf. *permucronatum* e *Psychotria nuda* entre indivíduos localizados nos ambientes de borda natural e interior da floresta Atlântica de Ubatuba. Tal trabalho mostrou maior produção de estruturas reprodutivas no ambiente de borda natural, tendo sido este o ambiente que apresentou maior abertura de dossel e maior irradiância.

Diferente das outras três espécies, uma maior atividade reprodutiva de *Cabralea* e influência das variáveis microclimáticas e microambientais na floração foram observadas em G2, que abrange indivíduos próximos ao rio. Maiores produções no ambiente de borda natural também foram observados para indivíduos de *Cabralea* por Gressler (2010). Como a espécie teve sua amostragem restrita aos ambientes de borda e interior, não havendo muitos indivíduos localizados próximo as clareiras e, portanto, sendo a luz disponibilizada através da borda e da abertura do dossel superior as principais fontes de luz relacionadas aos indivíduos acompanhados, a resposta fenológica diferenciada desta espécie também foi relacionada ao ambiente de luz individual.

Observamos, para *Piper* e *Cabralea*, maiores produções de botões florais nos indivíduos próximos à fonte de luz. Levey (1988) observou que plantas em ambientes mais iluminados tendem a produzir mais frutos e por períodos mais longos que coespecíficos do interior sombreado da floresta. O mesmo autor, em trabalho com *Miconia centrodesma* mostrou que a frequência de frutificação da espécie não é somente influenciada por controle endógeno de seus indivíduos, mas, principalmente, pelo habitat no qual se estabeleciam (Levey 1990). Dessa maneira, o microambiente das plantas pode ser considerado um fator determinante da variação fenológica de indivíduos co-específicos (Willians-Linera & Meave 2002).

Nosso trabalho mostrou que espécies do sub-bosque de floresta Atlântica podem apresentar variações intra-específicas em sua fenologia principalmente quando co-ocorrem em microambientes

distintos quanto às condições de irradiância. Maiores produções de botões, flores e frutos e maior sincronia foram observadas em ambientes com maior disponibilidade de luz e a fenologia de *Ouratea*, *Piper*, *Psychotria* e *Cabralea* pôde ser explicada por variáveis microclimáticas e microambientais, além de estruturais. Assim mostramos a importância de se avaliar características do microambiente das plantas, principalmente luz, para a descrição e compreensão da fenologia de espécies do sub-bosque florestal. Nosso estudo também demonstrou a importância de não se definir apenas a priori os ambientes florestais, mas avaliá-los quanto as suas características para assim definir grupos de espécies e microambientes apropriados.

5. Referências bibliográficas

- AIDE, T. M. 1992. Dry season leaf production: an escape from herbivory. *Biotropica* 24 (4): 532-537.
- AIDE, T. M. 1993. Patterns of leaf development and herbivory in a tropical understory community. *Ecology* 74 (2): 455-466.
- ALBERTI, L. F. 2007. Comparação entre borda antrópica, clareiras naturais e o interior da floresta quanto à fenologia de árvores na Floresta Semidecídua e quanto à fenologia do arbusto *Psychotria nuda* na Floresta Atlântica. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP.
- ALMEIDA, E. M. DE. & ALVES, M. A. S. 2000. Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. brasilienses* (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasiliis* 14 (3): 335-346.
- 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: 775-788.
- AUGSPURGER, C. K. 1983. Phenology, flowering synchrony, and fruit set of six Neotropical shrubs. *Biotropica* 15 (4): 257-267.
- BARREIROS, H. D. S.; SOUZA, D. S. E. 1986. Notas Geográficas e Taxonômicas sobre *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. no Brasil (Meliaceae). *Revista Brasileira de Biologia* 46 (1): 17-26.
- BENDIX, J.; HOMEIER, J.; CUEVA ORTIZ, E.; EMCK, P.; BREECKLE, S.-W.; RICHTER, M.; BECK, E. 2006. Seasonality of weather and tree phenology in a tropical evergreen mountain rain forest. *International Journal of Biometereorology* 50: 370-384.
- BIZERRIL, M. X. A. & RAW, A. 1998. Feeding behaviour of bats and the dispersal of *Piper arboreum* seeds in Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 14: 109-114.
- BORCHERT, R. 1998. Responses of tropical trees to rainfall seasonality and its long-term changes. *Climatic Change* 39: 381-393.

- BORCHERT, R.; RIVERA, G.; HAGNAUER, W. 2002. Modification of vegetative phenology in a tropical semi-deciduous forest by abnormal drought and rain. *Biotropica* 34 (1): 27-39.
- BULLOCK, S. H. 1982. Population structure and reproduction in the neotropical dioecious tree *Compsonera sprucei*. *Oecologia* 55 (2): 238-242.
- BULLOCK, S. H. 1992. Effects of sex, size and substrate on growth and mortality of trees in Tropical Wet Forest. *Oecologia* 91 (1): 52-55.
- BULLOCK, S. H.; BEACH, J. H.; BAWA, S. K. 1983. Episodic flowering and sexual dimorphism in *Guarea Rhopalocarpa* in a Costa Rican Rain Forest. *Ecology* 64 (4): 851-861.
- BURGESS, V. J.; KELLY, D.; ROBERTSON, A. W. & LADLEY, J. J. 2006. Positive effects of forest edges on plant reproduction: literature review and a case study of bee visitation to flowers of *Peraxilla tetrapetala* (Loranthaceae). *New Zealand Journal of Ecology* 30 (2): 1-13.
- CALINSKI, T. & HARABASZ, J. 1974. A dendrite method for cluster analysis. *Commun. Stat.* 3: 1-27.
- CANHAM, C. D. 1988. Growth and canopy architecture of shade-tolerant trees: response to canopy gaps. *Ecology* 69 (3): 786-795.
- CAMARGO, M. G. G. de. 2008. Influência da borda na frutificação e nas síndromes de dispersão de sementes em uma área de Cerrado *Sensu Stricto*. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho" Campus Rio Claro, Rio Claro, SP.
- CARDOSO, F. C. C. 2009. Variações fenológicas de árvores da floresta atlântica, em diferentes condições de solo. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- CASTRO, C.C. & ARAÚJO, A. C. 2004. Distyly and sequential pollinators of *Psychotria nuda* (Rubiaceae) in the Atlantic Rain Forest, Brazil. *Plant Systematics and Evolution* 244: 131-139.
- CHAZDON, R. L. 1986. Light variation and carbon gain in rain forest understorey palms. *Journal of Ecology* 74: 995-1012.

- CHAZDON, R. L. 1988. Sunflecks and their importance to forest understory plants. *Adv. Ecol. Res.* 18:1-66.
- CHAZDON, R. L. & FETCHER, N. 1984. Photosynthetic light environments in a lowland tropical rain forest in Costa Rica. *Journal of Ecology* 72: 553-564.
- CHAZDON, R. L. & PEARCY, R. W. 1991. The importance of sunflecks for forest understory plants: Photosynthetic machinery appears adapted to brief, unpredictable periods of radiation. *BioScience* 41: 760-766.
- CUNNINGHAM, S. A. 1997. The effect of light environment, leaf area, and stored carbohydrates on inflorescence production by a rain forest understory palm. *Oecologia* 111: 36-44.
- DAVIS, D.E. 1945. The annual cycle of plants, mosquitoes, birds, and mammals in two Brazilian forests. *Ecological Monographs* 15: 243-295.
- DELPRETE, P.; SMITH, L. B. & KLEIN, R.M. 2005. *Flora Ilustrada Catarinense. Rubiáceas: I Parte – As plantas/ Monografia – Rubi*, pp. 577-581.
- DENSLOW, J. S. 1980. Gap partitioning among Tropical Rainforest trees. *Biotropica*, 12(2): 47-55.
- ENDLER, J. A. 1993. The color of light in forests and its implications. *Ecological Monographs* 63(1):1-27.
- ENGLUND, S. R.; O'BRIEN, J. J. & CLARK, D. B. 2000. Evaluation of digital and film hemispherical photography and spherical densiometry for measuring forest light environments *Can. J. For. Res.* 30.
- FOURNIER, L. A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24: 422-423.
- FRANKIE, G. M.; BAKER, H. G. & OPLER, P. A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical lowland wet and dry forest sites of Costa Rica. *J. Ecol.* 62: 881-913.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INPE. 2002. *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 1995-2000. Relatório final.* São Paulo.

- GALLETI, M.; PIZO, M. A. & MORELLATO, P. C. 2003. Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. *In: Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre* (Larry Cullen Jr., Cláudio Valadares-Pádua, Rudy Rudran orgs.). Ed. da UFPR, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, Curitiba. 395-422.
- GANDOLFI, S. 2000. História natural de uma Floresta Estacional Semidecidual no Município de Campinas (São Paulo, Brasil). Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- GENTRY, A. H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6: 64-68.
- GENTRY, A.H. & EMMONS, L.H. 1987. Geographical variation in fertility, phenology, and composition of the understory of neotropical forests. *Biotropica* 19 (3): 216-227.
- GRESSLER, E. 2010. Fenologia de espécies de floresta atlântica, Núcleo Picinguaba, Parque Estadual da Serra do Mar, estado de São Paulo: comparação entre estratos e influência de borda natural. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP.
- GOULART, M. F.; FILHO, J. P. L. & LOVATO, M. B. 2005. Phenological variation within and among populations of *Plathymenia reticulata* in Brazilian Cerrado, the Atlantic Forest and transitional sites. *Annals of botany* 96: 445-455.
- HARTIGAN, J. Á. 1975. *Clustering Algorithms*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- HUDSON, I. L.; KIM, S. W. & KEATLEY, M. R. 2010. Climatic influences on the flowering phenology of four eucalypts: a GAMLSS approach. *In: HUDSON, I.L. & KEATLEY, M. R. Phenological Research: methods for environmental and climates change analysis*. Springer, New York.
- JANZEN, D. H. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution* 21: 620-637.
- JOHNS, A. D. 1988. Effects of "Selective" Timber Extraction on Rain Forest Structure and Composition and Some Consequences for Frugivores and Folivores. *Biotropica* 20 (1): 31-37.

- JUNG-MENDAÇOLLI, S. L. 1999. Flora Fanerogâmica da Ilha do Cardoso. v. 6, São Paulo: Instituto de Botânica.
- KAPOS, V.; WANDELLI, E.; CAMARGO, J. L.; GANADE, G. 1997. Edge-related changes in environment and plant responses due forest fragmentation in Central Amazônia. *In*: Laurance, W. F & Bierregaard, R. O. Jr. Tropical Forest Remnants. Chicago University Press, Chicago. 2 ed, pp. 33-44.
- KATO, E & HIURA, T. 1999. Fruit Set in *Styrax obassia* (Styracaceae): The Effect of Light Availability, Display Size, and Local Floral Density. *American Journal of Botany* 86 (4): 495-501.
- KEELING, H. C. & PHILIPS, O. L. 2007. A calibration method for the crown illumination index for assessing forest light environments. *Forest Ecology and Management* 242: 431-437.
- KÖPPEN, W. 1948. Climatologia. Fondo de Cultura Económica, México.
- LASKA, M.S. 1997. Structure of understory shrub assemblages in adjacent secondary and old growth tropical wet forests, Costa Rica. *Biotropica* 29: 29-37.
- LAURANCE, S. G. W. 2004. Responses of understory rain forest birds to road edges in Central Amazonia. *Ecological Applications* 14 (5): 1344-1357.
- LENZA, E. & KLINK, C. A. 2006. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 29 (4): 627-638.
- LEVEY, D. J. 1988. Tropical Wet Forest Treefall Gaps and Distributions of Understory Birds and Plants. *Ecology* 69 (4): 1076-1089.
- LEVEY, D. J. 1990. Habitat-dependent fruiting behaviour of an understorey tree, *Miconia centrodesma*, and tropical treefall gaps as keystone habitats for frugivores in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 6: 409-420.
- LORENZI, H. 2002. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Instituto Plantarum, v. 1, 4. ed, pp. 255, Nova Odessa, SP.

- MANTOVANI, M.; RUSCHEL, A. R.; REIS, M. S. DOS.; PUCHALSKI, A.; NODARI, R. O. 2003. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária de Floresta Atlântica. *Revista Árvore* 27 (4): 451-458.
- MARQUIS, R. J. 1988. Phenological variation in the neotropical understory shrub *Piper arieianum*: causes and consequences. *Ecology* 69: 1552-1565.
- MARTIN-GAJARDO, I. S. & MORELLATO, L. P. C. 2003. Fenologia de Rubiaceae do sub-bosque em floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 26(3): 299-300.
- MATLACK, G. R. 1993. Microenvironment variation within and among Forest edge sites in the Eastern United States. *Biological Conservation* 66: 183-194.
- MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE. 2009. Florestas do Brasil em resumo: dados de 2005-2009. Serviço Florestal Brasileiro, Brasil.
- MONTGOMERY, R. A. & CHAZDON, R. L. 2002. Light gradient partitioning by tropical tree seedlings in the absence of canopy gaps. *Oecologia* 131: 165-174.
- MORELLATO, L. P. C. 2003. South America. *In: Phenology – an integrative environmental science* (M. D. Schwartz, ed), Kluwer Academic Publishers, Holanda. pp. 75-92.
- MORELLATO, L. P. C. 2004. Phenology, sex ratio, and spatial distribution among dioecious species of *Trichilia* (Meliaceae). *Plant Biology* 6: 491-497.
- MORELLATO, L. P. C. & LEITÃO-FILHO, H. F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. *In História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil* (L.P.C. Morellato, org.). Editora da Unicamp/Fapesp, Campinas, pp.112-140.
- MORELLATO, L. P. C. & HADDAD, C. F.B. 2000. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 32 (4b): 786-792.
- MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASHI, A.; BENCK, C. C.; ROMERA, E. C.; ZIPPARRO, V. B. 2000. Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: Comparative Study. *Biotropica* 32 (4b): 811-823.

- MORELLATO, L. P. C.; RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. & JOLY, C.A. 1989. Estudo fenológico comparativo de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 12: 85-98.
- MORELLATO, L. P. C. & RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. 1990. Estratégias Fenológicas de espécies arbóreas em Floresta Mesófila na Serra Do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 50 (1): 163-173.
- MUNHOZ, C. B. R. & FELFILI, J. M. 2005. Fenologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma comunidade de campo sujo na Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. *Acta Botanica Brasiliis* 19 (4): 979-988.
- NEWSTRON, L. E.; FRANKIE, G. W. & BAKER, H. G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland rain forest trees et La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26: 141-149.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. & FONTES, M. A. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in southeastern Brazil, and the influence of climate. *Biotropica* 32: 793-810.
- OPLER, P.A.; FRANKIE, G. N. & BAKER, H. G. 1976. Rainfall as a factor in the release, timing and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *Journal of Biogeography* 3: 231-236.
- PENNINGTON, T. D.; STYLES, B. D. & TAYLOR, D. A.H. 1981. Meliaceae. *Flora Neotropica Monograph* 28: 235-244.
- PEREIRA, T. S.; COSTA, M. L. M. N. DA.; MORAES, L. F. D. & LUCHIARI, C. 2008. Fenologia de espécies arbóreas em Floresta Atlântica da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. *Iheringia* 63 (2): 329-339.
- PEREIRA, Z. V.; VIEIRA, M.F. & CARVALHO-OKANO, R. M. 2006. Fenologia de floração, morfologia floral e sistema de incompatibilidade em espécies distílicas de Rubiaceae em fragmento de floresta do sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Botânica* 29: 471 – 480.
- PIRANI, F. R.; SANCHEZ, M. & PEDRONI, F. 2009. Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT, Brasil. *Acta Botanica Brasiliis* 23 (4): 1096-1109.

- PIZO, M. A. 1997. Seed Dispersal and Predation in Two Populations of *Cabralea canjerana* (Meliaceae) in the Atlantic Forest of Southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 13(4): 559-577.
- PIZO, M. A & ALMEIDA-NETO, M. 2009. Determinants of fruits removal in *Geonoma pauciflora*, an understory palm of neotropical forests. *Ecological Research* 24 (6): 1179-1186.
- RAMOS, F. N & SANTOS, F. A. M. 2005. Phenology of *Psychotria tenuinervis* (Rubiaceae) in Atlantic forest fragments: fragment and habitat scales. *Canadian Journal of Botany* 83: 1305-1316.
- RAMOS, F. N & SANTOS, F. A. M. 2006. Floral Visitors and Pollination of *Psychotria tenuinervis* (Rubiaceae): Distance from the Anthropogenic and Natural Edges of an Atlantic Forest Fragment. *Biotropica* 38(3): 383–389.
- RATHCKE, B. & LACEY, E. P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology Systematics* 16:179-214.
- RESTREPO, C & GOMEZ, N. 1998. Responses of understory birds to anthropogenic edges in a Neotropical Montane Forest 8 (1): 170-183.
- RESTREPO, C. & VARGAS A. 1999. Seeds and Seedlings of Two Neotropical Montane Understory Shrubs Respond Differently to Anthropogenic Edges and Treefall Gaps, *Oecologia* 119 (3): 419-426.
- RESTREPO, C.; GOMEZ, N. & HEREDIA, S. 1999. Anthropogenic Edges, Treefall Gaps, and Fruit-Frugivore Interactions in a Neotropical Montane Forest. *Ecology* 80 (2): 668-685.
- RICHARDS, P. W. 1972. *The Tropical Rain Forest: an ecological study*. Cambridge at the University Press, Cambridge, England. pp. 158-190.
- SANCHEZ, M.; PEDRONI, F. & LEITÃO-FILHO, H. F. DE. 1999. Composição florística de um trecho de floresta ripária na Mata Atlântica em Picinguaba, Ubatuba, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 22 (1): 31- 42.
- SANTOS, S. M. & NORONHA, C. P. 2001. Padrões espaciais de mortalidade e diferenciais sócio-econômicos na cidade do Rio de Janeiro. *Caderno de Saúde Pública* 17 (5): 1099-1110.

- SPERENS, U. 1997. Long-term variation in, and effects of fertiliser addition on, flower, fruit and seed production in the tree *Sorbus aucuparia* (Rosaceae). *Ecography* 20 (6): 521-534.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. 2004. Fisiologia Vegetal. Trad. Eliane Romanato Santarém *et al.*, ed. 3, pp. 613-641, Artmed, Porto Alegre.
- TALORA, D. C. & MORELLATO, L. P. C. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 23 (1): 13-26
- THIES, W. & KALKO, E. K. V. 2004. Phenology of neotropical pepper plants (Piperaceae) and their association with their main dispersers, two short-tailed fruit bats, *Carollia perspicillata* and *C. castanea* (Phyllostomidae). *Oikos* 104, p. 362–376.
- THOMAZINI, M. J. & THOMAZINI, A. P. DE B.W. 2002. Diversidade de Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em Inflorescências de *Piper hispidinervum* (C.DC.). *Neotropical Entomology* 31(1): 027-034.
- VAN SCHAIK, C. P.; TERBORGH, J. W. & WRIGHT, S. J. 1993. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 353-377.
- VAN PELT, R & FRANKLIN, J. F. 1999. Response of Understory Trees to Experimental Gaps in Old-Growth Douglas-Fir Forests. *Ecological Applications* 9 (2): 504-512.
- VAN VLIET, A. J.H. & DE GROOT, R. S. 2004. “Challenging Times” in the context of The European Phenology Network. *In: Challenging Times: Towards an operational system for monitoring, modelling and forecasting of phonological changes and their socio-economic impact*, 9 pp.
- 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.
- WALSH, R. P. D. 1996. The climate. *In* P. W. Richards (Ed.). *The tropical rain forest: an ecological study*. Cambridge University Press, Cambridge, England. ed. 2, pp. 159–205.

- WHITEFOORD, C.1992. Eight New Species of Ouratea (Ochnaceae) from Mesoamerica. *Novon* 2(3): 274-281.
- WIELGOLASKI, F. E. 2001. Phenological modifications in plants by various edaphic factors. *Int. J. Biometeorol* 45: 196-202.
- WILLIAMS-LINERA, G. & MEAVE, J. 2002. Patrones fenológicos *In*: Guariguata, M. R & Kattan, G. H. *Ecología y conservación de Bosques Neotropicales*. Libro Universitario Regional, Cartago. ed.1, pp. 408-431.
- WRIGHT, S. J. & VAN SCHAIK, C. P. 1994. Light and the phenology of tropical trees. *The American Naturalist* 143 (1): 193-199.
- ZAR, H. J. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, New Jersey.

6. Figuras

A



B



Figura 1: Localização da área de estudo. A) Localização da área estudada no Estado de São Paulo, município de Ubatuba. B) Delimitação da área de estudo próxima ao Rio da Fazenda, Ubatuba, SP, Brasil.

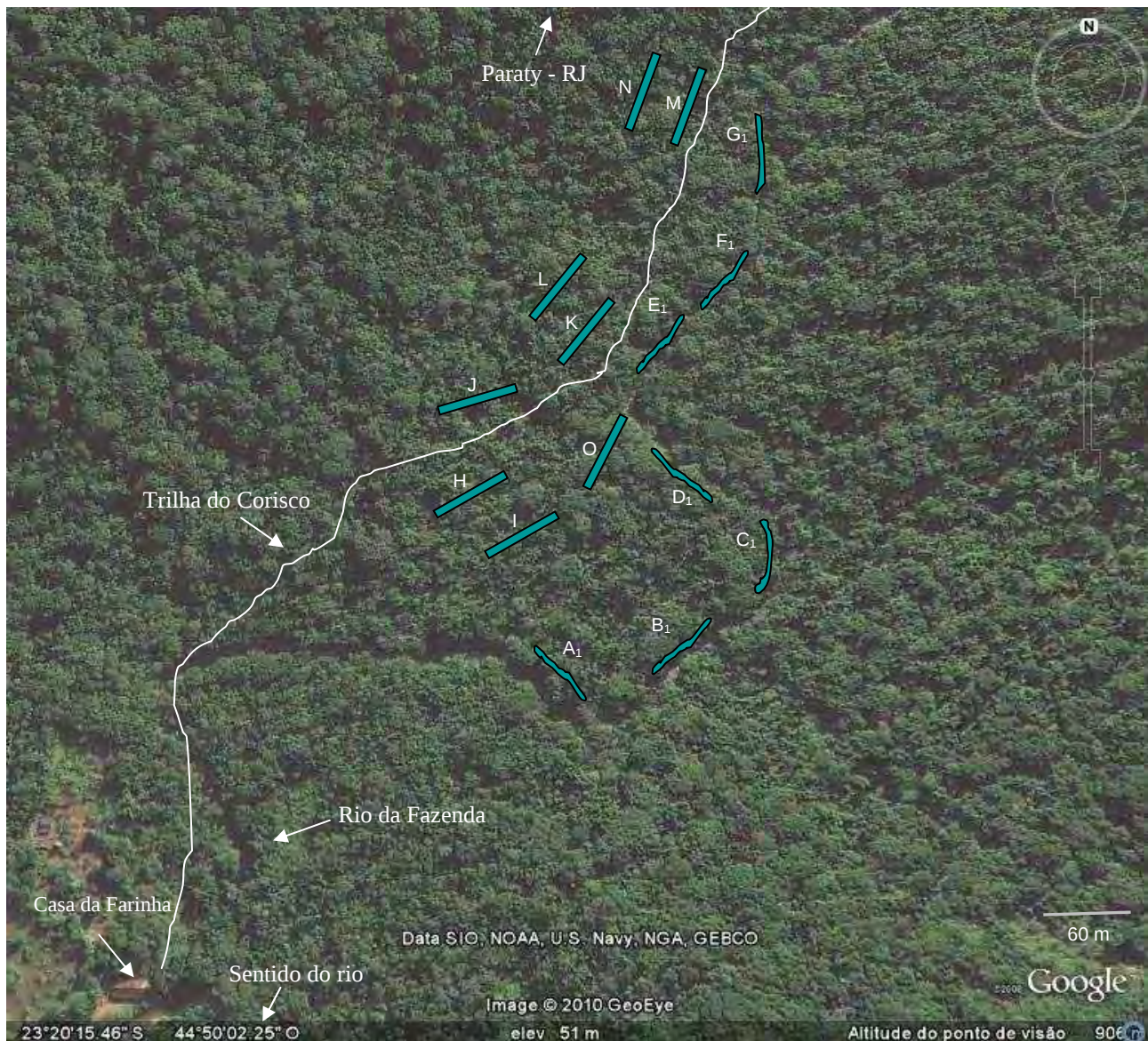


Figura 2: Disposição das transecções na área de estudo. A linha branca representa a trilha principal (trilha do Corisco) ligando a região de Picinguaba em Ubatuba, à cidade de Paraty, RJ. Os retângulos indicam as transecções dispostas próximas ao Rio da Fazenda e à trilha do Corisco. Transecções de A₁ a G₁ margeando o rio da Fazenda e de H a O dispostos no interior da área de floresta atlântica de encosta do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), Núcleo Picinguaba, Ubatuba, SP.

Estação experimental de Ubatuba (08m) 22,6°C 2.512mm
 [30]
 (23°27'S, 45°04'W)

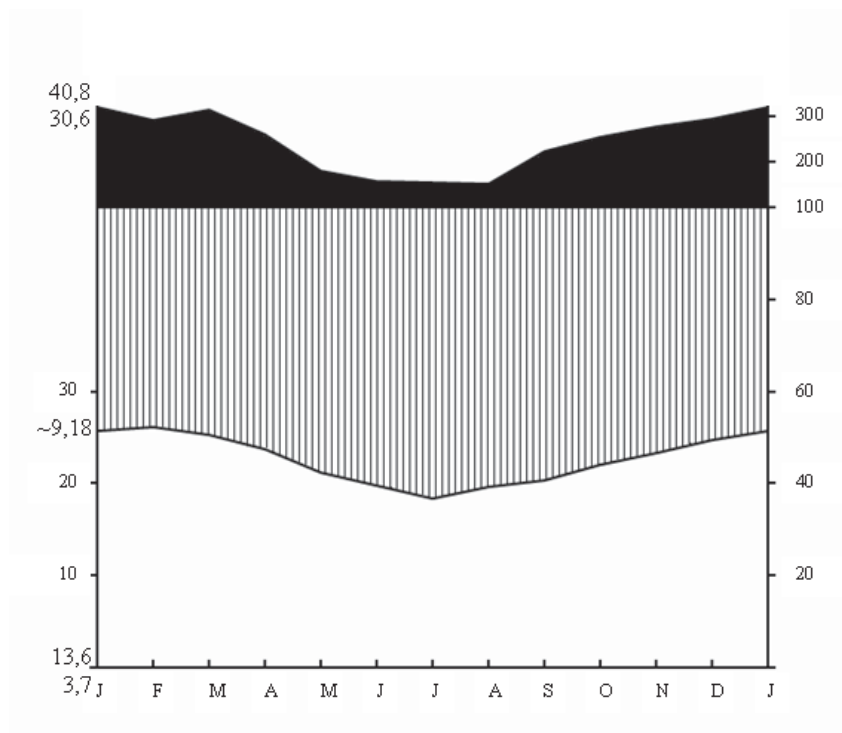


Figura 3: Diagrama climático da região do município de Ubatuba, SP, Brasil referente ao período de 1979 a 2008 (elaborado de acordo com Walter, 1986 e Longman & Jenik, 1987). Fonte: IAC/CIAGRO – Estação Experimental de Ubatuba, SP.

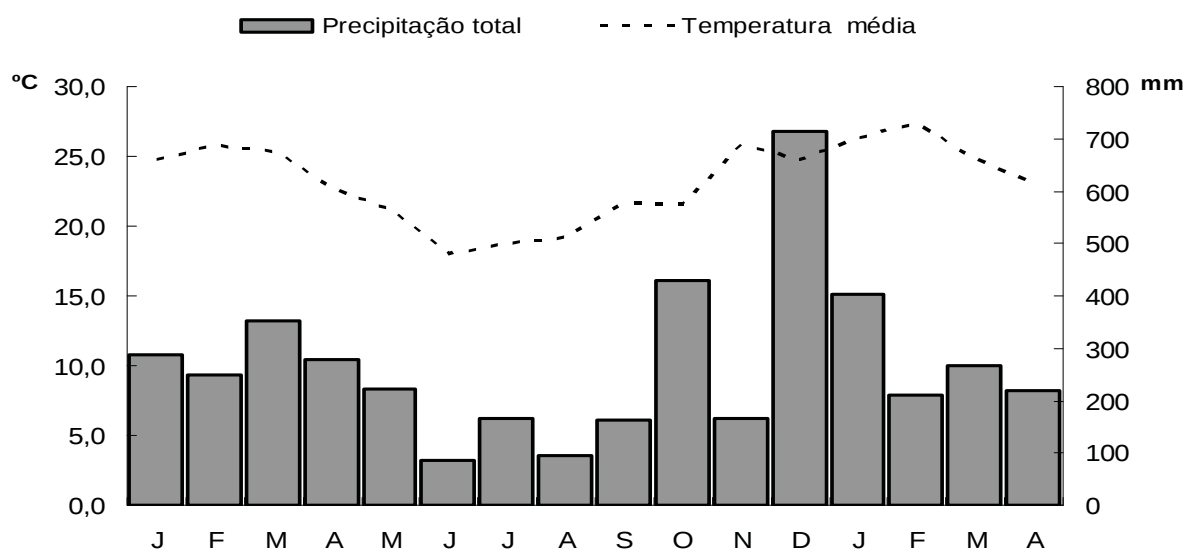


Figura 4: Dados climáticos da região de Ubatuba, SP, Brasil, referente ao período de estudo (Janeiro de 2009 a Abril de 2010). a) Colunas: Precipitação média mensal (mm); b) Linha tracejada: Temperatura média mensal (°C); c) Região mais escura: estação quente e superúmida; d) Região mais clara: estação fria e menos úmida. Fonte: IAC/CIAGRO – Estação Experimental de Ubatuba, SP.

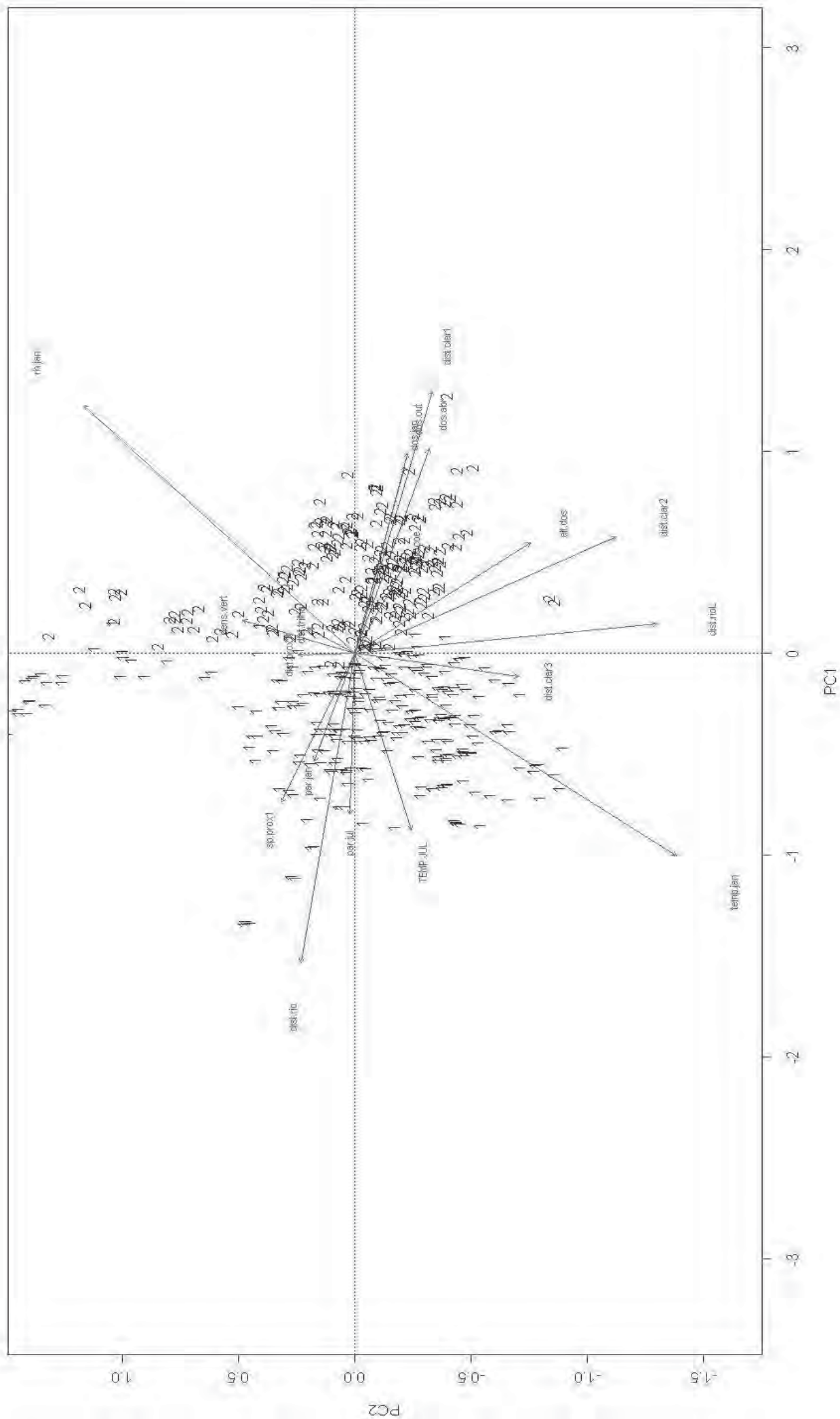


Figura 5: Resultados da Análise de Componentes Principais (PCA) dos indivíduos do G1 e G2 em função dos parâmetros microclimáticos e microambientais (setas). 1 = indivíduos determinados para G1 pela análise de k-médias; 2 = indivíduos determinados para G2 pela análise de k-médias; dens.vert = densidade vertical; dist.clar 1 = distância para a primeira clareira próxima; dist.clar 2 = distância para a segunda clareira próxima; dist.clar 3 = distância para a terceira clareira próxima; dist.coe = distância para o cospecífico; dist.rio = distância para o rio da Fazenda; dist.rio.L = distância para o riacho próximo à transeção L; dist.prox = distância para o indivíduo mais próximo; dist.trilha = distância para a trilha do Corisco; dos.abr = abertura do dossel em abril/09; dos.jan = abertura do dossel em janeiro/10; dos.out = abertura do dossel em outubro/09; par.jan = luz em janeiro/10; par.jul = luz em julho/09; rh.jan = umidade relativa em janeiro/10; temp.jan = temperatura em janeiro/10; temp.jul = temperatura em julho/10.

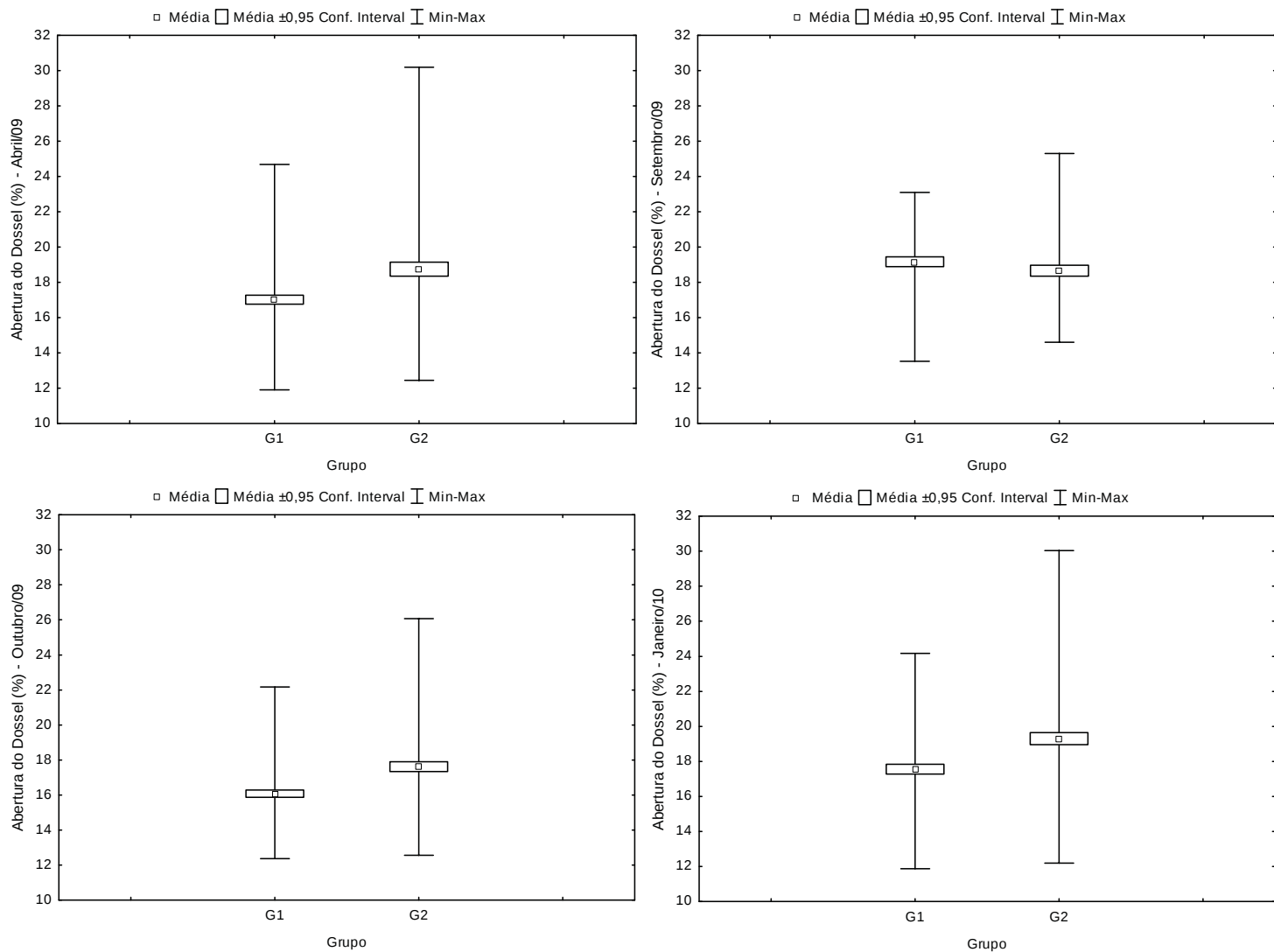


Figura 6: Comparação dos valores de porcentagem de abertura do dossel relacionada aos indivíduos dos grupos G1 (interior) e G2 (borda natural) encontrados na área de floresta atlântica do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), Núcleo Picinguaba, Ubatuba, SP. Gráficos relativos às coletas realizadas nos meses de abril, setembro e outubro de 2009 e janeiro de 2010. Aberturas do dossel significativamente diferentes para teste de Mann-Whitney; $p < 0,05$.

Ouratea

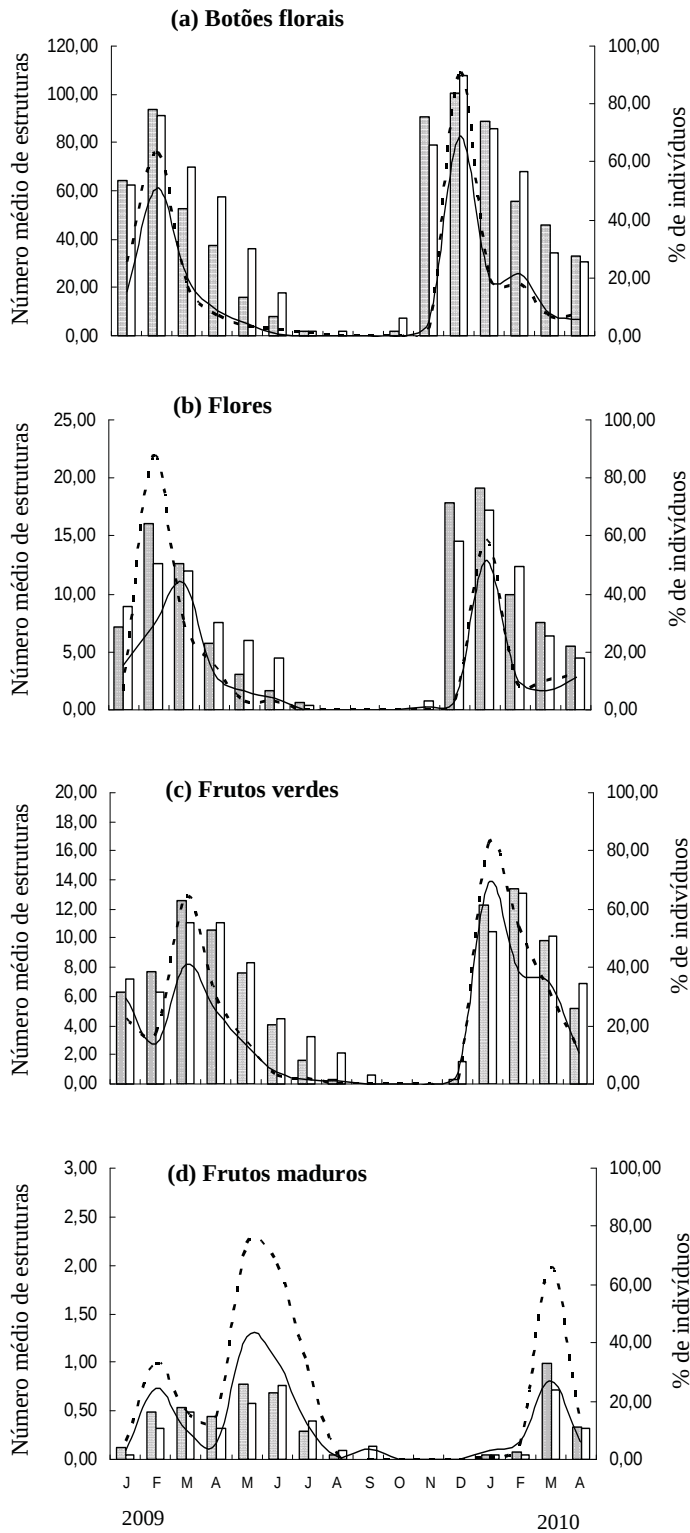


Figura 7: Produção total média mensal (linhas) e porcentagem de indivíduos (barras) de *Ouratea verticillata* nas fenofases floração (a e b) e frutificação (c e d) no G1 (interior) e o G2 (borda natural) em Floresta Atlântica (Ubatuba, SP). Linha pontilhada (---) = produção de G1; Linha contínua (___) = produção de G2; Barra cinza = porcentagem de indivíduos de G1, Barra branca = porcentagem de indivíduos de G2.

Piper

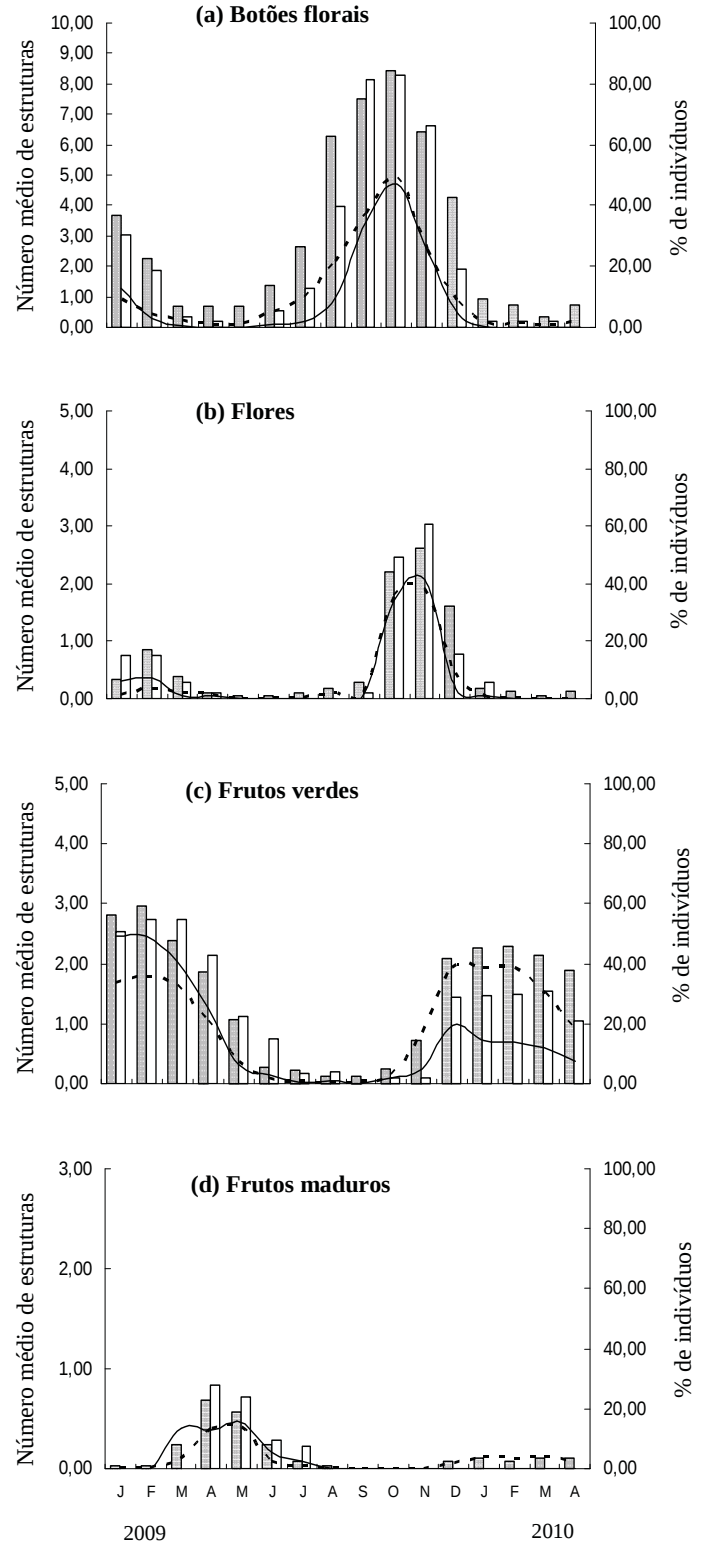


Figura 8: Produção total média mensal (linhas) e porcentagem de indivíduos (barras) de *Piper cf. permucronatum* nas fenofases floração (a e b) e frutificação (c e d) no G1 (interior) e o G2 (borda natural) em Floresta Atlântica (Ubatuba, SP). Linha pontilhada (---) = produção de G1; Linha contínua (___) = produção de G2; Barra cinza = porcentagem de indivíduos de G1, Barra branca = porcentagem de indivíduos de G2.

Psychotria

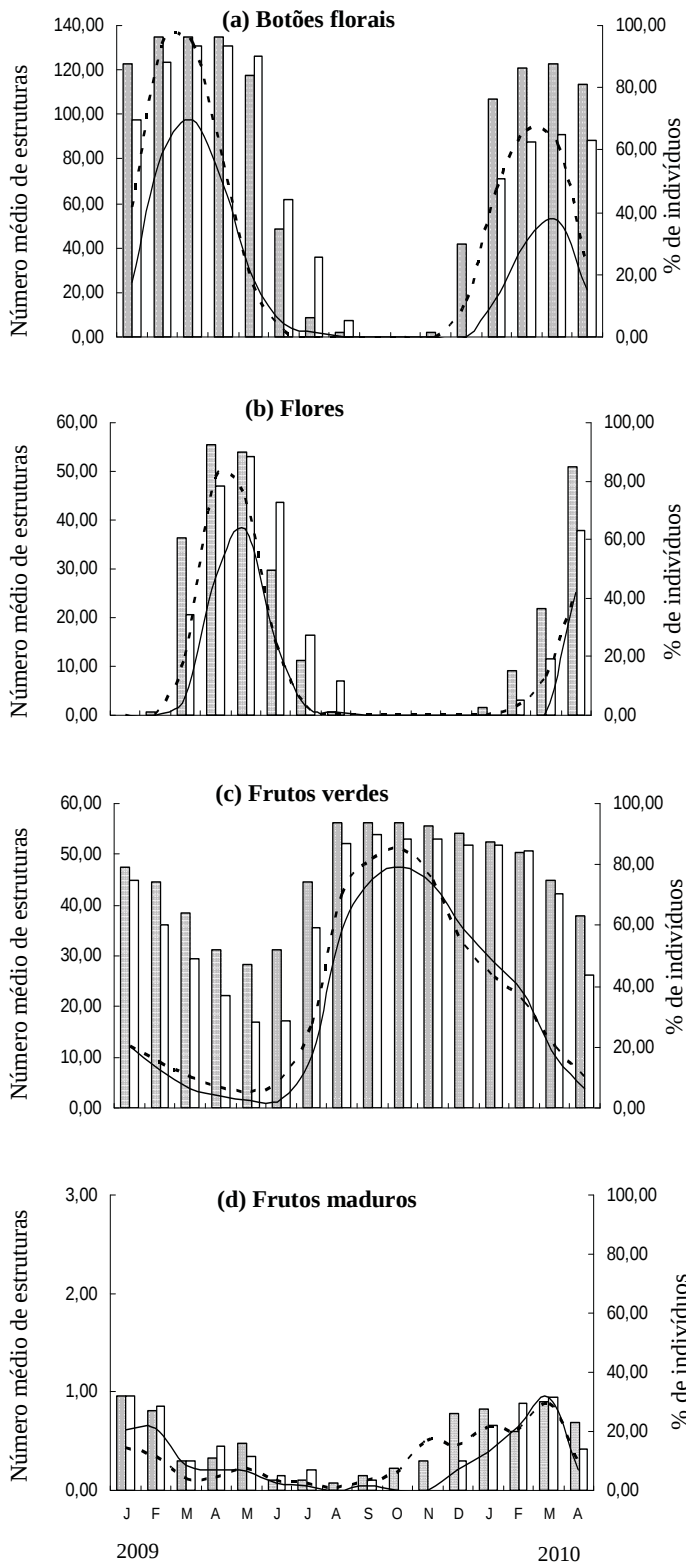


Figura 9: Produção total média mensal (linhas) e porcentagem de indivíduos (barras) de *Psychotria nuda* nas fenofases floração (a e b) e frutificação (c e d) no G1 (interior) e G2 (borda natural) em Floresta Atlântica (Ubatuba, SP). Linha pontilhada (---) = produção de G1; Linha contínua (—) = produção de G2; Barra cinza = porcentagem de indivíduos de G1, Barra branca = porcentagem de indivíduos de G2.

Cabralea

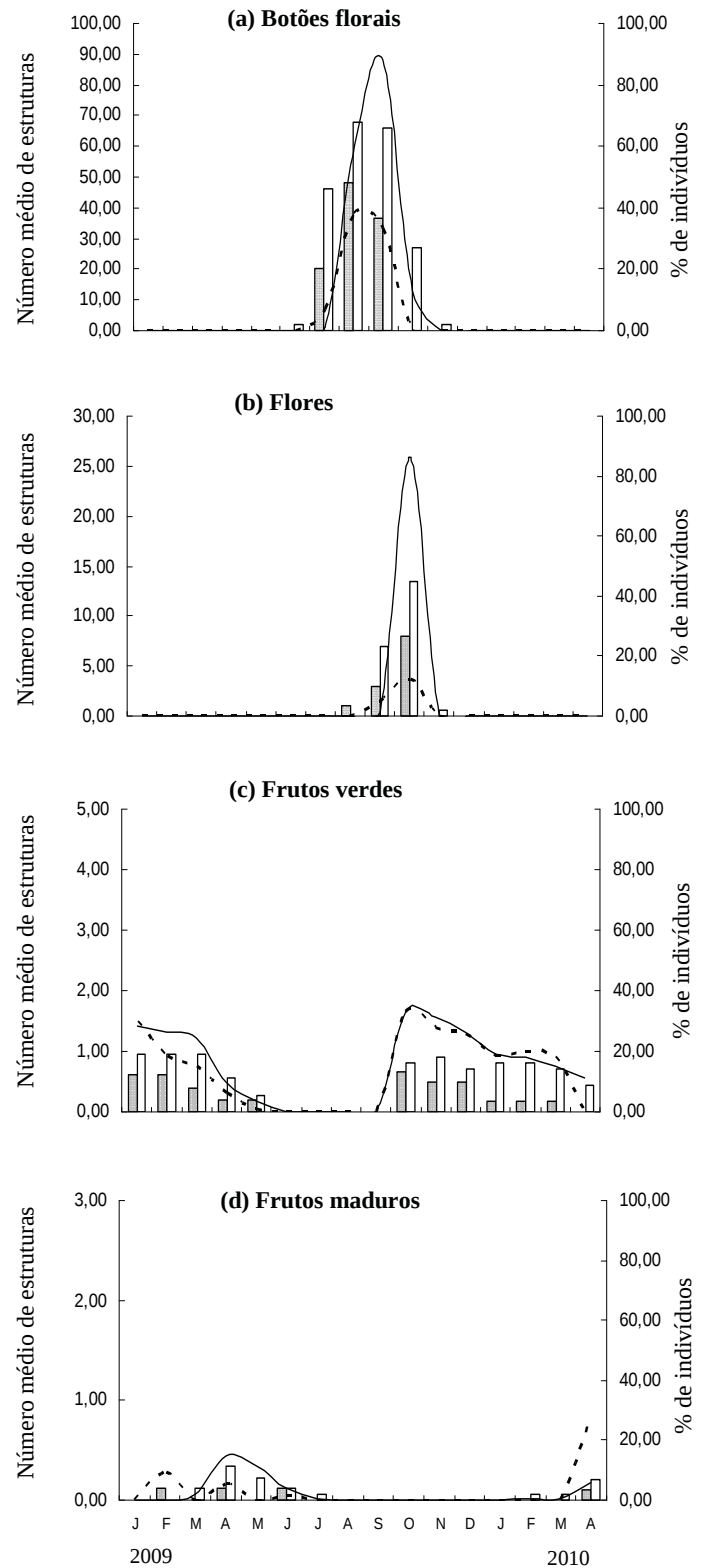


Figura 10: Produção total média mensal (linhas) e porcentagem de indivíduos (barras) de *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* nas fenofases floração (a e b) e frutificação (c e d) no G1 (interior) e G2 (borda natural) em Floresta Atlântica (Ubatuba, SP). Linha pontilhada (---) = produção de G1; Linha contínua (—) = produção de G2; Barra cinza = porcentagem de indivíduos de G1, Barra branca = porcentagem de indivíduos de G2.

Ouratea

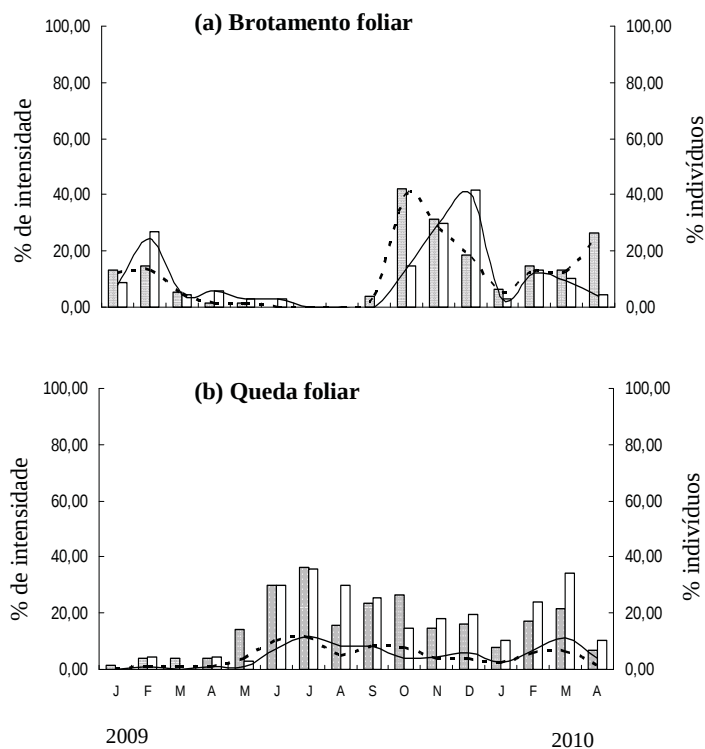


Figura 11: Porcentagem de Fournier (linhas) e porcentagem de indivíduos (barras) de *Ouratea verticillata* nas fenofases vegetativas no G1 (interior) e G2 (borda natural) em Floresta Atlântica (Ubatuba, SP). Linha pontilhada (---) = porcentagem em G1; Linha contínua (—) = porcentagem em G2; Barra cinza = porcentagem de indivíduos de G1, Barra branca = porcentagem de indivíduos de G2.

Piper

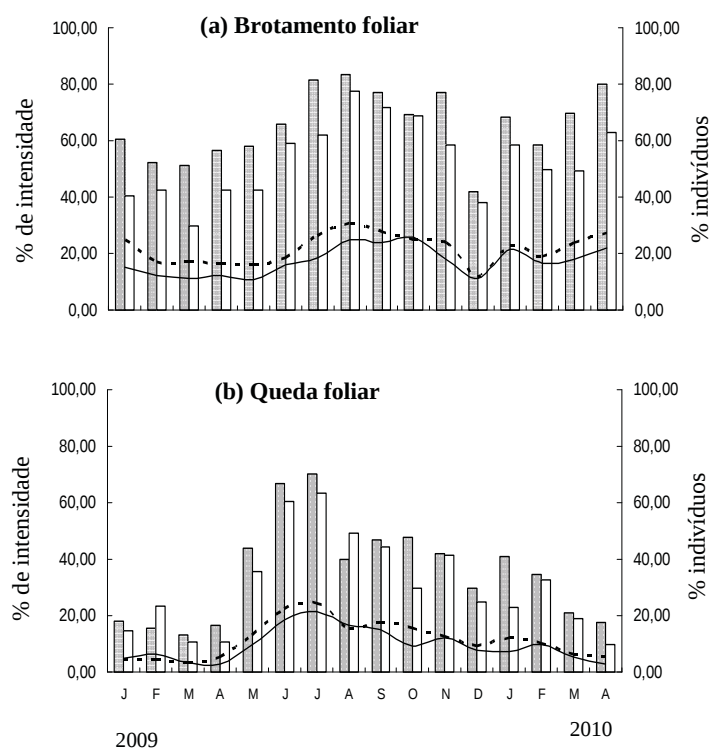


Figura 12: Intensidade fenológica (linhas) e porcentagem de indivíduos (barras) *Piper cf. permucronatum* nas fenofases vegetativas no G1 (interior) e G2 (borda natural) em Floresta Atlântica (Ubatuba, SP). Linha pontilhada (---) = porcentagem em G1; Linha contínua (—) = porcentagem em G2; Barra cinza = porcentagem de indivíduos de G1, Barra branca = porcentagem de indivíduos de G2.

Psychotria

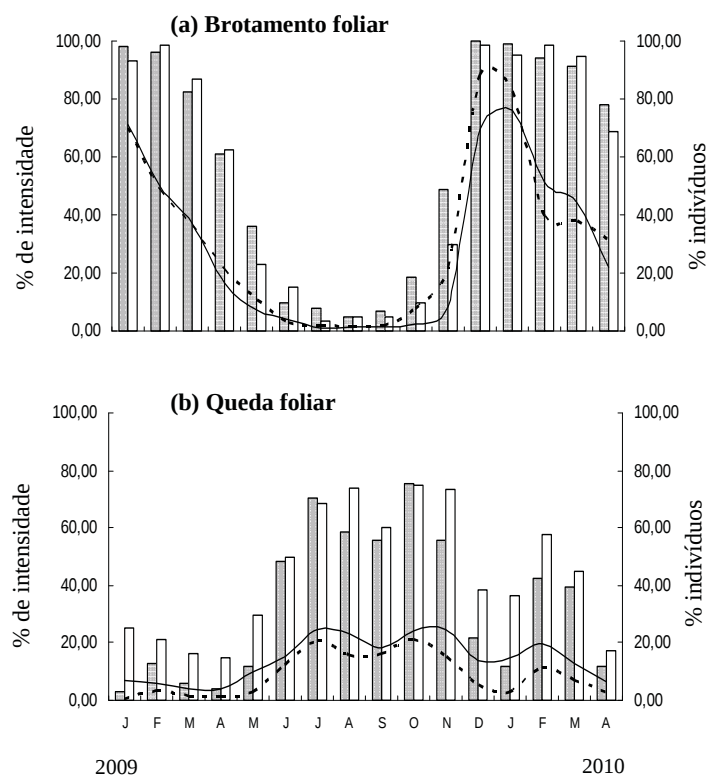


Figura 13: Intensidade fenológica (linhas) e porcentagem de indivíduos (barras) de *Psychotria nuda* nas fenofases vegetativas no G1 (interior) e G2 (borda natural) em Floresta Atlântica (Ubatuba, SP). Linha pontilhada (---) = porcentagem em G1; Linha contínua (—) = porcentagem em G2; Barra cinza = porcentagem de indivíduos de G1, Barra branca = porcentagem de indivíduos de G2.

Cabralea

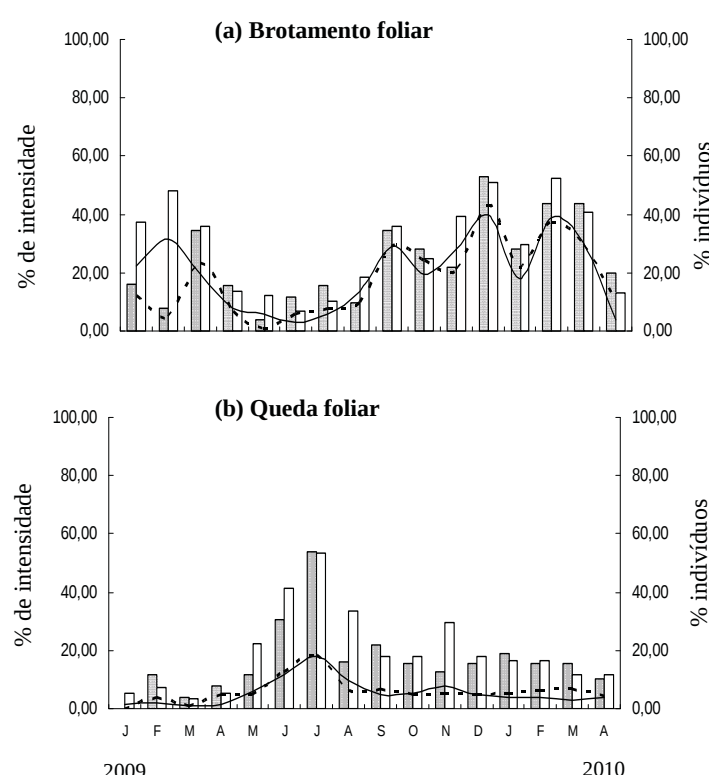


Figura 14: Intensidade fenológica (linhas) e porcentagem de indivíduos (barras) de *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* nas fenofases vegetativas no G1 (interior) e G2 (borda natural) em Floresta Atlântica (Ubatuba, SP). Linha pontilhada (---) = porcentagem em G1; Linha contínua (—) = porcentagem em G2; Barra cinza = porcentagem de indivíduos de G1, Barra branca = porcentagem de indivíduos de G2.

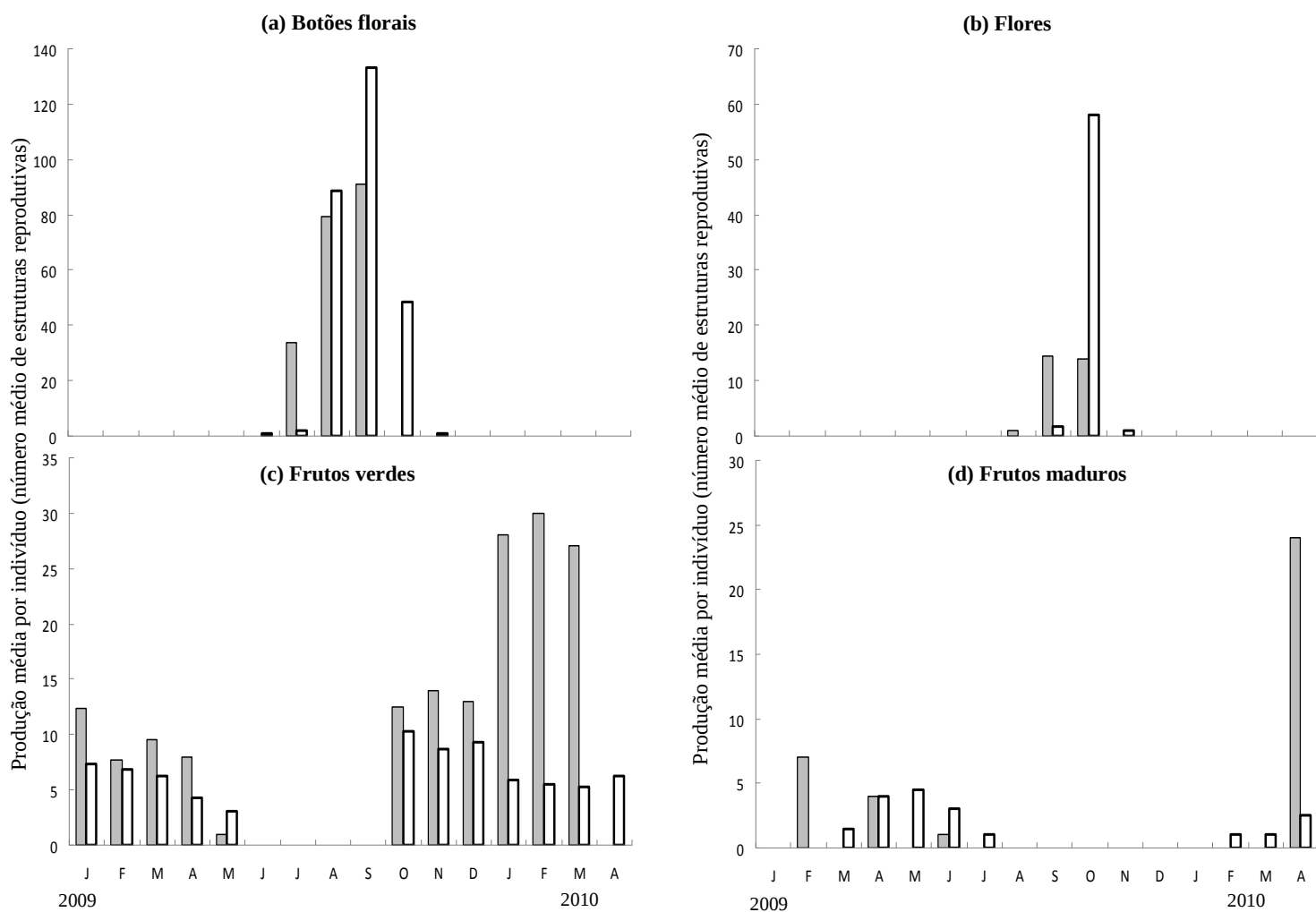


Figura 15: Produção média de estruturas por indivíduo que reproduziu de *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* para o G1 (interior) e G2 (borda natural) em Floresta Atlântica (Ubatuba, SP). Barra cinza = produção encontrada para indivíduos de G1, Barra branca = produção encontrada para indivíduos de G2.

7. Tabelas

Tabela 1: Média, valor mínimo e máximo das características estruturais dos indivíduos de *Ouratea verticillata*, *Piper cf. permucronatum*, *Psychotria nuda* e *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* encontrados nos grupos G1 e G2 na floresta Atlântica estudada, Parque Estadual de Serra do Mar (Núcleo Picinguaba, Ubatuba, SP). (*) demonstra diferenças significativas observadas para as comparações entre G1 e G2 - teste de Mann-Whitney (U), $p < 0,05$; Valores entre parênteses () demonstram o desvio padrão da média.

	Interior (G1)			Borda natural (G2)		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
<i>Ouratea verticillata</i>						
Altura (m)	1,84 (0,73)	0,50	4,00	1,82 (0,57)	0,87	3,50
Altura da copa em relação ao solo (m)	1,78 (0,64)	0,51	3,50	1,77 (0,50)	0,87	3,00
Tamanho da Copa (m ²)	0,60 (0,31)	0,27	2,73	0,60 (0,24)	0,25	2,02
CAS (cm)	8,57 (2,16)	4,60	14,00	8,71 (1,94)	5,00	14,40
CAP (cm)	6,01 (1,44)	2,00	9,80	6,18 (1,45)	4,00	11,20
<i>Piper cf. permucronatum</i>						
Altura (m)	1,51 (0,50)	0,60	3,00	1,52 (0,56)	0,60	4,00
Altura da copa em relação ao solo (m)	1,38 (0,55)	0,30	3,00	1,28 (0,47)	0,41	2,30
Tamanho da Copa (m ²)	0,82 (0,88)	0,06	7,27	1,36 (2,50)	0,05	14,09
CAS (cm)	6,10 (3,32)	3,00	17,50	6,48 (4,00)	3,00	23,00
CAP (cm)	3,68 (0,67)	2,50	5,50	5,99 (4,44)	3,00	17,50
<i>Psychotria nuda</i>						
Altura (m)*	2,34 (0,65)	0,50	4,00	1,97 (0,90)	0,60	5,00
Altura da copa em relação ao solo (m)*	2,1 (0,63)	0,49	3,10	1,67 (0,86)	0,44	5,00
Tamanho da Copa (m ²)	2,94 (2,03)	0,25	10,86	2,45 (1,84)	0,17	7,25
CAS (cm)	10,94 (4,17)	2,50	28,50	11,50 (6,55)	3,80	40,50
CAP (cm)	9,13 (4,70)	3,00	21,60	8,09 (4,19)	1,70	18,70
<i>Cabralea canjerana</i> subsp. <i>canjerana</i>						
Altura (m)	3,97 (1,21)	1,40	7,00	3,94 (1,30)	1,90	7,75
Altura da copa em relação ao solo (m)	3,38 (0,87)	1,45	5,07	3,35 (1,08)	1,32	7,75
Tamanho da Copa (m ²)	2,38 (1,77)	0,70	8,16	3,15 (3,49)	0,53	15,93
CAS (cm)	14,87 (4,38)	6,50	24,50	17,53 (11,04)	3,60	61,90
CAP (cm)	9,93 (4,66)	5,50	24,50	12,85 (11,67)	5,00	62,20

Tabela 2: Comparação entre as produções máximas (número máximo de estruturas produzidas durante o período da observação fenológica) de botão floral, flores, frutos verdes e maduros apresentadas por co-específicos de *Ouratea verticillata*, *Piper cf. permucronatum*, *Psychotria nuda* e *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* nos grupos G1 (interior) e G2 (borda natural) da área de floresta Atlântica estudada, Parque Estadual de Serra do Mar (Núcleo Picinguaba, Ubatuba, SP). Valores entre parênteses () indicam o desvio padrão; Z = valor de U normalizado para casos de grandes amostras ($Z \geq 1,96$); Valores com asterisco (*) demonstram diferenças significativas - teste de Mann-Whitney (U), $p < 0,05$.

	G1 (interior)	G2 (borda)	Z	p
<i>Ouratea verticillata</i>	n = 74	n = 67		
Botão floral	152,3 (133)	130,7 (99)	0,94	0,35
Antese	37,4 (42)	32,5 (31)	0,46	0,65
Fruto verde	28,4 (31)	26,4 (26)	0,00	1,00
Fruto maduro	5,2 (9)	3,1 (4)	0,88	0,38
<i>Piper cf. permucronatum</i>	n = 89	n = 57		
Botão floral	5,3 (5)	4,8 (6)	1,77	0,08
Antese	2,5 (4)	2,6 (5)	0,67	0,50
Fruto verde	3,1 (4)	2,9 (5)	1,43	0,15
Fruto maduro	0,8 (1)	0,9 (2)	0,34	0,73
<i>Psychotria nuda</i>	n = 81	n = 61		
Botão floral	171,5 (206)	102,1 (118)	2,64	0,01*
Antese	69,8 (68)	48,9 (54)	2,42	0,01*
Fruto verde	56,9 (60)	50,6 (64)	1,24	0,21
Fruto maduro	2,4 (3)	2,3 (3)	-0,20	0,84
<i>Cabralea canjerana</i> subsp. <i>canjerana</i>	n = 30	n = 56		
Botão floral	42,3 (162)	89,3 (207)	-1,96	0,05*
Antese	3,7 (10)	26,2 (57)	-2,40	0,02*
Fruto verde	3,0 (7)	2,6 (6)	-0,43	0,67
Fruto maduro	1,2 (4)	0,8 (2)	-0,88	0,38

Tabela 3: Valores estimados através de estatística circular para verificação da ocorrência de sazonalidade fenológica nos indivíduos de *Ouratea verticillata* encontrados nos microambientes do G1 (interior) e G2 (borda natural) em Floresta Atlântica (Ubatuba, SP) (Rayleigh $P < 0,05$).

<i>Ouratea verticillata</i>	Botão Floral Início		Botão Floral Pico		Antese Início		Antese Pico	
	G1 (N=71)	G2 (N=64)	G1 (N=70)	G2 (N=63)	G1 (N=68)	G2 (N=64)	G1 (N=54)	G2 (N=51)
Ângulo médio (μ)	317,999°	316,746°	356,393°	359,705°	347,571°	355,829°	27,073°	32,201°
Data média	18/nov	17/nov	27-dez	30-dez	18-dez	26-dez	28-jan	2-fev
Comprimento do vetor médio (r)	0,877	0,899	0,844	0,801	0,917	0,83	0,805	0,74
Desvio padrão circular	29,296°	26,437°	33,371°	38,17°	23,823°	35,002°	37,689°	44,498°
Rayleigh (Z)	54,666	51,727	49,862	40,42	57,204	44,066	35,033	27,901
Rayleigh (p)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	Fruto Verde Início		Fruto Verde Pico		Fruto Maduro Início		Fruto Maduro Pico	
	G1 (N=59)	G2 (N=57)	G1 (N=58)	G2 (N=54)	G1 (N=42)	G2 (N=34)	G1 (N=42)	G2 (N=30)
Ângulo médio (μ)	21,288°	25,927°	41,288°	45,329°	100,137°	117,38°	109,86°	135,663°
Data média	22-jan	26-jan	11-fev	15-fev	12-abr	29-abr	21-abr	17-mai
Comprimento do vetor médio (r)	0,9	0,742	0,845	0,705	0,759	0,614	0,748	0,59
Desvio padrão circular	26,275°	44,232°	33,206°	47,915°	42,509°	56,589°	43,634°	58,899°
Rayleigh (Z)	47,81	31,409	41,453	26,833	24,221	12,818	23,517	10,427
Rayleigh (p)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	Brotamento Início		Brotamento Pico		Queda Foliar Início		Queda Foliar Pico	
	G1 (N= 60)	G2 (N= 56)	G1 (N=43)	G2 (N= 52)	G1 (N= 53)	G2 (N=46)	G1 (N=54)	G2 (N=38)
Ângulo médio (μ)	295,792°	325,547°	308,52°	335,349°	166,094°	158,021°	188,062°	182,98°
Data média	27/out	26/nov	9-nov	6-dez	18-jun	10-jun	10-jul	4-jul
Comprimento do vetor médio (r)	0,849	0,82	0,805	0,781	0,515	0,544	0,403	0,306
Desvio padrão circular	32,811°	36,135°	37,719°	40,333°	65,99°	63,221°	77,257°	88,135°
Rayleigh (Z)	43,224	37,622	27,877	31,68	14,066	13,614	8,765	3,566
Rayleigh (p)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Tabela 4: Valores estimados através de estatística circular para verificação da ocorrência de sazonalidade fenológica nos indivíduos de *Piper* cf. *permucronatum* encontrados nos microambientes do G1 (interior) e G2 (borda natural). Valores encontrados para os inícios do brotamento e queda foliar foram desconsiderados devido ao padrão fenológico contínuo observado.

<i>Piper</i> cf. <i>permucronatum</i>		Botão Floral Início		Botão Floral Pico		Antese Início		Antese Pico	
		G1 (N= 71)	G2 (N= 45)	G1 (N= 74)	G2 (N= 45)	G1 (N= 56)	G2 (N=35)	G1 (N= 48)	G2 (N= 31)
Ângulo médio (μ)		220,037°	236,529°	273,497°	277,709°	286,354°	283,583°	297,308°	301,176°
Data média		12-ago	28-ago	4-out	8-out	17-out	14-out	29-out	2-nov
Comprimento do vetor médio (r)		0,779	0,843	0,953	0,953	0,873	0,925	0,914	0,977
Desvio padrão circular		40,461°	33,449°	17,844°	17,776°	29,824°	22,661°	24,284°	12,378°
Rayleigh (Z)		43,121	32,004	67,16	40,871	42,709	29,932	40,108	29,586
Rayleigh (p)		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fruto Verde Início		Fruto Verde Pico		Fruto Maduro Início		Fruto Maduro Pico			
Ângulo médio (μ)		G1 (N= 42)	G2 (N= 16)	G1 (N= 21)	G2 (N= 15)	G1 (N= 32)	G2 (N=23)	G1 (N= 32)	G2 (N= 24)
Data média		331,198°	336,229°	17,914°	32,156°	108,339°	115,252°	112,464°	123,536°
Comprimento do vetor médio (r)		2-dez	7-dez	18-jan	2-fev	20-abr	27-abr	24-abr	5-mai
Desvio padrão circular		0,865	0,959	0,65	0,807	0,843	0,833	0,903	0,848
Rayleigh (Z)		30,919°	16,643°	53,139°	37,516°	33,526°	34,649°	25,843°	32,855°
Rayleigh (p)		31,389	14,705	8,885	9,77	22,722	15,955	26,109	17,275
		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Brotamento Início		Brotamento Pico							
Ângulo médio (μ)		G1 (N= 77)	G2 (N= 63)	G1 (N= 74)	G2 (N= 56)	-	-	-	-
Data média		270,409°	268,347°	214,08°	211,146°	-	-	-	-
Comprimento do vetor médio (r)		1-out	29-set	5-ago	2-ago	-	-	-	-
Desvio padrão circular		0,323	0,324	0,6	0,414	-	-	-	-
Rayleigh (Z)		86,166°	85,964°	57,922°	76,102°	-	-	-	-
Rayleigh (p)		8,022	6,633	26,632	9,594	-	-	-	-
		< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	-	-	-	-

Tabela 5: Valores estimados através de estatística circular para verificação da ocorrência de sazonalidade fenológica nos indivíduos de *Psychotria nuda* encontrados nos microambientes do G1 (interior) e G2 (borda natural) em Floresta Atlântica (Ubatuba, SP) (Rayleigh $P < 0,05$).

<i>Psychotria nuda</i>	Botão Floral		Botão Floral		Antese Início		Antese Pico	
	G1 (N= 70)	Início	G1 (N= 69)	Pico	G1 (N=64)	G2 (N= 49)	G1 (N=71)	G2 (N= 52)
Ângulo médio (μ)	3,186°	17,975°	57,285°	70,196°	76,863°	95,738°	117,169°	133,363°
Data média	4-jan	18-jan	27-fev	12-mar	19-mar	7-abr	29-abr	15-mai
Comprimento do vetor médio (r)	0,92	0,946	0,962	0,952	0,908	0,92	0,925	0,899
Desvio padrão circular	23,367°	19,086°	15,877°	17,913°	25,175°	23,364°	22,677°	26,405°
Rayleigh (Z)	59,274	34,009	63,9	37,182	52,764	41,494	60,705	42,05
Rayleigh (p)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	Fruto Verde		Fruto Verde		Fruto Maduro		Fruto Maduro	
	G1 (N= 49)	Início	G1 (N= 76)	Pico	G1 (N= 50)	G2 (N= 37)	G1 (N=46)	Pico
Ângulo médio (μ)	187,494°	198,754°	260,575°	277,627°	358,719°	34,712°	40,722°	51,939°
Data média	9-jul	20-jul	21-set	8-out	29-dez	04-fev	10-fev	21-fev
Comprimento do vetor médio (r)	0,923	0,922	0,846	0,901	0,475	0,646	0,566	0,646
Desvio padrão circular	22,888°	23,13°	33,168°	26,154°	69,886°	53,579°	61,106°	53,555°
Rayleigh (Z)	41,772	34,834	54,36	41,407	11,294	15,432	14,75	13,774
Rayleigh (p)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	Brotamento		Brotamento		Queda Foliar		Queda Foliar	
	G1 (N= 97)	Início	G1 (N= 102)	Pico	G1 (N= 84)	G2 (N= 43)	G1 (N= 76)	Pico
Ângulo médio (μ)	318,406°	325,592°	350,435°	6,083°	174,753°	168,44°	233,465°	262,028°
Data média	19-nov	26-nov	21-dez	7-jan	26-jun	20-jun	25-ago	23-set
Comprimento do vetor médio (r)	0,921	0,922	0,943	0,922	0,829	0,711	0,58	0,371
Desvio padrão circular	23,217°	23,014°	19,595°	23,109°	35,049°	47,282°	59,77°	80,695°
Rayleigh (Z)	82,312	49,358	90,741	50,142	57,779	21,762	25,598	5,916
Rayleigh (p)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Tabela 6: Valores estimados através de estatística circular para verificação da ocorrência de sazonalidade fenológica nos indivíduos de *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* encontrados nos microambientes do G1 (interior) e G2 (borda natural) em Floresta Atlântica (Ubatuba, SP) (Rayleigh $P < 0,05$).

<i>Cabralea canjerana</i> subsp. <i>canjerana</i>		Botão Floral Início		Botão Floral Pico		Antese Início		Antese Pico	
		G1 (N= 14)	G2 (N=38)	G1 (N= 14)	G2 (N= 38)	G1 (N= 8)	G2 (N= 31)	G1 (N= 8)	G2 (N= 30)
Ângulo médio (μ)		208,48°	198,673°	238,07°	239,969°	263,855°	265,784°	278,14°	272,35°
Data média		30-jul	20-jul	30-ago	31-ago	24-set	26-set	9-out	3-out
Comprimento do vetor médio (r)		0,97	0,965	0,97	0,961	0,935	0,968	1	0,979
Desvio padrão circular		14,238°	15,375°	14,238°	16,169°	20,946°	14,677°	***	11,83°
Rayleigh (Z)		13,162	35,36	13,162	35,091	6,999	29,031	8	28,748
Rayleigh (p)		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
		Fruto Verde Início		Fruto Verde Pico		Fruto Maduro Início		Fruto Maduro Pico	
		G1 (N= 4)	G2 (N= 11)	G1 (N=4)	G2 (N= 11)	G1 (N=1)	G2 (N= 8)	G1 (N= 1)	G2 (N= 9)
Ângulo médio (μ)		278,14°	283,394°	285,412°	312,998°	100,6°	100,6°	100,6°	107,849°
Data média		9-out	14-out	16-out	13-nov	12-abr	12-abr	12-abr	19-abr
Comprimento do vetor médio (r)		1	0,98	0,975	0,864	1	0,845	1	0,87
Desvio padrão circular		***	11,398°	12,83°	31,035°	***	33,197°	***	30,288°
Rayleigh (Z)		4	10,573	3,804	8,203	1	5,719	1	6,806
Rayleigh (p)		0,007	< 0,001	0,01	< 0,001	0,512	0,001	0,512	< 0,001
		Brotamento Início		Brotamento Pico		Queda Foliar Início		Queda Foliar Pico	
		G1 (N= 23)	G2 (N= 32)	G1 (N= 25)	G2 (N= 54)	G1 (N= 22)	G2 (N= 49)	G1 (N= 22)	G2 (N= 38)
Ângulo médio (μ)		297,479°	298,481°	327,401°	340,372°	197,372°	167,34°	208,451°	193,857°
Data média		29-out	30-out	28-nov	11-dez	19-jul	19-jun	30-jul	15-jul
Comprimento do vetor médio (r)		0,546	0,515	0,648	0,577	0,381	0,582	0,407	0,587
Desvio padrão circular		63,007°	65,984°	53,4°	60,113°	79,557°	59,586°	76,873°	59,112°
Rayleigh (Z)		6,863	8,495	10,488	17,961	3,2	16,615	3,636	13,107
Rayleigh (p)		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,039	< 0,001	0,024	< 0,001

Tabela7: Resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov obtidos da comparação das curvas de produção total média mensal apresentadas pelas espécies *Ouratea verticillata*, *Piper cf. permucronatum*, *Psychotria nuda* e *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* nos grupos G1 (interior) e G2 (borda natural). Média = valor médio da produção total para o período de janeiro de 2009 a abril de 2010; (*) = valores significativamente diferentes ($p < 0,05$).

	p	Média G1	Desv. Padrão G1	Média G2	Desv. Padrão G2
<i>Ouratea verticillata</i>					
Botão floral	$p > .10$	19,75	30,52	17,08	23,59
Antese	$p > .10$	3,75	6,18	3,08	3,95
Fruto verde	$p > .10$	4,17	5,14	3,59	4,02
Fruto maduro	$p > .10$	0,62	0,79	0,33	0,40
Brotamento	$p > .10$	11,21	11,74	10,10	11,78
Queda foliar	$p > .10$	4,61	3,44	4,85	3,83
<i>Piper cf. permucronatum</i>					
Botão floral *	$p < .05$	1,14	1,44	0,88	1,44
Antese	$p < .10$	0,31	0,61	0,30	0,63
Fruto verde	$p > .10$	1,00	0,78	0,78	0,85
Fruto maduro *	$p < .05$	0,10	0,13	0,09	0,17
Brotamento	$p > .10$	21,79	5,28	17,40	5,16
Queda foliar	$p > .10$	11,37	6,50	9,60	5,71
<i>Psychotria nuda</i>					
Botão floral	$p > .10$	44,90	47,81	27,53	32,17
Antese	$p > .10$	9,79	16,08	7,06	12,45
Fruto verde	$p > .10$	21,26	17,27	19,47	17,14
Fruto maduro	$p > .10$	0,32	0,25	0,28	0,29
Brotamento	$p > .10$	31,42	28,75	28,98	27,89
Queda foliar	$p < .10$	8,77	7,19	14,26	7,51
<i>Cabralea canjerana</i> subsp. <i>canjerana</i>					
Botão floral	$p > .10$	4,90	12,20	10,13	25,67
Antese	$p > .10$	0,33	0,98	1,65	6,47
Fruto verde	$p > .10$	0,67	0,61	0,77	0,61
Fruto maduro	$p > .10$	0,08	0,22	0,07	0,13
Brotamento	$p > .10$	17,89	12,51	19,77	12,41
Queda foliar	$p > .10$	6,03	4,25	5,52	4,49

Tabela 8: Índices de sincronia populacional (Z) para as fenofases reprodutivas e vegetativas apresentados pelas espécies de sub-bosque *Ouratea verticillata*, *Piper cf. permucronatum*, *Psychotria nuda* e *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* na área de Floresta Atlântica estudada (Ubatuba, SP) desconsiderando o agrupamento em G1 (interior) e G2 (borda natural).

Valor de Z - Sincronia		
	Botão floral	Antese
<i>Ouratea verticillata</i> (N=141)	0,615	0,510
<i>Piper cf. permucronatum</i> (N=143)	0,605	0,414
<i>Psychotria nuda</i> (N=142)	0,761	0,701
<i>Cabralea canjerana</i> subsp. <i>canjerana</i> (N=86)	0,506	0,317
	Fruto verde	Fruto maduro
<i>Ouratea verticillata</i> (N=141)	0,498	0,204
<i>Piper cf. permucronatum</i> (N=143)	0,325	0,188
<i>Psychotria nuda</i> (N=142)	0,786	0,192
<i>Cabralea canjerana</i> subsp. <i>canjerana</i> (N=86)	0,117	0,044
	Brotamento	Queda foliar
<i>Ouratea verticillata</i> (N=144)	0,243	0,252
<i>Piper cf. permucronatum</i> (N=165)	0,626	0,449
<i>Psychotria nuda</i> (N=164)	0,798	0,552
<i>Cabralea canjerana</i> subsp. <i>canjerana</i> (N=93)	0,360	0,276

Tabela9: Índices de sincronia populacional (Z) para as fenofases reprodutivas e vegetativas apresentados pelas espécies de sub-bosque *Ouratea verticillata*, *Piper cf. permucronatum*, *Psychotria nuda* e *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* nos microambientes do G1 (interior) e G2 (borda natural) em Floresta Atlântica do Parque Estadual da Serra do Mar (Núcleo Picinguaba, Ubatuba, SP).

Valor de Z - Sincronia				
	Botão floral (G1)	Botão floral (G2)	Antese (G1)	Antese (G2)
<i>Ouratea verticillata</i> (NG1= 74; NG2= 67)	0,738	0,666	0,683	0,642
<i>Piper cf. permucronatum</i> (NG1= 89; NG2= 54)	0,651	0,670	0,500	0,543
<i>Psychotria nuda</i> (NG1= 81; NG2= 60)	0,803	0,736	0,757	0,734
<i>Cabralea canjerana</i> subsp. <i>canjerana</i> (NG1= 30; NG2= 56)	0,387	0,571	0,224	0,460
	Fruto verde (G1)	Fruto verde (G2)	Fruto maduro (G1)	Fruto maduro (G2)
<i>Ouratea verticillata</i> (NG1= 74; NG2= 67)	0,694	0,664	0,466	0,366
<i>Piper cf. permucronatum</i> (NG1= 89; NG2= 54)	0,512	0,378	0,290	0,358
<i>Psychotria nuda</i> (NG1= 81; NG2= 60)	0,831	0,785	0,434	0,438
<i>Cabralea canjerana</i> subsp. <i>canjerana</i> (NG1= 30; NG2= 56)	0,098	0,098	0,000	0,113
	Brotamento (G1)	Brotamento (G2)	Queda foliar (G1)	Queda foliar (G2)
<i>Ouratea verticillata</i> (NG1= 76; NG2= 67)	0,528	0,601	0,521	0,572
<i>Piper cf. permucronatum</i> (NG1= 91; NG2= 73)	0,830	0,746	0,660	0,611
<i>Psychotria nuda</i> (NG1= 102; NG2= 61)	0,806	0,813	0,693	0,729
<i>Cabralea canjerana</i> subsp. <i>canjerana</i> (NG1= 32; NG2= 61)	0,640	0,723	0,386	0,536

Tabela 10: Regressão múltipla stepwise entre as variáveis estruturais, microclimáticas e microambientais relacionadas aos indivíduos de *Ouratea verticillata* dos grupos G1 (interior) e G2 (borda natural) e as produções máximas de botão floral, flores, frutos verdes e maduros observadas para os mesmos durante o período de Janeiro de 2009 a abril de 2010. Todos os valores representados são Beta significativo para $p < 0,05$ obtidos no “step” final da regressão stepwise; (*) = valor de p; (nc) = variável não considerada no modelo de regressão.

<i>Ouratea verticillata</i>	Botão Floral		Antese		Fruto verde		Fruto maduro	
	Interior (G1)	Borda (G2)	Interior (G1)	Borda (G2)	Interior (G1)	Borda (G2)	Interior (G1)	Borda (G2)
Intercepto			0,00*		0,02*	0,00*	0,02*	0,04*
Característica estrutural	0,407	0,355	0,308	0,321	0,508	0,340	0,347	0,229
Altura do dossel						-0,263		
Densidade vertical	-0,259	-0,248			-0,189			
Distancia para a clareira			-0,302		-0,298		-0,504	-0,319
Distância para o rio	nc		nc	0,347	nc		nc	
Distância para coespecífico								
Distância para indivíduo próximo								
Temperatura (°C)								-0,515
Umidade relativa (%)					-0,187		-0,404	
Luz (PAR) (mol.m ⁻² .s ⁻¹)	0,238					0,275	0,253	0,314
Abertura do dossel						-0,274	-0,173	
R²	0,34	0,20	0,22	0,27	0,46	0,32	0,47	0,26
R² ajustado	0,30	0,17	0,20	0,21	0,43	0,28	0,42	0,20
p da regressão	<0,001	<0,001	<0,001	<0,007	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002

Tabela 11: Regressão múltipla stepwise entre as variáveis estruturais, microclimáticas e microambientais relacionadas aos indivíduos de *Piper cf. permucronatum* dos grupos G1 (interior) e G2 (borda natural) e as produções máximas de botão floral, flores, frutos verdes e maduros observadas para os mesmos durante o período de Janeiro de 2009 a abril de 2010. Todos os valores representados são Beta significativo para $p < 0,05$ obtidos no “step” final da regressão stepwise; (*) = valor de p; (nc) = variável não considerada no modelo de regressão.

<i>Piper cf permucroanatum</i>	Botão Floral		Antese		Fruto verde		Fruto maduro	
	Interior (G1)	Borda (G2)	Interior (G1)	Borda (G2)	Interior (G1)	Borda (G2)	Interior (G1)	Borda (G2)
Intercepto								0,00*
Característica estrutural	0,464	0,833	0,432	0,789	0,440	0,585	0,372	0,509
Altura do dossel	-0,293		-0,316		-0,224			
Densidade vertical	-0,292		-0,215		-0,257		-0,264	
Distancia para a clareira					0,256	-0,299	0,230	-0,234
Distância para o rio	nc		nc		nc		nc	
Distância para coespecífico			0,261					
Distância para indivíduo próximo								
Temperatura (°C)								
Umidade relativa (%)							-0,198	
Luz (PAR) (mol.m ⁻² .s ⁻¹)	0,212							
Abertura do dossel								
R²	0,58	0,69	0,43	0,62	0,48	0,52	0,41	0,37
R² ajustado	0,55	0,68	0,39	0,60	0,44	0,49	0,35	0,34
p da regressão	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Tabela 12: Regressão múltipla stepwise entre as variáveis estruturais, microclimáticas e microambientais relacionadas aos indivíduos de *Psychotria nuda* dos grupos G1 (interior) e G2 (borda) e as produções máximas de botão floral, flores, frutos verdes e maduros observadas para os mesmos durante o período de Janeiro de 2009 a abril de 2010. Todos os valores representados são Beta significativo para $p < 0,05$ obtidos no “step” final da regressão stepwise; (*) = valor de p; (nc) = variável não considerada no modelo de regressão.

<i>Psychotria nuda</i>	Botão Floral		Antese		Fruto verde		Fruto maduro	
	Interior (G1)	Borda (G2)	Interior (G1)	Borda (G2)	Interior (G1)	Borda (G2)	Interior (G1)	Borda (G2)
Intercepto			0,01*			0,04*	0,04*	0,00*
Característica estrutural	0,482	0,648	0,622	0,612	0,684	0,621	0,303	0,337
Altura do dossel							0,322	
Densidade vertical								
Distancia para a clareira	-0,377							
Distância para o rio	nc		nc		nc		nc	
Distância para coespecífico	0,191			0,272			0,284	
Distância para indivíduo próximo								
Temperatura (°C)							-0,245	
Umidade relativa (%)								
Luz (PAR) ($\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)			0,270		0,339		0,395	
Abertura do dossel	-0,209		-0,177					
R²	0,63	0,58	0,58	0,57	0,55	0,53	0,40	0,11
R² ajustado	0,59	0,56	0,56	0,55	0,54	0,50	0,34	0,10
p da regressão	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,010

Tabela 13: Regressão múltipla stepwise entre as variáveis estruturais, microclimáticas e microambientais relacionadas aos indivíduos de *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* dos grupos G1 (interior) e G2 (borda) e as produções máximas de botão floral e flores observadas para os mesmos durante o período de Janeiro de 2009 a abril de 2010. Todos os valores representados são Beta significativo para $p < 0,05$ obtidos no “step” final da regressão stepwise; (*) = valor de p; (nc) = variável não considerada no modelo de regressão.

<i>Cabralea canjerana</i> subsp. <i>canjerana</i>	Botão Floral		Antese	
	Interior (G1)	Borda (G2)	Interior (G1)	Borda (G2)
Intercepto		0,00*	0,00*	
Característica estrutural	0,552	0,507		0,424
Altura do dossel				
Densidade vertical		-0,256		-0,386
Distancia para a clareira				
Distância para o rio	nc		nc	
Distância para coespecífico		0,253		0,275
Distância para indivíduo próximo				
Temperatura (°C)				
Umidade relativa (%)			-0,670	
Luz (PAR) ($\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)				
Abertura do dossel				
R²	0,38	0,34	0,51	0,32
R² ajustado	0,32	0,30	0,46	0,27
p da regressão	<0,006	<0,001	<0,001	<0,001

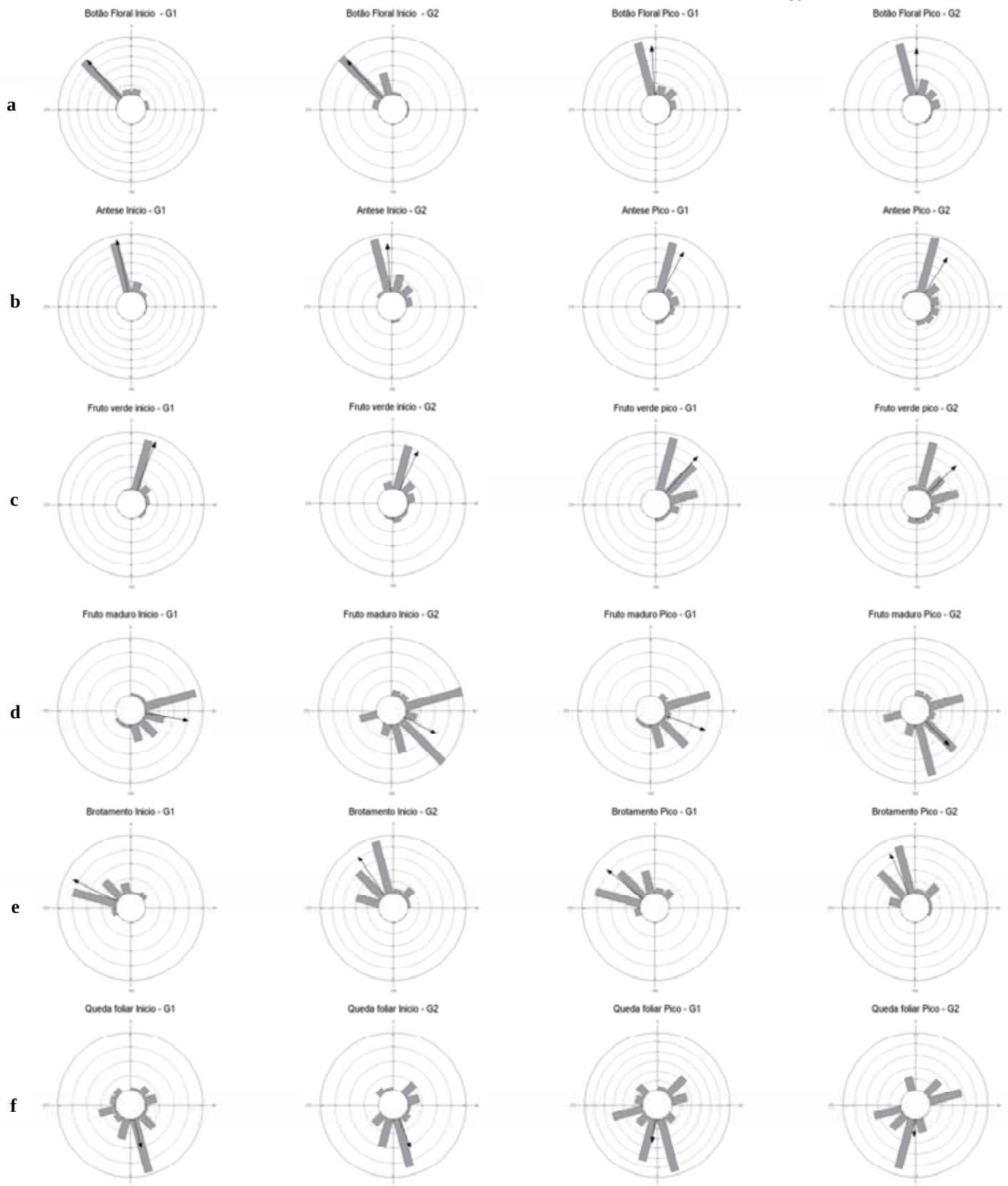
8. Apêndice



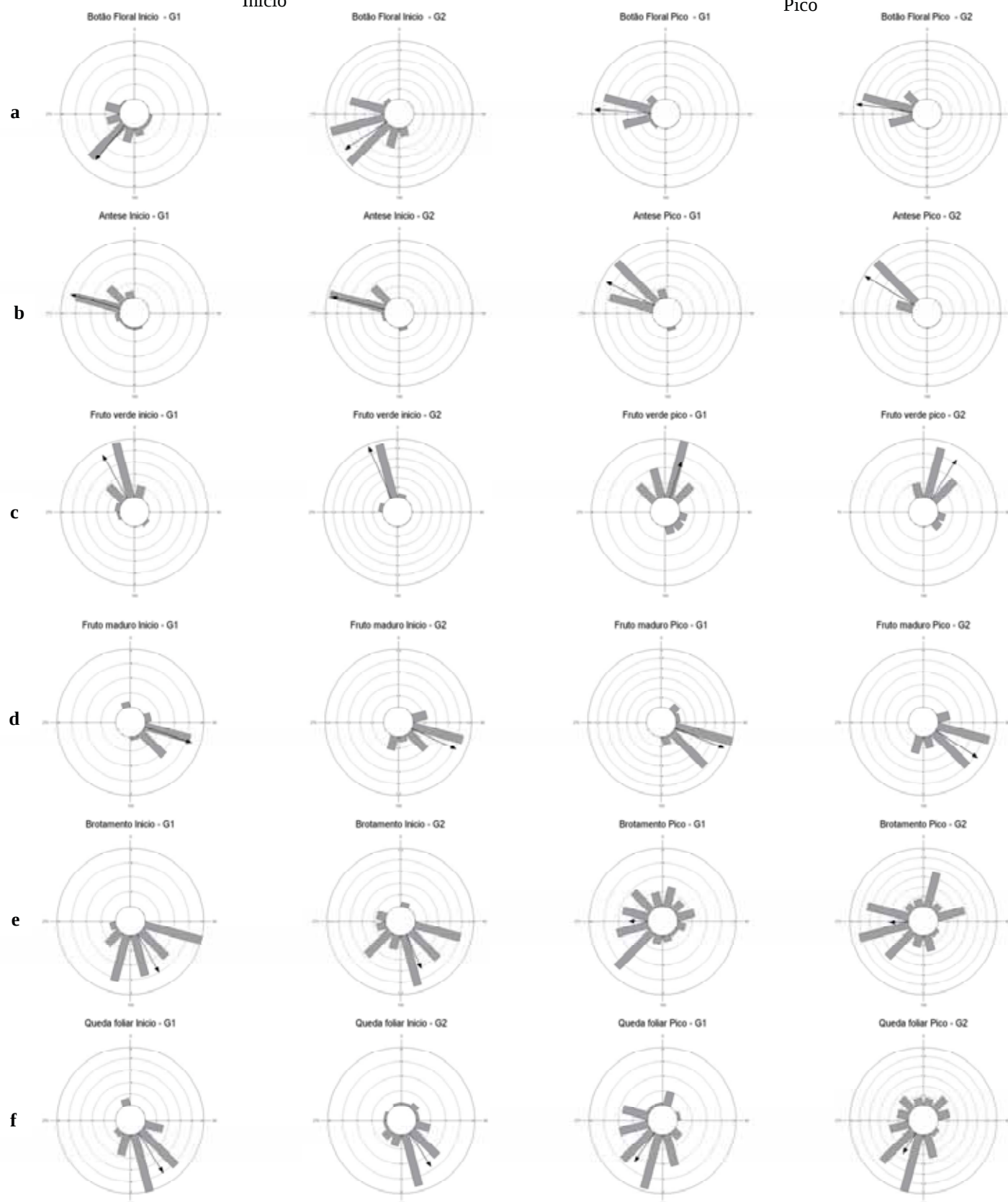
Apêndice A - Estruturas reprodutivas e detalhes dos indivíduos das espécies de sub-bosque de floresta Atlântica (Ubatuba, SP) *Ouratea verticillata* (Ochanaceae) (A – D) e *Piper* cf. *permucronatum* (Piperaceae) (E – F). A = Indivíduo próximo a borda natural; B = Inflorescência desenvolvida com botões florais e flores; C = Detalhe de uma inflorescência com botões florais e flores; D = Infrutescência com frutos verdes; E = Infrutescências com frutos verdes; F = Infrutescências com frutos verdes (detalhe) e inflorescência desenvolvida (ao fundo). (Fotos: Gressler, E).



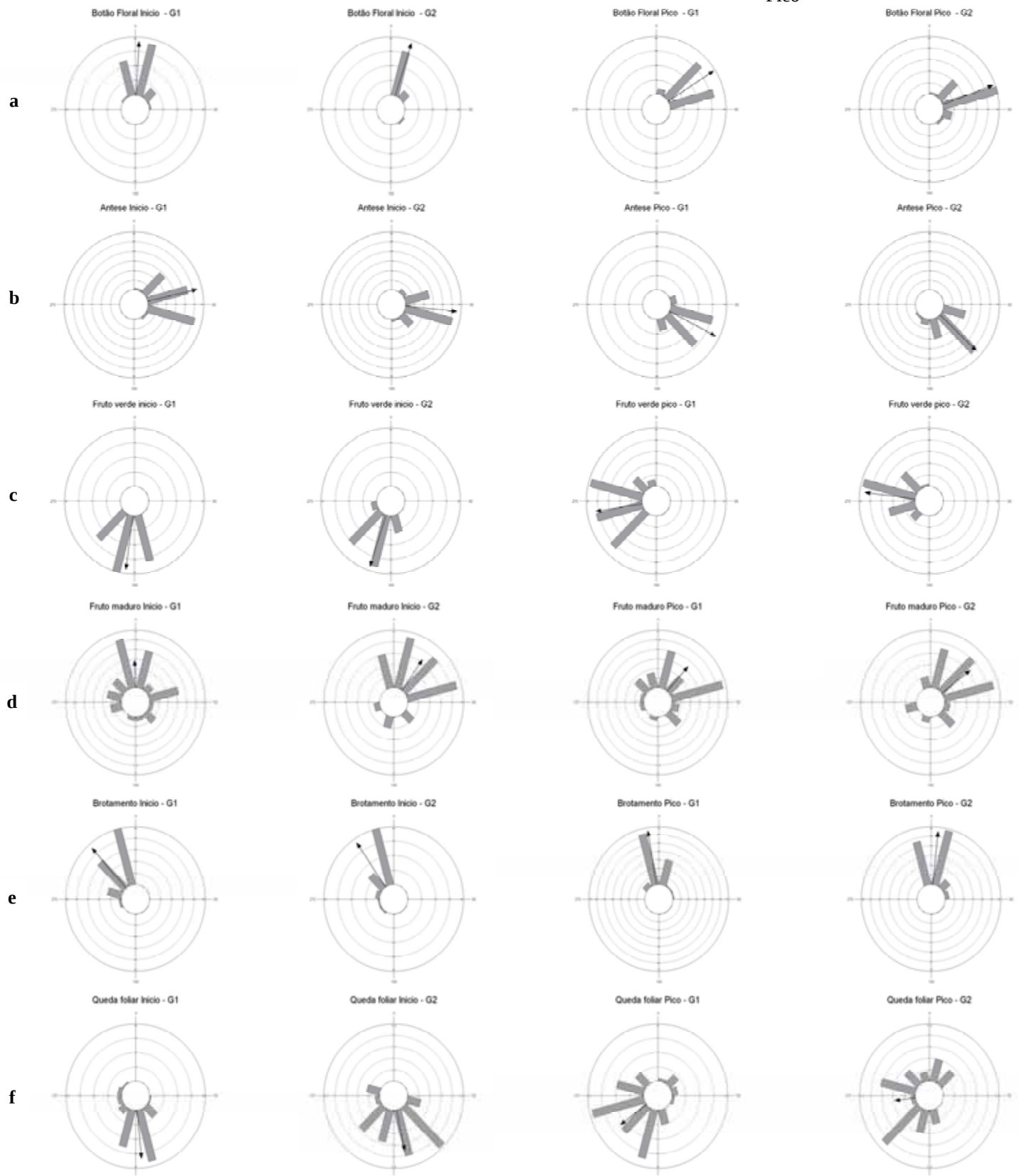
Apêndice B – Estruturas reprodutivas das espécies de sub-bosque de floresta Atlântica (Ubatuba, SP) *Psychotria nuda* (Rubiaceae) (A – D) e *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* (Meliaceae) (E- F). A = Inflorescência com botões florais pouco desenvolvidos; B = Inflorescência com botões florais e flor; C = Infrutescência com frutos verdes; D = Infrutescência com fruto maduro predado e frutos verdes; E = Inflorescências com botões florais desenvolvidos; F = Copa foliar e infrutescência com frutos verdes (Fotos: Gressler,E).



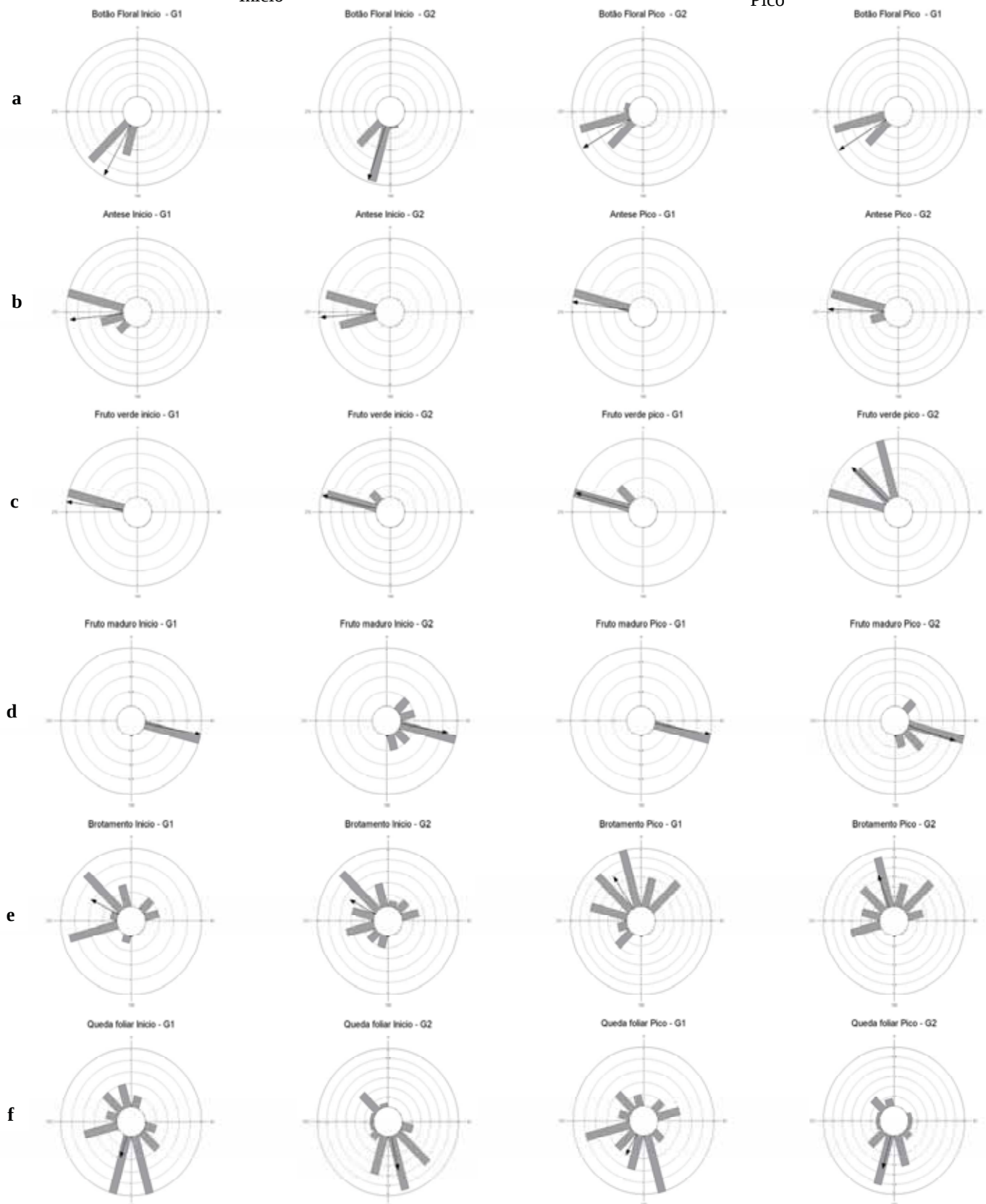
Apêndice C - Histogramas circulares de frequência relativa mensal de indivíduos de *Ouratea verticillata* do G1 (interior) e G2 (borda natural) apresentando início e pico de cada fenofase reprodutiva e vegetativa na Floresta Atlântica (Ubatuba, SP), durante o período de abril de 2009 a março de 2010. Floração: (a) Botão floral, (b) Antese; Frutificação: (c) Fruto verde, (d) Fruto maduro; (e) Brotamento foliar; (f) Queda foliar. A seta preta indica a data média de ocorrência da fenofase e o comprimento do vetor r simboliza a concentração dos indivíduos em torno da data média. Os círculos concêntricos representam aumentos de frequência de 0,1 e o 0° corresponde ao mês de janeiro de 2010.



Apêndice D - Histogramas circulares de frequência relativa mensal de indivíduos de *Piper cf. permucronatum* do G1 (interior) e G2 (borda natural) apresentando início e pico de cada fenofase reprodutiva e vegetativa na Floresta Atlântica (Ubatuba, SP), durante o período de abril de 2009 a março de 2010. Floração: (a) Botão floral, (b) Antese; Frutificação: (c) Fruto verde, (d) Fruto maduro; (e) Brotamento foliar; (f) Queda foliar. A seta preta indica a data média de ocorrência da fenofase e o comprimento do vetor r simboliza a concentração dos indivíduos em torno da data média. Os círculos concêntricos representam aumentos de frequência de 0,1 e o 0° corresponde ao mês de janeiro de 2010.



Apêndice E - Histogramas circulares de frequência relativa mensal de indivíduos de *Psychotria nuda* do G1 (interior) e G2 (borda natural) apresentando início e pico de cada fenofase reprodutiva e vegetativa na Floresta Atlântica (Ubatuba, SP), durante o período de abril de 2009 a março de 2010. Floração: (a) Botão floral, (b) Antese; Frutificação: (c) Fruto verde, (d) Fruto maduro; (e) Brotamento foliar; (f) Queda foliar. A seta preta indica a data média de ocorrência da fenofase e o comprimento do vetor r simboliza a concentração dos indivíduos em torno da data média. Os círculos concêntricos representam aumentos de frequência de 0,1 e o 0° corresponde ao mês de janeiro de 2010.



Apêndice F - Histogramas circulares de frequência relativa mensal de indivíduos de *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* do G1 (interior) e G2 (borda natural) apresentando início e pico de cada fenofase reprodutiva e vegetativa na Floresta Atlântica (Ubatuba, SP), durante o período de abril de 2009 a março de 2010. Floração: (a) Botão floral, (b) Antese; Frutificação: (c) Fruto verde, (d) Fruto maduro; (e) Brotamento foliar; (f) Queda foliar. A seta preta indica a data média de ocorrência da fenofase e o comprimento do vetor r simboliza a concentração dos indivíduos em torno da data média. Os círculos concêntricos representam aumentos de frequência de 0,1 e o 0° corresponde ao mês de janeiro de 2010.

Apêndice G - Média, valor mínimo e máximo das variáveis microclimáticas e microambientais quantificadas próximas aos indivíduos de *Ouratea verticillata*, *Piper cf. permucronatum*, *Psychotria nuda* e *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* utilizadas para a análise classificatória multivariada de agrupamento K-médias. (*) = Resultados significativos para a comparação das variáveis entre os grupos G1 e G2 (teste Mann-Whitney (U) - $p < 0,05$); valores entre parêntesis () = desvio padrão.

Variáveis microambientais	Interior (G1)			Borda natural (G2)		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Altura do dossel (m) *	15,88 (8,78)	0,00	32,00	19,61 (8,00)	0,00	38,00
Densidade vertical	1,78 (2,19)	0,00	10,00	1,91 (1,87)	0,00	9,00
Distância para o rio da Fazenda (m) *	29,36 (3,36)	5,94	30,00	6,11 (8,30)	0,00	30,00
Distância para a primeira clareira (m) *	8,83 (8,96)	0,00	30,00	21,78 (10,94)	0,00	30,00
Tamanho da primeira clareira (m ²) *	682,49 (608,17)	95,97	1950,00	349,49 (193,88)	120,54	693,00
Distância para a segunda clareira (m) *	25,74 (8,18)	2,21	30,00	28,51 (5,18)	4,18	30,00
Tamanho da segunda clareira (m ²)	606,24 (444,05)	129,69	1950,00	484,88 (195,91)	120,54	693,00
Distância para o indivíduo mais próximo (m)	0,63 (0,31)	0,06	1,70	0,61 (0,33)	0,05	2,07
Temperatura (°C) - Julho/09 *	18,44 (0,86)	15,99	19,39	17,39 (1,03)	14,81	19,21
Umidade relativa (%) - Julho/09 *	89,38 (3,59)	74,81	93,44	90,36 (2,38)	75,69	93,67
Luz - PAR (mol. m ⁻² . s ⁻¹) - Julho/09 *	16,57 (23,91)	1,20	151,20	8,66 (10,07)	1,20	70,13
Temperatura (°C) - Janeiro/10 *	27,62 (1,32)	24,40	29,99	26,55 (1,08)	24,36	29,28
Umidade relativa (%) - Janeiro/10 *	86,06 (4,81)	74,00	93,60	91,46 (1,68)	78,50	93,74
Luz - PAR (mol. m ⁻² . s ⁻¹) - Janeiro/10 *	84,27 (229,67)	1,20	1489,06	23,89 (46,92)	1,20	428,70
Abertura do Dossel abril/2009 (%) *	17,01 (2,23)	11,91	24,68	18,75 (3,20)	12,44	30,19
Abertura do Dossel setembro/2009 (%) *	19,17 (1,91)	13,52	23,10	18,66 (2,16)	14,60	25,31
Abertura do Dossel outubro/2009 (%) *	16,08 (1,82)	12,36	22,16	17,62 (2,28)	12,56	26,07
Abertura do Dossel janeiro/2010 (%) *	17,56 (2,46)	11,87	24,17	19,30 (2,83)	12,19	30,04
Média da abertura do dossel	17,45 (1,29)	12,42	23,53	18,58 (0,70)	12,95	27,90

Apêndice H - Teste de Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,05$) comparando a duração das fenofases dos indivíduos de *Ouratea verticillata*, *Piper cf. permucronatum*, *Psychotria nuda* e *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* no G1 (interior) e G2 (borda natural). Asterisco (*) representa duração contínua do brotamento; (▪) indica valores não calculados.

		G1 (Interior)		G2 (Borda)	
	p	Média	Desv. Padrão	Média	Desv. Padrão
<i>Ouratea verticillata</i>					
Botão floral	p > .10	8,33	11,69	8,33	12,29
Antese	p > .10	8,33	13,95	8,33	13,69
Fruto verde	p > .10	8,33	12,72	8,33	12,04
Fruto maduro	p > .10	8,33	20,08	8,33	18,88
Brotamento	p > .10	8,33	21,05	8,33	22,03
<i>Piper cf. permucronatum</i>					
Botão floral	p > .10	8,33	7,10	8,33	9,46
Antese	p > .10	8,33	13,55	8,33	15,03
Fruto verde	p > .10	8,33	9,40	8,33	15,80
Fruto maduro	p > .10	8,33	20,66	8,33	16,84
Brotamento	*	*	*	*	*
<i>Psychotria nuda</i>					
Botão floral	p > .10	8,33	14,63	8,33	14,64
Antese	p > .10	8,33	16,97	8,33	16,96
Fruto verde	p > .10	8,33	15,52	8,33	10,73
Fruto maduro	p > .10	8,33	12,25	8,33	14,14
Brotamento	*	*	*	*	*
<i>Cabralea canjerana</i> subsp. <i>canjerana</i>					
Botão floral	p > .10	8,33	17,72	8,33	15,58
Antese	p > .10	8,33	18,72	8,33	22,03
Fruto verde	■	■	■	■	■
Fruto maduro	■	■	■	■	■
Brotamento	p > .10	8,33	12,14	8,33	9,65

Apêndice I- Teste de Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,05$) para a comparação da porcentagem de indivíduos de *Ouratea verticillata*, *Piper cf. permucronatum*, *Psychotria nuda* e *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* nos grupos G1 (interior) e G2 (borda natural) iniciando as fenofases em cada mês. (*) = Todos os valores de p obtidos foram não significativos ($p > 0,10$).

		G1 (Interior)		G2 (Borda)	
	p	Média	Desv. Padrão	Média	Desv. Padrão
<i>Ouratea verticillata</i>					
Botão floral	*	7,99	21,05	7,84	17,68
Antese	*	7,76	20,39	7,96	15,95
Fruto verde	*	6,73	17,16	7,09	13,01
Fruto maduro	*	4,76	7,31	4,23	5,47
Brotamento	*	6,58	12,25	6,97	11,23
<i>Piper cf. permucronatum</i>					
Botão floral	*	6,89	10,65	7,06	10,40
Antese	*	5,50	13,43	5,50	13,43
Fruto verde	*	4,16	8,35	2,56	7,71
Fruto maduro	*	3,04	5,92	3,04	5,92
Brotamento	*	3,22	4,17	5,09	5,70
<i>Psychotria nuda</i>					
Botão floral	*	7,26	14,69	5,38	15,15
Antese	*	5,59	11,44	6,91	13,40
Fruto verde	*	5,04	9,31	5,76	10,76
Fruto maduro	*	5,17	5,05	5,29	6,51
Brotamento	*	7,92	15,95	8,05	19,46
<i>Cabralea canjerana</i> subesp. <i>canjerana</i>					
Botão floral	*	4,25	10,21	5,79	13,87
Antese	*	2,23	4,99	4,61	10,94
Fruto verde	*	1,11	3,85	1,64	4,66
Fruto maduro	*	0,33	1,15	1,22	2,14
Brotamento	*	6,05	8,03	4,39	4,27