

# Fatores que determinam a distribuição de espécies de pteridófitas da Amazônia Central

Gabriela Zuquim<sup>1</sup>, Flávia R.C. Costa<sup>2</sup> e Jefferson Prado<sup>3</sup>

## Introdução

Os processos que influenciam a distribuição das espécies vegetais variam desde escalas biogeográficas até microambientais. Apesar das florestas de terra firme da Amazônia Central serem consideradas relativamente homogêneas, existem manchas de habitats que determinam a distribuição espacial das plantas. As respostas de uma comunidade de plantas em gradientes ambientais não indicam quais espécies dentro da comunidade são as mais sensíveis a determinados habitats e quais são as mais tolerantes às variações do ambiente.

Os fatores ambientais mais comumente relacionados à distribuição de comunidades de plantas tropicais em diversas escalas são a topografia, textura, drenagem e fertilidade do solo [1,2,3]. Estudos em pequenas escalas espaciais (1 ha) foram capazes de descrever forte relação entre a distribuição de espécies vegetais e solo [4,5]. Em macroescala, Tuomisto *et al* [6] demonstraram que os padrões de similaridade florísticas em uma área de 200 x 300 km estão relacionados à distribuição dos habitats de areia branca, solo argiloso e terraços.

A incidência luminosa no interior da floresta também pode ser um fator limitante para as plantas de subosque. Apesar de ambientes mais iluminados fornecerem mais energia para fotossíntese, muitas pteridófitas são sensíveis ao ressecamento e dependem de umidade para reprodução [7]. Porém, pouco se sabe sobre a influência relativa da luz na distribuição das espécies da comunidade de pteridófitas, principalmente na restrita amplitude de variação de luz no subosque das florestas de terra-firme da Amazônia.

Pteridófitas são plantas vasculares comuns no subosque da floresta amazônica e possuem alta capacidade de resistência a doenças em ambientes com alta umidade relativa do ar [8]. Muitas espécies possuem algum nível de especialização edáfica [9]. O ciclo reprodutivo apresenta dependência da água e envolve intensa produção de esporos que são dispersos pelo vento [7]. O termo *pteridophyta* engloba plantas vasculares sem sementes, mas trata-se de um agrupamento parafilético. O objetivo deste estudo foi determinar quais os principais fatores que estruturam

a comunidade e quais espécies estão mais relacionadas aos tipos de habitats que estruturam as pteridófitas da Amazônia Central.

## Material e métodos

### Área de estudo

O estudo foi feito em florestas densas de terra-firme da Amazônia Central. Os dados foram coletados nas Reservas do Km 41, do Cabo Frio e do Gavião (código das reservas: 1501, 3402 e 1401, respectivamente), pertencentes ao Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF), a 80 km ao norte de Manaus. Os solos dominantes da Amazônia Central são latossolos arenosos a argilosos, derivados de depósitos aluviais do terciário fortemente lixiviados, tipicamente ácidos, com elevada concentração de alumínio e pobre em fósforo, cobre e potássio [10].

### Delineamento amostral

Foram estabelecidos ou recuperados três sistemas regulares de trilhas espaçadas 1 km nas reservas de mata contínua do Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais. Foram estabelecidas 38 parcelas permanentes de 250 x 2,5 m nas interseções das trilhas. As parcelas acompanham a curva de nível, o que minimiza a variação do solo dentro de uma mesma parcela [11], pois na Amazônia Central há forte correlação entre solo e altitude [10].

### Inventário de Pteridófitas

O inventário quantitativo das pteridófitas terrestres e hemiepífitas foi feito entre novembro de 2004 e maio de 2005. Foram excluídas plantas com folhas menores que 5 cm e hemiepífitas sem frondes abaixo de 2 m de altura. Em campo, os espécimes de pteridófitas foram agrupados em morfotipos e coletados alguns exemplares para posterior identificação. Registrou-se o número de indivíduos por espécie para cada parcela. As espécies do gênero *Selaginella* foram excluídas, pois a reprodução assexuada de *S. spp.* resulta na formação de grandes manchas, tornando inviável determinar o que é um indivíduo.

As identificações foram feitas no Herbário do Instituto de Botânica, São Paulo. O material

1. Gabriela Zuquim é aluna do Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. (INPA) Av. André Araújo 2936, Manaus, AM, CEP 69083-000. E-mail: zuquim@inpa.gov.br

2. Flávia R. C. Costa é Pesquisadora Visitante do INPA. Av. André Araújo, Manaus, AM, CEP 69083-000

3. Jefferson Prado é Pesquisador do Instituto de Botânica de São Paulo. Av. Miguel Stéfano, 3687, São Paulo, SP, CEP 04301-902.

Apoio financeiro: Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais, Projetos Ecológicos de Longa Duração, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, CAPES.

testemunho deste trabalho está depositado nos herbários INPA e SP.

#### *Coleta de dados abióticos*

Estimativas de granulometria do solo, abertura de dossel (luz) e inclinação foram feitas a cada 50 m, totalizando seis sub-amostras por parcela. As características físicas do solo foram determinadas no Laboratório temático de Solos e Plantas do INPA. Abertura de dossel foi estimada através de fotos digitais hemisféricas do dossel da floresta, analisadas no programa GLA-Gap Light Analyzer 2.0 [12].

#### *Análise dos dados*

Análise de Coordenadas Principais (PCoA) foi utilizada para resumir a composição de espécies das parcelas. A matriz de dissimilaridade foi calculada com índice de Bray-Curtis relativo (por unidade amostral).

Para entender como interações entre as variáveis ambientais afetavam a composição das parcelas, foi feito uma análise de árvore de regressão, sobre o primeiro eixo de PcoA (diferenças na composição de espécies entre as parcelas). Esta análise separa as unidades amostrais em grupos, com base nas variáveis preditoras. A variável preditora capaz de separar grupos com a menor soma dos quadrados dos desvios é retida para a primeira separação do primeiro par de grupos da variável resposta. O mesmo procedimento é aplicado sucessivamente sobre os sub-grupos formados, até que se atinja o limite de parada estabelecido *a priori*. É uma análise basicamente exploratória, capaz de captar relações ecológicas difíceis de serem captadas pelos modelos estatísticos lineares convencionais [13]. Uma das parcelas foi excluída desta análise por ausência de dados sobre a abertura do dossel. A partir das quatro categorias de ambiente determinadas pela análise de Árvore de regressão, foi feita uma análise de espécies indicadoras para determinar quais espécies estavam mais relacionadas a determinado tipo de ambiente. O Valor Indicador (IV) é uma medida de associação da espécie a determinada categoria de ambiente. Espécies pouco frequentes possuem IV baixo, pois são estatisticamente pouco informativas [13].

## **Resultados**

A ordenação por PCoA captou 42,19% da variação no 1º eixo. O eixo 1 foi usado como variável dependente e exprime a composição de espécies em uma parcela. A árvore de regressão incluindo as variáveis preditoras, teor de argila, inclinação do terreno e abertura de dossel indicou que a argila foi o principal fator de separação de grupos de composição de espécies, ao longo do eixo 1 da ordenação por PCoA. Dentre as parcelas mais argilosas, a luz é o principal fator de separação de grupos de composição de espécies. Excluindo-se a inclinação do terreno da análise, fica evidente que o efeito de luz varia de

forma diferente dentro dos dois grupos de parcelas que foram separadas pela porcentagem de argila (Fig. 2). Baseado na classificação da árvore de regressão do eixo 1 da PCoA em relação ao teor de argila e abertura do dossel, foram criadas 4 categorias de ambientes, sendo: 1) parcelas mais arenosas (teor de argila <23%) e menos iluminadas (abertura do dossel <6,7%); 2) parcelas mais arenosas e mais iluminadas (abertura de dossel > 6,6%); 3) parcelas mais argilosas (teor de argila >23%) e menos iluminadas (abertura do dossel <5,8%) e 4) parcelas mais argilosas e mais iluminadas (abertura do dossel >6,7%). Nove espécies estiveram significativamente relacionadas a uma ou duas categorias de ambientes (Tab. 1), segundo seus valores de importância. As demais espécies não estiveram associadas a qualquer categoria ou não foram suficientemente amostradas para que fosse detectada alguma relação.

Dentre as 24 espécies que foram encontradas em mais de uma parcela, sete (*Cyathea microdonta* (Desv.) Domin, *Cyclodium meniscioides* (Willd.) C. Presl, *Danaea elliptica* Sm., *D. trifoliata* Kunze, *Lindsaea guianensis* (Aubl.) Dryand., *Saccoloma inaequale* (Kunze) Mett., *Trichomanes cellulolum* Klotzsch e *T. trolli* Bergdolt) possuem IV=0 apenas nas parcelas mais argilosas (acima de 23%) e iluminadas (abertura de dossel acima de 6,64%). Se considerarmos as categorias ambientais definidas pela árvore que incluiu a variável inclinação, *Adiantum paraense* Hieron., *Lomariopsis prieuriana* Fée e *Triplophyllum funestum* (Kunze) Holttum estiveram significativamente associadas ( $p < 0,01$ ) às parcelas argilosas e com abertura de dossel menor que 5,8% (IV=62, 62 e 69, respectivamente). *Metaxya rostrata* (Kunth) C. Presl esteve relacionada às parcelas arenosas e com inclinação maior que 12 graus.

## **Discussão**

A textura do solo foi o principal fator relacionado à composição de espécies nas parcelas. Na Amazônia Central a quantidade de argila no solo aumenta gradativamente ao longo do gradiente topográfico, variando de muito arenoso nas áreas mais baixas a argiloso, nos platôs [10]. Apesar de diversos estudos terem afirmado que pteridófitas são especialistas edáficas [9,14], o papel do solo na determinação da distribuição das espécies nem sempre é muito evidente, pois existem fatores que encobrem essa relação. As áreas adjacentes a riachos são mais úmidas e as mais altas são mais secas. A umidade é um importante fator para o desenvolvimento de pteridófitas [8]. A correlação entre umidade e textura do solo torna obscuro o verdadeiro fator causal das relações entre as espécies e o hábitat.

Muitas espécies estiveram associadas exclusivamente a ambientes escuros, que são provavelmente mais úmidos. Um efeito sutil de abertura de dossel sobre a composição de pteridófitas da Amazônia também foi encontrado por Jones *et al*

[15] tanto para dados quantitativos como qualitativos. Em campo foi observado que na época da seca (maio a novembro) muitos indivíduos de pteridófitas estavam murchos e ressecados. A tolerância à sombra de plantas de subosque deve determinar uma grande sensibilidade a níveis mais altos de luz. Montgomery e Chazdon [16] mostraram que pode haver partição do gradiente de luz mesmo quando a amplitude do gradiente é curta, como ocorre no subosque da floresta. Pteridófitas possuem capacidade fotossintética em baixas quantidades de incidência luminosa [8] e, apesar de apenas 2% da luz sobre as florestas ser filtrada antes de atingir o subosque [17], as pteridófitas aparentemente não são limitadas pela disponibilidade de luz.

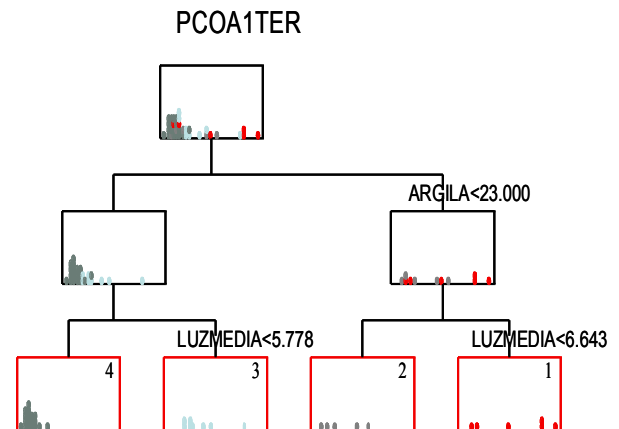
### Agradecimentos

O primeiro autor recebeu bolsa de mestrado CAPES e financiamento do PDBFF/INPA/SI, Projetos Ecológico de Longa Duração e Fundação O Boticário.

### Referências

- [1] TUOMISTO, H. & RUOKULAINEN, K. 1994. *Journal of Vegetation Science* 5: 25-34.
- [2] SVENNING, J.-C. 1999. *Journal of Ecology* 87: 55-65.
- [3] VORMISTO, J. TUOMISTO, H.; OKSANEN, J. 2004. *Journal of Vegetation Science* 15: 485-494.
- [4] YOUNG, K.R.; LEON, B. 1989. *Brittonia* 41: 388-395.
- [5] POULSEN, A.D. & BASLEV, H. 1991. *Journal of Vegetation Science* 2: 315-322.
- [6] TUOMISTO, H. *et al.* 1995. *Science* 269: 63-66.
- [7] TRYON, R. 1989. Pteridophytes. In: *Tropical rain forest ecosystems: biogeographical and ecological studies*. H. Lieth and M. J. A. Werger (eds.). Amsterdam, Elsevier Scientific.
- [8] PAGE, C. 2002. *Review of Palaeobotany and Palynology* 119: 1-33.
- [9] TUOMISTO, H. & POULSEN, A. 1996. *Journal of Biogeography* 23: 283-293.
- [10] CHAUVEL, A.; LUCAS, Y.; BOULET, R. 1987. *Experientia* 43: 234-240.
- [11] MAGNUSSON *et al.* 2005. *Biota Neotropica* 5(2).
- [12] FRAZER, G. W.; CANHAM, C. D. 1999. *Gap Light analyzer*. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, Canada. Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, NY, USA.
- [13] MCCUNE, B., MEFFORD, M. J. 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. MjM software, USA.
- [14] RANAL, M.A. 1995. *Revista Brasileira de Biologia* 55(4): 583-594.
- [15] JONES, M. M.; TUOMISTO, H.; CLARK, D. B.; OLIVAS, P. 2006. *Journal of Tropical Ecology* 94: 181-195.
- [16] MONTGOMERY, R.A. & CHAZDON, R.L. 2002. *Ecophysiology* 131: 165-174.

- [17] HOGAN, K. P.; MACHADO, J. L. 2002. La luz solar: consecuencias biológicas y medición. In: Guariguata, Manuel R. and Kattan, Gustavo (eds.), *Ecología y conservación de bosques neotropicales*: 119-143. Cartago, Costa Rica: Ediciones LUR.



**Figura 1.** Árvore de regressão para o eixo 1 da PCoA em relação às variáveis ambientais teor de argila (%) e porcentagem de abertura do dossel (%) em 37 parcelas das Reservas do km 41, Cabo Frio e Gavião do PDBFF, Manaus, Brasil. Os valores para separação entre os grupos, detectados pela regressão foram 23% para o teor de argila, 5,78% para abertura de dossel (luz média) nas parcelas argilosas e 6,64% nas parcelas menos argilosas.

**Tabela 1.** Resultados do teste de Espécies Indicadoras nas 37 parcelas das Reservas do km 41, Cabo Frio e Gavião do PDBFF, Manaus, Brasil. Ad para=*Adiantum paraense*, Cy men=*Cyclodium meniscioides*, Li gui=*Lindsaea guianensis*, Da tri=*Danaea trifoliata*, Lo pri=*Lomariopsis prieuriana*, Me ros=*Metaxya rostrata*, Po osm=*Polybotrya osmundacea*, Tr cel=*Trichomanes cellulsum* e Tr fun=*Triplophyllum funestum*. As demais espécies apresentaram  $p > 0.005$ . As categorias de ambiente estão relacionadas na Figura 2.

Espécie	Valor Indicador por categoria de ambiente				p*
	1	2	3	4	
<b>Número de parcelas</b>	6	5	8	18	-
<b>Ad para</b>	1	5	61	12	0.019
<b>Cy men</b>	62	4	4	0	0.006
<b>Li gui</b>	34	3	2	0	0.044
<b>Da tri</b>	36	0	10	0	0.044
<b>Lo pri</b>	2	1	55	24	0.012
<b>Me ros</b>	58	0	1	0	0.003
<b>Po osm</b>	51	6	11	3	0.035
<b>Tr cel</b>	63	0	1	0	0.002
<b>Tr fun</b>	2	1	70	7	0.008

\*Proporção de testes de randomizações com Valor Indicador (IV) igual ou maior do que o observado.

