

Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais¹

Fernanda F. d'Eça-Neves² e L. Patrícia C. Morellato^{3,4}

Recebido em 10/02/2002. Aceito em 10/07/2003

RESUMO – (Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais). Nos últimos 30 anos não foram levadas em consideração questões metodológicas importantes relativas ao estudo da fenologia de plantas. O uso de vários métodos na amostragem e avaliação dos dados fenológicos tem levado a uma grande dificuldade na interpretação e comparação de resultados. Esse estudo tem por objetivos realizar uma revisão da literatura em fenologia de florestas tropicais, compilando informações sobre os métodos de amostragem e avaliação utilizados, e discutir as proporções em que foram utilizados e as aplicações de cada método. Nos 60 estudos avaliados, os métodos de amostragem encontrados distribuem-se da seguinte forma: trilhas (20%), transecções (18%), parcelas (15%), coletores (10%), sendo que 37% dos estudos não definiram o método de amostragem utilizado. Para avaliação fenológica foram levantados dois métodos: qualitativo, presença e ausência das fenofases (20%) e quantitativo com quantificação da intensidade das fenofases (62%), e a combinação entre métodos qualitativos e quantitativos (17%). Ao longo do tempo cresceu a preocupação com a aplicação de métodos de amostragem e de avaliação quantitativa. Entretanto, a falta de padronização no uso desses métodos, mesmo nos dias atuais, ainda se faz presente, resultando na impossibilidade de comparação adequada dos estudos. É imprescindível, portanto, a realização de estudos comparativos de métodos fenológicos com espécies arbóreas em florestas tropicais.

Palavras-chave: fenologia, métodos em fenologia, avaliação fenológica, floresta tropical, árvores tropicais

ABSTRACT – (Methods applied for sampling and estimate tropical forest phenology). During the last 30 years important methodological questions were not taken into account in the study of plant phenology. The application of different methods for sampling and estimate plant phenology make difficult to interpret and compare phenological studies. We carried out a survey of studies on tropical forest phenology, compiling information about methods applied for sampling individuals and estimate phenology. The methods surveyed were grouped by type and time (decade), and we discuss their proportion of occurrence and applicability. Among the 60 studies analysed, we found the following sampling methods: trails (20%), transects (18%), parcels (15%), and traps (10%). For 37% of the studies the sampling method was not defined. Two methods to estimate plant phenology were surveyed: qualitative or presence/absence of the phenophase (20%), and quantitative, when the intensity of the phenophase is estimated (62%); the combination of both methods occurred on 17% of the studies surveyed. The preoccupation with the application of sampling methods and quantitative estimation of the phenophases has increased over the last 30 years. However, the lack of standardize procedures or the use of some common techniques for sampling and estimate plant phenology persists until today, resulting in the impossibility to perform an adequate comparison among phenological studies. It is necessary and urgent to conduct comparative research of methods to study the phenology of tropical forest trees.

Key words: phenology, sampling methods, evaluation methods, tropical forest, forest trees

Introdução

A fenologia estuda a ocorrência de eventos biológicos repetitivos e sua relação com mudanças no meio biótico e abiótico (Lieth 1974; Morellato *et al.* 1990), buscando esclarecer a sazonalidade dos fenômenos biológicos, enfatizando o conjunto da história sazonal dos ambientes após esta ter ocorrido e/ou durante sua ocorrência (Lieth 1970). Embora considerada desde tempos remotos uma ferramenta importantíssima para a agricultura e a economia (Lieth

1974), foi somente após a implantação do US-IBP (International Biological Program) em 1972, que os estudos fenológicos começaram a ser tratados como prioritários para o entendimento da dinâmica de ecossistemas (Lieth 1974; Monasterio & Sarmiento 1976).

Variadas linhas de abordagem surgiram em torno do tema fenologia de plantas. Entretanto, ao longo dos últimos 30 anos de desenvolvimento de estudos fenológicos não foram levadas em consideração questões metodológicas importantes na coleta e na

¹ Parte da Tese de Doutorado da primeira autora. Apoio financeiro FAPESP (Proc. n. 95/09626-0)

² Universidade do Sul de Santa Catarina, Unidade Pedra Branca, Palhoça, SC, Brasil. Bolsista de Doutorado/CNPq (fephflora@unisol.br)

³ Departamento de Botânica, Grupo de Fenologia de Plantas e Dispersão de Sementes, IB, Universidade Estadual Paulista, C. Postal 199, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, Brasil. Bolsista de Produtividade em Pesquisa/CNPq

⁴ Autor para correspondência: pmorella@rc.unesp.br

avaliação dos dados fenológicos como, por exemplo, o uso de algum método sistematizado de amostragem e/ou de avaliação. Não houve, assim, uma preocupação na definição ou padronização do método ou de um conjunto de métodos que expressassem melhor o comportamento fenológico das espécies, possibilitando comparações posteriores entre os diferentes estudos (Schirone *et al.* 1990; Chapman *et al.* 1994; Mc Dade & Morellato 1998). Dois únicos estudos manifestaram essa preocupação: o de Fournier (1974) e o de Fournier & Charpantier (1975), que sugerindo métodos de avaliação e amostragem, respectivamente. Fournier (1974) propôs um índice de intensidade, obtido através de método visual de avaliação por meio de uma escala intervalar e Fournier & Charpantier (1975) testaram o tamanho amostral, definindo uma amostragem mínima de indivíduos por espécie, que fosse representativa e com esforço amostral minimizado. Recentemente, tem havido uma crescente preocupação com o problema dos métodos utilizados e a comparabilidade entre estudos fenológicos (Schirone *et al.* 1990; Chapman *et al.* 1992; Newstrom *et al.* 1994; Mc-Dade & Morellato 1998). Entretanto, ainda são poucos os estudos comparativos de métodos já desenvolvidos e estes, na sua maioria, têm focado principalmente a avaliação da produção de frutos e sementes (*e.g.* Chapman *et al.* 1992; Chapman *et al.* 1994; Zhang & Wang 1995; Stevenson *et al.* 1998).

Dentro desta perspectiva, o presente estudo teve como objetivo realizar um levantamento da literatura em fenologia de florestas tropicais, compilando informações sobre os métodos de amostragem e de avaliação utilizados nesses estudos, desde a década de 1970. Os estudos foram agrupados e posteriormente analisados na tentativa de elucidar, dentre os métodos de amostragem e avaliação, quais os mais utilizados e quais poderiam oferecer uma maior precisão e comparabilidade nos resultados.

Métodos

Foi realizado um levantamento bibliográfico de trabalhos fenológicos desenvolvidos nos últimos 30 anos. Deste levantamento foram selecionados apenas estudos fenológicos com espécies arbóreas em florestas tropicais. Para maior compreensão e organização dos dados, os estudos foram agrupados de duas maneiras: i) pelos métodos de amostragem dos indivíduos e de avaliação das fenofases no campo, conforme descrito pelos autores, e ii) por décadas, criando-se quatro grupos:

o primeiro da década de 70, reunindo os estudos publicados de 1971 a 1980, o segundo da década de 80, com os trabalhos de 1981 a 1990, o terceiro da década de 90, com os de trabalhos de 1991 a 2000, e o quarto a partir de 2001. Os estudos que utilizaram mais de um método de amostragem foram citados mais de uma vez na Tabela 1, sendo portanto contabilizados em cada um dos grupos de métodos em que foram incluídos.

Resultados

Após o levantamento bibliográfico, foram analisados 60 estudos fenológicos (Tab. 1). A revisão da literatura mostrou a existência de uma ampla variação de métodos de amostragem e avaliação utilizados, sendo difícil, em alguns casos, identificar claramente o método empregado e agrupá-lo em determinada categoria. Foram identificados quatro métodos principais de amostragem: método de transecção, de trilha, de parcelas e de coletores e dois métodos de avaliação: método qualitativo e quantitativo. O método de amostragem por quadrantes, neste estudo, foi incluído em parcelas. Em alguns casos foram usados métodos semi-quantitativos, que serão tratados junto com os quantitativos (Tab. 1).

Métodos de amostragem - A porcentagem de trabalhos que não definiram qual o método de amostragem que foi utilizado foi alta (37%), sempre superior à dos trabalhos que definiram um determinado método. O método de trilhas foi o mais encontrado (20%), seguido do método de transecções (18%), sendo o de parcelas (15%) e o de coletores (10%) os menos utilizados. Dentre os trabalhos fenológicos realizados na década de 70, 60% não definiram o método de amostragem utilizado ($n=3$), e 20% utilizaram o método de transecções e trilhas ($n=1$) (Fig. 1). Nos trabalhos amostrados na década de 80, o uso de métodos de amostragem definidos foi observado em 43% dos estudos ($N=12$) sendo, a partir dessa década, verificado o uso dos quatro métodos de amostragem encontrados na literatura consultada (transecções, trilhas, parcelas e coletores), com porcentagem variada do uso de cada método (Fig. 1). Na década de 90 foi observada uma alta porcentagem de estudos onde o método de amostragem não foi definido (42%, $N=15$). Nos anos de 2001 a 2003, estudos fenológicos sem uma definição do método de amostragem (33%) ainda persistem, com uma tendência de aumento no uso de trilhas e parcelas (22 e 33%, respectivamente) e ausência do uso de coletores como forma de amostragem fenológica (Fig. 1).

Tabela 1. Métodos de amostragem e de avaliação em estudos de fenologia em florestas tropicais (N = 60).

Método de Amostragem/ Método de Avaliação	Referências	Método de Amostragem/ Método de Avaliação	Referências
Não Definido (N = 22)		Quantitativo	Develey & Peres 2000
Qualitativo	Araújo 1970	Quantitativo e qualitativo	Bencke & Morellato 2002a
Qualitativo	Croat 1975	Trilha (N = 12)	
Quantitativo	Fournier 1976	Quantitativo	Alexandre 1980
Qualitativo	Alencar <i>et al.</i> 1979	Quantitativo	Morellato 1995
Qualitativo	Estabrook <i>et al.</i> 1982	Quantitativo	Morellato <i>et al.</i> 1989
Quantitativo	Lieberman 1982	Quantitativo	Bullock & Solis-Magallanes 1990
Quantitativo	van Schaik 1986	Quantitativo	Fleming & Williams 1990
Quantitativo	Aide 1988	Quantitativo e qualitativo	Morellato <i>et al.</i> 1990
Qualitativo	Alencar 1990	Quantitativo e qualitativo	Morellato & Leitão-Filho 1990
Quantitativo	Schirone <i>et al.</i> 1990	Quantitativo e qualitativo	Chapman <i>et al.</i> 1994
Quantitativo	Ibarra-Manríquez <i>et al.</i> 1991	Qualitativo	Justiniano & Fredericksen 2000
Quantitativo	Chapman <i>et al.</i> 1992	Quantitativo	Morellato <i>et al.</i> 2000
Qualitativo	French 1992	Qualitativo	Funch <i>et al.</i> 2002
Quantitativo	Kinniard 1992	Quantitativo	Wallace & Painter 2002
Quantitativo	Pires-O'Brien 1993	Parcela (N = 9)	
Qualitativo	Loubry 1994	Quantitativo e qualitativo	Morellato & Leitão-Filho 1990
Quantitativo	Murali & Sukumar 1994	Quantitativo e qualitativo	Morellato <i>et al.</i> 1990
Qualitativo	Machado <i>et al.</i> 1997	Qualitativo ou semi-quantitativo	Lampe <i>et al.</i> 1992
Quantitativo	Brody 1997	Quantitativo	Peres 1994
Qualitativo	Ferraz <i>et al.</i> 1999	Quantitativo	Morellato <i>et al.</i> 2000
Quantitativo	Mikich & Silva 2001	Quantitativo e qualitativo	Talora & Morellato 2000
Qualitativo	Schongart <i>et al.</i> 2002	Quantitativo	van Dulmen 2001
Transecção (N = 11)		Quantitativo	Griz & Machado 2001
Quantitativo e qualitativo	Frankie <i>et al.</i> 1974b	Quantitativo	Wallace & Painter 2002
Qualitativo	Gentry & Emmons 1987	Coletores (N = 6)	
Quantitativo	Johns 1988	Quantitativo	Augspurger & Franson 1988
Quantitativo	Levey 1988	Quantitativo	Wright & Cornejo 1990
Quantitativo e qualitativo	Chapman <i>et al.</i> 1994	Quantitativo e qualitativo	Chapman <i>et al.</i> 1994
Quantitativo e qualitativo	White 1994	Quantitativo	Greene & Johnson 1994
Quantitativo	Stevenson <i>et al.</i> 1998	Quantitativo	Penhalber & Mantovani 1997
Qualitativo	Davies & Ashton 1999	Quantitativo	Stevenson <i>et al.</i> 1998
Quantitativo	Hemingway & Overdorff 1999		

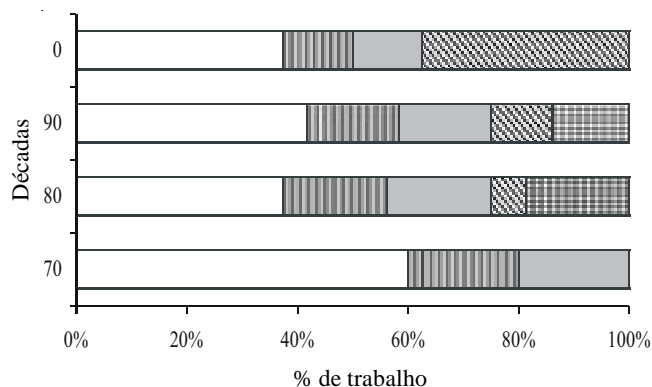


Figura 1. Porcentagem de uso dos diferentes métodos de amostragem em estudos fenológicos em florestas tropicais, nas últimas quatro décadas (N = 60). □ Não definidos; ▨ Transecções; ▩ Trilha; ▤ Parcela; ▧ Coletores.

Os métodos de amostragem mais utilizados foram definidos tendo como base a descrição encontrada nos estudos levantados (Tab. 1).

Método de Trilhas - Geralmente as trilhas são caminhos pré-existent demarcados sem uma sistemática definida, alcançando normalmente distâncias maiores que as transecções. Os indivíduos são amostrados ao longo de toda a trilha, a distâncias e intervalos previamente definidos, ou ao acaso (Alexandre 1980; Fleming & Williams 1990; Morellato & Leitão Filho 1990).

Método de Transecções - Transecções são demarcadas de forma sistemática, conforme os objetivos do estudo, podendo ter diferentes comprimentos e direções. Os indivíduos podem ser amostrados de várias maneiras

ao longo da(s) transecção(ões): a) em pontos fixos; b) dentro de um certo intervalo de distância, c) ao longo de toda a transecção, onde geralmente é estabelecida uma certa distância máxima a cada lado da transecção ou d) ao acaso (Frankie *et al.* 1974a; White 1994; Bencke & Morellato 2002a).

Método de Parcelas - Consiste na demarcação de uma ou várias parcelas (número e tamanho variando de acordo com o ambiente e os objetivos do estudo). Todos os indivíduos encontrados dentro da área demarcada são amostrados, geralmente seguindo algum critério de inclusão pré-definido (Lampe *et al.* 1992; Talora & Morellato 2000).

Nos métodos acima descritos, é escolhido um critério para limitar a inclusão de indivíduos na amostra. Esse critério é definido previamente, de acordo com os objetivos do estudo. Entre os frequentemente utilizados estão: hábito das espécies, o estrato de interesse, espécies de interesse, geralmente relacionadas ao valor econômico ou ecológico dentro da comunidade. O diâmetro à altura do peito (DAP) esteve entre os critérios mais utilizados em estudos com espécies arbóreas para selecionar espécies de classes de tamanho próximas e que já estejam em fase reprodutiva (Chapman 1989; Greene & Johnson 1994; Morellato & Leitão-Filho 1990; Stevenson *et al.* 1998; Morellato *et al.* 1989, 1990, 2000).

Nos métodos de transecções e trilhas o número de indivíduos por espécie a ser amostrado pode ser definido previamente, ou não; já no método de parcelas esse número varia de acordo com o tamanho da área demarcada, além do critério de inclusão. Finalmente, esses métodos não são excludentes. Alguns estudos podem mesclar parcelas com coletores (Penhalber & Mantovani 1997; Toriola 1998), trilhas, transecções e coletores (Chapman *et al.* 1994; Zhang & Wang 1995) ou marcar indivíduos em trilhas, transecções e parcelas (Morellato *et al.* 2000).

Método de Coletores - Este método vem sendo utilizado com frequência, geralmente em estudos que visam estimar a produção de frutos e sementes. O tipo e o número de coletores variam de acordo com os objetivos do estudo. Os coletores são instalados no solo da mata e periodicamente o material neles depositado é recolhido, triado, identificado e quantificado, usualmente através do peso seco (Kollmann & Goetze 1998; Wright & Cornejo 1990; Greene & Johnson 1994; Penhalber & Mantovani 1997).

Métodos de avaliação - Em relação aos modos de avaliação, verificamos que o uso de métodos quantita-

tivos (62%) foi superior ao uso do método qualitativo (20%) e ou da combinação de métodos qualitativos e quantitativos (17%). Quando analisamos o uso de métodos de avaliação ao longo do tempo, verificamos que, na década de 70, a avaliação fenológica era qualitativa ou quantitativa (40%) e trabalhos com avaliação combinada perfizeram 20% dos trabalhos (Fig. 2). Na década de 80 verificou-se um aumento considerável no número de estudos com utilização de métodos quantitativos (74%) em relação aos métodos qualitativos (16%) e os estudos com o uso de modos de avaliação combinados chegando a 11% dos trabalhos. Na década de 90 ocorreu um aumento no uso de métodos tanto qualitativos (18%, N = 7) quanto quantitativos (58%, N = 22), sendo verificada novamente a mesma aplicação de avaliação quantitativa associada à informações qualitativas (18%, N = 7). Os anos mais recentes mostram uma tendência no uso de métodos quantitativos 67% (N = 6) combinado à métodos qualitativos (11%, N = 1).

Os dois métodos de avaliação encontrados no levantamento, métodos qualitativos e quantitativos, podem ser reagrupados em métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos são aqueles que avaliam a fenologia através da observação direta dos indivíduos e que utilizam para esta avaliação algum tipo de escala de mensuração. Nos métodos diretos qualitativos se aplica uma escala nominal, que consiste no registro da presença e ausência da fenofase, sem uma preocupação com a quantificação de cada fenofase. Nos métodos diretos quantitativos e semi-quantitativos, as fenofases são quantificadas de diferentes modos (Bencke & Morellato 2002b). Nos métodos diretos quantitativos as fenofases são mensuradas por contagem total ou utilizando uma

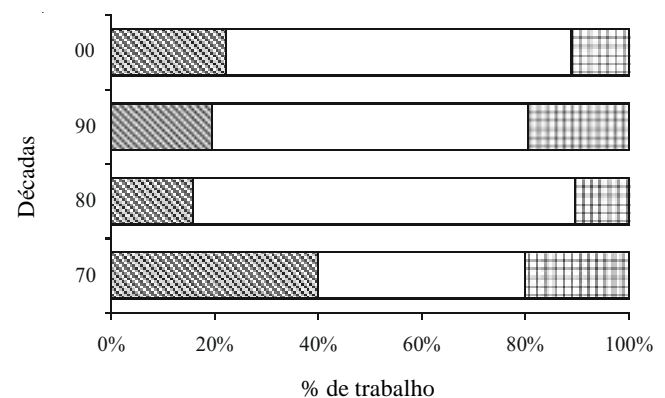


Figura 2. Porcentagem de uso dos diferentes métodos de avaliação em estudos fenológicos em florestas tropicais, nas últimas quatro décadas (N = 60). ■ Qualitativo; □ Quantitativo; ▣ Qualitativo/Quantitativo.

escala ordinal, que mostra a magnitude da fenofase ao longo do período de observação, por meio da média dos valores atribuídos aos indivíduos observados em campo. Esses valores correspondem a “ranks” ou postos, não havendo uma razão conhecida e constante entre eles. Por exemplo, a fenofase pode ser avaliada como sendo ausente = 0, pouco intensa = 1 ou muito intensa = 2 (Opler *et al.* 1976, 1980; Ortiz 1990). Nos métodos diretos semi-quantitativos é utilizada uma escala de mensuração intervalar ou seja, em que a razão entre os valores da escala seja conhecida e constante. Por exemplo, cinco categorias de 0 – 4, com intervalos de 25% de amplitude (Fournier 1974; Wheelwright 1985). Embora a razão entre dois valores quaisquer da escala seja constante, no caso específico deste método de análise, a distância exata entre dois valores da escala é variável (por exemplo, a magnitude exata da fenofase exibida por um indivíduo ao qual se atribuiu o valor 1 pode variar entre 1 e 25%; desta forma, a relação entre a magnitude da fenofase exibida por este indivíduo e aquela de um indivíduo ao qual foi atribuído o valor 2 não pode ser determinada com exatidão). Por isso, a escala de mensuração é dita semi-quantitativa, pois o

valor atribuído corresponde a uma aproximação do valor real, que está enquadrado em um intervalo conhecido (Fournier 1974; Wheelwright 1985; Ribeiro & Castro 1986; Schirone *et al.* 1990, Bencke & Morellaro 2002b). Os métodos indiretos são aqueles que avaliam parâmetros quantitativos secundários dos indivíduos como base para estimativa das fenofases, não ocorrendo observação direta dos indivíduos. No levantamento bibliográfico realizado foram encontrados como métodos indiretos de avaliação, a área basal dos indivíduos, o diâmetro do caule (geralmente à altura do peito), o volume de copa (Greene & Johnson 1994) e parâmetros fenológicos obtidos com o uso de coletores como método de avaliação, que são: o peso seco das estruturas, a presença das estruturas recolhidas nos coletores e o número de coletores com determinada estrutura (por estrutura entendemos: flores, frutos e sementes) (Wright & Cornejo 1990; Penhalber & Mantovani 1997).

A partir do levantamento bibliográfico foi possível compilar informações a cerca de cada método e sintetizar, na Tabela 2, considerações sobre estes, visando esclarecer as reais condições da aplicação prática de cada um.

Tabela 2. Considerações para a escolha dos métodos de amostragem e de métodos de avaliação a serem utilizados em estudos de fenologia com espécies arbóreas em florestas tropicais.

Métodos	Considerações
Métodos de Amostragem	
Transecção	Pode ser aplicado em estudos de populações e de comunidades; permite aplicação de vários critérios de inclusão; possibilita repetição adequada para comparação entre áreas distintas; pode ser aplicado em qualquer ambiente; custo, esforço amostral e tempo de observação baixos; requer ajuda extra mínima para estabelecimento do desenho experimental.
Trilha	Pode ser aplicado em estudos de populações e de comunidades; permite aplicação de vários critérios de inclusão; não permite repetição adequada para comparação entre áreas distintas, a não ser pela distância total percorrida; pode ser aplicado em qualquer ambiente; custo, esforço amostral e tempo de observação baixos; não requer ajuda para estabelecimento do desenho experimental, pois utiliza trilhas previamente existentes.
Parcela	Pode ser aplicado em estudos de população e de comunidade; permite aplicação de vários critérios de inclusão; possibilita repetição adequada para comparação entre áreas distintas, conforme o ambiente; pode ser aplicado a qualquer ambiente; baixo custo; com esforço amostral e tempo de observação altos; requer ajuda extra para estabelecimento do desenho experimental.
Coletores	Pode ser aplicado em estudos de população e de comunidade; não permite aplicação de vários critérios de inclusão; possibilita repetição adequada para comparação entre áreas distintas, conforme o ambiente; não pode ser aplicado a qualquer ambiente; alto custo, com esforço amostral e tempo de observação altos, tanto em campo como em laboratório; requer ajuda extra para estabelecimento do desenho experimental.

continua

Tabela 2 (continuação)

Métodos	Considerações
Métodos de Avaliação Diretos Qualitativo (Escala Nominal)	Pode ser facilmente aplicado em qualquer tipo de vegetação; não depende de pessoal treinado para sua aplicação; não permite avaliar intensidade das fenofases; permite avaliar a sincronia entre os indivíduos; baixo custo, com esforço amostral e tempo de observação baixos.
Quantitativo e Semi-quantitativos (Escala Ordinal e Intervalar semi-quantitativa)	Não pode ser facilmente aplicado em qualquer tipo de vegetação; depende de pessoal treinado para sua aplicação; permite calcular a intensidade das fenofases; se convertido em presença/ausência permite estimar a sincronia entre os indivíduos; baixo custo, com esforço amostral e tempo de observação altos.
Métodos de Avaliação Indiretos Área basal, Diâmetro à altura do peito, Coletores	Não pode ser facilmente aplicado em qualquer tipo de vegetação; depende de pessoal treinado para sua aplicação; permite avaliar intensidade das fenofases; não permite avaliar a sincronia entre os indivíduos; alto custo, com esforço amostral e tempo de observação altos tanto em campo como em laboratório.

Discussão

O levantamento bibliográfico de estudos com espécies arbóreas em florestas tropicais e a análise dos métodos de amostragem e avaliação neles apresentados evidenciou uma preocupação crescente com a aplicação de métodos de amostragem definidos e também com a quantificação das fenofases avaliadas. Entretanto, embora a metodologia venha sendo definida de uma forma mais clara ao longo dos anos, falta ainda uma padronização nos métodos de amostragem e avaliação para estudos com espécies arbóreas de floresta tropical. Com isso, a dificuldade em se comparar os estudos fenológicos permanece, mesmo nos dias atuais.

Agrupando-se os estudos pelo método de amostragem, podemos verificar o quão complicada é a sua comparação, em se tratando dos critérios de inclusão e dos métodos de avaliação das fenofases em campo. Tomando como exemplo estudos agrupados pelo método de transecção, uma das variáveis é o comprimento e a largura das transecções, distintos de um estudo para outro, além do critério de inclusão e da forma de avaliação das fenofases. Frankie *et al.* (1974a) incluíram em sua amostra apenas espécies não raras. Bencke & Morellato (2002a) limitaram a inclusão de indivíduos na amostra pela circunferência do caule à altura do peito (CAP > 10cm). Outros estudos com transecções, por exemplo Gentry & Emmons (1987) e White (1994) não limitaram a inclusão dos indivíduos, a não ser pela largura da transecção. Dentre esses estudos, a forma de avaliação das fenofases também variou: Gentry & Emmons (1987) realizaram a avaliação fenológica direta qualitativa pela presença e ausência da fenofase; Frankie *et al.* (1974a) avaliaram as fenofases através

de método direto qualitativo por escala ordinal de mensuração (ausente, pouco intensa e muito intensa); White (1994) realizou uma avaliação direta quantitativa, através da contagem de estruturas; e Bencke & Morellato (2002a) avaliaram as fenofases através de dois métodos diretos, um qualitativo (presença e ausência) aliado a um quantitativo (a intensidade das fenofases por escala intervalar semi-quantitativa).

Em estudos em trilhas o mesmo é evidenciado. Alguns trabalhos definem como critério de inclusão pares aleatórios de indivíduos, distanciados entre si de 5 a 10m (Bullock & Solis-Magallanes 1990) ou, como no estudo de Morellato & Leitão-Filho (1996), o hábito das espécies. A forma de avaliação das fenofases também variou entre estes estudos. Bullock & Solis-Magallanes (1990) utilizaram o método direto quantitativo de avaliação por contagem. Morellato & Leitão-Filho (1996) usaram o método qualitativo direto de presença e ausência da fenofase. Uma combinação de avaliação direta qualitativa (presença e ausência) e direta quantitativa com o uso de escalas intervalar semi-quantitativa foi realizado por Morellato *et al.* (1989, 1990, 2000); Morellato & Leitão-Filho (1990) e Talora & Morellato (2000).

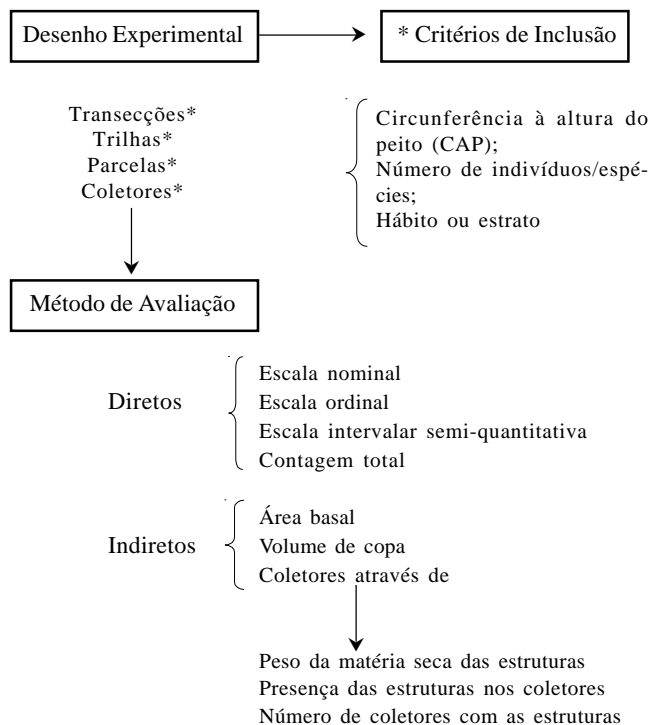
Em estudos que utilizaram parcelas observamos variados critérios de inclusão, como por exemplo, o número mínimo de indivíduos por espécie (Davies & Ashton 1999) e circunferência a altura do peito e hábito (Morellato *et al.* 1989). Em Morellato *et al.* (1989) o método de avaliação das fenofases foi qualitativo (presença e ausência) e quantitativo com escala intervalar. No estudo de Davies & Ashton (1999) há o relato de uma contagem absoluta de flores e frutos em uma amostra de inflorescência/infrutescência

extrapolada, posteriormente, para o todo. O principal critério de inclusão utilizado em estudos com parcelas foi a circunferência a altura do peito, que pode variar conforme a estrutura da comunidade (Morellato *et al.* 2000; Talora & Morellato 2000; Wallace & Painter 2002) ou ainda, dentro das parcelas, o uso de coletores como forma de avaliar as fenofases da comunidade em questão, sem a seleção de indivíduos (Penhalber & Mantovani 1997).

Constatamos que a escolha dos métodos de amostragem e avaliação está relacionada com o objetivo do estudo, com a organização das unidades experimentais e seu desenho experimental. O levantamento realizado evidenciou o uso preponderante de alguns métodos iniciais de amostragem (em trilhas, em transecções, em parcelas e em coletores). No entanto, dentro do método amostral os critérios de inclusão foram muito variados, dificultando o reagrupamento dos estudos para uma avaliação mais refinada, tornando evidente a dificuldade ou impossibilidade da comparação adequada de seus resultados (vide Tab. 2).

Como desdobramento desse levantamento e a partir desta dificuldade de agruparmos adequadamente os estudos, elaboramos um esquema dos passos necessários para delineamento de um estudo fenológico (Fig. 3). O primeiro ponto a ser elucidado é o objetivo do estudo para, posteriormente, elaborar um desenho experimental que contemple esses objetivos, possibilitando uma investigação que teste a hipótese lançada. Dentro desse item listamos as três formas de amostragem em campo encontradas na literatura: transecção, trilhas e parcelas e, aplicados a estas, alguns critérios de inclusão como: diâmetro do caule, número de indivíduos por espécie e hábito. Após definido o desenho, é necessário estabelecer qual método de avaliação será empregado, de modo a melhor explorar a hipótese do estudo. Os métodos de avaliação encontrados podem ser agrupados em: diretos qualitativos, quantitativos e semi-quantitativos; e indiretos quantitativos. Ao se optar por um ou mais métodos, tanto de amostragem quanto de avaliação, deve-se levar em consideração as dificuldades na aplicação de cada método e as vantagens que cada um oferece, conforme descrito na Tabela 2.

Poucos são os estudos que comparam métodos de amostragem ou avaliação fenológica (Bencke & Morellato 2002b). Os trabalhos onde encontramos comparações de métodos que tratam de estudos fenológicos em florestas tropicais investigam a produção de frutos, sem estender seus objetivos às demais



* = Métodos de amostragem relacionados ao uso de critérios de inclusão.

Figura 3. Representação gráfica dos passos que podem ser seguidos para se definir o método em um estudo fenológico com espécies arbóreas em floresta tropical.

fenofases (Chapman *et al.* 1992, 1994; Zhang & Wang 1995; Stenvenson *et al.* 1998; Hemingway & Overdorff 1999). Adicionalmente, cada estudo compara conjuntos distintos de métodos de amostragem, tornando necessárias pesquisas que abordem comparações entre os métodos de amostragem mais utilizados e ainda, comparações entre métodos de avaliação, conciliados aos métodos de amostragem.

Dentro deste contexto, nossa sugestão de modo a obter um desenho experimental mais adequado, uma melhor descrição das fenofases e maior comparabilidade futura entre estudos, seria a utilização do método de amostragem por transecções, pois é de fácil repetição e aplicação (ver comentários Tabela 2), e a aplicação de pelo menos um método de avaliação quantitativo, associado ao método qualitativo, para uma descrição mais acurada das fenofases (ver Bencke & Morellato 2002b).

Agradecimentos

Agradecemos à Valesca Bononi Zipparro e aos três revisores anônimos, pelas sugestões.

Referências bibliográficas

- Aide, T. M. 1988. Herbivory as a selective agent on the timing of leaf production in a tropical understory community. **Nature** **336**: 574-575.
- Alencar, J. C.; Almeida, R. A. & Fernandes, N. P. 1979. Fenologia de Espécies Florestais em Floresta Tropical Úmida de Terra Firme na Amazônia Central. **Acta Amazônica** **9**(1): 163-198.
- Alencar, J. C. 1990. Interpretação fenológica de espécies lenhosas de campina na Reserva Biológica de Campina do INPA ao norte de Manaus. **Acta Amazonica** **20**(1): 145-183.
- Alexandre, D. Y. 1980. Caractère saisonnier de la fructification dans une forêt hygrophile de Côte-d'Ivoire. **Terre et la Vie-Revue d'Ecologie Appliquée** **34**(3): 335-350.
- Araújo, V. C. 1970. Fenologia de Essências Florestais Amazônicas I. **Boletim do INPA** **4**: 1-25.
- Augspurger, C. K. & Franson, S. E. 1988. Input of wind-dispersed seeds into light-gaps and forest sites in neotropical forest. **Journal of Tropical Ecology** **4**(1): 239-252.
- Bencke, C. S. C. & Morellato, L. P. C. 2002a. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** **25**(2): 237-248.
- Bencke, C. S. C. & Morellato, L. P. C. 2002b. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica** **25**(3): 269-275.
- Brody, A. 1997. Effects of pollinators, herbivores, and seed predators on flowering phenology. **Ecology** **78**(6): 1624-1631.
- Bullock, S. H. & Solis-Magallanes, J. A. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in México. **Biotropica** **22**(1): 22-35.
- Chapman, C. A. 1989. Primate seed dispersal: The fate of dispersed seeds. **Biotropica** **21**(2): 148-154.
- Chapman, C. A.; Chapman, L. J.; Wingham, R., Hunt, R.; Gebo, D. & Gardner, L. 1992. Estimators of fruit abundance of tropical trees. **Biotropica** **24**(4): 527-531.
- Chapman, C. A.; Wingham, R. & Chapman, L. 1994. Indices of habitat-wide fruit abundance in tropical forests. **Biotropica** **26**(2): 160-171.
- Croat, T. B. 1975. Phenological behavior of habit and habitat classes on Barro Colorado Island (Panama Canal Zone). **Biotropica** **7**(4): 270-277.
- Davies, S. J. & Ashton, P. S. 1999. Phenology and fecundity in 11 sympatric pioneer species of *Macaranga* (Euphorbiaceae) in Borneo. **American Journal of Botany** **86**(12): 1786-1795.
- Develey, P. F. & Peres, C. A. 2000. Resource seasonality and the structure of mixed species bird flocks in a coastal Atlantic forest of southeastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology** **16**: 33-53.
- Estabrook, G. F.; Winsor, J. A.; Steephenson, A. G. & Howe, H. F. 1982. When are two phenological patterns different? **Botanical Gazette** **143**(3): 374-378.
- Ferraz, D. K.; Artes, R.; Mantovani, W. & Magalhães, L. M. 1999. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Biologia** **59**(2): 305-317.
- Fleming, T. H. & Williams, C. F. 1990. Phenology, seed dispersal, and recruitment in *Cecropia peltata* (Moraceae) in Costa Rican tropical dry forest. **Journal of Tropical Ecology** **6**: 163-178.
- Fournier, L. A. 1974. Un metodo cuantitativo para la medición de características fenológicas en arboles. **Turrialba** **24**(4): 422-423.
- Fournier, L. A. 1976. Observaciones fenológicas en el bosque húmedo premontano de San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. **Turrialba** **26**(1): 54-59.
- Fournier, L. A. & Charpantier, C. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los arbores tropicales. **Turrialba** **25**(1): 45-48.
- Frankie, G. W.; Baker, H. G. & Opler, P. A. 1974a. Tropical plant phenology: applications for studies in community ecology. Pp. 287-296. In: **Phenology and seasonality modeling**. (H. Lieth, ed.). Berlin: Springer-Verlag.
- Frankie, G. W.; Baker, H. G. & Opler, P. A. 1974b. Comparative phenological studies of trees in tropical lowland wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology** **62**: 881-913.
- French, K. 1992. Phenology of fleshy fruits in a wet sclerophyll forest in southern Australia: are birds an important influence? **Oecologia** **90**: 366-373.
- Funch, L. S.; Funch, R. & Barroso, G. M. 2002. Phenology of gallery and montane forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. **Biotropica** **34**(1): 40-50.
- 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.
- Greene, D. & Johnson, E. A. 1994. Estimating the mean annual seed production of trees. **Ecology** **75**(3): 642-647.
- Griz, L. M. S. & Machado, I. C. S. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of tropical Ecology** **17**: 303-321.
- Hemingway, C. A. & Overdorff, D. J. 1999. Sampling effects on food availability estimates phenological method, sample size, and species comparison. **Biotropica** **31**(2): 354-364.
- Ibarra-Manríquez, G.; Sánchez, G. & Gonzállez-García, L. 1991. Fenología de lianas y árboles anemocóros en una selva calido-húmeda de México. **Biotropica** **23**(3): 242-254.
- 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.
- Justiniano, M. J. & Fredericksen, T. S. 2000. Phenology of tree species in Bolivian dry forests. **Biotropica** **32**(2): 276-281.
- Kinniard, M. J. 1992. Phenology of flowering and fruiting of an East African riverine forest ecosystem. **Biotropica** **24**(2a): 187-194.
- Kollmann, J. & Goetze, D. 1998. Notes on seed traps in terrestrial plant communities. **Flora** **193**: 31-40.

- Lampe, M. G.; Bergeron, Y.; McNell, R. & Leduc, A. 1992. Seasonal flowering and fruiting patterns in tropical semi-arid vegetation of northeastern Venezuela. **Biotropica** 24(1): 64-76.
- Levey, D. 1988. Spatial and temporal variation in costa rican fruit and fruit-eating bird abundance. **Ecological Monographs** 58(4): 251-269.
- Lieberman, D. 1982. Seasonality and phenology in a dry tropical forest in Ghana. **Journal of Ecology** 70: 791-806.
- Lieth, H. 1970. Phenology in productivity studies. Pp. 29-46. In: D. E. Reichle. **Analysis of temperate forest ecosystems**. Springer-Verlag, Berlin.
- Lieth, H. 1974. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. **Phenology and seasonality modeling**. Pp. 3-19. H. Lieth (ed.). **Ecological Studies** 8. Springer-Verlag, Berlin.
- Loubry, D. 1994. La phénologie des arbres caducifoliés en forêt guyanaise (5° de latitude nord): illustration d'un déterminisme à composantes endogène et exogène. **Canadian Journal of Botany** 72: 1843-1857.
- Mc Dade L. A. & Morellato, L. P. C. 1998. Tropical plant phenology: Toward a consensus on a core of methods to achieve comparability across sites-ATB. Pp. 26. In: **Final Program for the 49th Annual Meeting of the American Institute of Biological Sciences**. August 2-6, 1998. Maryland, Baltimore.
- Machado, I. C. S.; Barros, L. M. & Sampaio, E. V. S. B. 1997. Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, northeastern Brazil. **Biotropica** 29(1): 57-68.
- Mikich, S. B. & Silva, S.M. 2001. Composição florística e fenologia das espécies zoocóricas de remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil. **Acta Botânica Brasileira** 15(1): 89-113.
- Monasterio, M. & Sarmiento, G. 1976. Phenological strategies of plants species in the tropical savanna and semi-deciduous forest of the Venezuelan Llanos. **Journal of Biogeography** 3: 325-356.
- Morellato, L. P. C. 1995. As estações do ano na floresta. Pp. 37-41. In: L. P. C. Morellato & H. F. Leitão-Filho. **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana**, Editora da Unicamp, Campinas.
- Morellato, L. P. C.; Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. & Joly, C. A. 1989. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta semidecídua semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. **Revista brasileira de Botânica** 12: 85-98.
- Morellato, L. P. C.; Leitão Filho, H. F. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. **Revista brasileira de Biologia** 50(1): 163-173.
- Morellato, L. P. C. & Leitão-Filho, H. F. 1996. Reproductive phenology of climbers in a southeastem Brazilian forest. **Biotropica** 28(2): 180-191.
- Morellato, L. P. C.; Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. & Joly, C. A. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. **Revista brasileira de Biologia** 50(1): 149-162.
- Morellato, L. P. C.; Talora D. C.; Takahasi, A.; Bencke, C. C.; Romera, E. C. & Zipparro, V. B. 2000. Phenology of Atlantic rain forest trees: A comparative study. **Biotropica** 32(4b): 811-823.
- Murali, K. S. & Sukumar, R. 1994. Reproductive phenology of a tropical dry forest in Mudumalai, southern India. **Journal of Ecology** 82: 759-767.
- Newstrom, L. E.; Frankie, G. W. & Baker, H. G. 1994 A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica** 26(2): 141-159.
- Opler, P. A.; Frankie, G. W.; 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(3): 231-236.
- Opler, P. A.; Frankie, G. W. & Baker, H. G. 1980. Comparative phenological studies of treelet and shrubs species in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology** 68: 167-188.
- Ortiz, R. 1990. Fenologia de arboles en un bosque semidecidual tropical del estado Cojedes. **Acta Botanica Venezuelana** 16: 93-116.
- Penhalber, E. F. & Mantovani, W. 1997. Floração e chuva de sementes em mata secundária em São Paulo, SP. **Revista brasileira de Botânica** 20(2): 205-220.
- Peres, C. A. 1994. Primate responses to phenological changes in an Amazonian terra firme forest. **Biotropica** 26(1): 98-112.
- Pires-O'Brien, M. J. 1993. Phenology of tropical trees from Jari, lower Amazon, I - Phenology of eight forest communities. **Museu Paranaense Emílio Goeldi sér. bot.**, 9(1): 67-85.
- Ribeiro, J. F. & Castro, L. H. R. 1986. Método quantitativo para avaliar características em árvores. **Revista brasileira de Botânica** 9: 7-11.
- Schiarone, B.; Leone, A.; Mazzoleni, S. & Spada, F. 1990. A new method of survey and data analysis in phenology. **Journal of Vegetation Science** 2: 27-34.
- Schongart, J.; Junk, W. J.; Piedade, M. T. F.; Hüttermann, A. & Worbes, M. 2002. Teleconnection between forest growth in the Amazonian floodplains and El Niño (submitted to *Global Change Biology*). **Journal of Tropical Ecology** 18: 581-597.
- Stevenson, P. R.; Quiñones, M. J. & Ahumada, J. A. 1998. Annual variation in fruiting pattern using different methods in a lowland tropical forest, Tinigua National Park, Colombia. **Biotropica** 30(1): 129-134.
- Talora, D. C. & Morellato, P. C. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 23(1): 13-26.
- Toriola, D. 1998. Fruiting of a 19-year old secondary forest in French Guiana. **Journal of Tropical Ecology** 14: 373-379.
- van Dulmen, A. 2001. Pollination and phenology of flowers in the canopy of two contrasting rain forest types in Amazonia, Colombia. **Plant Ecology** 153: 73-85.
- van Schaik, C. P. 1986. Phenological change in a Sumatran rain forest. **Journal of Tropical Ecology** 2: 327-347.

- Wallace, R. B. & Painter, L. E. 2002. Phenological patterns in a southern Amazonia tropical forest: implications for sustainable management. **Forest Ecology and Management** **160**: 19-33.
- Wheelwright, N. T. 1985. Competition for dispersers, and the timing of flowering and fruiting in a guild of tropical trees. **Oikos** **44**(3): 465-477.
- White, L. J. 1994. Patterns of fruit-fall phenology in the Lopé Reserve, Gabon. **Journal of Tropical Ecology** **10**: 289-312.
- Wright, S. J. & Cornejo, F. H. 1990. Seasonal drought and leaf fall in a tropical forest. **Ecology** **71**(3): 1165-1175.
- Zhang, S.-Y. & Wang, L.-X. 1995. Comparison of three fruit census methods in French Guiana. **Journal of Tropical Ecology** **11**: 281-294.