

Influência de fatores ambientais sobre a ocorrência e distribuição espacial de cinco espécies madeireiras exploradas no Estado do Acre, Brasil.

Influence of environmental factors on the spatial distribution of five timber species exploited in Acre State, Brazil.

Jorcely Gonçalves Barroso¹, Cleber Ibraim Salimon², Marcos Silveira² e Elder Ferreira Morato²

Resumo

A escassez de informações ecológicas sobre as espécies exploradas expõe a fragilidade do manejo florestal sustentável. Neste sentido, o objetivo desse estudo foi investigar a influência de fatores ambientais e a distribuição espacial de cinco espécies madeireiras comercialmente exploradas no estado do Acre, Brasil. Indivíduos de *Dipteryx ferrea*, *Cedrela odorata*, *Amburana cearensis* var. *acreana*, *Aspidosperma parvifolium* e *Apuleia leiocarpa* com diâmetro maior ou igual a 10cm medido a 1,30m, foram mensurados em seis parcelas de 10 ha, estabelecidas ao longo de uma topossequência. A influência da abertura de dossel e da fertilidade, textura e umidade do solo, sobre a distribuição e abundância das espécies foram examinadas por meio de regressões múltiplas para cada espécie. A densidade média das espécies variou de 0,45 ind.ha⁻¹ (*A. leiocarpa*) a 1,9 ind.ha⁻¹ (*A. parvifolium*). A única espécie que apresentou relação significativa nas regressões múltiplas foi *C. odorata*, que se relacionou com bases trocáveis, Alumínio, luminosidade e argila. As outras espécies não tiveram relações significativas com as variáveis dentro da amplitude de variação observada no presente estudo. Em função da baixa correlação entre ocorrência das espécies e os fatores abióticos estudados, conclui-se que nessa escala, as interações interespecíficas e a história da área podem influenciar a ocorrência dessas espécies mais que os fatores biofísicos estudados, sendo fundamental considerar aspectos autoecológicos nas reavaliações da atividade madeireira.

Palavras-chave: exploração madeireira; estrutura diamétrica; fatores limitantes; abertura do dossel; solo

Abstract

The lack of ecological information makes the timber management potentially unsustainable. In order to broaden our understanding of ecological characteristics of timber species, our study addresses the following question: what are the spatial distribution and the environmental preferences of five timber species that are commercially explored in the state of Acre, Brazil? Trees of *Dipteryx ferrea*, *Cedrela odorata*, *Amburana cearensis* var. *acreana*, *Aspidosperma parvifolium* and *Apuleia leiocarpa* with DBH \geq 10cm were measured in six 10 ha plots, along a catena. The environmental variables analyzed were canopy cover and fertility, texture and soil humidity. The influence of the variables on species distribution was examined through multiple regression analysis for each species. Mean tree density varied from 1.9 ind.ha⁻¹ (*A. parvifolium*) to 0.45 ind.ha⁻¹ (*A. leiocarpa*). *C. odorata* was the only species that showed significant regressions with exchangeable cations, Aluminum, clay and canopy openness. All other species were not significantly correlated to any of the biophysical variables studied. Due the weak correlation among species occurrence and the environmental variables, we suggest that inter-specific interactions and local history could affect the species occurrence more than the abiotic factors studied. Nevertheless, our results revealed that species act differently in the local scale and that autoecological information should be considered in management plans of timber species.

Keywords: timber exploration; diametric structure; limiting factors; canopy cover; soil

INTRODUÇÃO

A exploração madeireira por meio do manejo florestal sustentável tem sido sugerida como forma de conciliar a exploração e a conservação dos recursos naturais. Essa prática envolve basicamente o planejamento das atividades de corte,

arraste e tratamentos silviculturais que causam diferentes tipos de impacto na floresta remanescente, no solo e na fauna, colocando em risco a sustentabilidade do processo.

Algumas iniciativas têm sido tomadas com o intuito de tornar sustentável a exploração madeireira na Amazônia (GARDINGEN *et al.*, 2006;

¹Professora Mestre da Universidade Federal do Acre, Centro Multidisciplinar, Campus Cruzeiro do Sul, 69980-000 Cruzeiro do Sul, AC, Brasil - E-mail: jorcelybarroso@gmail.com

²Professores Doutores da Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, 69915-900, Rio Branco, AC, Brasil - E-mail: clebsal@gmail.com

OLIVEIRA, 2000; ROCKWELL *et al.*, 2007), no entanto, aspectos como a precisão da determinação taxonômica, e das preferências ambientais das espécies exploradas, são necessárias para o aprimoramento de técnicas e elaboração de modelos mais adequados.

É necessário ainda, considerar a diversidade e as peculiaridades das tipologias florestais, os padrões de ocorrência e de distribuição intrínsecos às espécies (FIELDER, 1987; PITMAN *et al.*, 2001), os efeitos da estrutura espacial sobre a variabilidade genética e o fato de os fatores demográficos e ambientais serem os condicionantes mais importantes da sobrevivência em longo prazo (WIDEN; ANDERSSON, 1993), tornando-se esse o objetivo do manejo.

Uma vez que a disponibilidade de água (VAN DEN BERG; OLIVEIRA FILHO, 1999), nutrientes (HOMEIER *et al.*, 2010), textura do solo (KWON *et al.*, 2007), topografia (GUNATILLEKE *et al.*, 2006), características da biologia reprodutiva da espécie (LLOYD *et al.*, 2002) e interação entre os organismos (WARD *et al.*, 2005), determinam a distribuição espacial e geográfica, ocorre a limitação da abundância local, proporcionando ambientes específicos para algumas espécies, aspectos que estão intrinsecamente relacionados à gestão sustentável das espécies madeireiras.

Assim, levando em consideração todas essas questões estruturais e funcionais do ecossistema, será possível elaborar técnicas de manejo adequadas de forma a minimizar o impacto causado pela exploração madeireira.

Em decorrência dos elementos supracitados e da escassez de informações ecológicas sobre as relações entre espécies e ambiente, este estudo teve como objetivo, determinar e correlacionar a abundância de cinco espécies madeireiras com fatores ambientais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Este estudo foi realizado na Reserva Florestal Humaitá (9° 43' S - 9° 48' S; 67° 33' W - 67° 48' W), cuja altitude varia de 130 m a 179 m. O fragmento tem aproximadamente 3.700 ha e localiza-se no município de Porto Acre, Estado do Acre, Brasil. Esta área limita-se a leste com o Rio Acre e a oeste com a rodovia AC - 40. Ao longo da toposequência estudada, predomina a Floresta Ombrófila Aberta com Bambu (*Guadua weberbaueri*) em solos mais argilosos e siltosos; e no Gleissolo do terraço aluvial (várzea e/ou

baixio), a Floresta Aberta com Palmeiras (ACRE, 2006). A temperatura média anual na região é de 26o C, a pluviosidade média anual é de 1940 (± 228 mm) e a umidade relativa média anual do ar é de 85% (DUARTE, 2005).

Espécies Estudadas

Dipteryx ferrea Ducke, *Cedrela odorata* L., *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm. var. *acreana*, *Aspidosperma parvifolium* A. DC. e *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr são espécies arbóreas tropicais amplamente exploradas no sudoeste da Amazônia, cuja utilização centra-se na construção civil e na fabricação de mobiliário fino e tacos para assoalhos (LORENZI, 2002).

Amostragem dos indivíduos

Para amostrar os indivíduos das cinco espécies estudadas, seis parcelas de 500 m x 200 m (10 ha) divididas em 50 subparcelas contíguas de 10 m x 200 m (0,2 ha) totalizando 60 ha, foram estabelecidas em três ambientes ao longo da toposequência: duas parcelas no platô (TF1 e TF2), duas na planície aluvial (VAR1 e VAR2) e duas na encosta (ENC1 e ENC2). Em cada parcela todos os indivíduos com diâmetro maior ou igual a 10cm medido a 1,30 m de altura do solo (DAP) foram marcados, localizados nas parcelas através de coordenadas x,y e mensurados quanto ao diâmetro, sendo posteriormente, distribuídos em seis classes de diâmetro: 10-29,9 cm; 30-49,9 cm; 50-69,9 cm; 70-89,9 cm; 90-109,9 cm; e > 110 cm.

Para assegurar o rigor e garantir a precisão da identificação botânica das espécies, após a identificação prévia realizada por um parataxonomista, foram coletadas amostras e comparadas com exsicatas do Herbário da Universidade Federal do Acre ou determinadas por especialistas botânicos. As exsicatas ("vouchers") de cada uma das espécies foram depositadas no Laboratório de Botânica e Ecologia Vegetal do Centro de Ciências Biológicas e da Natureza da Universidade Federal do Acre.

Descritores ambientais

Para a caracterização da abertura do dossel, foram sorteados seis pontos em cada subparcela e, por meio de densímetro esférico de copa (NUTTLE, 1997), quatro medidas (norte, sul, leste, oeste) foram efetuadas entre julho e agosto de 2007. Para verificar a umidade do solo, quatro amostras de 20 g da camada superficial do solo (0 - 5 cm) foram coletadas nas extremidades de

cada subparcela em setembro de 2007, um dos meses mais secos do ano, entre 8h e 12h e levadas à estufa a temperatura constante de 60°C por 72 horas, para a obtenção do peso seco.

Para avaliar a fertilidade e a textura do solo, amostras simples foram coletadas a uma profundidade de 0-20 cm, em cinco pontos em cada subparcela (duas no início, uma no centro e duas no final) e misturadas posteriormente formando uma amostra composta para cada uma delas. Os parâmetros químicos avaliados foram: pH em água, P e K disponível (Mehlich-1), Ca, Mg, e Al trocável (KCl 1 mol l⁻¹), H + Al (acetato de cálcio, pH 7 1 mol l⁻¹), Na (ácido clorídrico 0,05 mol l⁻¹ + ácido sulfúrico 0,025 mol l⁻¹), carbono orgânico (dicromato de potássio), sendo os cálculos de soma de base, saturação de bases e capacidade de troca de cátions, efetuados conforme Embrapa (1997).

Análise dos dados

O teste usado para comparar as variáveis ambientais entre a terra firme, encosta e várzea foi o Kruskal-Wallis, uma vez que ao testarmos a homogeneidade de variância e normalidade (p>0,05, teste de Bartlett; p<0,05, teste Kolmogorov-Smirnov; respectivamente), observamos que seria necessário o uso de teste não-paramétrico. Estas análises foram feitas por meio do programa STATISTICA (HILL; LEWICKI, 2007).

Para testar o efeito da auto-correlação espacial sobre a densidade das espécies foi empregado o Índice I de Moran através do programa SAM (RANGEL *et al.*, 2010). Os valores dos índices foram estimados em 10 classes de distância espacial. A relação entre as variáveis edáficas e a abertura do dossel com a composição e distribuição das espécies foi verificada por meio de uma análise de componentes principais (ACP), utilizando uma matriz de covariância. Após essa análise preliminar, envolvendo todas as variáveis estudadas, foram excluídas da matriz aquelas fracamente relacionadas ou altamente redundantes com outras variáveis. Com as variáveis mais fortemente correlacionadas com os eixos principais da ACP, foram utilizados modelos lineares generalizados (NELDER; WEDDERBURN, 1972) para cada uma das espécies estudadas, por meio do programa R (VENABLES; SMITH, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aspidosperma parvifolium apresentou uma densidade de 1,9 (±1,6) ind.ha⁻¹, valor supe-

rior ao encontrado na Estação Científica "Ferreira Penna" (Pará), com 1 ind.ha⁻¹ (ALMEIDA *et al.*, 1993), e inferior ao estimado para o município de Rio Branco - Acre (2,5 ind.ha⁻¹), para indivíduos com DAP>20cm (BRASIL, 1979). Houve diferença significativa (p = 0,001) quanto à distribuição dos indivíduos por classe diamétrica, com 67% deles concentrados entre 10-29,9 cm de DAP (Figura 1). Os indivíduos dessa espécie não ocorrem de forma aleatória ao longo da topossequência (p = 0,001), uma vez que 40% deles estão concentrados no platô (TF1).

Cedrela odorata ocorreu com densidade de 1,1 (±1,1) ind.ha⁻¹, superior a observada ao longo da BR 364 (trecho Rio Branco - Cruzeiro do Sul, Acre) onde foram amostrados 0,38 ind.ha⁻¹ (AMARO, 1996). Houve diferença significativa (p = 0,002) na distribuição dos indivíduos em classes diamétricas, revelando uma concentração de 66% entre 10-29,9 cm de DAP e ausência de representantes a partir de 90 cm de DAP. Embora tenha ocorrido em todas as parcelas, a abundância diferiu (p < 0,001) ao longo da topossequência, com 48% dos indivíduos concentrados na área aluvial (VAR1).

No platô, a concentração de indivíduos de *A. parvifolium* e *C. odorata* nas classes inferiores pode ser atribuída à presença de *G. weberbaueri*, que pode suprimir o estabelecimento de algumas espécies (GRISCOM; ASHTON, 2003), causando falhas no recrutamento.

Dipteryx ferrea ocorreu em todas as parcelas, apresentando densidade de 1,2 (±0,4) ind.ha⁻¹, valor superior àquele encontrado ao longo da BR-364 entre Rio Branco e Cruzeiro do Sul, Acre (0,5 ind.ha⁻¹) (AMARO, 1996). Além disso, não diferiu quanto à distribuição em classes diamétricas (p = 0,629) e tampouco quanto à ocorrência ao longo da topossequência (p = 0,794).

Amburana cearensis apresentou densidade de 0,4 (±0,3) ind.ha⁻¹, já na floresta estacional semidecidual aluvial no Município de Três Marias, Minas Gerais, a densidade foi de 6,25 ind.ha⁻¹ para indivíduos acima de 5 cm de DAP (CARVALHO *et al.*, 2003). Não houve diferenças significativas nem em relação à distribuição diamétrica (p = 0,0858), com concentração de 75% dos indivíduos entre 30-69,9 cm de DAP e ausência de representantes com DAP entre 70-109,9 cm, e nem quanto a distribuição ao longo da topossequência (p = 0,59), onde foi amostrada apenas nas parcelas da terra firme e da encosta.

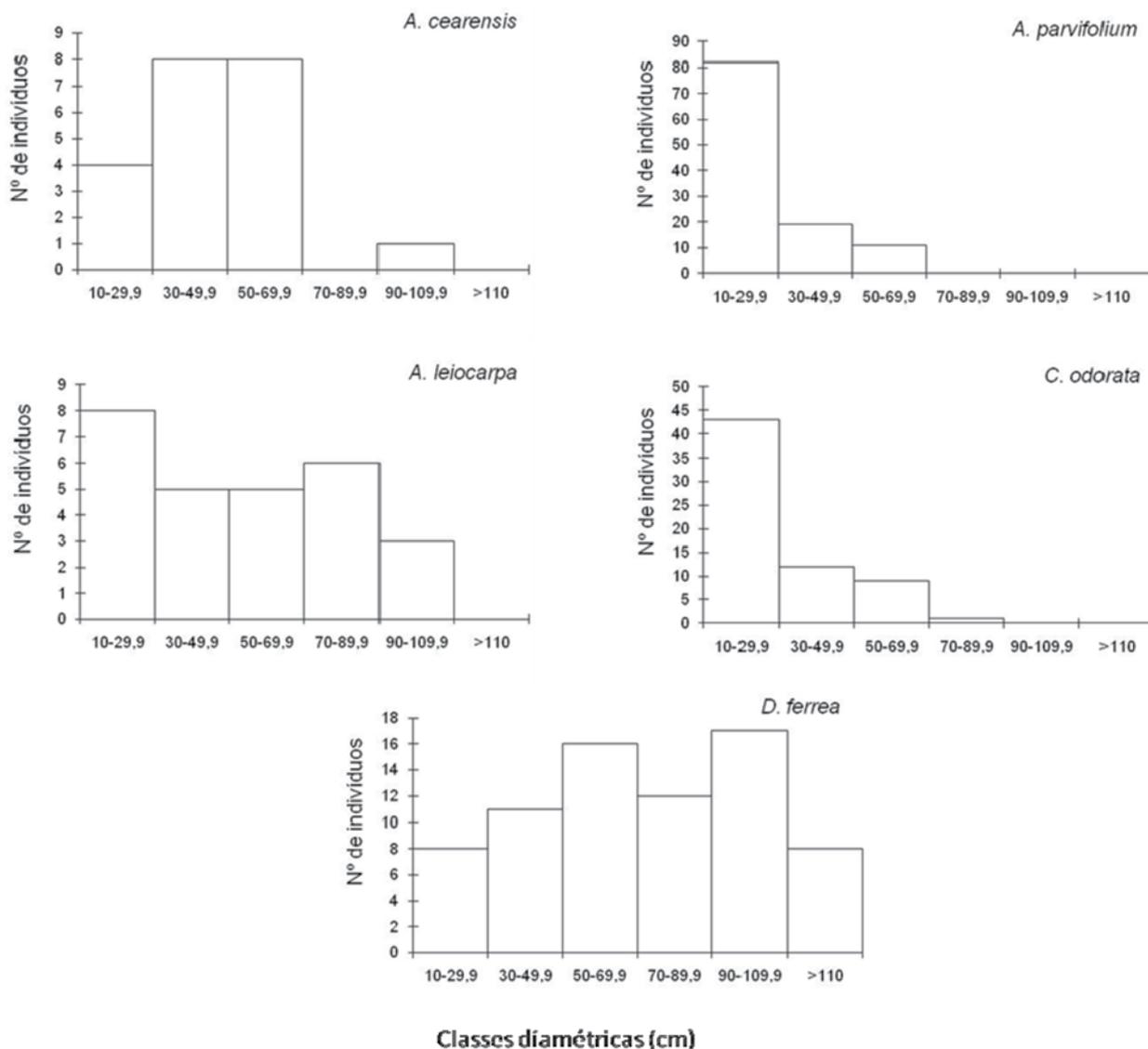


Figura 1. Número de árvores por classe de diâmetro em cm, em 60 hectares amostrados na Reserva Florestal Humaitá, Porto Acre, Acre.

Figure 1. Number of trees for each diameter class, in 60 ha sampled at the Forest Reserve Humaitá, Porto Acre, Acre.

Embora não apresente diferenças significativas, a causa da distribuição diamétrica irregular de *D. ferrea* e de *A. cearensis*, com poucos indivíduos nas menores classes de tamanho e em classes intermediárias, pode ser decorrente de algum distúrbio ou da dependência de clareiras para regeneração e, especificamente para *A. cearensis*, do rápido crescimento nos estágios iniciais de desenvolvimento (KILLEN *et al.*, 1998).

Já a ausência de indivíduos nas classes superiores pode ser atribuída ao histórico da área, mesmo esta não apresentando evidências de corte seletivo, o fato do local ter sido um seringa, onde a retirada de madeira para construções de casas é uma prática comum, pode ter levado ao corte das árvores de DAP maiores.

Apuleia leiocarpa com 0,5 ($\pm 0,4$) ind.ha⁻¹, apresentou densidade superior à observada

pela FUNTAC (1990) na Floresta Estadual do Antimary, Acre (0,03 ind.ha⁻¹), mas densidade expressivamente maior foi reportado por Gomes *et al.* (2004), em uma Floresta Estacional Semidecidual, no Município de Matias Barbosa, MG, onde foram amostrados 40 ind.ha⁻¹. Não houve diferença significativa ($p = 0,08$) quanto à distribuição em classe diamétrica, com 33% dos indivíduos concentrados entre 10-29,9 m de DAP e ausência de indivíduos a partir de 110 cm de DAP. Devido ao número baixo de indivíduos amostrados também não diferiu quanto à distribuição na topossequência ($p = 0,166$).

Quanto aos descritores ambientais, destaca-se o acúmulo de matéria orgânica (Carbono orgânico) na encosta e o maior teor de umidade e de alumínio na várzea (Tabela 1).

Tabela 1. Média (méd) e desvio padrão (DP) das variáveis edáficas nas parcelas da terra firme, encosta e várzea da Reserva Florestal Humaitá, Porto Acre, AC.

Table 1. Average (méd) and standard deviation (DP) of soil parameters studied in plateau, slope and floodplain forests on the Humaitá Forest Reserve, Porto Acre, AC.

Variáveis	Terra firme	Encosta	Várzea
		Méd ± DP	
Abertura de dossel (%)	13,07 ^a ± 2,35	10,50 ^b * ± 1,44	13,79 ^a ± 3,56
Umidade (%)	14,77 ^a ± 3,31	14,61 ^a ± 2,7	16,46 ^c * ± 3,44
Silte (%)	55,55 ^a * ± 2,98	59,25 ^b ± 4,45	58,3 ^b ± 5,72
Areia (%)	23,05 ^a ± 4,16	12,5 ^b * ± 4,32	19,3 ^a ± 7,49
Argila (%)	21,4 ^a ± 3,56	28,3 ^b * ± 5,29	22,2 ^a ± 4,7
Ca (cmolc/dm ³)	4,59 ^a ± 2,01	6,5 ^a ± 3,3	1,49 ^c * ± 0,99
Na (cmolc/dm ³)	0,02 ^a ± 0,03	0,05 ^b * ± 0,03	0,01 ^a ± 0,02
Mg (cmolc/dm ³)	2,61 ^a * ± 0,8	3,31 ^b * ± 0,81	1,81 ^c * ± 0,28
K (MG/dm ³)	67,3 ^a ± 12,2	71,5 ^a ± 13,7	60,5 ^c * ± 9,4
P (MG/dm ³)	3,95 ^a ± 1,5	1,93 ^b * ± 0,57	2,7 ^c ± 0,83
Carbono org. (%)	1,06 ^a ± 0,18	1,4 ^b * ± 0,15	0,95 ^a ± 0,12
Al (cmolc/dm ³)	0,71 ^a * ± 0,68	1,07 ^b * ± 0,82	2,31 ^c * ± 0,66
pH água	4,43 ^a ± 0,28	4,56 ^a ± 0,37	4,16 ^c * ± 0,28
V (%)	57,56 ^a ± 11,01	58,92 ^a ± 14,72	36,48 ^c * ± 7,78
CTC (cmolc/dm ³)	12,5 ^a * ± 2,48	16,33 ^b * ± 3,23	9,28 ^c * ± 1,3
SB (cmolc/dm ³)	7,39 ^a ± 2,67	10,04 ^a ± 4,02	3,45 ^c * ± 1,21

*p < 0,05

Os valores de abertura do dossel (10,5-13,8%) podem estar relacionados à estrutura da floresta, onde a dominância de *G. weberbaueri* na terra firme imprime uma maior dinâmica de abertura de clareiras no dossel. Já na várzea, é notório a alta densidade de palmeiras e sua típica arquitetura da copa, suprimindo o crescimento de espécies arbóreas (CINTRA, 1998) e determinando um aumento na intensidade lumínica (ROCHA, 2004).

Os menores valores de umidade do solo observados na encosta provavelmente decorrem da influência da declividade que promove um maior escoamento superficial em relação à infiltração, determinando um menor armazenamento superficial de água no solo. Resultados similares foram encontrados por Becker *et al.* (1988) e Daws *et al.* (2002), em uma floresta tropical semidecidual da ilha de Barro Colorado no Panamá onde, durante a estação seca, a umidade do solo é menor em direção ao topo (planalto) e maior na parte inferior da encosta. O teor de argila também é maior na encosta, o que faz com que, embora possa haver água entre as lâminas do argilomineral, esta água não está disponível e nem é facilmente retirada pela técnica utilizada.

A maior umidade encontrada nas parcelas da várzea provavelmente está correlacionada com a proximidade do Rio Acre, uma vez que há uma tendência natural das linhas de drenagem se posicionarem nessa direção, como demonstram estudos sobre associação da umidade com a proximidade de rios e consequen-

te mudança na vegetação (HUPP; RINALDI, 2007; OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 1998; VAN DEN BERG; SANTOS, 2003).

Apesar de significativamente diferentes quanto aos teores de silte, areia e argila, nos solos das três áreas predomina o silte, com 95% das parcelas com textura classificada de franco argiloso a franco siltoso (>51% de fração silte).

Esse resultado sugere que os solos da várzea da área de estudos são similares aos da várzea do Solimões/Amazonas, que apresentam teores elevados de silte e de areia fina (LIMA, 2001). Salimon *et al.* (2007) afirmam que o teor elevado de silte está relacionado à sua formação recente a partir de sedimentos terciários da Formação Solimões, que associados à argila de alta atividade, torna esse solo fértil, apesar da elevada acidez.

Os solos da terra firme, encosta e várzea são distintos quanto às concentrações de Al, Mg, CTC e P. Os solos da encosta apresentam maior fertilidade e capacidade de troca catiônica, enquanto os da terra firme revelam características intermediárias e os da várzea maior acidez. Vale salientar que, normalmente, ao longo de uma toposequência, os solos geralmente são mais férteis na base da encosta devido à deposição de material vindo da terra firme (RESENDE *et al.*, 1995).

Apesar das parcelas da várzea distarem cerca de 50 m da margem do Rio Acre, o caráter distrófico sugere que não há deposições fluviais atuais de novos nutrientes, diferentemente de locais onde ocorre deposição de nutrientes, como proposto por Schaefer *et al.* (2000). Durante os meses de

dezembro a março, período de maior precipitação pluviométrica, o solo permanece saturado por água ou temporariamente submerso em razão da elevação do lençol freático. Nesta porção, há a remoção dos elementos mais solúveis com a drenagem natural e, conseqüentemente, o empobrecimento do solo (LIMA *et al.*, 2006).

De forma geral, os solos da Reserva Florestal Humaitá seguem o padrão dos solos do Acre, com elevada acidez e altos teores de magnésio, cálcio e alumínio trocáveis (WADT, 2002). São também similares aos demais solos da Amazônia em relação à acidez elevada e deficiência de P, porém diferentes devido à alta capacidade de troca de cátions e elevados teores de K, Ca e Mg (FALCÃO; SILVA, 2004; MELO *et al.*, 2006).

A maior concentração de carbono orgânico na encosta não é um comportamento típico, o que nesse caso, pode ser atribuída à diferença do material vegetal, onde as taxas de decomposição não foram tão intensas quanto à deposição de matéria orgânica (FONTANA *et al.* 2005), causando o acúmulo revelado nessas análises. Além disso, o fato do solo da encosta ser mais argiloso pode provocar um maior acúmulo de carbono recalcitrante por adsorção na superfície das partículas de argila (TELLES, 2002).

Outro aspecto relevante se refere às elevadas taxas de decomposição nas parcelas da várzea, o que foi confirmado para florestas temperadas (NILSSON; GRELSSON, 1990) e várzeas do estado de São Paulo (DURIGAN *et al.*, 1996), mesmo estando esses solos sujeitos a inundação sazonal, onde em geral, o processo de decomposição é mais lento (LIMA *et al.*, 2006).

O efeito da autocorrelação espacial foi significativo somente para as espécies *A. parvifolium* e *C. odorata* (Figura 2). Para *A. parvifolium* o Índice I de Moran foi significativo para todas as classes de distâncias. Para classes de distância menores os valores foram positivos e para as classes maiores, negativos. Para *C. odorata*, contudo, os valores do Índice foram significativos somente para classes de distância entre 100 e 5000 metros – e positivos. Com base nestes resultados, sugere-se que próximos desenhos experimentais tenham uma distância mínima entre parcelas superior a 500 m para minimizar os efeitos da auto-correlação espacial para *C. odorata*. Mesmo assim, para ambas as espécies, todos os valores do Índice foram inferiores a 0,5, implicando uma fraca relação entre a distância e a densidade destas espécies. Os valores positivos do Índice para as classes de menores distâncias não seriam esperados sob o

ponto de vista biológico, uma vez que estes valores indicam que para subparcelas no mesmo ambiente, quanto mais distantes mais semelhantes são em relação a densidade de plantas.

Os autovalores para os dois primeiros eixos da análise dos componentes principais (ACP) foram 3,03 e 2,46. A variação é explicada em 33,77% pelo primeiro eixo, 27,38% pelo segundo eixo e, conjuntamente, ambos os eixos explicam 61,15% da variabilidade total. Estes valores são similares aos encontrados por John *et al.* (2007), em estudo feito na ilha de Barro Colorado, Panamá (67,2%), em La Planada, Colômbia (65,5%) e em Yasuni, no Equador (57,6%), onde 29%, 25% e 40%, respectivamente, das espécies apresentaram correlação significativa com o ambiente.

As variáveis mais fortemente correlacionadas no eixo 1 foram: alumínio (Al), saturação de bases (V), abertura de dossel e argila (Tabela 2), enquanto o eixo 2 está correlacionado com a fração areia, revelando na ordenação (Figura 3) uma diminuição da abertura de dossel, acidez, umidade do solo e areia e o aumento da fertilidade (V), e da fração argila ao longo do gradiente várzea → terra firme → encosta.

Tabela 2. Coeficiente de correlação entre variáveis ambientais e os dois primeiros eixos de ordenação da análise dos componentes principais analisadas nas 60 parcelas da Reserva Florestal Humaitá, Porto Acre, Acre.

Table 2. Correlation coefficient between each variable and the first two axes of ordination in a Principal Component Analysis for 60 plots in the Humaitá Forest Reserve, Porto Acre, AC.

Variáveis ambientais	Eixo 1	Eixo 2
pH	0,28	0,29
Al	0,41	0,38
P	- 0,33	0,30
V	- 0,49	-0,22
Areia	0,19	- 0,54
Argila	- 0,32	0,37
Silte	0,07	0,38
Abertura de dossel	0,41	- 0,01
Umidade	0,24	- 0,18

As quatro variáveis mais importantes na ordenação da ACP explicaram significativamente a densidade de *C. odorata*, somente ($F = 7,102$; $p = 0,00001$; $r^2 = 0,341$; Equação 1).

$$Y = -3.508 + 0,063V + 1,231Al + 0.185Abertura - 0,111Argila \quad (1)$$

C. odorata é uma espécie heliófita, considerada especialista de pequenas clareiras (DENSLOW, 1980) e isto explica sua preferência por áreas

com maior abertura de dossel. A relação positiva com V e negativa com argila é aparentemente contraditória, uma vez que a concentração de bases é normalmente diretamente relacionada com o teor de argila. Porém, as parcelas de encosta, que apresentaram maiores teores de argila apresentaram menores valores de abertura do dossel.

Quanto à relação positiva com o Alumínio, esta pode ser um viés relacionado à várzea, uma vez que existe mais alumínio na várzea e também maior abertura do dossel. Esta maior abertura da várzea, que parece puxar outras relações, pode estar associada a um histórico de uso pelo homem num passado não muito distante, uma vez que até o início dos anos 70, os rios eram o único meio de transporte para os moradores, tornando as beiras de rios mais povoadas do que hoje em dia. Embora a fertilidade do solo tenha sido menor nesse ambiente (solo distrófico), isto não significa que a espécie possui preferência por solos mais pobres, mas talvez uma

habilidade de se desenvolver nestes solos com maior facilidade que outras espécies emergentes, tornando-se assim relativamente mais abundante nesse local e, conseqüentemente, adquirindo potencial para ser utilizada em projetos de reflorestamento de áreas degradadas.

Para as outras espécies não encontramos relações significativas com as variáveis abióticas estudadas através de regressões múltiplas. Porém, com regressões lineares encontramos relações significativas (todas com $p < 0,05$) para: *A. cearensis* e V; *A. cearensis* e Alumínio; *A. parvifolium* e Areia; *A. parvifolium* e Silte; e *D. ferrea* e Areia. Porém, embora significativas, todas estas regressões apresentaram correlações muito baixas, $r^2 \leq 0,11$. Todavia, como regressões lineares simples para cada variável tendem a aumentar o erro do tipo I (ou seja, considerarmos válida uma relação que é mero fruto do acaso [rejeitando a hipótese nula, quando ela é verdadeira]), tais resultados devem ser observados com cautela.

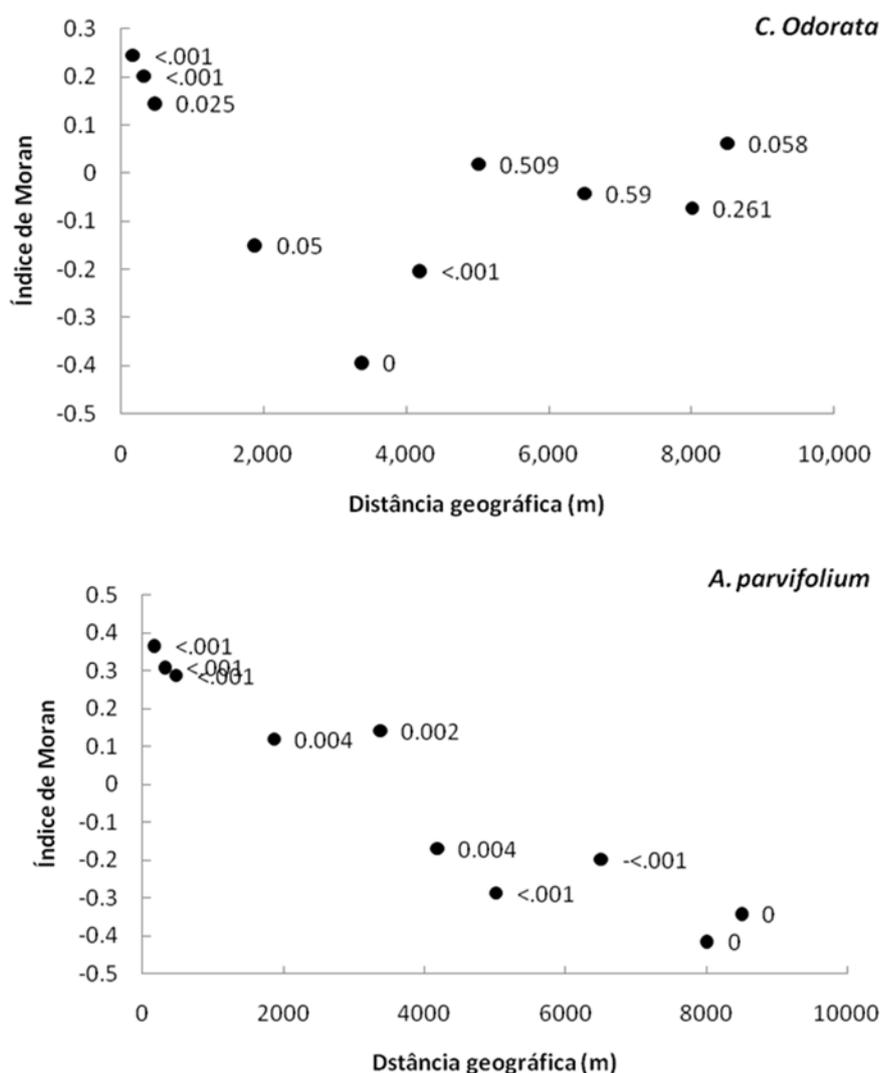


Figura 2. Correlograma espacial para *C. odorata* e *A. parvifolium*. Cada ponto representa o centróide de uma das 10 classes de distância e os valores indicam a significância do Índice de Moran.

Figure 2. Spatial correlogram for *C. odorata* and *A. parvifolium*. Each point represents the centroid of each of the 10 distance classes and values associated are the significance for the Moran's I value.

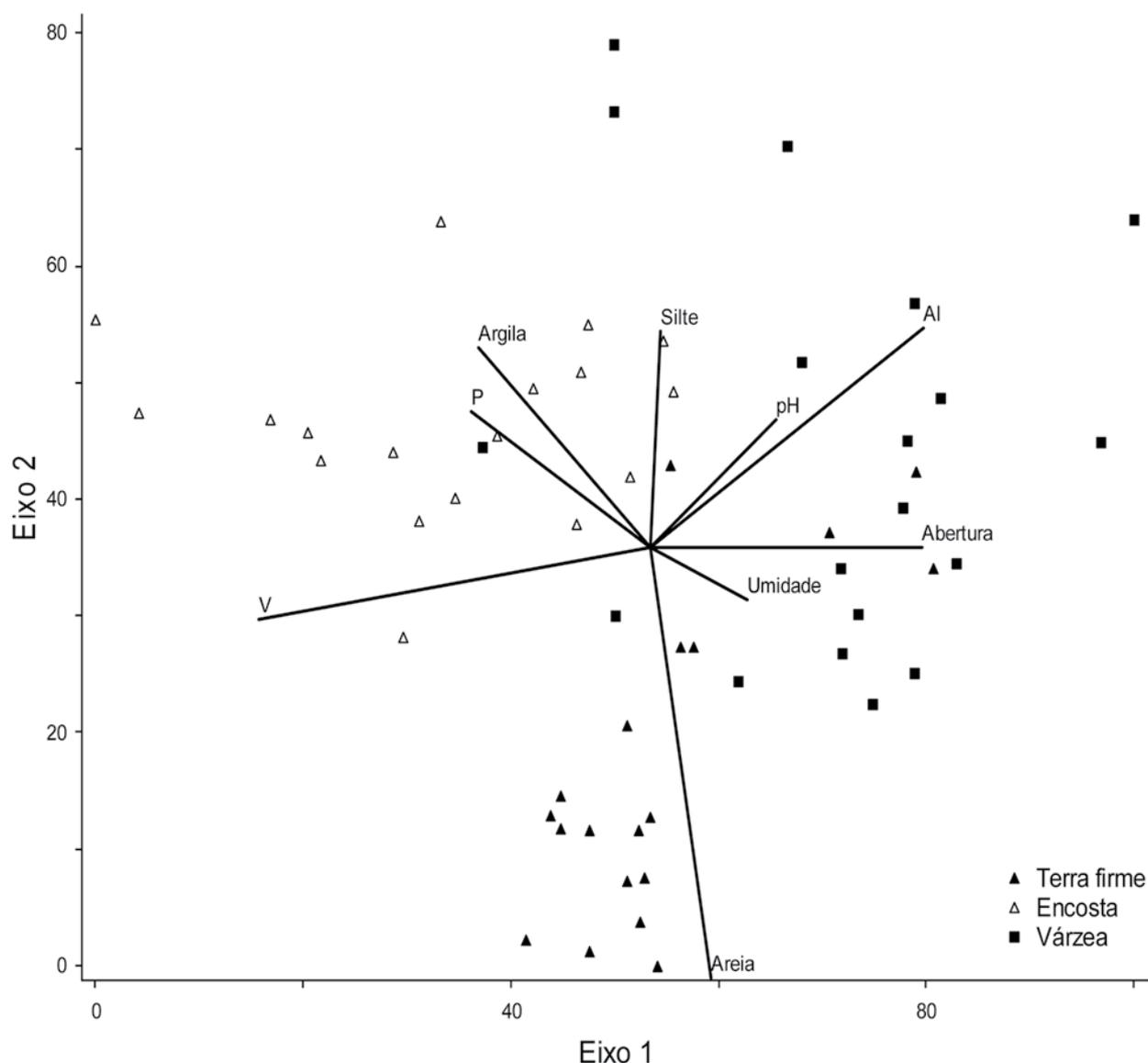


Figura 3. Eixo de ordenação da análise dos componentes principais para as 60 parcelas na Reserva Florestal Humaitá, Porto Acre, AC.

Figure 3. Ordination axis of the Principal Component Analysis for the 60 plots in the Humaitá Forest Reserve, Porto Acre, AC.

Assim, mesmo que estes fatores sejam importantes para ocorrência e densidade das espécies em questão, a amplitude de variação destes fatores ambientais não é grande o suficiente para explicar a variabilidade das densidades – e, portanto, pode-se afirmar que não há uma limitação para ocorrência destas espécies.

Desta forma, outros fatores que contribuem para distribuição das espécies ao longo de um gradiente, e que não foram abordados nesse estudo, devem ser considerados para explicar as diferenças de densidade encontradas ao longo da topossequência - especialmente para *A. parvifolium* e *C. odorata*, que tiveram densidades significativamente diferentes entre os tratamentos. Tais fatores não abordados

neste estudo podem estar relacionados a fatores históricos (TASSIN; RIVIERE, 2003), a micro-nutrientes (JOHN *et al.*, 2007), agentes polinizadores (MUSTAJRVI *et al.*, 2001), a dispersão de sementes (POTTS *et al.*, 2004) e a inimigos naturais (GIVNISH, 1999).

Do ponto de vista do manejo, os resultados sugerem que espécies como *Aspidosperma parvifolium* e *Cedrela odorata* podem se beneficiar de pequenas aberturas de dossel provocadas pela derrubada de árvores e estradas de arraste, e que a forma generalista como são manejadas as florestas representa um risco à sustentabilidade dessa atividade, evidenciando a importância dos aspectos autoecológicos das espécies nas reavaliações do manejo florestal.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que os fatores ambientais não foram altamente condicionantes da ocorrência e distribuição das espécies estudadas. Porém, sua variação afetou a abundância, aspecto fundamental para o sucesso de um empreendimento florestal. Portanto, é de suma importância notar que, ao contrário do que se pratica atualmente, o planejamento das atividades de exploração florestal sustentável, deve ser baseado nas características ecológicas de cada espécie.

AGRADECIMENTOS

À Capes pela bolsa de mestrado; Instituto Internacional de Educação do Brasil - IEB (B/2006/02/BMP/10) pelo financiamento da pesquisa; Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia - LBA, pelo apoio logístico; parataxomista Edilson Consuelo, pela prévia identificação e coleta de material botânico e aos estagiários do Laboratório de Botânica e Ecologia Vegetal da Universidade Federal do Acre.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACRE. GOVERNO DO ESTADO DO ACRE. Programa Estadual de Zoneamento do Estado do Acre. Zoneamento Ecológico do Acre. Fase II: documento Síntese – escala 1:250.000. Rio Branco: SEMA, 2006.
- ALMEIDA, S.; LISBOA, P.; SILVA, A. Diversidade florística de uma comunidade arbórea na estação científica “Ferreira Pena”, em Caxiuanã (Pará). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. *Serie Botânica*. Belém, v.9, n.1, p.93-128, 1993.
- AMARO, M. *Análise da Participação da Seringueira (Hevea brasiliensis), Castanheira (Bertholletia excelsa) e das Principais Espécies Madeireiras na Estrutura da Floresta, Trecho Rio Branco – Cruzeiro do Sul (AC) da BR 364*. 1996. 78p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 1996.
- BECKER, P.; RABENOLD, P.E.; IDOL, J.R.; SMITH, AP. Water potential gradients for gaps and slopes in a Panamanian tropical moist forest's dry season. *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge, v.4, n.2, p.173-184, 1988.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. *Inventário Florestal Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – IBDF. Pulamazônia – Pólo Acre volume II – Tabela de quadros*. Rio Branco: Santa Isabel Florestas Ltda, 1979.
- CARVALHO, P.E. *Espécies arbóreas brasileiras*. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v.1, 1039p.
- CINTRA, R. Sobrevivência pós-dispersão de sementes e plântulas de três espécies de palmeiras em relação a presença de objetos naturais na floresta amazônica. In: GASCON, C.; MOUTINHO, P. (Eds.) *Floresta Amazônica: dinâmica, regeneração e manejo*. Manaus: INPS, 1998.
- DAWS, M.I.; MULLINS, C.E.; BURSLEM, D.F.R.P.; PATON, S.R.; DALLING, J.W. Topographic position affects the water regime in a semideciduous tropical forest in Panamá. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.238, n.1, p.79-90, 2002.
- DENSLOW, J.S. Gap partitioning among tropical rainforest trees. *Biotropica*, Lawrence, v.12, n.2, p.47-55, 1980.
- DUARTE, A.F. Variabilidade e tendência das chuvas em Rio Branco, Acre, Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v.20, n.1, p.37-42, 2005.
- DURIGAN, G.; LEITÃO-FILHO, H.F.; PAGANO, S.N. Produção de folheto em matas ciliares na Região Oeste do Estado de São Paulo. São Paulo. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v.8, n.2, p.187-199, 1996.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de métodos de análise de solos*. 2ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997, 212p.
- FALCÃO, N.; SILVA, J. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. *Acta Amazônica*, Manaus, v.34, n.3, p.337-342, 2004.
- FIELDER, P. Life history and population dynamics of rare and common mariposa lilies (*Calochortus purshii*, Liliaceae). *Journal of Ecology*, Oxford, v.75, p.977-995, 1987.

- FONTANA, A.; ANJOS, L.H.C.; SALLES, J.M.; PEREIRA, M.G.; ROSSIELLO, R.O.P. Carbono orgânico e fracionamento químico da matéria orgânica em solos da Sierra de Ánimas – Uruguai. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.12, n.1, p.36–43, 2005.
- FUNTAC – FUNDAÇÃO DE TECNOLOGIA DO ACRE. **Inventário Florestal e Diagnóstico da Regeneração Natural da Floresta Estadual do Acre**. Rio Branco: FUNTAC, 1990.
- GARDINGEN, P.R.; VAN, VALLE, D.; THOMPSON, I. Evaluation of yield regulation options for primary forest in Tapajós National Forest, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.231, p.184–195, 2006.
- GIVNISH, T.J. On the causes of gradients in tropical tree diversity. **Journal of Ecology**, Oxford, v.87, n.2, p.193–210, 1999.
- GOMES, A.P.C.; SOUZA, A.L.; MEIRA NETO, J.A.A. Alteração estrutural de uma área florestal explorada convencionalmente na bacia do Paraíba do Sul, Minas Gerais, nos domínios de Floresta Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.3, p.407–417, 2004.
- GRISCOM, B.W.; ASHTON, P.M.S. Bamboo control of forest succession: *Guadua sarcocarpa* in Southeastern Peru. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.175, n.1, p.445–454, 2003.
- GUNATILLEKE, C.V.S.; GUNATILLEKE I.A.U.N.; ESUFALI, S.; HARMS, K.E.; ASHTON P. M.S.; BURSLEM, D.F.R.P.; ASHTON, P.S. Species–habitat associations in a Sri Lankan dipterocarp forest. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.22, n.4, p.371–384, 2006.
- HILL, T.; LEWICKI, P. **STATISTICS Methods and Applications**. Tulsa: StatSoft, 2007
- HOMEIER J.; BRECKLE, S.; GUNTER, S.; RUTGER, T.; ROLLENBECK, C; LEUSCHNER, C. Tree diversity, forest structure and productivity along altitudinal and topographic. **Biotropica**, Lawrence, v.42, n.2, p.140–148, 2010.
- HUPP, C.R.; RINALDI, M. Riparian vegetation patterns in relation to fluvial landforms and channel evolution along selected rivers of tuscany (Central Italy). **Annals of the Association of American Geographers**, Abingdon, v.97, n.1, p.12–30, 2007.
- JOHN, R; DALLING, J.; HARMS, K.; YAVITT, J.; STALLARD, R.; MIRABELLO, M.; HUBBELL, S.; VALENCIA, R.; NAVARRETE, H.; VALLEJO, M.; FOSTER, R. Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species. **Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America**, Washington, v.104, n.3, p.864–869, 2007.
- KILLEN, T.J.; JARDIM, A.; MAMANI, F.; ROJAS, N. Diversity, composition and structure of a tropical semideciduous forest in the Chaquitanía region of Santa Cruz, Bolivia. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.14, n.6, p.803–827, 1998.
- KWON, G.J.; LEE, B.A.; NAM, J.M.; KIM, J.G. The relationship of vegetation to environmental factors in Wangsuk stream and Gwarim reservoir in Korea: II. Soil environments Ecological. **Ecological Research**, Tokyo, v.22, n.1, p.75–86, 2007.
- LIMA, H.N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. 2001. 176p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; LIMA, A.M.N. Mineralogia e química de três solos de uma topossequência da bacia sedimentar do alto Solimões, Amazônia ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.1, p.59–68, 2006.
- LLOYD, K.; LEE, W.; WILSON, J. Competitive abilities of rare and common plants: comparisons using *Acaena* (Rosaceae) and *Chionochloa* (Poaceae) from New Zealand. **Conservation Biology**, Barking, v.16, n.4, p.975–985, 2002.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002.
- MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FONTES, L.E.F.; CHAGAS, A.C.; LEMOS JÚNIOR J.B.; ANDRADE R.P. Caracterização física, química e mineralógica de solos da colônia agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, v.30, n.6, p.1039–1050, 2006.
- MUSTAJRVI, K.; SIIKAMAKI, P.; RYTKONEN, S.; LAMMI, A. Consequences of plant population size and density of plant pollinator interactions and plant performance. **Journal of Ecology**, Oxford, v.89, n.1, p.80–87, 2001.

- NELDER, J.A.; WEDDERBURN, R.W. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A**, Oxford, v.135, n.3, p.370-384, 1972.
- NILSSON, C.; GRELSSON, G. The effects of litter displacement on riverbank vegetation. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.68, n.4, p.735-741, 1990.
- NUTTLE, T. Densimeter bias? Are we measuring the forest or the trees? **Wildlife Society Bulletin**, Washington, v.25, n.3, p.610-611, 1997.
- OLIVEIRA, A.A. Inventários quantitativos de árvores em matas de terra firme: histórico com enfoque na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, Manaus, v.30, n.4, p.543-567, 2000.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; CURTI, N.; VILELA, E.A.; CARVALHO D.A. Effects of canopy gaps, topography, and soils on the distribution of woody species in a Central Brazilian deciduous dry forest. **Biotropica**, Lawrence, v.30, n.3, p.362-375, 1998.
- PITMAN, N.C.A.; TERBORGH, J.W.; SILMAN, M.R.; NÚÑEZ, P.V.; NEILL, D.A.; CERÓN, C.E.; PALACIOS, W.A.; AULESTIA, M. Dominance and distribution of tree species in upper Amazonian terra firme forests. **Ecology**, Washington, v.82, p.2101-2117, 2001.
- POTTS, M.D.; DAVIES, S.J.; BOSSERT, W.H.; TAN, S.; SUPARDI, M.N.N. Habitat heterogeneity and niche structure of trees in two tropical rain forests. **Oecologia**, Berlin, v.139, n.3, p.446-453, 2004.
- RANGEL, T.F.; DINIZ-FILHO, J.A.F.; BINI, L.M.; SAM, J. A comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. **Ecography**, Copenhagen, v.33, p.1-5, 2010.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; RESENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia: bases para distinção de ambientes**. Viçosa: Núcleo de Estudos de Planejamento e uso da terra, 1995. 153p.
- ROCHA, E. Potencial ecológico para o manejo de frutos de açaizeiro (*Euterpe precatoria* Mart.) em áreas extrativistas no Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v.34, n.2, p.237-250, 2004.
- ROCKWELL, C.; KAINER, K.A.; MARCONDES, N.; BARALOTO, C. Ecological limitations of reduced-impact logging at the smallholder scale. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.238, p.365-374, 2007.
- SALIMON, C.I.; WADT, P.G.S.A.; MELO, W.F. Dinâmica do Carbono na Conversão de Floresta para Pastagens em Argissolos da Formação Geológica Solimões, no Sudoeste da Amazônia. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, João Pessoa, v.7, n.1, p.29-38, 2007.
- SCHAEFER, C.E.G.R.; LIMA, H.N.; VALE JÚNIOR, J.F.; MELLO, J.W.V. Uso dos solos e alterações da paisagem na Amazônia: cenários e reflexões. Boletim Museu Para. Emílio Goeldi. **Série Ciências da Terra**, Belém, v.12, p.63-104, 2000.
- TASSIN, J.; RIVIERE, J.N. Species richness altitudinal gradient of invasive plants on Reunion Island (*Mascareigne archipelago Indian Ocean*). **Revue D'Ecologie (La Terre et la Vie)**, v.58, p.257-270, 2003.
- TELLES, E.C.C. **Dinâmica do carbono no solo influenciada pela textura, drenagem, mineralogia e carvões em florestas primárias na região centro-oriental da Amazônia**. Piracicaba, 2002. 114p. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2002.
- 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**, Amsterdam, v.194, n.3, p.249-246, 1999.
- VAN DEN BERG, E.; SANTOS, F. Aspectos da variação ambiental em uma floresta de galeria em Itutinga, MG, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.13, n.2, p.83-98, 2003.
- VENABLES, W.N.; SMITH, D. M. **An introduction to R: notes on R: a Programming Environment for Data Analysis and Graphics Version 2.13.1 (2011-07-08)**. Disponível em: < <http://www.r-project.org/> >. Acesso em 12 de jul. 2011.
- WADT, P.G.S. **Manejo de solos ácidos do Estado Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 29p. (Embrapa Acre. Documentos, n.79)
- WARD, M.; DICK, C.W.; GRIBEL, R.; LEMES, M.; CARON, H.; LOWE, A.J. To self, or not to self: A review of outcrossing and pollen-mediated gene flow in neotropical trees. **Heredity**, London, v.95, n.246-254, 2005.
- WIDEN, B.; ANDERSSON, S. Quantitative genetics of life-history and morphology in a rare plant, *Senecio integrifolius*. **Heredity**, London, v.70, p.503-514, 1993.

Recebido em 10/10/2011

Aceito para publicação em 25/11/2011