

ASPECTOS DA VARIAÇÃO AMBIENTAL EM UMA FLORESTA DE GALERIA EM ITUTINGA, MG, BRASIL¹

ASPECTS OF ENVIRONMENT VARIATION IN A GALLERY FOREST IN ITUTINGA MUNICIPALITY, MINAS GERAIS STATE, BRAZIL

Eduardo van den Berg² Flavio Antonio Maës dos Santos³

RESUMO

Foi caracterizada a heterogeneidade ambiental em uma área de floresta de galeria (7,55 ha), em Itutinga, MG, Brasil, pelas variações das propriedades químicas e físicas do solo, da topografia e da abertura de dossel. As propriedades do solo e a topografia foram estudadas em 28 parcelas de 10 x 30 m utilizadas em um levantamento da comunidade arbóreo-arbustiva da área. Para a abertura do dossel utilizaram-se duas transecções de 50 m de largura, compostas por parcelas contíguas de 10 x 10 m, cruzando a floresta de lado a lado, perpendicularmente ao curso d'água. Fotos hemisféricas foram tomadas sobre estacas alternadas das extremidades das parcelas. Os dados de solo e topografia foram analisados por meio de uma PCA (Análise dos Componentes Principais) e a abertura do dossel mediante gráficos de tendência e regressão linear. A variação mais importante em termos de solos e abertura do dossel se deu no sentido do distanciamento da borda da floresta e aproximação do curso d'água. Nesse sentido, a abertura do dossel diminuiu ($b = -0,096$; $R^2 = 0,34$) e a umidade e acidez do solo aumentaram (Eixo 1 do PCA, autovalor = 9,713). Os maiores valores da abertura do dossel próximo à borda foram explicados pela entrada de luz lateral através da borda da floresta com o campo limpo circundante.

Palavras-chave: floresta de galeria, gradiente ambiental, luz, umidade do solo.

ABSTRACT

The environmental heterogeneity of a gallery forest (7.55 ha), in Itutinga, Minas Gerais State, Brazil, was characterized using the variations of chemical and physical soil properties, topography and canopy openness. The soil properties and topography were studied in 28 plots (10 x 30 m) that were used for the survey of the tree-shrub community. The canopy openness was investigated using two 50 m wide transects, composed by 10 x 10 m contiguous plots, crossing the forest from one side to the other, perpendicularly to the stream course. Hemispherical photographs were taken above alternate poles that delimited the plots. Soil and topographic data were analyzed by PCA (Principal Component Analysis) and the canopy openness was analyzed by graphics of tendency and linear regression. The most important variation, in terms of soil and canopy openness, occurred with the distancing from the border of the forest and the approximation to the stream course. Following this direction, the canopy openness decreased ($b = -0.096$; $R^2 = 0.34$) and the soil water content and acidity increased (Axis 1 of the PCA, eigenvalue = 9.713). The largest values of canopy openness close to the border were explained by lateral light penetration through the forest border with the surrounding grassland.

Key words: gallery forest, environment gradient, light, soil humidity.

INTRODUÇÃO

As florestas tropicais são comunidades altamente diversas em relação a seus vários grupos taxonômicos e guildas (Raven 1997). Um dos principais objetivos dos estudos de ecologia vegetal em florestas tropicais (e em outros tipos de vegetação) tem sido investigar as relações existentes entre a distribuição das populações de espécies arbóreas e as variáveis ambientais que possam afetar tal distribuição (Austin e Gaywood 1994). Entre as questões levantadas a respeito desse assunto podem destacar-se: Quanto da diversidade de espécies arbóreas está associada à heterogeneidade ambiental? Como as variáveis

1. Parte da tese de doutorado do primeiro autor, junto ao Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, IB, UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas).
2. Dr., Professor e Pesquisador do Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 37, CEP 37200-000, Lavras (MG). evandenb@ufla.br
3. Dr., Professor e Pesquisador do Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade de Campinas, Caixa Postal 6109, CEP 13083-970, Campinas (SP). fsantos@unicamp.br

Recebido para publicação em 12/09/2002 e aceito em 2/09/2003.

ambientais influenciam na distribuição das populações das espécies arbóreas? Vários trabalhos têm sido produzidos neste sentido, abordando aspectos relacionados a gradientes altitudinais/topográficos e heterogeneidade ambiental relacionada a tipos de solo e a propriedades destes, tais como drenagem, capacidade de armazenamento de água, fertilidade, textura, dinâmica de inundações (ex. Rodrigues *et al.* 1989, Johnston 1992, Medley 1992, Oliveira-Filho *et al.* 1994a, b, c, Oliveira-Filho *et al.* 1997b, Pendry e Proctor 1997, Sabatier *et al.* 1997), e também relacionada à presença, tamanho e origem de clareiras (Hartshorn 1980, Denslow 1980, 1987, Uhl *et al.* 1988, Barik *et al.* 1992, Denslow 1995, Oliveira-Filho *et al.* 1998, Bianchini *et al.* 2001).

Sabe-se que mudanças no clima e/ou microclima, tais como a redução da pluviosidade em uma determinada área, e catástrofes recorrentes, tais como furacões e secas intensas, podem levar a mudanças generalizadas em toda a comunidade (Condit *et al.* 1992, 1996, Allen *et al.* 1997, Frangi e Lugo 1998).

Já em uma escala mais detalhada, em nível interno das comunidades, o processo de formação de clareiras e suas conseqüências ocupa um lugar de destaque entre os fatores relacionados à dinâmica das florestas tropicais. Esse processo pode ser essencialmente aleatório, mas também pode estar ligado a aspectos do ambiente, tais como declividade da área e propriedades de solo (Denslow 1980, 1987, Arriaga 1988) ou ação antrópica (Whitmore 1988). A abertura do dossel de uma floresta leva a modificações nas condições ambientais fortemente relacionadas à dinâmica da comunidade (ver Oliveira-Filho *et al.* 1997a, Laurence *et al.* 1998, Oliveira-Filho *et al.* 1998). No processo de formação de uma clareira, a variável ambiental mais afetada é a luz. Tanto a intensidade quanto a qualidade da luz são modificadas com maior ou menor intensidade (Whitmore 1990) dependendo das características da clareira formada, basicamente seu tamanho e sua forma (Denslow 1980, Barik *et al.* 1992, Trichon *et al.* 1998). Outras variáveis ambientais também podem modificar-se com a formação de uma clareira, podendo estas estarem associadas ou não às mudanças na luz. Entre essas variáveis se podem citar a temperatura do solo e do ar, a umidade relativa do ar e a umidade do solo (Denslow 1980, Barik *et al.* 1992, Veenendaal *et al.* 1995). A luz e as variáveis associadas a ela possuem uma dinâmica espacial na floresta, ligada à abertura e reconstrução do dossel.

Variáveis topográficas e de solo, tais como propriedades químicas e físicas, são temporalmente mais constantes que a luz, embora possam apresentar uma variação espacial bastante pronunciada (Denslow 1980). No caso de nutrientes do solo, a variação espacial/temporal pode se tornar menos previsível em conseqüência da relação entre o nível destes nutrientes e as taxas de ciclagem ligadas à deposição/decomposição de serrapilheira (Burghouts *et al.* 1998). Níveis de umidade do solo não são constantes ao longo do ano, mas apresentam um comportamento previsível ligado às propriedades físicas do solo, topografia da área e distribuição das chuvas (van den Berg e Oliveira-Filho 1999). Em florestas ripárias, as propriedades do solo (físicas, químicas e umidade do solo) normalmente variam de acordo com o distanciamento do curso d'água, seja em razão do gradiente topográfico (Oliveira-Filho 1989, Oliveira-Filho *et al.* 1990, Oliveira-Filho *et al.* 1994b, Oliveira-Filho *et al.* 1994c, Oliveira-Filho, *et al.* 1998, van den Berg e Oliveira-Filho 1999) ou da dinâmica das enchentes (Oliveira-Filho *et al.* 1994b).

A dinâmica de uma comunidade florestal depende ultimamente da dinâmica das populações das espécies que a compõem. Se as diferentes espécies de uma comunidade possuem distribuição espacial diferenciada ligada aos fatores ambientais citados acima e estão sujeitas a dinâmicas diferenciadas ligadas à sua biologia particular, é esperado que a dinâmica da comunidade também esteja altamente relacionada à distribuição desses fatores ambientais (ver Arriaga 1988, Basnet 1992, Condit *et al.* 1996). No caso de florestas ripárias, onde as variáveis seguem um gradiente topográfico, a dinâmica da floresta também deve estar relacionada a esse gradiente (ver Frangi e Lugo 1998).

Em um estudo prévio (van den Berg e Oliveira-Filho 1999), investigou-se a variação ambiental da floresta estudada sobretudo em termos de solo. Com base no exposto, o presente trabalho teve como objetivo aprofundar e ampliar o conhecimento da distribuição e diversidade das variáveis ambientais nessa floresta de galeria (ripária), enfocando inclusive aspectos novos, como a distribuição da luz na floresta. Os resultados aqui descritos fornecerão importantes subsídios para a investigação da dinâmica da comunidade e de populações de espécies arbóreas da área.

MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo

A área estudada (Figura 1) apresenta-se como uma floresta alojada no fundo de um vale, acompanhando um pequeno córrego tributário do Reservatório de Camargos, no município de Itutinga, MG, próxima das coordenadas 21°21' S e 44°36' W, a cerca de 920 m de altitude. Esse reservatório, formado pelo represamento do Rio Grande, pertence à Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). A floresta possui uma área de 7,55 ha e sua vegetação pode ser classificada, segundo o sistema do IBGE (Veloso *et al.* 1991, IBGE 1993), como uma Floresta de Galeria, uma vez que se encontra em uma região que constitui uma disjunção das Savanas (cerrados), acompanha um curso d'água e possui limites bem definidos com uma formação não-florestal (Mantovani 1989), no caso, um campo limpo de altitude. Por causa do córrego que corta a área ser bastante encaixado e a floresta ocupar áreas com uma certa declividade, nenhuma parte da floresta está sujeita a inundações ou saturação do solo por água. O córrego em si é bastante estreito, sendo totalmente recoberto pelo dossel da floresta. Embora seja uma Floresta de Galeria, a área em estudo possui deciduidade e composição florística semelhante às Florestas Estacionais Semidecíduais Montanas da região (van den Berg e Oliveira-Filho 1999).

O clima da região é do tipo Cwb de Köppen, com verões úmidos e invernos secos (Eidt 1968). Dados provenientes da Estação Meteorológica de Lavras (21°14'S, 45°00'W, 918 m de altitude), no período 1960–1992, revelam uma temperatura média anual de $19,6 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$, com as médias mensais variando de $16,0^{\circ}\text{C}$, em julho, a $21,8^{\circ}\text{C}$, em fevereiro; precipitação anual média de $1517,0 \pm 168$ mm, concentrados (93% do total) na primavera/verão (outubro-março); e precipitações médias mensais variando de 19,2 mm (julho) a 293,3 mm (janeiro).

Os solos da área foram classificados pelo sistema brasileiro de taxonomia de solos (EMBRAPA 1999) como Cambissolos Háplicos Tb Distróficos, nas áreas mais declivosas (próximo aos blocos A, B e D na Figura 1) e Latossolo Vermelho Amarelo Ácrico, na área mais plana (área do bloco C). O material de origem predominante é a mica-xisto pertencente ao Grupo Andrelândia, formado no Proterozóico Superior (1,1 – 0,57 bilhões de anos) (Pedrosa-Soares *et al.* 1994).

Desenho amostral

Visando ao levantamento fitossociológico e estudo da dinâmica da floresta, foram marcados, em 1993, quatro blocos de 28 parcelas de 30 x 10 m (300 m² cada), com o lado maior sempre paralelo ao curso do ribeirão. Em cada bloco, as parcelas foram dispostas da borda da mata à margem do ribeirão. Assim, os blocos A e B possuíram, cada um, duas parcelas de Borda, duas de Meio (área intermediária) e duas de Margem. Já os blocos C e D possuíram duas de Borda, quatro de Meio e duas de Margem (Figura 1). Os blocos A e B foram alocados a aproximadamente 200 m dos blocos C e D, de forma a amostrar duas áreas diferentes da mata, uma mais estreita (cerca de 90 m) e outra mais larga (cerca de 140 m) respectivamente.

Levantamento das feições topográficas e propriedades de solo

Foi realizado, em 1993 (van den Berg e Oliveira-Filho 1999), um levantamento topográfico da área amostrada com o auxílio de um clinômetro e uma bússola. Nas duas seções da mata, blocos A e B e blocos C e D, foram traçadas curvas de nível a intervalos de 2 m a partir do córrego (Figura 1). Três variáveis topográficas foram definidas: cota, desnível máximo e declividade média. A cota foi considerada como a distância vertical do centro da parcela à superfície do córrego. O desnível máximo correspondeu à maior distância vertical entre os vértices das parcelas (Oliveira-Filho *et al.* 1994a, b). A declividade média foi calculada pela média simples das declividades das duas diagonais cruzando a parcela retangular.

As propriedades físicas e químicas e teores de matéria orgânica dos solos foram obtidos da análise de amostras de 0,5 L coletadas, em 1993, no centro de cada parcela, nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 30 cm. Tais profundidades foram escolhidas para a verificação de possíveis diferenças entre a camada mais superficial do solo, em contato maior com a serrapilheira da mata, e a camada mais profunda. As análises foram feitas no Laboratório de Fertilidade e Laboratório de Física de Solos da Universidade Federal de Lavras (UFLA), de acordo com os procedimentos recomendados pela EMBRAPA (1979).

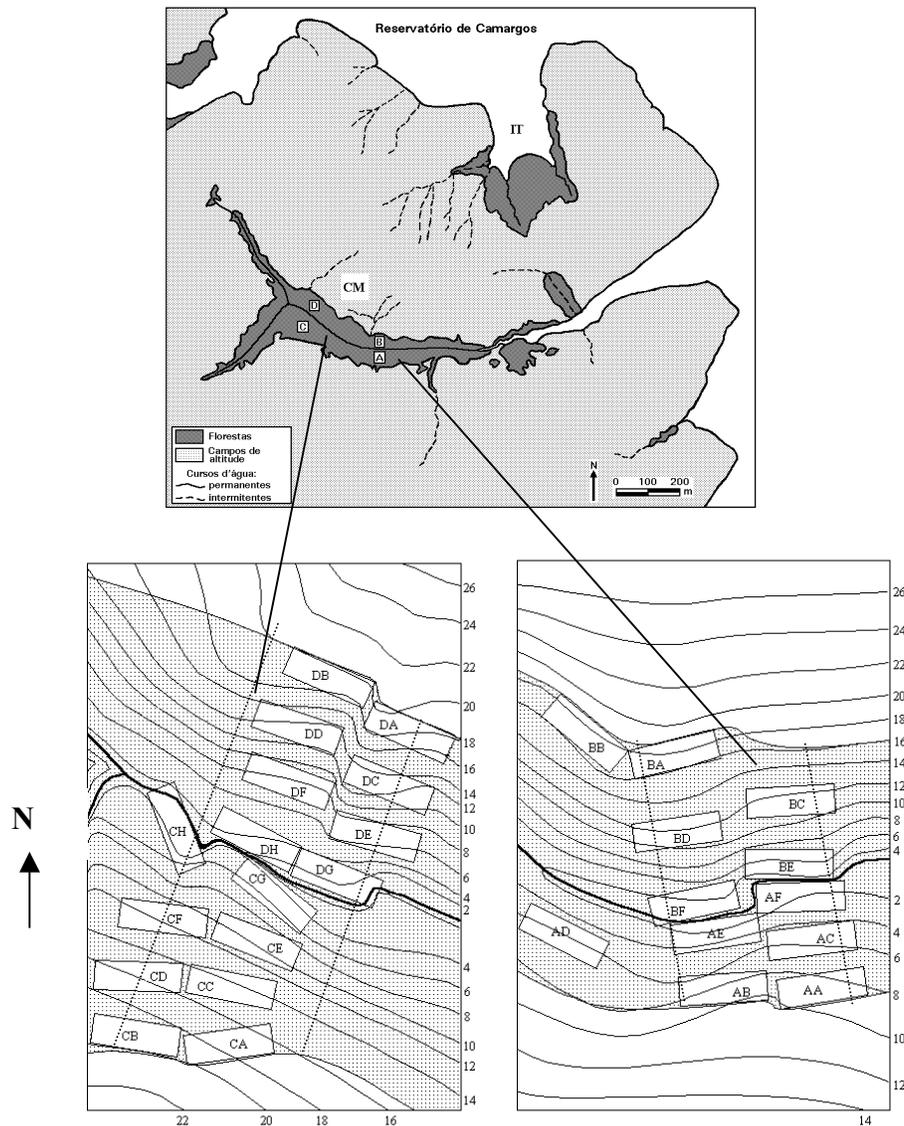


FIGURA 1: Mapa da área de estudos indicando a localização dos blocos de parcela (A, B, C e D) na floresta de galeria (CM) estudada na região do Reservatório de Camargos, Itutinga, MG (21°21' S e 44°36' W). IT = fragmento florestal estudado por Oliveira-Filho *et al.* (1994c) e mencionado no texto. Cada parcela está identificada por um código de duas letras, no qual a primeira representa o bloco. Os números junto aos mapas inferiores e as linha de contorno referem-se as cotas (m) a partir do nível do curso d'água. As linhas tracejadas correspondem aproximadamente aos limites dos transectos em que foi estudada a abertura do dossel.

FIGURE 1: Map of the study area showing the location of the blocks of plots (A, B, C and D) in the studied gallery forest (CM) in the region of Camargos Reservoir, Itutinga municipality, Minas Gerais State (21°21' S and 44°36' W). IT = forest fragment studied by Oliveira-Filho *et al.* (1994c) and mentioned in the text. Each plot is identified by a two letter code, where the first letter indicates the block. The numbers next to the lower maps and the contour lines correspond to the vertical distances (m) from the stream. Dashed lines represent the approximate limits of the transects where canopy openness was studied.

O pH foi mensurado por meio de potenciômetro, em uma suspensão de solo em água, 1:2,5. O fósforo e o potássio foram extraídos pela solução de Mclish (H_2SO_4 0,025 N + HCl 0,05 N) e medidos por meio de fotômetro. O cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos com uma solução de KCl 1 N; o alumínio foi titulado por meio de uma solução de NaOH 1 N, ao passo que o cálcio mais o magnésio e o cálcio, em separado, foram titulados com EDTA 0,025 N. Calcularam-se os índices: H+Al, t (CTC efetiva), T (CTC a pH 7,0), m (saturação de Al na CTC efetiva), S (soma de bases trocáveis) e V (saturação de bases da CTC a pH 7,0). O carbono orgânico foi determinado pelo método de Tiurim e a percentagem de matéria orgânica foi obtida por meio da constante de Bremelen (1,724). A textura foi obtida pelo método densímetro de Bouyoucos, e a fração areia foi separada em areia fina e areia grossa.

A umidade atual do solo foi medida para cada parcela durante 12 meses, de março de 1993 a fevereiro de 1994. Próximo ao dia 15 de cada mês (± 3 dias), em um ponto no centro de cada parcela, foram coletadas e seladas em recipientes apropriados, amostras de aproximadamente 50 g de terra em duas profundidades de solo, 0 a 10 e 10 a 30 cm. A umidade atual do solo foi determinada por diferença de peso após secagem em estufa a 105-110°C até peso constante. Os valores obtidos foram relativos ao peso úmido inicial.

As profundidades escolhida de solo tanto para a amostragem para análise de fertilidade e granulometria, como para a de umidade limitaram-se aos 30 cm superficiais pelo ao fato de a maior parte das raízes estar concentrada nessa camada, bem como a maior variação da umidade (ver Zahner 1967, Lima 1983). Bazzaz (1979) e Causton (1988) salientam que é na fase de germinação e plântula que as espécies vegetais são mais sensíveis ao estresse hídrico, sendo, portanto, a variação da umidade na superfície do solo nessa fase um fator crítico para o estabelecimento das plantas.

Levantamento do grau de abertura do dossel da floresta

A variação da abertura do dossel da floresta foi avaliada com base em uma malha de pontos (estacas) delimitantes de parcelas contíguas de 10 x 10 m utilizadas para o estudo de populações de algumas espécies florestais da área (dados não publicados). Essa malha se constituiu de dois transectos de 50 m de largura (6 colunas de estacas), cortando respectivamente os blocos A-B e C-D, da borda da floresta com o campo à borda oposta, atravessando perpendicularmente o córrego (Figura 1).

As fotografias hemisféricas foram tomadas sistematicamente a 1,5 m do solo acima de algumas das estacas delimitantes das parcelas, alternando-se as estacas, tanto nas colunas como nas linhas de estacas (ver esquema na Figura 2). Na área do bloco A, foram tomadas fotos sobre todas as estacas.

Utilizou-se como equipamento uma máquina fotográfica Nikon F-401S acoplada a uma lente olho de peixe Nikkor 8 mm e filme preto e branco Kodak ISO 400 para papel. As fotos foram tomadas nos dias 30/09 e 1º/10 de 1997, aproveitando-se dias com céu homogeneamente nublado. Em todas as fotos, a câmara foi nivelada com um nível de bolha e alinhada com o seu lado superior voltado para o norte magnético.

Os filmes foram revelados procurando maximizar o contraste entre os diferentes tons de cinza. As fotos foram escaneadas utilizando-se um HP Scan Jet 5100C, e os diferentes tons de cinza das imagens foram transformados para branco e preto, correspondendo o branco à abertura do dossel e o preto à cobertura do dossel. Após isso as fotos editadas foram analisadas por meio do programa para Windows Winphot versão 2.1 (ter Steege 1994), calculando-se a porcentagem de abertura do dossel em cada ponto. A abertura do dossel foi escolhida como parâmetro para a avaliação da heterogeneidade espacial da luz na área (Trichon *et al.* 1998).

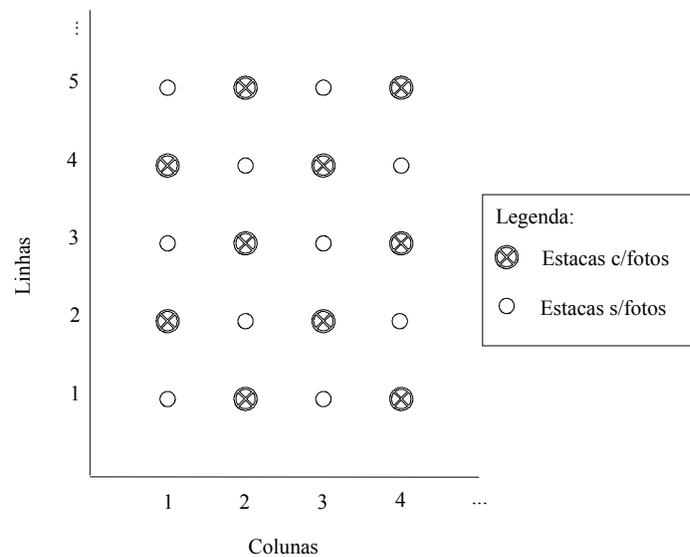


FIGURA 2: Esquema da distribuição das fotos hemisféricas na floresta de galeria estudada (21°21' S e 44°36' W). Os pontos representam as estacas que delimitam parcelas em uma parte de um dos transectos amostrais alocados na área. As colunas de estacas são perpendiculares e as linhas são paralelas ao curso d'água.

FIGURE 2: Diagram of the distribution of the hemispherical pictures on the studied gallery forest (21°21' S and 44°36' W). The points represent the poles that delimitate plots in a part of one of sampling transects in the area. Columns of poles are perpendicular and lines are parallel to the stream.

Análise dos dados

Solos e topografia

Realizou-se uma análise dos componentes principais (PCA) (Causton 1988) baseada na matriz de correlação, pois havia grande variação das medidas das variáveis. Esse método foi escolhido por sua robustez e facilidade de interpretação. Além do mais, os dados adequam ao pressuposto de distribuição linear das variáveis em relação ao gradiente. Análises prévias (van den Berg e Oliveira-Filho 1999) mostraram que o principal gradiente em termos de vegetação e ambiente está ligado ao distanciamento do córrego e aproximação dos limites da floresta com o campo limpo circundante. Em relação a esse gradiente, as variáveis ambientais tendiam a ter distribuição linear.

Todas as variáveis de solo e topográficas bem como medidas de umidade de solo foram incluídas nas análises. Visando a definir a melhor forma de estudar tais parâmetros, foi feita uma análise preliminar em que se incluíram, além das medidas brutas das duas profundidades amostradas, as médias aritméticas e ponderadas destas profundidades de acordo com a amplitude de solo amostrada (0-10 e 10-30 cm). No caso da umidade do solo, calculou-se para cada mês a média dos valores relativos às duas profundidades amostradas. A adoção desta média, em vez dos valores absolutos, objetivou uma redução preliminar do número de variáveis. Ainda em termos de umidade, além das médias ponderadas de cada mês, incluíram-se medidas de variação desse fator ao longo do ano, ou seja, valores mínimos e máximos para cada profundidade, os intervalos de variação e a variância para cada profundidade, as médias aritmética e ponderada dos valores mensais de umidade nas duas profundidades, os valores mínimo e máximo e a variância para as médias ponderadas de cada mês. Isso tudo resultou em 120 variáveis. Após análises preliminares reduziu-se esse número para 33 variáveis, eliminando-se aquelas altamente redundantes. Foram mantidas a cota topográfica das parcelas (valor médio dos vértices), as medidas brutas das variáveis químicas e físicas do solo de 0-10 cm e de 10-30 cm, as médias, os valores mínimos e máximos, os

intervalos absolutos de variação e a variância dos teores de umidade do solo nas duas profundidades (ver Tabela 1).

Abertura do dossel

A abertura do dossel foi analisada por meio dos gráficos de tendência (de superfície). Paralelamente, os valores da abertura do dossel foram analisados em relação à distância da borda mais próxima da floresta, utilizando-se, para isso análise de variância e regressões lineares. Como os dados de abertura são expressos em porcentagens, eles foram previamente transformados pela função arcosseno (Sokal e Rohlf 1995), para que se adequassem aos pressupostos das análises paramétricas a que foram submetidos:

$$X = \text{ARCSEN}\left(\sqrt{\text{ABERTURA}/100}\right)$$

Partindo dos dados transformados, também se realizou uma análise de variância para comparar os valores médios de abertura dos blocos, sendo posteriormente aplicado um teste de Tukey não-balanceado para a comparação das médias (Sokal e Rohlf 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 sumariza as médias e desvios padrões das variáveis analisadas pelo PCA. Os quatro primeiros eixos do PCA explicaram 68,7 % da variância relacionada às variáveis estudadas (Tabela 2). O primeiro eixo (Figura 3) foi altamente correlacionado com as variáveis ligadas à umidade do solo e H+Al, em ambas as profundidades, 0-10 cm e 10-30 cm. Em uma análise superficial do gráfico, percebe-se apenas

TABELA 1: Médias (Méd.) e desvios padrões (S) das variáveis ambientais analisadas pelo PCA por blocos e setores, na floresta de galeria estudada (21°21' S e 44°36' W).

TABLE 1: Means (Méd.) and standard deviation (S) of the environmental variables analyzed by PCA for blocks and sectors, in the studied gallery forest (21°21' S and 44°36' W).

Variáveis Ambientais	Bloco A		Bloco B		Bloco C		Bloco D		Setor Borda		Setor Meio		Set. Margem	
	Méd.	S	Méd.	S	Méd.	S	Méd.	S	Méd.	S	Méd.	S	Méd.	S
HA110	8,23	2,06	10,85	2,50	7,75	2,55	14,51	2,02	7,86	2,57	10,86	3,83	12,43	2,74
HA130	7,18	1,51	7,93	1,98	8,74	2,03	12,74	2,82	7,24	1,88	10,17	2,84	10,33	3,51
P10	1,50	0,55	2,83	1,47	1,38	0,52	2,88	0,99	1,50	0,76	2,25	1,29	2,63	1,06
P30	1,50	0,55	2,17	0,98	1,63	0,74	2,00	0,53	1,38	0,52	1,75	0,62	2,38	0,74
K10	58,67	18,58	60,33	11,41	37,75	10,62	63,38	13,68	50,63	21,04	54,17	12,78	58,50	18,95
K30	43,67	16,33	34,00	6,90	62,38	21,15	35,75	7,74	40,38	21,73	47,92	20,32	44,13	10,92
Ca10	0,28	0,08	0,35	0,12	0,21	0,10	0,44	0,28	0,28	0,14	0,28	0,10	0,44	0,28
Ca30	0,20	0,09	0,28	0,12	0,44	0,16	0,26	0,13	0,25	0,12	0,31	0,19	0,35	0,12
Mg10	0,12	0,04	0,15	0,05	0,10	0,00	0,15	0,14	0,11	0,04	0,12	0,04	0,16	0,14
Mg30	0,10	0,00	0,12	0,04	0,13	0,05	0,11	0,04	0,10	0,00	0,11	0,03	0,14	0,05
S10	0,55	0,15	0,65	0,22	0,41	0,10	0,75	0,43	0,51	0,20	0,53	0,16	0,75	0,44
S30	0,43	0,12	0,50	0,14	0,71	0,22	0,48	0,16	0,46	0,14	0,55	0,24	0,60	0,15
MO10	4,10	0,70	4,65	0,55	3,21	0,38	4,65	1,23	3,76	0,55	4,01	0,97	4,65	1,21
MO30	3,32	0,46	2,93	0,76	4,28	0,70	3,08	0,76	3,35	1,01	3,55	0,88	3,36	0,74
AFIN10	24,33	2,25	24,67	3,01	18,75	3,28	19,25	1,67	22,50	4,60	20,83	2,33	21,00	4,66
AFIN30	23,00	4,56	28,50	2,74	18,75	3,06	16,88	4,91	23,38	5,88	19,17	6,10	22,13	4,88
AGR10	9,00	3,16	10,17	2,14	9,13	5,22	9,63	2,97	8,88	2,64	10,75	3,93	8,13	3,27
AGR30	6,17	1,47	8,17	2,04	12,38	2,92	6,25	3,58	9,38	2,50	9,00	3,86	6,50	4,24
SIL10	21,00	7,92	27,33	5,16	21,00	4,21	21,75	3,96	25,50	3,12	19,92	4,17	23,63	7,89
SIL30	22,17	3,19	23,17	2,99	22,88	3,36	21,88	4,97	22,88	1,36	20,58	4,21	25,00	2,73
ARG10	45,67	6,86	37,83	3,49	48,63	5,01	49,38	4,24	43,13	5,94	46,83	5,10	47,25	8,66
ARG30	48,67	5,16	40,17	5,08	46,00	2,93	55,00	5,01	44,38	3,66	51,25	7,16	46,38	7,39
COTA	4,95	2,70	8,32	5,39	11,33	5,54	9,79	6,40	14,44	4,45	9,38	3,23	2,55	1,14

ME10	22,38	1,01	25,27	1,82	24,31	1,56	27,23	2,30	24,15	2,04	24,27	2,05	26,72	2,66
ME30	22,60	1,55	23,45	2,24	23,90	2,21	26,30	2,72	22,32	1,34	23,74	2,03	26,80	2,24
MIN10	18,58	1,70	21,44	2,03	20,69	1,03	22,65	2,38	19,95	2,46	21,09	1,96	21,77	2,47

Continua ...

TABELA 1: Continuação ...

TABLE 1: Continued ...

Variáveis Ambientais	Bloco A		Bloco B		Bloco C		Bloco D		Setor Borda		Setor Meio		Set. Margem	
	Méd.	S	Méd.	S	Méd.	S	Méd.	S	Méd.	S	Méd.	S	Méd.	S
MAX10	27,94	1,91	32,27	2,19	30,17	1,89	32,86	2,53	29,99	2,38	30,20	2,74	32,90	2,50
INT10	9,37	1,67	10,82	1,76	9,48	1,44	10,21	2,64	10,04	0,71	9,11	2,00	11,13	2,22
VAR10	9,90	4,04	12,09	3,71	10,05	2,45	12,20	4,26	11,94	3,48	9,70	3,61	12,26	3,48
MIN30	19,13	1,81	19,54	2,26	20,64	1,84	22,96	2,84	18,64	1,82	20,65	2,01	22,99	2,46
MAX30	27,23	1,82	29,16	2,65	28,48	2,89	30,94	2,28	27,04	1,56	28,49	2,16	31,94	1,96
INT30	8,10	1,43	9,62	1,34	7,84	1,54	7,98	1,18	8,40	1,66	7,84	1,27	8,95	1,49
VAR30	7,99	2,77	10,17	1,40	7,87	2,70	8,74	2,81	8,80	3,20	7,96	2,12	9,49	2,49

Em que: HAl = H+Al (meq.100cc⁻¹); P = fósforo (ppm); K = potássio (meq.100cc⁻¹); Ca = cálcio (meq.100cc⁻¹); Mg = magnésio (meq.100cc⁻¹); S = soma de bases (meq.100cc⁻¹); MO = matéria orgânica (%); Afin = areia fina (%); Agr = areia grossa (%); Sil = silte (%); Arg = argila (%); Cota = cota topográfica (m); ME = umidade média (%); MIN = umidade mínima (%); MAX = umidade máxima (%); INT = intervalo de variação (%); VAR = variância da umidade; 10 = profundidade de solo 0-10 cm; 30 = profundidade de solo 10-30 cm.

que esse primeiro eixo diferenciou o bloco A (mais seco e com menores teores de H+Al) do bloco D (mais úmido e mais ácido), ocupando os outros blocos posições intermediárias. No entanto, quando se analisa cada bloco separadamente, percebe-se que em cada um deles (especialmente A, B e D) há uma separação entre os setores da floresta (Borda, Meio e Margem) com relação ao primeiro eixo. De uma forma geral, há um aumento da umidade e da acidez do solo no sentido Borda → Meio → Margem. Dentre esses setores, o mais diferenciado foi a Margem, pelo menos para os blocos C e D. O segundo eixo do PCA (Figura 3) foi mais correlacionado com propriedades de solo da camada mais profunda estudada, 10-30 cm, separando basicamente o bloco B do bloco C. As parcelas do bloco B apresentaram, para esta profundidade, uma maior porcentagem de areia fina, um maior intervalo de variação da umidade do solo, menores teores de Ca, K (e consequentemente S, soma de bases) e matéria orgânica que o bloco C.

TABELA 2: Autovalores para os 10 primeiros eixos do PCA em relação aos valores das variáveis ambientais analisadas nas 28 parcelas da floresta de galeria estudada (21°21' S e 44°36' W). É mostrada a variância explicada por cada eixo bem como a percentagem de variância esperada em um modelo aleatório (linha quebrada).

TABLE 2: The eigenvalues for the 10 first PCA axes in relation to the analyzed environmental variables of the 28 plots in the studied gallery forest (21°21' S and 44°36' W). The variance explained by each axis and the expected variance by a random model (broken stick) are shown.

Eixo	Autovalor	Variância	Variância Cumulativa	Linha Quebrada
1	9,713	29,433	29,43	4,089
2	5,610	17,001	46,44	3,089
3	3,960	12,001	58,44	2,589
4	3,375	10,227	66,66	2,255
5	2,096	6,351	75,01	2,005
6	1,825	5,529	80,54	1,805
7	1,351	4,093	84,64	1,639
8	0,976	2,957	87,59	1,496
9	0,932	2,823	90,42	1,371
10	0,704	2,134	92,55	1,260

O terceiro eixo (Figura 3) foi basicamente correlacionado com os níveis de Mg nos 10 primeiros centímetros de solo. Esse eixo separou dois grupos de parcelas, o primeiro a jusante do córrego,

correspondendo aos blocos A e B, o segundo grupo a montante, composto pelos blocos C e D. De uma forma geral, as parcelas dos blocos A e B possuíram teores mais altos de Mg que as do bloco C e, particularmente, do bloco D.

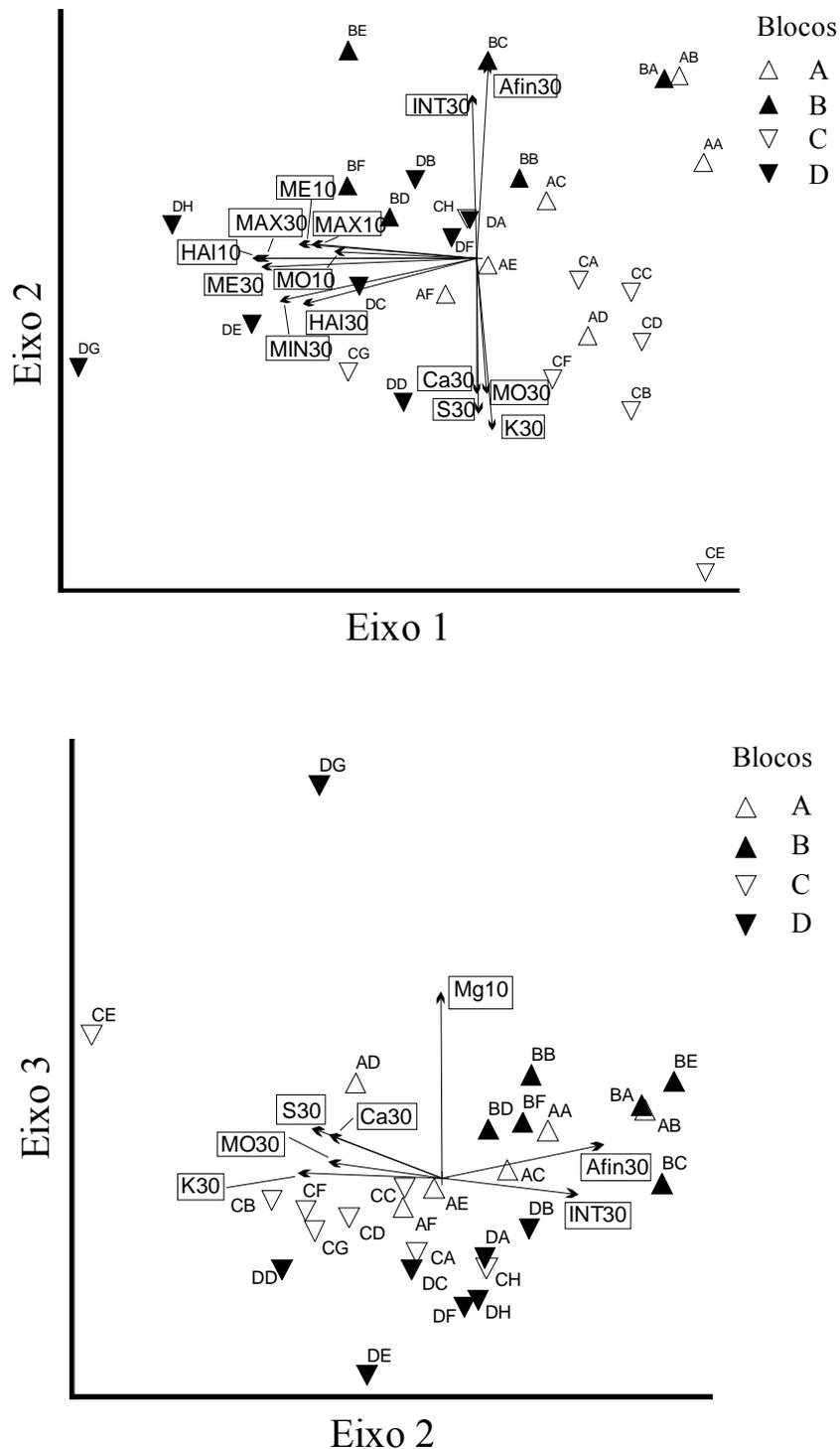


FIGURA 3: Eixos de ordenação (1, 2 e 3) do PCA para as parcelas na floresta de galeria estudada (21°21' S e 44°36' W). O códigos das variáveis correspondem aos da Tabela 1. Os blocos e os códigos das parcelas são mostrados na Figura 1.

FIGURE 3: Ordination axes (1, 2 and 3) of PCA for the plots of the studied gallery forest (21°21' S and 44°36' W). Codes for environmental variables are shown in Table 1. Codes for blocks and plots are shown in the Figure 1.

Algumas parcelas apresentaram comportamentos extremos em relação aos eixos analisados. A parcela DG foi a mais úmida e mais ácida dentre todas analisadas. Essa parcela também apresentou níveis de Mg de 0-10 cm muito mais altos que as demais parcelas, mostrando ainda um comportamento oposto às demais parcelas do bloco D, que, como um todo, obtiveram valores baixos para essa variável.

A parcela CE também se apresentou à parte das demais, com teores elevados de matéria orgânica, K, Ca (e conseqüentemente soma de bases), reduzida quantidade de areia fina e menor variação da umidade do solo de 10 a 30 cm de profundidade. CE foi a parcela mais seca dentre as do bloco C, e uma das mais secas dentre todas as demais, embora estivesse relativamente próxima ao córrego. Essa parcela também apresentou um dos mais altos teores de Mg 0-10 cm, só sendo inferior a DG.

Desconsiderando as parcelas DG e CE, os blocos apresentaram variações internas (intervalo de distribuição das parcelas em relação aos eixos) mais ou menos similares, exceto talvez o bloco B que apresentou uma menor variação em relação ao eixo 2.

A diminuição da umidade do solo com o distanciamento do córrego provavelmente está correlacionada com a distribuição diferenciada das espécies dentro da floresta acompanhando esse gradiente e com a determinação dos limites entre a floresta e o campo limpo de altitude circundante (van den Berg e Oliveira-Filho 1999). Outras florestas ripárias têm mostrado mudanças na vegetação com o distanciamento do curso d'água, normalmente sendo isso associado a mudanças no regime de água no solo (Oliveira-Filho 1989, Oliveira-Filho *et al.* 1990, Oliveira-Filho *et al.* 1994a, Oliveira-Filho, *et al.* 1998) ou à dinâmica das inundações (Oliveira-Filho *et al.* 1994b). As propriedades físicas e químicas do solo, muitas vezes de forma associada ao gradiente topográfico e de umidade de solo, têm sido também consideradas importantes para a distribuição das espécies vegetais em florestas ripárias (Oliveira-Filho *et al.* 1994c, van den Berg e Oliveira-Filho 1999, Rodrigues e Shepherd 2000).

O valor médio de abertura do dossel na área como um todo foi de 9,91% (+4,02%, -3,40%). Houve diferenças entre os blocos em termos das médias da abertura do dossel ($F = 7,11$; $P < 0,01$), sendo que os blocos A e B (área mais estreita a jusante do córrego) apresentaram maiores valores (11,75%, +3,78%, -3,32% e 11,71%, +1,95%, -1,92% respectivamente), e os blocos C (8,08%, +3,78%, -3,11%) e D (8,72%, +3,97%, -3,28%) (área mais larga a montante do córrego) apresentaram menores valores (Tabela 3). Ocorreu diminuição significativa da abertura do dossel com o distanciamento da borda da floresta (Figura 4, Tabela 3). Analisando-se os blocos separadamente, verificou-se que os mais largos B, C e D também apresentaram reduções significativas da abertura do dossel em direção ao interior da floresta (Tabela 3). Embora os valores de abertura do dossel do bloco A se tenham mostrado independentes do distanciamento da borda (Tabela 3), tais valores agruparam-se com os pontos mais próximos da borda dos outros blocos (Figura 4). Os valores de abertura variaram de 3,3% a 18,5%. Essa variabilidade apresentou um padrão bem definido, sendo os maiores valores de abertura encontrados próximo a borda da floresta (Figura 5). Comparando-se os blocos A-B e C-D verificou-se que há uma "região" interna no transecto C-D (área mais larga da floresta) em que os valores de abertura foram mais ou menos constantes, sem grandes variações ligadas ao gradiente topográfico. Já nos blocos A-B (área mais estreita da floresta), isso não ocorreu, sendo que os valores de abertura decresceram, partindo-se de ambas as bordas até se encontrar no interior da floresta. Aparentemente, a luz penetra 30 a 50 m através das bordas para o interior da floresta (Figura 5). Os altos valores encontrados no bloco A e no bloco C corresponderam aos pontos onde em que as fotos hemisféricas foram tomadas, junto aos limites entre a floresta e o campo limpo circundante. Mesmo não considerando esses pontos extremos, o padrão do aumento da abertura do dossel com a proximidade da borda é mantido. Em ambos os transectos, os menores valores de abertura do dossel foram encontrados próximo ao córrego. Além da variação da abertura ligada ao gradiente topográfico, houve também, em alguns pontos dos transectos, medidas elevadas das porcentagens de abertura do dossel ligadas à formação

de clareiras. No entanto, o efeito dessas clareiras nos valores de abertura foi bastante localizado ou muito menos abrangente do que aquele ligado ao gradiente topográfico.

O aumento dos valores de abertura do dossel da floresta com a proximidade da borda da floresta pode ser explicado de duas formas não-excludentes. Em primeiro lugar, a luz penetra no interior da floresta não só por aberturas no dossel em si, mas lateralmente através da borda da floresta. Assim, parte da “abertura de dossel” captada pelas fotos hemisféricas poderia ser simplesmente o resultado dessas aberturas laterais. Aparentemente, tais “aberturas laterais” permitiriam a entrada de luz adicional na floresta até um limite de 30 a 50 m a partir da borda. Em áreas mais estreitas isso poderia significar uma influência sobre toda a largura da floresta, assim, nas áreas mais estreitas da floresta (blocos A e B), foram obtidos valores médios de abertura mais elevados do que nas áreas mais largas (blocos C e D).

Uma segunda explicação para os menores valores de abertura presentes nas partes mais internas da floresta, poderia ser uma menor deciduidade nessas áreas, visto as fotografias terem sido tomadas no final de setembro e início de outubro, quando a deciduidade é bastante acentuada (Morellato *et al.* 1989). As regiões mais internas da floresta também são as mais úmidas, podendo influenciar a deciduidade pela diferenciação de espécies arbóreas ao longo do gradiente topográfico (van den Berg e Oliveira-Filho 1999), ou simplesmente pelo efeito direto da variação da disponibilidade de água ao longo do gradiente topográfico.

TABELA 3: Análise de variância e regressões lineares para a abertura de dossel na floresta de galeria estudada (21°21' S e 44°36' W) como um todo e nos blocos individualizados. Análise de variância para as médias dos blocos: F = teste F, P = nível de significância. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey para P<0,05. Os valores percentuais de abertura foram transformados pelo método do arcosseno. Os valores percentuais entre parênteses correspondem às médias de abertura depois das transformações serem revertidas. Equações de regressão linear para a abertura do dossel em relação à distância da borda da floresta para cada Bloco: abertura (transformada) = a + b*distância (m). P = nível de significância da inclinação (b) da regressão linear, R² = coeficiente de determinação da equação.

TABLE 3: Variance analysis and linear regressions for the canopy openness in the studied gallery forest (21°21' S and 44°36' W) for the whole area and for individual blocks. Variance analysis for the blocks means: F = test F, P = significance level. Means followed by same letter did not differ significantly by the Tukey test for P<0.05. The canopy openness percentage data were transformed by the arcsine method. The percentage data between brackets corresponds to the openness means after reverse transformations. Linear regression equations for the canopy openness in relation to the distance from the forest border for each block: openness (transformed) = a + b*distance (m). P = significance level of the linear regression slope (b), R² = determination coefficient of the equation.

Bloco	N	Médias ¹	a	b	P	R ²
A	24	11,76% a	21,045	-0,059	0,2878	0,0512
B	16	11,72% ab	21,541	-0,054	0,0406	0,2676
C	24	8,08% c	20,088	-0,087	0,0018	0,3636
D	20	8,72% bc	20,831	-0,091	0,0188	0,2703
Geral	84	9,91%	21,356	-0,096	0,0000	0,3396

Em que: 1 = ANOVA: $F = 7,11$; $P < 0,0003$

As áreas de borda em florestas tropicais, sejam elas de origem natural ou causadas pelo homem, modificam não só a quantidade/qualidade da luz que penetra na floresta, mas também outras variáveis associadas tais como a umidade e temperatura do ar e do solo, implicando em mudanças na distribuição das espécies e na dinâmica da comunidade (ver Oliveira-Filho *et al.* 1994b, Laurence *et al.* 1998). No entanto, a real influência das aberturas laterais existentes na floresta em estudo na dinâmica das plantas dependeria não apenas da distância da borda, mas também da topografia da área e ângulo de incidência do sol, ambos influenciando na penetração da luz na floresta.

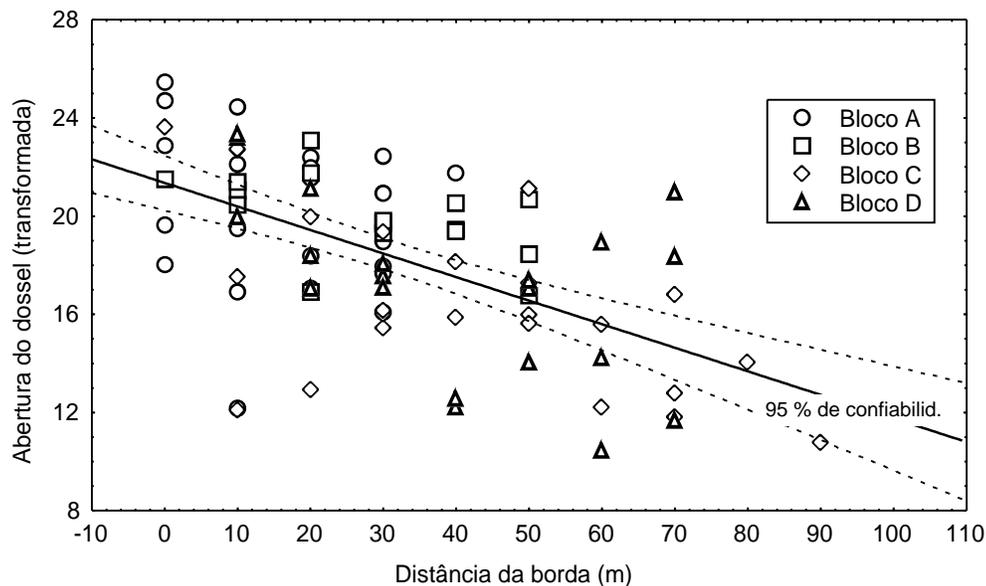


FIGURA 4: Relação ($y = 21,056 - 0,96x$; $R^2 = 0,34$; $n = 84$; $p < 0,0001$) entre abertura do dossel e distância (m) da borda da floresta de galeria estudada ($21^{\circ}21' S$ e $44^{\circ}36' W$). Os dados percentuais de abertura do dossel foram transformados pelo método do arcosseno.

FIGURE 4: Relationship ($y = 21,056 - 0,96x$; $R^2 = 0,34$; $n = 84$; $p < 0,0001$) between canopy openness and distance (m) from the studied gallery forest border ($21^{\circ}21' S$ and $44^{\circ}36' W$). The percentage data of canopy openness were transformed by the arcsine method.

Além do efeito da borda nos valores de abertura de dossel, houve picos desses valores na parte interna da floresta, podendo tais aberturas serem caracterizadas genericamente como clareiras. Apesar dessas clareiras terem um efeito muito mais localizado que a borda, elas devem influenciar na dinâmica da floresta, visto algumas vezes terem sido encontradas no interior da floresta espécies consideradas exigentes de luz, tais como *Cecropia pachystachya* Trécul. e *Vochysia tucanorum* Mart., indicando a presença de clareiras antigas. A primeira espécie, assim como outras do gênero *Cecropia*; têm sido considerada característica de áreas que sofreram perturbação e onde a luminosidade é mais intensa (Oliveira-Filho *et al.* 1994a, Santos 2000). *Vochysia tucanorum* também é exigente de luz, ocorrendo especialmente nas bordas mais iluminadas da floresta estudada (Schiavini 1997, van den Berg e Oliveira-Filho 1999).

Os valores de abertura observados na área (média 9,91%) foram, de uma forma geral, muito mais altos do que os observados por Trichon *et al.* (1998) em estudo semelhante nas florestas tropicais de Sumatra (médias variando entre 2,8 a 4,3% dependendo da área estudada). Isso deve estar ligado às já citadas aberturas laterais da área, à deciduidade presente na época das tomadas das fotos e a diferenças

estruturais existentes entre as florestas comparadas. Se o critério sugerido por Trichon *et al.* (1998) para fases silvigênicas fosse adotado, a floresta estudada seria considerada completamente tomada por clareiras (abertura maior que 7%) o que não é verdade. Isso salienta a dificuldade em se estabelecer padrões gerais para interpretação de valores de abertura de dossel aplicáveis aos diferentes tipos de fisionomias florestais. Áreas diferentes com características distintas devem possuir relações diferenciadas entre os valores de abertura e as diversas fases silvigênicas, dificultando generalizações a este respeito.

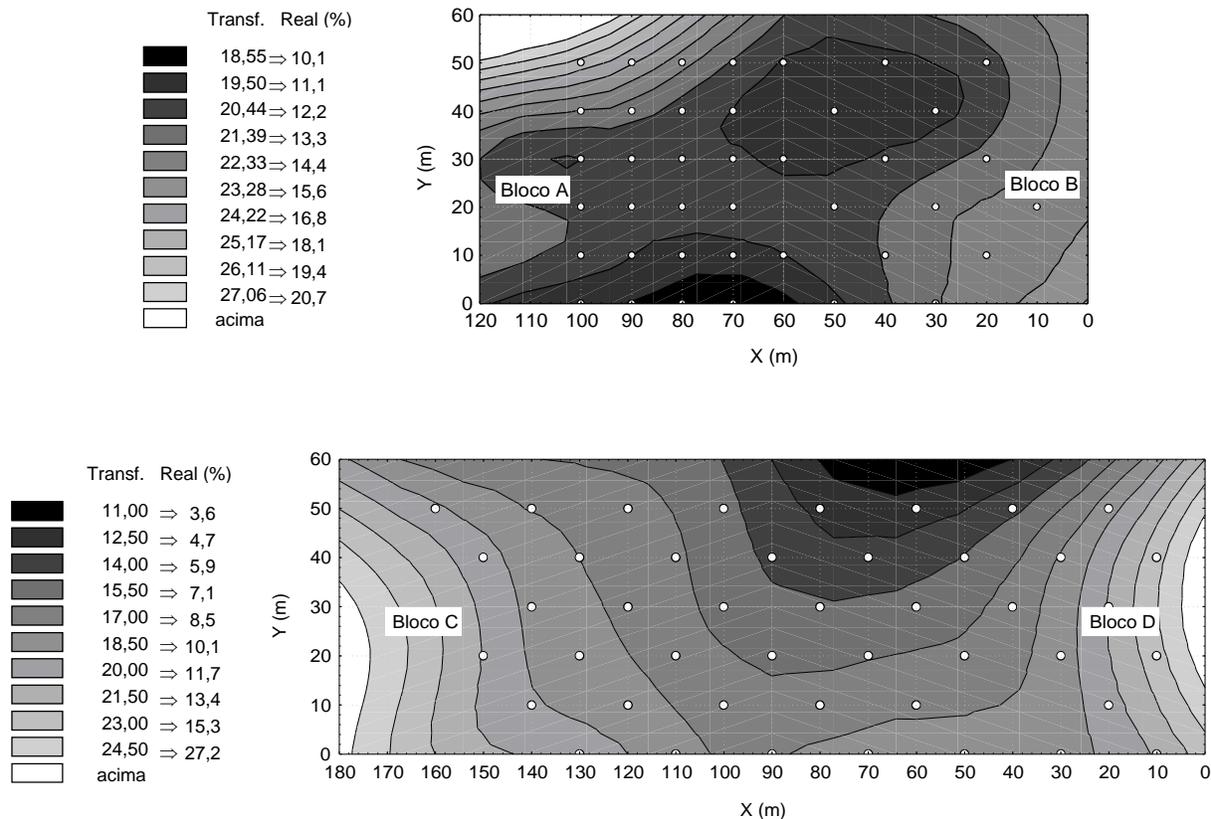


FIGURA 5: Abertura do dossel da floresta ao longo de dois transectos cortando a floresta de galeria estudada (21°21' S e 44°36' W). Os limites aproximados dos transectos em relação ao mapa da área são apresentados na Figura 1. A superfície foi plotada baseando-se nos quadrados mínimos balanceados dos dados percentuais de abertura transformados (arcosseno). A legenda é apresentada para os dados transformados e seus valores reais correspondentes. Os círculos abertos correspondem aos locais onde as medidas foram tomadas (N = 85).

FIGURE 5: Forest canopy openness through two transects crossing the studied gallery forest (21°21' S and 44°36' W). The approximate transects limits in relation to the area map are shown in the Figure 1. The surface was plotted based in the weighted minimum least squares of transformed (arcsine) canopy openness percentage data. The legend is shown for transformed data and correspondent real values. The open circles correspond to the places where the measurements were taken (N = 85).

CONCLUSÕES

Considerando que, embora luz e umidade de solo tenham sido as variáveis que aparentemente estejam mais fortemente ligadas ao gradiente principal de variação da vegetação (Borda → Meio → Margem), outras variáveis também foram importantes, especialmente em relação à situação específica de algumas parcelas. Considerando também que eventos históricos, como catástrofes naturais ou antrópicas,

localizadas ou abrangentes, embora não tenham sido estudados no presente trabalho, também possam ser importantes, é provável que as relações entre a estrutura e a dinâmica da comunidade em estudo e as variáveis ambientais (individualmente e interagindo entre si) sejam bastante complexas, implicando em uma quantidade de variação “não-explicada” da vegetação. Apesar disso, a grande heterogeneidade ambiental da área em estudo esteve relacionada ao gradiente topográfico presente entre a margem do curso d’água e a borda da mata, estando relacionada com a umidade do solo e a luminosidade. Assim, é provável que não só a distribuição das espécies, mas também a dinâmica da comunidade e das populações variem sobretudo ao longo deste gradiente.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) (Processo 141322/95-0) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (Processo 96/07602-9), pelo suporte financeiro. Também aos colegas José Caixeta, Prof. Marco Aurélio Fontes, Luís Marcelo Carvalho (Passarinho), Prof. Santos D’Ângelo, Charles Silva, e, em particular, Adelson Oliveira, pela valiosa ajuda durante os trabalhos de campo. Agradecemos ao Departamento de Ciências Florestais (Universidade Federal de Lavras), em especial ao Prof. Ary Teixeira Oliveira Filho pelo suporte oferecido, ao Prof. Nilton Curi, pela classificação e descrição dos solos da área de estudos e ao Departamento de Botânica (UNICAMP).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, B.P.; PAULEY, E.F.; SHARITZ, R.R. Hurricane impacts on liana populations in an old-growth southeastern bottomland forest. **Journal of the Torrey Botanical Society**, v. 124, n. 1, p. 34-42, 1997.
- ARRIAGA, L. Gap dynamics of a tropical cloud forest in Northeastern Mexico. **Biotropica**, v. 20, n. 3, p. 178-184, 1988.
- AUSTIN, M.P.; GAYWOOD, M.J. Current problems of environmental gradients and species response curves in relation to continuum theory. **Journal of Vegetation Science**, v. 5, n. 4, p. 473-482, 1994.
- BARIK, S.K. *et al.* Microenvironmental variability and species diversity in treefall gaps in a sub-tropical broadleaved forest. **Vegetatio**, v. 103, p. 31-41, 1992.
- BASNET, K. Effect of topography on the pattern of trees in tabonuco (*Dacryodes excelsa*) dominated rain forest of Puerto Rico. **Biotropica**, v. 24, n. 1, p. 31-42, 1992.
- BAZZAZ, F.A. The physiological ecology of plant succession. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 10, p. 351-371, 1979.
- BURGHOUTS, T.B.A.; VAN STRAALLEN, N.M.; BRUIJNZEEL, L.A. Spatial heterogeneity of element and litter turnover in a Bornean rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 14, p. 477-506, 1998.
- CAUSTON, D.R. **An introduction to vegetation analysis, principles, practice and interpretation**. London, UK: Unwin Hyman, 1988. 342 p.
- CONDIT, R.; HUBBELL, S.P.; FOSTER, R.B. Short-term dynamics of a Neotropical forest: change within limits. **BioScience**, v. 42, n. 11, p. 822-828, 1992.
- CONDIT, R.; HUBBELL, S.P.; FOSTER, R.B. Changes in tree species abundance in a Neotropical forest: impact of climate change. **Journal of Tropical Ecology**, v. 12, p. 231-256, 1996.
- DENSLOW, J.S. Gap partitioning among tropical rain forest trees. **Biotropica**, v. 12, n. Suppl, p. 47-55, 1980.
- DENSLOW, J.S. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 18, p. 431-451, 1987.
- DENSLOW, J.S. Disturbance and diversity in tropical rain forests: the density effect. **Ecological Applications**, v. 5, n. 4, p. 962-968, 1995.
- EIDT, R.C. **The climatology of South America**. In: FITTKAU, E.J. *et al.* (Eds.). Biogeography and ecology in South America. The Hague, Neederlands: W. Junk, 1968. p. 54-81.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos**. Rio de Janeiro, Brasil: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1979. 282 p.

- EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Brasil: EMBRAPA Produção de Informação, 1999. 412 p.
- FRANGI, J.L.; LUGO, A.E. A flood plain palm forest in the Luquillo Mountains of Puerto Rico five years after hurricane Hugo. **Biotropica**, v. 30, n. 3, p. 339-348, 1998.
- HARTSHORN, G.S. Neotropical forest dynamics. **Biotropica**, v. 12, p. 23-30, 1980.
- IBGE. **Mapa da vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro, 1993.
- JOHNSTON, M.H. Soil-vegetation relationships in a tabonuco forest community in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. **Journal of Tropical Ecology**, v. 8, p. 253-263, 1992.
- LAURANCE, W.F. *et al.* Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. **Ecology**, v. 79, n. 6, p. 2032-2040, 1998.
- LIMA, W.P. Soil moisture regime in tropical pine plantation and in "cerrado" vegetation in the state of São Paulo, Brazil. **IPEF**, v. 23, p. 5-10, 1983.
- MANTOVANI, W. Conceituação e fatores condicionantes. In: SIMPÓSIO SOBRE MATAS CILIARES, 1989, Campinas. **Anais...** Campinas:Fundação Cargill, 1989, p. 11-19.
- MEDLEY, K.E. Patterns of forest diversity along the Tana river, Kenya. **Journal of Tropical Ecology**, v. 8, p. 353-371, 1992.
- MORELLATO, L.P.C. *et al.* Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 12, p. 85-98, 1989.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. Composição florística e estrutura comunitária da floresta de galeria do córrego da Paciência, Cuiabá (MT). **Acta Botânica Brasílica**, v. 3, n. 1, p. 91-112, 1989.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RATTER, J.A.; SHEPHERD, G.J. Floristic composition and community structure of a Central Brazilian gallery forest. **Flora**, v. 184, p. 103-117, 1990.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. *et al.* Differentiation of streamside and upland vegetation in an area of montane semideciduous forest in southeastern Brazil. **Flora**, v. 189, p. 1-19, 1994a.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. *et al.* Effect of flooding regime and understorey bamboos on the physiognomy and tree species composition of a tropical semideciduous forest in Southeastern Brazil. **Vegetatio**, v. 113, p. 99-124, 1994b.
- OLIVEIRA FILHO, A.T. *et al.* Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho da mata ciliar do córrego dos Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 17, n. 1, p. 67-85, 1994c.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; MELLO, J.M.M.; SCOLFORO, J.R.S. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987-1992). **Plant Ecology**, v. 131, p. 45-66, 1997a.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. *et al.* Tree species distribution along soil catenas in a riverside semideciduous forest in southeastern Brazil. **Flora**, v. 192, p. 47-64, 1997b.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. *et al.* Effects of canopy gaps, topography, and soils on the distribution of woody species in a Central Brazilian deciduous dry forest. **Biotropica**, v. 30, n. 3, p. 362-375, 1998.
- PEDROSA-SOARES, A.C. *et al.* **Nota explicativa dos mapas geológicos, metalogenéticos e de ocorrências minerais do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Brasil: Companhia Mineradora de Minas Gerais, 1994. 97 p.
- PENDRY, C.A.; PROCTOR, J. Altitudinal zonation of rain forest on Bukit Belalong, Brunei: soils, forest structure and floristics. **Journal of Tropical Ecology**, v. 13, p. 221-241, 1997.
- RAVEN, P.H. Nossas decrescentes florestas tropicais. In: WILSON, E.O. (Ed.). **Biodiversidade**. Rio de Janeiro, Brasil: Nova Fronteira, 1997. p. 153-157.
- RODRIGUES, R.R.; SHEPHERD, G.J. Fatores condicionantes da vegetação ciliar. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo, Brasil: Ed. da Universidade de São Paulo, 2000. p. 101-108.
- RODRIGUES, R.R. *et al.* Estudo florístico e fitossociológico em um gradiente altitudinal de mata estacional mesófila semidecídua, na Serra do Japi, Jundiá, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 12, p. 71-84, 1989.
- SABATIER, D. *et al.* The influence of soil cover organization on the floristic and structural heterogeneity of a Guianan rain forest. **Plant Ecology**, v. 131, p. 81-108, 1997.

- SANTOS, F.A.M. Growth and leaf demography of two *Cecropia* species. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 2, p. 133-141, 2000.
- SCHIAVINI, I. Environmental characterization and groups of species of gallery forests. In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ASSESSEMENT AND MONITORING OF FORESTS IN TROPICAL DRY REGIONS WITH SPECIAL REFERENCE TO GALLERY FORESTS, 1997, Brasília. **Proceedings...** Brasília: Ed. da Universidade de Brasília, 1997. p. 107-113.
- SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry**. 3. ed. New York, USA: Freeman e Co., 1995. 887 p.
- TER STEEGE, H. **Winphot version 2.1**. Wageningen, The Netherlands: Foundation Trompenbos, 1994.
- TRICHON, V.; WALTER, J.M.N.; LAUMONIER, Y. Identifying spatial patterns in the tropical rain forest structure using hemispherical photographs. **Plant Ecology**, v. 137, p. 227-244, 1998.
- UHL, C. *et al.* Vegetation dynamics in Amazonian treefall gaps. **Ecology**, v. 69, n. 3, p. 751-763, 1988.
- VAN DEN BERG, E.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Spatial partitioning among tree species within an area of tropical montane gallery forest in south-eastern Brazil. **Flora**, v. 194, p. 249-266, 1999.
- VEENENDAAL, E.M. *et al.* Differences in plant and soil water relations in and around a forest gap in West Africa during the dry season may influence seedling establishment and survival. **Journal of Ecology**, v. 83, p. 83-90, 1995.
- VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, Brasil: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991.
- WHITMORE, T.C. **An introduction to tropical rain forests**. Oxford, England: Clarendon Press, 1990. p.
- ZAHNER, R. Refinement of empirical functions for realistic soil moisture regimes under forest cover. In: SOPPER, W.E. (Ed.). **Forest hydrology**. Oxford, England: Pergamon Press, 1967.