

# Trilhas podem influenciar a composição florística e a diversidade de epífitas na Floresta Atlântica?<sup>1</sup>

Ana Carolina Laurenti dos Santos<sup>2,5</sup>, Maria Margarida da Rocha Fiuza de Melo<sup>3</sup> e Pedro Vasconcellos Eisenlohr<sup>4</sup>

Recebido: 14.08.2010; aceito: 08.11.2010

**ABSTRACT** - (Can trails influence floristic composition and species diversity of the epiphytic component in the Atlantic Forest?). One type of edge effect little explored is that driven by trails. We evaluated the hypothesis that areas with different degrees of distance by a trail would differ in the species composition and diversity of vascular epiphytes in an Atlantic forest fragment in São Paulo, Brazil. We placed twenty plots of 2 × 50 m to mark the phorophytes and to survey the respective epiphytic component. Differences in floristic composition between the impacted areas and no impacted ones were not enough to stablish groups or blocks cohesively in NMDS ordination analysis. The species diversity (richness and evenness) was also similar. It seems that the impact caused by the trail has not been enough to be related with modifications in our epiphytic community. It could be explained by the other environmental variables in the studied stretch or simply because epiphytes not respond to an edge effect like trail effect.

**Key words:** edge effect, evenness, floristic similarity, species richness

**RESUMO** - (Trilhas podem influenciar a composição florística e a diversidade de epífitas na Floresta Atlântica?). Um tipo de efeito de borda ainda pouco explorado é aquele exercido por trilhas. Testamos a hipótese de que áreas a diferentes distâncias de uma trilha em um fragmento de Mata Atlântica em São Paulo difeririam em relação à composição e diversidade de espécies de epífitas vasculares. Instalamos 20 parcelas de 2 × 50 m para marcar os forófitos nos quais seria feito o levantamento das epífitas. Diferenças na composição florística entre as áreas mais próximas e mais distantes da trilha não foram suficientes para agrupar as parcelas de cada área de forma coesa pela análise de ordenação NMDS. A diversidade (riqueza e equabilidade) de espécies mostrou-se também similar. Parece que o impacto causado pela trilha não seria suficiente para influenciar essa comunidade epifítica, o que pode ser devido a outros fatores ambientais que estariam atuando no trecho investigado ou simplesmente porque as epífitas não responderiam a um efeito de borda como o de trilhas.

**Palavras-chave:** efeito de borda, equabilidade, riqueza de espécies, similaridade florística

## Introdução

As epífitas constituem um contingente importante da flora, pois exercem grande influência em processos como ciclagem de água e nutrientes e na manutenção dos ecossistemas, além de fornecerem recursos, às vezes únicos, como alimento e abrigo, para a fauna do dossel (Nadkarni 1985, Dislich 1996, Richards 1996). Nas florestas tropicais, as epífitas não são sempre abundantes, mas se encontram invariavelmente presentes (Richards 1996), tendo

seu centro de diversidade nas florestas montanas úmidas das Américas, principalmente no noroeste da América do Sul e no sudeste da América Central (Gentry & Dodson 1987).

A diversidade e a abundância das epífitas são influenciadas pelas mudanças nas condições ecológicas ao longo de gradientes latitudinais, altitudinais e de pluviosidade (Gentry & Dodson 1987). Além desses, outros gradientes, como aqueles proporcionados por bordas, podem interferir nas comunidades epifíticas. O efeito de borda sobre

1. Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora pelo Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente do Instituto de Botânica
2. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, Avenida Ville Roy 5315–A, Bairro São Pedro, 69306-665 Boa Vista, RR, Brasil
3. Instituto de Botânica, Seção de Curadoria do Herbário, Avenida Miguel Estéfano 3687, 04301-902 São Paulo, SP, Brasil
4. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Caixa Postal 6109, 13083-970 Campinas, SP, Brasil
5. Autor para correspondência: analaurenti@yahoo.com.br

comunidades florestais vem sendo bem documentado (Murcia 1995, Rodrigues & Nascimento 2006), e alguns estudos têm mostrado que esse efeito também pode se dar sobre o componente das epífitas. Exemplos desses estudos são os de Essen & Renhorn (1998), para líquens, e de Bataghin *et al.* (2008), para epífitas vasculares, este último no Brasil. O efeito de borda sobre as epífitas é um fenômeno esperado, uma vez que a ocupação dessas plantas se relaciona diretamente com intensidade de luz e umidade, usualmente maior e menor, respectivamente, em relação ao interior da mata. Por outro lado, estudos como o de Bernardi & Budke (2010) não detectaram variação na distribuição e na diversidade de espécies epifíticas entre o interior e a borda de uma floresta no sul do Brasil.

Há outro tipo de efeito de borda que precisa ser mais explorado, e não só sobre as epífitas, mas também sobre as outras formas de vida: o das trilhas abertas no interior das florestas. Trilhas podem causar modificações em seu ambiente de ocorrência e nas áreas florestais adjacentes (Cole 1978). Os estudos sobre trilhas trataram, de maneira geral, dos impactos do uso, elencando seus efeitos como sendo diretos, tais como destruição da cobertura vegetal, diminuição da diversidade de espécies, redução da altura e vigor da floresta; e indiretos, tais como mudança na composição das espécies, estrutura da comunidade, perda do microclima, compactação e aceleração da erosão do solo, além de distúrbios da fauna (Cole 1978, Kuss 1986, Boucher *et al.* 1991, Magro 1999, Koehler *et al.* 2000, Leung & Marion 2000, Newman *et al.* 2003, Lechner 2006, Villagra 2008, Eisenlohr *et al.* 2009, Hirata *et al.* 2010).

No Brasil, estudos sobre possíveis alterações causadas por trilhas vêm sendo realizados desde 2003 na Mata Atlântica, no âmbito do projeto “Composição florística e estrutura da floresta sob impacto natural ou antrópico de trilhas com espectros de uso de diferentes intensidades, no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, SP, Brasil”, pelo Instituto de Botânica de São Paulo. Esse projeto inclui diferentes sinúsias do PEFI e hoje se expandiu para outros fragmentos de Mata Atlântica, em Santo André, SP, e Viçosa, MG. Resultados têm indicado que trilhas podem estar relacionadas a modificações na estrutura e na composição florística de comunidades de árvores (Eisenlohr *et al.* 2009, Hirata *et al.* 2010) e trepadeiras (Villagra 2008) e, além disso, já é possível sugerir que o impacto do pisoteio humano sobre a estrutura do solo seja

significativo (Roncero-Siles 2003). Epífitas, até a realização do presente estudo, ainda não haviam sido estudadas.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a possibilidade de influência de uma trilha sobre a composição florística e a diversidade da comunidade de epífitas vasculares no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), em São Paulo, SP, Brasil. Nossas hipóteses estabeleciam que áreas próximas a uma trilha e áreas distantes dessa trilha (i) apresentariam composições florísticas diferentes e que (ii) a diversidade de espécies seria menor na área sob possível impacto da trilha.

Conduzimos o estudo de maneira a responder às questões: 1) Em que magnitude se dá a similaridade florística entre as áreas próximas e distantes da trilha? Se a similaridade for baixa, concluiremos que essas áreas apresentam um conjunto particular de espécies, o que estaria de acordo com a teoria e com resultados encontrados para o componente arbóreo nesses mesmos trechos (Eisenlohr *et al.* 2009, Hirata *et al.* 2010). 2) Qual das áreas amostradas possui maior diversidade de espécies? Se as áreas próximas à trilha apresentarem menor diversidade, teremos elementos para acreditar que ali a seletividade ambiental seria mais rigorosa para o estabelecimento e manutenção de espécies do que no interior da floresta. Por outro lado, áreas adjacentes à trilha poderiam não só manter as espécies mais antigas, como também, por causar alterações abióticas na sua área de ocorrência e proximidades, favorecer o recrutamento de novas espécies que dependem das condições alteradas, o que teria como consequência um aumento da diversidade nas áreas próximas à trilha.

## Material e Métodos

Área de Estudo - O Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) localiza-se entre as coordenadas 23°38'08"-23°40'18"S e 46°36'48"-46°38'00"W, na região sul do município de São Paulo, SP. Abrange 526,38 ha de área, sendo 357 ha de Reserva Biológica, com cotas altimétricas que variam entre 770 e 825 m (Nastri *et al.* 1992). Atualmente, o PEFI é a terceira maior reserva nativa do município de São Paulo e está inserido na Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo, considerada pela UNESCO como área de relevância ecológica mundial (Instituto Florestal 2008). Perturbações pretéritas, como extração de árvores, derrubada parcial de trechos da floresta e poluição, resultaram no aumento do

número de clareiras e na descontinuidade do dossel em alguns trechos (Pivello & Peccinini 2002, Vinha 2008). A poluição atmosférica causada por uma indústria siderúrgica adjacente ao PEFI, atualmente desativada, foi apontada como principal fator de perturbação no passado (Struffaldi-De-Vuono 1985).

O relevo é caracterizado por formas de topos convexos ocupando a posição de divisores de água das subbacias do riacho Ipiranga, com patamares convexos de superfícies aplanadas e topos de curvatura ampla (Fernandes *et al.* 2002). O solo predominante é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (Embrapa 1999). O clima da região enquadra-se na categoria Cwa segundo a classificação de Köppen, isto é, temperado com regime de chuvas no verão e inverno seco, com diminuição da pluviosidade entre os meses de abril e agosto. A precipitação anual média é de 1.540 mm e as temperaturas médias mensais variam entre 15,7 °C, no mês mais frio (julho) a 22,4 °C, no mês mais quente (fevereiro) (Santos & Funari 2002).

O PEFI situa-se no Domínio Tropical Atlântico (Ab'Saber 2003) e, segundo a proposta de Oliveira-Filho & Fontes (2000), faz parte da Floresta Atlântica *sensu lato*. Seguindo a nomenclatura do IBGE (Velooso *et al.* 1991), os autores Gomes & Mantovani (2001) e Barros *et al.* (2002) sugeriram que a vegetação do PEFI seria de transição entre a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Estacional Semidecidual - opinião que compartilhamos - enquanto para Pivello & Piccinini (2002) seria uma área de Floresta Estacional Semidecidual.

Utilizamos duas áreas distintas do PEFI para a amostragem, uma margeando a Trilha das Fontes do Ipiranga (daqui em diante, setor Trilha) e a outra sem trilhas ou estradas em um raio de pelo menos 50 m (setor Controle). A área adjacente à trilha localiza-se na área do Jardim Botânico e dá acesso a uma das nascentes do Rio Ipiranga. O dossel não é contínuo, podendo ser sentidas, por meio de simples caminhada, maiores incidência luminosa e temperatura local em relação ao interior da floresta. Há ainda alterações visíveis nas proximidades da trilha, como presença de espécies herbáceas invasoras como, por exemplo, *Impatiens walleriana* Hook. f. A Trilha Fontes do Ipiranga é histórica e antiga, tendo sido citada em 1895 (Teixeira 1988) pelo uso de técnicos responsáveis pela sondagem da área para a construção de um reservatório.

O setor Controle está localizado dentro da Reserva Biológica do Instituto de Botânica, tendo

sido escolhido por estar afastado pelo menos 50 m de bordas de qualquer tipo e seu dossel ser contínuo, com uniformidade aparente de luz e temperatura. Ao contrário do setor Trilha, o piso de terra não é compactado e apresenta-se coberto por uma camada espessa de serrapilheira. Diferenças na composição florística e na estrutura da comunidade arbórea entre essas duas áreas já foram encontradas (Eisenlohr *et al.* 2009, Hirata *et al.* 2010).

Delineamento amostral e coleta dos dados - Instalamos 20 parcelas de 2 × 50 m, totalizando 0,2 ha, seguindo método modificado de Gentry (1982). Dispusemos 10 parcelas no setor Trilha, perpendicularmente (Boucher *et al.* 1991, Roovers *et al.* 2004) à trilha Fontes do Ipiranga, em lados opostos da trilha (metade das parcelas localizavam-se do lado direito da trilha e a outra metade do lado esquerdo); as outras 10 parcelas, também de 2 × 50 m, foram instaladas no Setor Controle, também dispostas perpendicularmente e dos dois lados de um transecto, que nesse caso simulou o formato de uma trilha.

Como o comprimento de 50 m, perpendicular à trilha, poderia captar situações muito diferentes em relação à influência da trilha, cada uma das parcelas de 2 × 50 m foi subdividida a cada 10 m, gerando cinco subparcelas (de 2 × 10 m, totalizando 20 m<sup>2</sup> cada) para cada uma das parcelas. Embora essa subdivisão não fosse necessária para as parcelas do setor Controle, pois se trata de uma área homogênea, optamos por repetir o procedimento nesse setor para que todas as subparcelas deste estudo apresentassem a mesma área (20 m<sup>2</sup>).

No interior dessas parcelas, amostramos todos os forófitos com diâmetro a 1,30 de altura do solo (DAP) ≥ 10 cm. Coletamos então os indivíduos epifíticos, os quais foram identificados com ajuda de especialistas. O material coletado não foi depositado no Herbário Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo (SP), por tratar-se de material vegetativo representativo de espécies de ampla ocorrência no PEFI, com exsicatas já depositadas nesse Herbário. As famílias de angiospermas foram agrupadas segundo a proposta do grupo (Stevens 2008) e as de pteridófitas, segundo Moran (1995). Quarenta e duas subparcelas sem indivíduos epifíticos foram descartadas.

Preparo das matrizes - A partir das epífitas coletadas e identificadas, preparamos uma matriz contendo o número de indivíduos por espécie em cada parcela dos dois setores (Trilha e Controle). Relativizamos os dados de entrada da matriz pelo

número total de indivíduos da respectiva parcela para reduzir problemas com valores discrepantes de abundância entre diferentes parcelas. A matriz final totalizou 58 linhas (subparcelas) e 40 colunas (espécies). Utilizamos essa matriz nas análises que se seguem, exceto nas análises de diversidade, para as quais utilizamos a matriz com os dados de entrada originais, isto é, número de indivíduos de cada espécie em cada subparcela, sem relativização. Em todas as análises, interpretamos os resultados segundo diferentes níveis categóricos de influência potencial da trilha, assim estabelecidos: Níveis 1 a 5: subparcelas do setor Trilha (1: entre 0 e 10 m da trilha, 2: entre 11 e 20 m da trilha e assim por diante); Nível 6: subparcelas do setor Controle. Daqui em diante essas categorias serão chamadas indistintamente de níveis de influência (da trilha) ou simplesmente de amostras.

Análise de padrões de distribuição de espécies - No intuito de detectar uma possível formação de grupos florísticos separando as subparcelas das áreas mais próximas e mais distantes da trilha, efetuamos uma análise exploratória (*sensu* Kent & Coker 1992) a partir da matriz final. O método escolhido para esse fim foi o Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS). O NMDS apresenta vantagens importantes em estudos de comunidades, como não pressupor relações lineares entre variáveis, ser flexível no uso de medidas de distância e permitir, de forma simples e direta, a obtenção da melhor solução (conjunto de eixos passíveis de análise) por meio do cálculo da significância estatística de seus eixos (McCune & Grace 2002). Efetuamos o NMDS usando como coeficiente a distância euclidiana relativa e verificamos as significâncias (“valor-*p*”) dos eixos por meio de testes de permutação de Monte Carlo. O método NMDS é explicado por McCune & Grace (2002), entre outros, e foi processado no PC-ORD 4.0 (McCune & Mefford 1999).

Como análise confirmatória (*sensu* Kent & Coker 1992), procedemos ao teste *F* por meio da Análise de Variância (ANOVA), usando os escores de cada subparcela como repetições, no intuito de testar a hipótese de que não haveria diferenças entre as médias dos escores das diferentes amostras. Como os eixos do NMDS são ortogonais entre si e, portanto, independentes, efetuamos uma ANOVA separadamente para cada eixo. Testamos e confirmamos os pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade de variâncias, exigidos para a ANOVA, por meio dos testes de Kolmogorov-

Smirnov e Levene (Zar 1999), respectivamente. Nesses dois testes e no teste *F*, adotamos nível de significância de 5%.

Análise de diversidade de espécies - Trabalhamos nessa etapa com o número esperado de espécies por subparcela, calculado segundo a fórmula analítica “Mao Tau” (Colwell *et al.* 2004, Mao *et al.* 2005). Conduzimos essa análise no programa EstimateS versão 8.2 (Colwell 2009), que além da riqueza (“Sobs Mao Tau”) forneceu os intervalos de confiança de 95% (IC 95%). Elaboramos então curvas de acumulação de espécies, reescalando o eixo X pelo número de indivíduos, conforme recomendado por Gotelli & Colwell (2001). Como o número de indivíduos (esforço amostral) diferia entre as amostras, fizemos a comparação entre os valores de riqueza em um ponto padronizado (rarefação), definido com base no número total de indivíduos da amostra com menor esforço amostral. Porém, a rarefação poderia acarretar em grande perda de informações do setor Controle, que possui uma área consideravelmente superior à de cada amostra do setor Trilha. Por isso, decidimos trabalhar em duas etapas. Na primeira etapa, fizemos a comparação da riqueza (“Sobs Mao Tau”) entre amostras apenas do setor Trilha. Para verificar uma possível tendência linear de aumento ou diminuição da riqueza entre as amostras do setor Trilha, fizemos uma regressão linear simples, usando a riqueza (“Sobs Mao Tau” no ponto padronizado) como variável resposta e as distâncias da trilha como variável preditora; testamos a significância do modelo de regressão pelo teste *F* e da inclinação da reta pelo teste *t* e checamos os pressupostos para a regressão simples por meio da análise de resíduos (Zar 1999), a qual foi conduzida no BioEstat versão 5.0 (Ayres *et al.* 2007). Na segunda etapa, caso o setor Trilha se mostrasse estatisticamente homogêneo em riqueza de espécies, compararíamos o setor Trilha (com todas as suas cinco amostras) com o setor Controle por meio dos IC 95% da riqueza de “Mao Tau”. Ainda, segundo a possibilidade do setor Trilha ser homogêneo em riqueza e para confirmar o resultado acima, faríamos uma estimativa da riqueza total das comunidades do setor Trilha e do setor Borda por meio do índice Chao 1 (Magurran 2004) e seus respectivos IC 95%.

Outro componente importante das análises de diversidade é a dominância (Magurran 2004). Para investigá-la, utilizamos o índice de Berger-Parker (*d*), que expressa simplesmente a relação entre o número de indivíduos da espécie mais abundante (dominante) e o número total de indivíduos da amostra

(Magurran 2004), sendo mais alto (próximo de 1) conforme a concentração de abundância aumenta e mais baixo (próximo de 0) conforme a distribuição de abundância se torna mais equitativa. Os valores médios e os intervalos de confiança (assimétricos) de 95%, por amostra, foram gerados por *bootstrap*. Assim como para riqueza, também buscamos realizar essa comparação em duas etapas. Efetuamos a análise de equabilidade no PAST versão 2.0 (Hammer *et al.* 2001).

## Resultados

Nos setores Trilha e Controle registramos 40 espécies de epífitas vasculares, distribuídas em 10 famílias e 22 gêneros (tabela 1); dessas, sete espécies são pteridófitas e 33 espécies são angiospermas. Dentre as famílias com maior riqueza destacaram-se: Bromeliaceae, com 10 espécies (25% do total de espécies registradas) pertencentes a cinco gêneros (22% do total de gêneros registrados); Araceae, com oito espécies (20%), em três gêneros (13%); Orchidaceae e Cactaceae, ambas com seis espécies (15%), em quatro gêneros (18%) e três gêneros (13%), respectivamente; e Polypodiaceae, com quatro espécies (10%), em dois gêneros (9%). As famílias Arecaceae, Aspleniaceae, Blechnaceae e Dennstaedtiaceae apresentaram apenas uma espécie (2,5%) cada.

No setor Trilha registramos 30 espécies distribuídas em nove famílias e 19 gêneros (tabela 1). A família Araceae apresentou o maior número de espécies (sete), seguida por Cactaceae (seis), Bromeliaceae (cinco), Orchidaceae (quatro) e Polypodiaceae (quatro). As famílias Aspleniaceae, Blechnaceae, Dennstaedtiaceae e Arecaceae apresentaram apenas uma espécie. No setor Controle registramos 29 espécies distribuídas em oito famílias e 17 gêneros (tabela 1). A família Bromeliaceae apresentou o maior número de espécies (oito), seguida por Cactaceae (seis), Araceae (cinco), Orchidaceae (três), Polypodiaceae (três) e Piperaceae (duas). As famílias Aspleniaceae e Dennstaedtiaceae apresentaram apenas uma espécie. Registramos 11 espécies exclusivas no setor Trilha e 10 espécies exclusivas no setor Controle (tabela 1). Houve ocorrência de uma espécie holoepífita acidental, *Euterpe edulis* Mart.

Padrões de distribuição de espécies – O teste de permutação de Monte Carlo indicou que os três primeiros eixos da análise de ordenação NMDS foram

significativos (valor- $p < 0,5$ ). Em nenhum desses eixos, porém, conseguimos captar tendências claras de formação de blocos florísticos relacionados aos níveis de influência da trilha. O primeiro eixo aponta para uma grande mistura entre as subparcelas que compõem esses variados níveis (figura 1). O segundo eixo mostra uma separação um pouco mais clara entre subparcelas setor Controle, na parte mais baixa do gráfico, e as demais; entretanto, outras parcelas do setor Controle misturam-se a subparcelas do setor Trilha no alto do gráfico, o que novamente remete à idéia de mistura entre subparcelas de diferentes níveis de influência da trilha (figura 1). Por fim, no terceiro eixo, apenas na parte inferior mais extrema é que se pode notar uma concentração maior de subparcelas de apenas uma amostra (nível 6, ou seja, subparcelas do setor Controle) (figura 2). A ANOVA corroborou essas observações, pois em nenhum eixo detectou qualquer diferença entre as médias dos escores do NMDS obtidos para cada amostra (Eixo 1:  $F(5, 52) = 0,79$ ; valor- $p = 0,99$ ; Eixo 2:  $F(5, 52) = 0,63$ , valor- $p = 0,68$ ; Eixo 3:  $F(5, 52) = 0,64$ , valor- $p = 0,67333$ ).

Diversidade de espécies – Ao longo do gradiente trilha-floresta, não ocorreu diferença significativa de riqueza de espécies (“Sobs Mao Tau”) entre as diferentes amostras do setor Trilha (figura 3) no ponto de rarefação. Mesmo assim, a figura 3 aponta para uma possível tendência linear de queda da riqueza em direção ao interior da floresta. De fato, os valores esperado em cada nível mostram oscilação para baixo (“Sobs Mao Tau” - nível 1: 10; nível 2: 8,13; nível 3: 7,94; nível 4: 6,63; nível 5: 6,63). Entretanto, o teste de regressão ( $F(1,3) = 0,23$ , valor- $p = 0,66$ ,  $R^2$  ajustado = 23,7%) e do coeficiente de inclinação da reta ( $\beta = -0,0013$ ,  $t = -0,48$ , valor- $p = 0,66$ ) rejeitam essa tendência de queda da riqueza de espécies a partir da região próxima à trilha.

Como o setor Trilha mostrou-se homogêneo em termos de riqueza, podemos agora verificar se esse trecho como um todo varia em relação ao setor Controle. No ponto de rarefação, a riqueza de espécies (“Sobs Mao Tau”) no setor Trilha foi de 30 espécies, enquanto no setor Controle foi de 27,61 espécies (figura 4a, b). Essa diferença, porém, não é significativa (figura 4c). Esse resultado foi corroborado na estimativa de riqueza extrapolada para cada setor: o índice Chao 1 foi de 33,06 (IC  $\pm 5,15$ ) no setor Trilha e de 29 (IC  $\pm 0$ ) no setor Controle.

A dominância mostrou-se também similar entre os diferentes níveis do setor Trilha, pois não houve

Tabela 1. Espécies amostradas no levantamento florístico de epífitas vasculares no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil.

Table 1. Species sampled in the vascular epiphytes survey in the Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, São Paulo State, Brazil.

Família / Espécie	Trilha	Controle
<b>Araceae</b>		
<i>Anthurium longipetiolatum</i> Engl.	X	X
<i>Anthurium scandens</i> (Aubl.) Engl. ex Mart.	X	X
<i>Heteropsis salicifolia</i> Kunth	X	
<i>Philodendron appendiculatum</i> Nadruz & Mayo	X	
<i>Philodendron bipinnatifidum</i> Schott ex Endl.	X	
<i>Philodendron loefgrenii</i> Engl.		X
<i>Philodendron martianum</i> Engl.	X	X
<i>Philodendron propinquum</i> Schott	X	X
<b>Areceaceae</b>		
<i>Euterpe edulis</i> Mart.*	X	
<b>Aspleniaceae</b>		
<i>Asplenium serratum</i> L.	X	X
<b>Blechnaceae</b>		
<i>Blechnum binervatum</i> (Poir.) C.V. Morton & Lellinger	X	
<b>Bromeliaceae</b>		
<i>Aechmea distichantha</i> Lem.	X	X
<i>Aechmea nudicaulis</i> (L.) Griseb.	X	
<i>Billbergia distachia</i> (Vell.) Mez	X	X
<i>Nidularium innocentii</i> Lem.		X
<i>Tillandsia geminiflora</i> Brongn.		X
<i>Tillandsia recurvata</i> L.		X
<i>Tillandsia stricta</i> Soland.	X	X
<i>Vriesea carinata</i> Wawra		X
<i>Vriesea ensiformis</i> (Vell.) Beer	X	X
<i>Vriesea heterostachys</i> (Baker) L.B. Sm.		X
<b>Cactaceae</b>		
<i>Lepismum cruciforme</i> (Vell.) Miq.	X	X
<i>Lepismum houlettianum</i> (Lem.) Barthott	X	X
<i>Hatiora salicornioides</i> (Haw.) Britton & Rose	X	X
<i>Rhipsalis elliptica</i> G.A. Lindberg	X	X
<i>Rhipsalis teres</i> (Vell.) Steud.	X	X
<i>Rhipsalis trigona</i> Pfeiffer	X	X
<b>Lindsaeaceae (Dennstaedtiaceae)</b>		
<i>Lindsaea virescens</i> Sw. var. <i>virescens</i>	X	X
<b>Orchidaceae</b>		
<i>Dichaea pendula</i> (Aubl.) Cogn.		X
<i>Oncidium crispum</i> Lodd.	X	
<i>Oncidium flexuosum</i> Sims	X	X
<i>Oncidium pumilum</i> Lindl.		X
<i>Polystachya concreta</i> (Jacq.) Garay & Sweet	X	
<i>Specklinia grobyi</i> (Batem. ex Lindl.) F. Barros	X	
<b>Piperaceae</b>		
<i>Peperomia catharinae</i> Miquel		X
<i>Peperomia tetraphylla</i> (Forster) Hooker & Arnott		X
<b>Polypodiaceae</b>		
<i>Microgramma squamulosa</i> (Kaulf.) de la Sota	X	X
<i>Microgramma vacciniifolia</i> (Langsd. & Fisch.) Copel	X	
<i>Polypodium catharinae</i> Langsd. & Fisch.	X	X
<i>Polypodium hirsutissimum</i> Raddi	X	X

\* epífita acidental.

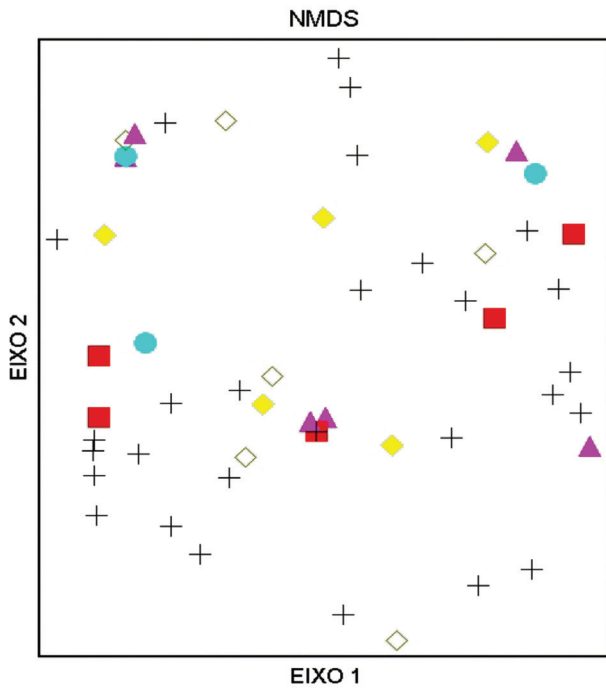


Figura 1. Gráficos produzidos pela ordenação por NMDS (Eixos 1 e 2) das subparcelas para amostragem da comunidade de epífitas vasculares no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, em São Paulo, SP, Brasil. Símbolos diferentes referem-se a subparcelas em diferentes níveis de influência da trilha - 1: quadrados; 2: triângulos; 3: losangos preenchidos; 4: círculos; 5: losangos abertos; 6: cruz.

Figure 1. Ordination graphs of the NMDS (Axes 1 and 2), based on the sampling of vascular epiphytic community in the Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, São Paulo State, Brazil. Symbols refer to different plots in different levels of influence by trail - 1: square; 2: triangles; 3: filled diamonds; 4: circles; 5: open diamonds; 6: Cross.

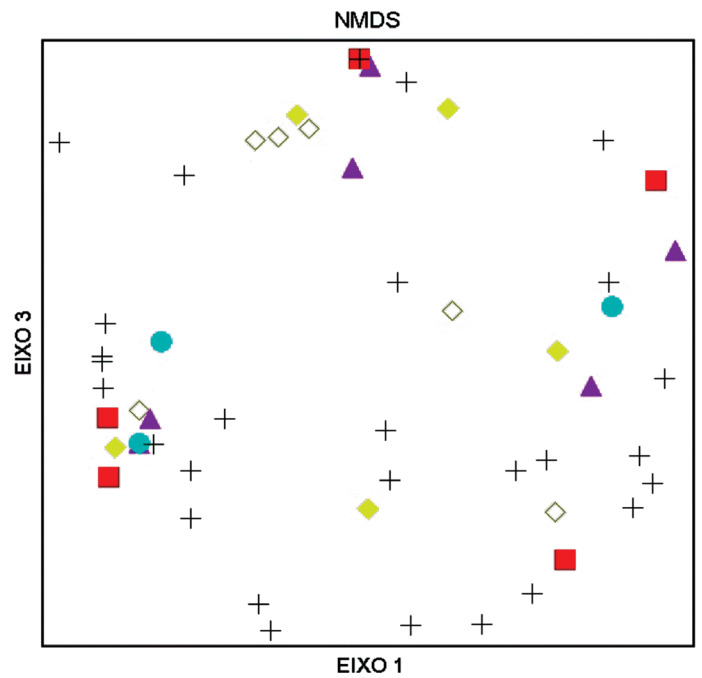


Figura 2. Gráficos produzidos pela ordenação por NMDS (Eixos 1 e 3) para a amostragem da comunidade de epífitas vasculares no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, em São Paulo, SP, Brasil. A legenda para os símbolos é a mesma apresentada para a figura 1.

Figure 2. Ordination graphs of the NMDS (Axes 1 and 3), based on the sampling of vascular epiphytic community in the Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, São Paulo State, Brazil.

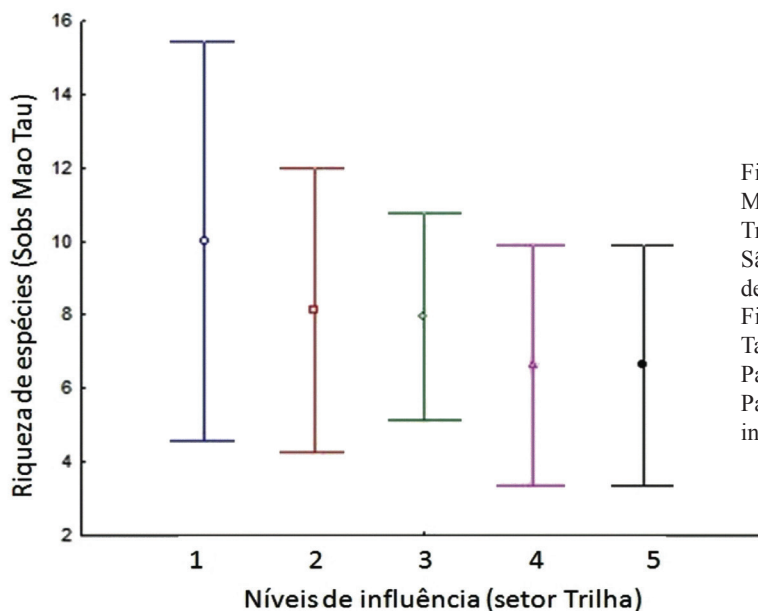


Figura 3. Comparação entre a riqueza de espécies (“Sobs Mao Tau”) nos diferentes níveis de influência do setor Trilha, no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, em São Paulo, SP, Brasil. Barras verticais indicam intervalos de confiança de 95%.

Figure 3. Comparison of species richness (“Sobs Mao Tau”) at different levels of influence in the Trail sector, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, São Paulo State, Brazil. Vertical bars indicate confidence intervals of 95%.

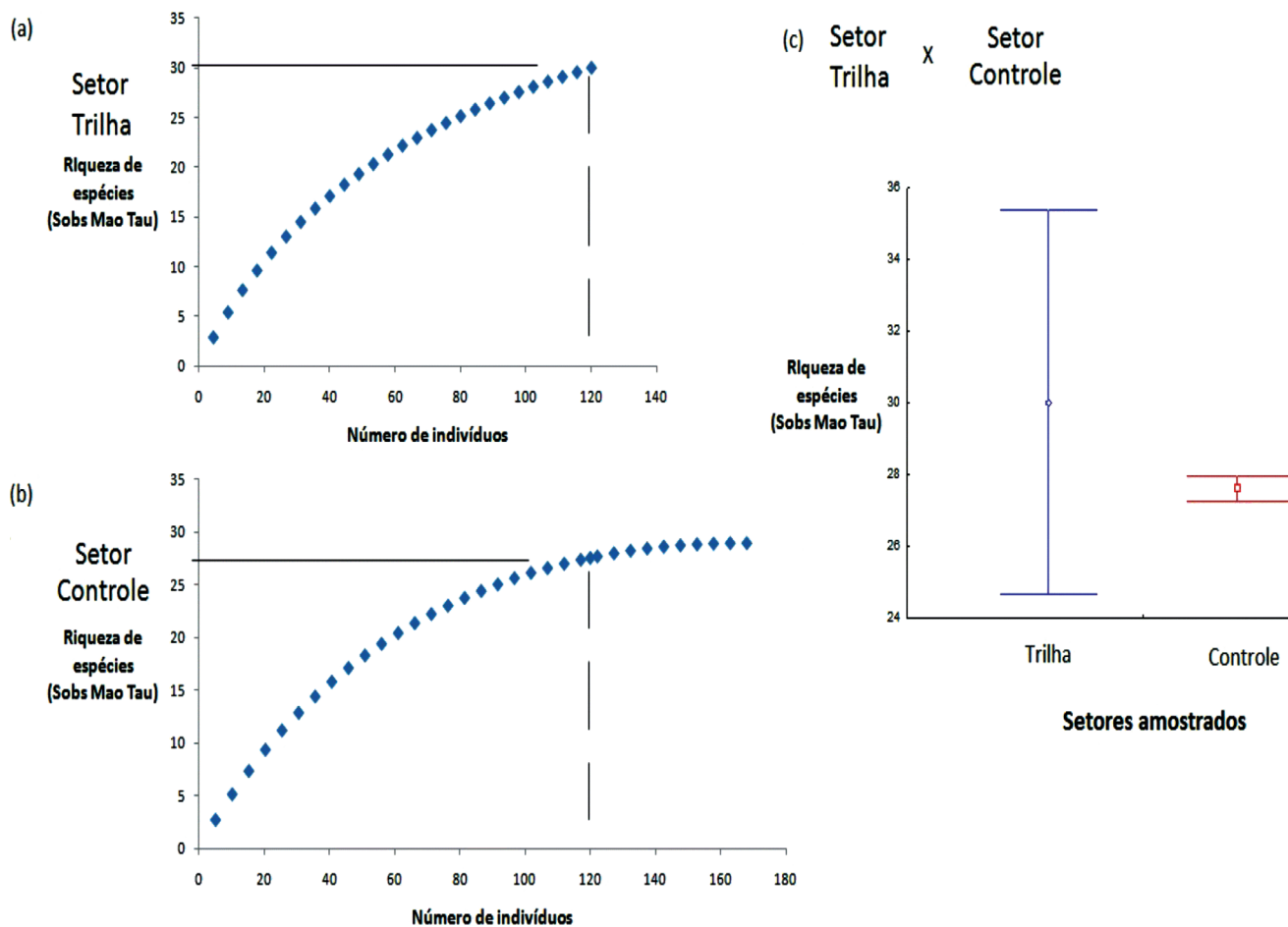


Figura 4. Riqueza de espécies (“Sobs Mao Tau”) epifíticas nos setores Trilha e Controle, no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, em São Paulo, SP, Brasil. a. Curva de rarefação para a amostragem no setor Trilha. b. Curva de rarefação para a amostragem no setor Controle. Linhas pontilhadas indicam o ponto em que o número de indivíduos amostrados é o mesmo (ponto de rarefação) para os dois setores e linhas contínuas referem-se à riqueza encontrada no ponto de rarefação. c. Comparação entre a riqueza de espécies (“Sobs Mao Tau”) de epifitas nos setores Trilha e Controle, no ponto de rarefação. Barras verticais indicam intervalos de confiança de 95%.

Figure 4. Epiphytic species richness (“Sobs Mao Tau”) of the Trail and Control sector, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, São Paulo State, Brazil. a. Rarefaction curve for the sampling in the Trail sector. b. Rarefaction curve for the sampling in the Control sector. Dotted lines indicate the point at which the number of individuals sampled is the same (rarefaction point) for the two sectors and solid lines refer to the richness found at the rarefaction point. c. Comparison between the epiphytic species richness (“Sobs Mao Tau”) in the Trail and Control sector at the rarefaction point. Vertical bars indicate confidence intervals of 95%.



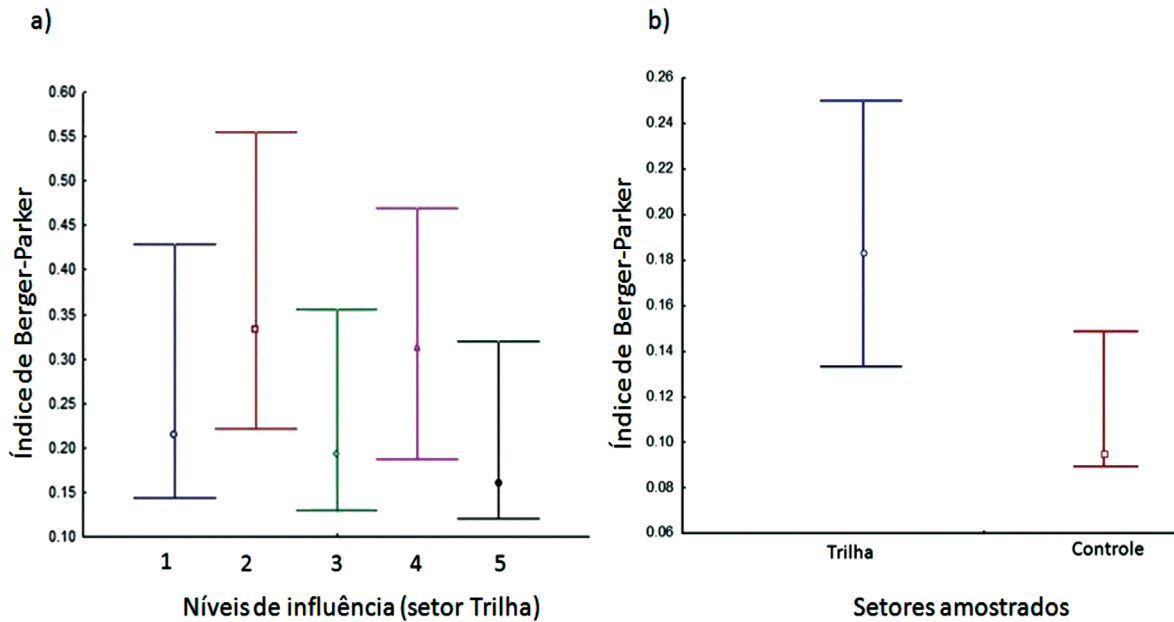


Figura 5. Índice de dominância de Berger-Parker para a amostragem de epífitas no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, em São Paulo, SP, Brasil. Barras verticais indicam intervalos de confiança de 95%. a. Comparação entre amostras do setor Trilha. b. Comparação entre os setores Trilha e Controle.

Figure 5. Berger-Parker dominance index for the sampling of epiphytes in the Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, São Paulo State, Brazil. Vertical bars indicate confidence intervals of 95%. a. Comparison between samples of Trail sector. b. Comparison between Trail and Control sectors.

variação no índice de Berger-Parker ( $d$ ) (figura 5a). Esse índice também se mostrou semelhante entre o setor Trilha ( $d$ : 0,18, IC 95% entre 0,13 e 0,25) e o setor Controle ( $d$ : 0,10 IC 95% entre 0,09 e 0,15) (figura 5b).

## Discussão

A ausência de padrões florísticos e de diversidade de espécies em resposta a um possível impacto da Trilha Fontes do Ipiranga é surpreendente, pois se sabe que a flora epifítica é frequentemente sensível a variações ambientais (*e.g.* Triana-Moreno *et al.* 2003). Além disso, como a trilha proporciona um ambiente diferente daquele encontrado no interior da floresta, em geral com maiores luminosidade e temperatura (Cole 1978), ela tenderia a favorecer algumas espécies e desfavorecer outras. Esse comportamento desigual das espécies vegetais frente a bordas foi salientado por Ries & Sisk (2004). Por que nossos resultados estão em desacordo com o esperado?

Se estivéssemos diante de um efeito de borda que pudesse selecionar espécies em magnitude considerável, modificando habitats, nichos e dinâmica populacional das epífitas, certamente encontraríamos diferenças consistentes de composição florística entre as áreas investigadas. Esse não parece ser o caso da Trilha Fontes do Ipiranga do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, ao menos para o componente epifítico, uma vez que, em todas as análises florísticas, verificamos uma mistura entre subparcelas situadas em diferentes condições em relação a um potencial efeito das trilhas. Mistura de subparcelas, no nosso caso, indica que as espécies amostradas apresentam um padrão de distribuição não estruturado, ou seja, não há grupos de espécies que “prefiram” áreas próximas ou distantes da trilha.

Uma possibilidade seria que a magnitude do efeito de trilhas pode ser menor do que o causado pelo efeito de borda resultante da fragmentação florestal, pois trilhas geralmente estão circunscritas a uma pequena faixa da floresta e sua largura tende, intuitivamente, a proporcionar modificações mais

brandas de luz, temperatura e umidade. Porém, o comportamento do componente epifítico mostrou-se diferente em relação ao apresentado pelo componente arbóreo frente à mesma trilha: nos mesmos trechos do presente estudo, o componente arbóreo mostrou, em Hirata *et al.* (2010), separação de grupos conforme o nível de exposição ao fator trilha.

Outra possibilidade seria que, com tanta variedade de idade e condições físicas dos forófitos (Triana-Moreno *et al.* 2003 e observações de campo), a composição da flora epífita no espaço seria de tal forma aleatória que a proximidade ou não às trilhas não acarretaria em profundas alterações ao longo do tempo. Bernardi & Budke (2010), no Sul do Brasil, ao investigarem possíveis efeitos de borda sobre o componente epifítico também em uma área de transição entre Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual, não encontraram, como nós, grupos florísticos borda *versus* interior nem variações na diversidade de espécies entre essas duas áreas.

Com relação à diversidade, considerando que trilhas como essa provavelmente vêm sofrendo efeito de compactação do solo (Roncero-Siles 2003) e possivelmente causando danos à estrutura física dos forófitos (observações de campo), seria esperado que, com o passar dos anos, ocorresse declínio na riqueza de espécies. Além disso, ambientes menos expostos à forte radiação luminosa, como o setor Controle, tenderiam a favorecer o incremento da flora epifítica, uma vez que as condições de estresse são atenuadas (Benzing 1990). Os resultados obtidos contrariam essa expectativa, corroborando os resultados de padrões florísticos, indicando que, além de provavelmente a substituição de espécies ser lenta ou praticamente inexistente entre a trilha e o interior da floresta, também o incremento de espécies no interior não foi detectado de forma significativa no trecho estudado. A diferença não significativa na dominância entre os setores Trilha e Controle parece ser reflexo de uma dominância maior de *Philodendron propinquum* no primeiro.

Nesse sentido, outros fatores podem estar desempenhando papel mais importante que a trilha no trecho estudado. Os resultados encontrados podem estar também associados a características como dinâmica da população, microclima proporcionado pelo forófito e direção dos ventos, que influenciam a distribuição da comunidade de epífitas vasculares (*e.g.* Madison 1979). Poderiam ainda estar relacionados a processos que interferem na

diversidade de espécies (tanto epifíticas quanto não epifíticas), como interações bióticas, variações nas propriedades físico-químicas dos solos, agregação espacial das parcelas e mesmo processos estocásticos (*e.g.* Ricklefs & Schluter 1993). É possível ainda que o entorno altamente antropizado do PEFI causasse, por si só, um declínio na diversidade da vegetação como um todo, mascarando possíveis efeitos das trilhas sobre variações na diversidade.

Encontrar ou não variações entre áreas sujeitas a diferentes níveis de perturbação potencial por trilhas é o primeiro passo para que investigações mais profundas, que considerem outros fatores que possam influenciar nos padrões florísticos e de diversidade, possam ser desenvolvidas. Portanto, a presente investigação, assim como outros trabalhos sobre trilhas na Mata Atlântica (*e.g.* Eisenlohr *et al.* 2009, Hirata *et al.* 2010) não foi conduzida para tentar detectar uma relação causal dos níveis de perturbação potencial por trilha *versus* distribuição e diversidade de epífitas, mas verificar a existência ou não de alguma relação entre esses dois tipos de variável. A inexistência dessa relação é um ponto que poderá ser confirmado e aprofundado em estudos aplicados a outras áreas de Mata Atlântica.

### Agradecimentos

À Ms. Alice Calvente, ao Dr. Armando Reis Tavares, à Ms. Berta Lúcia Pereira Villagra, ao Dr. Eduardo Luís Martins Catharino, ao Dr. Fábio de Barros, à Ms. Giseli Areias Nóbrega, à Ms. Luciana Fiorato, ao Dr. Leonardo Versieux, à Dra. Lúcia Rossi, à Dra. Maria das Graças Lapa Wanderley, ao Ms. Rafael Batista Louzada e ao Dr. Shoey Kanashiro, pelo auxílio na identificação das espécies amostradas.

### Literatura citada

- Ab'Saber, A.N.** 2003. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. Ateliê Editorial, São Paulo.
- Ayres, M., Ayres Júnior, M., Ayres, D.L. & Santos, A.A.** 2007. BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas, versão 5.0. Ong Mamiraua, Belém.
- Barros, F., Mamede, M.C.H., Melo, M.M.F., Lopes, E.A., Jung-Mendaçolli, S.L., Kirizawa, M., Muniz, C.F.S., Watanabe, H.M., Chiea, S.A.C. & Melhem, T.S.** 2002. A Flora Fanerogâmica

- do PEFI: composição, afinidades e conservação. *In*: D.C. Bicudo, M.C. Forti & C.E.M. Bicudo (orgs.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, pp. 93-110.
- Bataghin, F.A., Fiori, A. & Toppa, R.H.** 2008. Efeito de borda sobre epífitos vasculares em floresta ombrófila, Rio Grande do Sul, Brasil. *O Mundo da Saúde* 32: 329-338.
- Benzing, D.H.** 1990. Vascular epiphytes: general biology and related biota. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bernardi, S. & Budke, J.C.** 2010. Estrutura da sinúsia epifítica e efeito de borda em uma área de transição entre Floresta Estacional Semidecídua e Floresta Ombrófila Mista. *Floresta* 40: 81-92.
- Boucher, D.H., Aviles, J., Chepote, R., Gil, O.E.D. & Vilchez, B.** 1991. Recovery of trailside vegetation from trampling in a Tropical Rain Forest. *Environmental Management* 15: 257-262.
- Cole, D.N.** 1978. Estimating the susceptibility of wildland vegetation to trailside alteration. *The Journal of Applied Ecology* 15: 281-286.
- Colwell, R.K., Mao, C.X. & Chang, J.** 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85: 2717-2727.
- Colwell, R.K.** 2009. EstimateS 8.2.0 for Windows. University of Connecticut, Connecticut.
- Dislich, R.** 1996. Florística e estrutura do componente epifítico vascular na mata da reserva da Cidade Universitária "Armando Sales Oliveira", São Paulo, SP. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Eisenlohr, P.V., Melo, M.M.R.F. & Silva, A.V.** 2009. Trilhas afetam comunidades arbóreas florestais? Dois levantamentos na Floresta Atlântica do sudeste brasileiro. *Hoehnea* 36: 293-302.
- EMBRAPA.** 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. EMBRAPA. Centro Natural de Pesquisa de Solos, Brasília.
- Essen, P. & Renhorn, K.** 1998. Edge effects on epiphytic lichen in fragmented forests. *Conservation Biology* 12: 1307-1317.
- Fernandes, A.J., Reis, L.A.M. & Carvalho, A.** 2002. Caracterização do meio físico. *In*: D.C. Bicudo, M.C. Forti & C.E.M. Bicudo (orgs.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, pp. 50-74.
- Gentry, A.H.** 1982. Patterns of neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology* 15: 1-84.
- Gentry, A.H. & Dodson, C.H.** 1987. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 74: 205-233.
- Gomes, E.P.C. & Mantovani, W.** 2001. Size structure of six tree populations in a subtropical rain forest in southeastern Brazil. *Naturalia* 26: 131-158.
- Gotelli, N.J. & Colwell, R.K.** 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4: 379-391.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T. & Ryan, P.D.** 2001. PAST: Paleontological Statistics package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4(1) (não paginado).
- Hirata, J.K.R., Melo, M.M.R.F. & Eisenlohr, P.V.** 2010. Padrões florísticos do componente arbóreo sob interferência de trilhas em um trecho de Floresta Ombrófila Densa de Transição em São Paulo, SP, Brasil. *Hoehnea* 37(3): 555-570.
- Instituto Florestal.** 2008. Áreas protegidas e Unidades de Conservação abrangidas pela RBCV. AEP-Instituto Florestal. [http://www.iflorestal.sp.gov.br/rbcv/ar\\_proteg.asp](http://www.iflorestal.sp.gov.br/rbcv/ar_proteg.asp) (acesso em 15.07.2008).
- Kent, M. & Coker, P.** 1992. Vegetation description and analysis. John Wiley & Sons, London.
- Koehler, R.D., Sowers, J.M., Milehan, F. & Golec, C.T.** 2000. An Assessment of Trails, Watercourses, Soils and Redwood Forest Health in Joaquin Miller Park, Oakland, California, with Recommendations for Management. [http://btceb.org/pdf/Jmp\\_report.pdf](http://btceb.org/pdf/Jmp_report.pdf) (acesso em 03.03.2008).
- Kuss, F.R.** 1986. A review of major factors influencing plant responses to recreation impacts. *Environmental Management* 10: 637-650.
- Lechner, L.** 2006. Planejamento, implantação e manejo de trilhas em unidades de conservação. *Cadernos de Conservação* 3, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, Curitiba.
- Leung, Y & Marion, J.L.** 2000. Recreation impacts and management in wilderness: A State-of-knowledge review. *Forest Service Proceedings* 5: 23-48.
- Madison, M.** 1979. Distribution of Epiphytes in a Rubber Plantation in Sarawak. *Selbyana* 5: 207-213.
- Magro, T.C.** 1999. Impactos do uso público em uma trilha no planalto do Parque Nacional do Itatiaia.

- Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Magurran, A.E.** 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Oxford.
- Mao, C.X., Colwell, R.K. & Chang, J.** 2005. Estimating species accumulation curves using mixtures. *Biometrics* 61: 433-441.
- McCune, B. & Grace, J.B.** 2002. *Analysis of Ecological Communities*. MjM Software Design, Gleneden Beach.
- McCune, B. & Mefford, M.J.** 1999. *PC-ORD. Multivariate Analysis of ecological data, Version 4.0*. Mjm Software Design, Gleneden Beach.
- Moran, R.C.** 1995. Clave para las familias de pteridofitas. *Flora Mesoamericana*, Ciudad de Mexico.
- Murcia, C.** 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58-62.
- Nadkarni, N.M.** 1985. An ecological overview and checklist of vascular epiphytes in the Monteverde cloud forest reserve, Costa Rica. *Brenesia* 24: 55-62.
- Nastri, V.D.F., Catharino, E.L.M., Rossi, L., Barbosa, L.M., Pirré, E., Bedinelli, C., Asperti, L.M., Dorta, R.O. & Costa, M.P.** 1992. Estudos fitossociológicos em uma área do Instituto de Botânica de São Paulo utilizados em programas de Educação Ambiental. *In: Anais do 2º Congresso de Essências Nativas*. Revista do Instituto Florestal 4: 219-225.
- Newman, P., Manning, R., Bacon, J., Graefe, A., Kyle, G.** 2003. An evaluation of Appalachian trail hiker's knowledge of minimum impact skills and practice. *International Journal of Wilderness* 9: 34-38.
- Oliveira Filho, A.T. & Fontes, M.A.L.** 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica* 32: 793-810.
- Pivello, V.R. & Peccinini, A.A.** 2002. A vegetação do PEFI. *In: D.C. Bicudo, M.R. Forti, & C.E.M. Bicudo (orgs.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização*. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, pp. 75-92.
- Richards, P.W.** 1996. *The Tropical Rain Forest*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ricklefs, R.E. & Schluter, D.** 1993. *Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives*. University of Chicago Press, Chicago.
- Ries, L. & Sisk, T.D.** 2004. A predictive model of edge effects. *Ecology* 85: 2917-2926.
- Rodrigues, P.J.F.P. & Nascimento, M.T.** 2006. Fragmentação florestal: breves considerações sobre efeito de borda. *Rodriguesia* 57: 63-74.
- Roncero-Siles, M.F.** 2003. *Modelagem espacial para atividades de visitação pública em áreas naturais*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Roovers, P., Baten, S. & Hermy, M.** 2004. Plant species variation across path ecotones in a variety of common vegetation types. *Plant Ecology* 170: 107-119.
- Santos, P.M. & Funari, F.L.** 2002. Clima local. *In: D.C. Bicudo, M.R. Forti & C.E.M. Bicudo (orgs.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização*. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, pp. 27-46.
- Stevens, P.F.** 2008. *Angiosperm Phylogeny Website*. Disponível em <http://www.mobot.org/research/APweb/> (acesso em 18/02/08).
- Struffaldi-De-Vuono, Y.** 1985. *Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta da Reserva do Instituto de Botânica (São Paulo, SP)*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Teixeira, A.R.** 1988. *Resenha Histórica do Instituto de Botânica de São Paulo*. *Ciência e Cultura* 40: 1045-1054.
- Triana-Moreno, L.A., Garzón-Venegas, N.J., Sanchez-Zambrano, J. & Vargas, O.** 2003. Epifitas vasculares como indicadores de regeneración en bosques intervenidos de la Amazonia Colombiana. *Acta Biológica Colombiana* 8: 31-42.
- Veloso, P.H., 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.
- Villagra, B.L.P.** 2008. *Diversidade florística e estrutura da comunidade de plantas trepadeiras no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Vinha, D.** 2008. *Banco de sementes em áreas com diferentes graus de perturbação no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, em São Paulo, SP*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Zar, J.H.** 1999. *Biostatistical analysis*. 4 ed. Prentice-Hall, New Jersey.