



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

Padrões de distribuição de plantas ao longo de gradientes ambientais na Amazônia central: uma comparação entre duas paisagens

Marcelo Petratti Pansonato

Manaus, Amazonas

Julho, 2011

Marcelo Petratti Pansonato

Padrões de distribuição de plantas ao longo de gradientes ambientais na Amazônia central: uma comparação entre duas paisagens

Orientadora: Dra. Flávia Regina Capellotto Costa

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia do INPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia (Ecologia).

Manaus, Amazonas

Julho, 2011

RELAÇÃO DA BANCA JULGADORA:

Plano de trabalho: Alberto Vicentini (INPA) - aprovado, Bruce Nelson (INPA) – aprovado com correções e Bill Magnusson (INPA) – necessita revisão.

Aula de Qualificação: Alberto Quesada (INPA) - aprovado, Alberto Vicentini (INPA) - aprovado e Regina Luizão (INPA) - aprovado.

Dissertação: Kalle Ruokolainen (Universidade de Turku) - aprovado, David Clark (Universidade do Missouri) – aprovado e Bruce Nelson (INPA) - aprovado.

Defesa Pública: Mike Hopkins (INPA) - aprovado, Bruce Nelson (INPA) - aprovado e José Júlio de Toledo (INPA) - aprovado.

P196

Pansonato, Marcelo Petratti

Padrões de distribuição de plantas ao longo de gradientes ambientais na Amazônia central: uma comparação entre duas paisagens / Marcelo Petratti Pansonato.--- Manaus : [s.n.], 2011.

viii, 54 f. : il.

Dissertação (mestrado)-- INPA, Manaus, 2011

Orientador : Flávia Regina Capelotto Costa

Área de concentração : Ecologia

1. Florestas tropicais - Amazônia. 2. Ecologia de comunidades.
3. Leguminosae. 4. Pteridófitas. 5. Variáveis abióticas. I. Título.

CDD 19. ed. 574.52642

Sinopse:

Foi estudada a distribuição de plantas ao longo de gradientes de fertilidade do solo, teor de argila e inclinação do terreno em duas paisagens em mesoescala. Discutiui se sobre o que pode determinar essas distribuições e como as variáveis medidas interagem entre si determinando subgrusição de espécies.

Palavras chave: Leguminosae – Pteridófitas – Florestas tropicais – Gradientes ambientais

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço minha família, pelo apoio e confiança nas decisões que me fizeram viver tão longe deles.

Agradeço minha orientadora por sua tranquilidade misturada na medida certa com sua exigência.

Agradeço a todas as pessoas e entidades envolvidas nos trabalhos de campo realizados por mim. Especialmente ao pessoal da ReBio Uatumã, César, Bruno, Caio e Joabio, que foram sempre prestativos e sem os quais o presente trabalho não poderia ter sido realizado.

Aos ajudantes de campo Sabá, Sr. Chagas, Verônica e Hugo, por encararem com disposição e bom humor a radical pista de *MotoCross* que é a grade de trilhas do Uatumã.

Aos técnicos do INPA, Marcelo, Jackes e Nazaré pela ajuda na preparação, organização e identificação das plantas.

Ao pessoal do PDBFF, especialmente Ana Andrade e Alberto Vicentini por me ajudarem a superar as dificuldades de adquirir materiais de campo.

Agradeço aos professores do Programa de Pós Graduação em Ecologia do INPA pelos valiosos ensinamentos transmitidos ao longo do primeiro ano do curso.

Agradeço também aos doutores envolvidos na avaliação do projeto ao longo do curso, por suas valiosas contribuições. Plano de Mestrado: Bruce Nelson, Alberto Vicentini e Bill Magnusson. Aula de Qualificação: Alberto Quesada, Alberto Vicentini e Regina Luizão. Dissertação: Kalle Ruokolainen, David Clark e Bruce Nelson. Defesa Pública: Mike Hopkins, Bruce Nelson e José Júlio de Toledo.

Agradeço aos colegas da turma 2009 de Ecologia do INPA pela amizade e parceria ao longo desses últimos dois anos e meio.

Aos integrantes da “Família Vegetal” que, além das contribuições, sempre proporcionaram um agradável ambiente de trabalho.

A todas as colegas de república, pelo convívio (quase sempre) harmonioso e pela forte amizade que não nos faz querer ir embora. A todos os habitantes da “Vila Jamaicana do Chaves”, temporários e permanentes, atuais ou antigos. A vida manauara foi mais tranqüila com a existência de vocês.

Agradeço aos colegas que compõem o “Maracatu Eco da Sapopema”, que fizeram com que todas as quintas feiras se tornassem dias especiais.

Ao CNPq/MCT pela bolsa concedida e ao PPG-ECO/INPA por toda a infra estrutura e pelo curso em si.

RESUMO

Embora exista uma extensa literatura sobre padrões de distribuição de plantas em florestas tropicais e suas relações com variáveis ambientais, tais estudos não levam em conta que seus resultados podem depender em grande parte da amplitude de variação ambiental presente nos sítios amostrados e que dentro da variável preditora principal, um ou mais gradientes podem também ser importantes em definir associações de espécies. Leguminosas arbóreas e pteridófitas terrestres foram amostradas em duas áreas, cada uma com cerca de 25 km² de tamanho e separadas por ~150 km. Ambas as áreas possuem características topográficas similares. Uma área possui apenas solos pouco férteis, enquanto a outra possui uma grande amplitude de fertilidade do solo, pois está localizada no contato entre dois substratos geológicos distintos. Análises de Coordenadas Principais (PCoA) foram utilizadas para ordenar as parcelas com relação as suas dissimilaridades e Árvores de Regressão Multivariada (ARM) para visualizar de maneira hierárquica os preditores ambientais definindo grupos composicionais. Na área com solos menos férteis, a textura do solo foi a variável ambiental mais importante para definir a composição de espécies enquanto que na área com maior amplitude de fertilidade, a soma de bases trocáveis foi o determinante principal das diferenças na composição de espécies dos dois grupos de plantas estudados na mesoescala. Para as árvores, dentro de certos valores das variáveis principais, a inclinação do terreno aparece como importante estruturadora da composição. Para as pteridófitas, importantes diferenças de composição foram encontradas dentro dos valores mais baixos da variável principal. Na escala regional, a fertilidade dos solos foi o gradiente principal para os dois grupos de plantas estudados, embora a textura do solo tenha sido um importante preditor para as pteridófitas. Neste estudo, fica claro que ao generalizar padrões de comunidades vegetais, devemos levar em conta que a heterogeneidade das paisagens pode mudar de maneira imprevisível e que a importância de cada preditor estudado tende a ser condicionada à sua amplitude da variação.

ABSTRACT

Plant distribution patterns along environmental gradients in central Amazonia: a comparison between two landscapes.

Although an extensive literature deals with plant distribution patterns in tropical rainforests and their relation to environmental variables, these studies usually do not take in account that their results may be, at least in part, due to the amplitude of environmental variables present in the sampled sites and that within the main predictor variable one or more subordinate gradients may also be important in defining compositional groups. We sampled legume trees and terrestrial pteridophytes in two areas, each about ~25 km² in size and separated by ~150 km. Both sites have similar topographic characteristics. One site has only infertile soils, while the other has a broad range of soil fertility, as it is located at the contact between two distinct geological substrates. Principal Coordinates Analysis and similarity matrices were used to ordinate the plots. Multivariate Regression Trees were used to organize the environmental predictors in a hierarchy according to their importance in determining compositional groups. At the site with only infertile soils, clay content was the most important predictor of composition. At the site with a broad range of soil fertility, the sum of exchangeable bases was the most important determinant of compositional differences. This was true for both plant groups. For legume trees, within certain a range of values of the main predictive variable, terrain slope appeared as a subordinate predictor. For pteridophytes, the most important differences in composition were nested within the low end of the values of the main predictor, i.e. a nonlinear relationship. When all samples from both sites were pooled for an analysis at the regional scale, soil fertility was the main compositional predictor. Low fertility plots from the two different sites were more similar than low and high fertility plots within the same site. At this regional scale, clay content was an important subordinate predictor for pteridophytes. This study shows that, when generalizing plants community patterns, we must take into account that landscape heterogeneity can change in an unexpected way and that the importance of an environmental predictor tends to be constrained by its amplitude.

SUMÁRIO

Apresentação	9
Objetivos	9
Artigo	10
<i>Introdução</i>	13
<i>Objetivos</i>	14
<i>Material e Métodos</i>	15
Área de Estudo	15
Delineamento Amostral.....	17
Coleta de dados	17
Análises de dados.....	19
<i>Resultados</i>	20
<i>Discussão</i>	30
Referências Bibliográficas	37
Conclusões.....	44
Apêndices	45

Apresentação

A presente dissertação foi realizada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Biologia (Ecologia) pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Neste trabalho, foram amostradas as árvores e samambaias presentes em, respectivamente, 57 e 51 parcelas distribuídas entre duas paisagens de florestas de terra firme na região central da Amazônia.

A dissertação é composta por um capítulo em forma de artigo, que obedece, quanto a sua formatação, as normas da revista *Acta Amazonica*. O artigo estuda a distribuição das plantas e suas relações com a textura e fertilidade do solo e com a inclinação do terreno. Isto foi feito para verificar a existência de grupos de espécies que podem responder de maneira hierárquica às variáveis ambientais, evidenciando que alguns preditores podem ser importantes estruturadores das comunidades, mas apenas dentro de certos valores da variável principal, consideração ainda pouco explorada em trabalhos sobre a distribuição de plantas em florestas tropicais.

Objetivos

Objetivo geral: Estudar a distribuição de plantas ao longo de gradientes ambientais em duas áreas de mesmo tamanho, mas que diferem quanto a sua heterogeneidade ambiental.

Objetivos específicos:

1. Verificar se a taxa de mudança na composição é constante, ao longo da amplitude do preditor ambiental mais importante.

2. Verificar como a estruturação das comunidades de leguminosas arbóreas e pteridófitas terrestres podem ser afetadas pela amplitude dos gradientes estudados.

Pansonato, M.P., Costa, F.R.C., Zuquim, G., de Castilho, C.V. 2011. Padrões de distribuição de plantas ao longo de gradientes ambientais na Amazônia central: uma comparação entre duas paisagens. Manuscrito formatado para Acta Amazonica.

Padrões de distribuição de plantas ao longo de gradientes ambientais na Amazônia central: uma comparação entre duas paisagens

Marcelo Petratti PANSONATO^{1,4}, Flávia Regina Capellotto COSTA¹, Gabriela ZUQUIM² e Carolina Volkmer de CASTILHO³

¹ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Avenida Efigênio Sales, 2239. Bairro Adrianópolis. Caixa Postal 478. Manaus / AM, Brasil. ² Universidade de Turku. Turku, Finlândia. ³ Embrapa Roraima Rodovia BR-174, Km 8 Distrito Industrial. Boa Vista / RR, Brasil. ⁴ autor para correspondência: marcelopansonato@hotmail.com

Resumo: Embora exista uma extensa literatura sobre padrões de distribuição de plantas em florestas tropicais e suas relações com variáveis ambientais, tais estudos não levam em conta que seus resultados podem depender, em grande parte, da amplitude de variação ambiental presente nos sítios amostrados e que podem existir gradientes mais finos que são importantes estruturadores das comunidades, mas apenas dentro de certos valores do gradiente principal. Leguminosas arbóreas e pteridófitas terrestres foram amostradas em duas paisagens em mesoescala que possuem quase as mesmas áreas, mas diferem fortemente na amplitude do gradiente de fertilidade do solo. Análises de Coordenadas Principais (PCoA) foram utilizadas para ordenar as parcelas com relação as suas dissimilaridades e Árvores de Regressão Multivariada (ARM) para visualizar de maneira hierárquica os preditores ambientais definindo associações de espécies. Na área com solos menos férteis, a textura do solo foi a variável ambiental mais importante enquanto que na área com maior amplitude de fertilidade, a soma de bases trocáveis foi mais determinante de diferenças na composição de espécies dos dois grupos de plantas estudados. Quando observado o padrão na escala regional, a fertilidade dos solos foi o gradiente principal para os dois grupos de plantas estudados, embora a textura do solo tenha sido um importante preditor para as pteridófitas. Neste estudo, fica claro que ao generalizar padrões de comunidades vegetais, devemos levar em conta que a heterogeneidade das paisagens pode mudar de maneira imprevista e que a importância do preditor estudado tende a ser determinada pela sua amplitude de variação.

Palavras chave: Leguminosas arbóreas – Pteridófitas terrestres – Florestas tropicais – Variáveis abióticas – Ecologia de comunidades vegetais

Plant distribution patterns along environmental gradients in central Amazonia: a comparison between two landscapes

Abstract: Although exists an extensive literature on patterns of plants distribution in tropical rainforests and their relation to environmental variables, these studies usually do not take in account that their results may be, at least in part, due to the amplitude of variation present in the sampled sites and that within the main predictor variable is likely to exist another gradients that are also important in determining compositional groups. We sampled legume trees and terrestrial pteridophytes in two mesoscale landscapes that are almost of the same size and have similar topographic characteristics but strongly differ in the amplitude of their soil fertility gradients. Principal Coordinates Analysis was made to ordinate the plots in relation to their dissimilarities and Multivariate Regression Trees were used to verify the environmental predictors hierarchy determining compositional groups. In the less fertile soils area, clay content was the main predictor while in the more fertile area, the sum of exchangeable cations was more determinant of composition differences for both the studied plant groups. When we observed the patterns at the regional scale, soil fertility was the main compositional predictor, although clay content was also important for pteridophytes. This study make it clear that, when generalizing plants community patterns, we must take into account that landscapes heterogeneity can change in an unexpected way and that the importance of a environmental predictor tends to be constrained by its amplitude.

Keywords: Legume trees – Terrestrial pteridophytes – Tropical rainforest – Abiotic variables – Ecology of plant communities

INTRODUÇÃO

A amplitude dos gradientes ambientais varia entre locais, e embora a heterogeneidade tenda aumentar com a área, áreas com o mesmo tamanho não abrigam necessariamente a mesma porção de heterogeneidade (Rosenzweig, 1995). A importância relativa dos gradientes ambientais em gerar padrões de distribuição das espécies pode depender apenas da existência de variação suficiente para criar habitats distintos. Como a heterogeneidade muda com a escala de maneira imprevisível, a partição de nichos pode ocorrer em escalas muito diferentes entre os locais. Embora isso possa parecer óbvio, a literatura está repleta de um longo debate sobre quais fatores são mais relevantes para determinar a estrutura e composição de comunidades de plantas (Tuomisto *et al.*, 1994, 1995, 1998; Swaine, 1996; Clark *et al.*, 1998, 1999; Duivenvoorden *et al.*, 2002; Valencia *et al.*, 2004; Svenning *et al.*, 2004; Costa *et al.*, 2005; Paoli *et al.*, 2006; Normand *et al.*, 2006; ter Steege *et al.*, 2006; Pitman *et al.*, 2007; John *et al.*, 2007; Bohlman *et al.*, 2008) que não leva em conta que seus resultados podem depender apenas do tamanho dos gradientes estudados em cada escala. Há sugestões de que a importância relativa de fatores ambientais ou neutros seja ligada à escala (Normand *et al.* 2006) mas é possível que esta seja também dependente da heterogeneidade interna em cada área estudada, que não necessariamente está correlacionada com a extensão da área.

Estudos de comunidades de plantas na Amazônia central identificaram a topografia ou alguma variável correlata como um forte preditor da estrutura das comunidades (Costa *et al.*, 2005 e 2009 Kinupp e Magnusson, 2005, Drucker *et al.*, 2008), em contraste com estudos na Amazônia ocidental, onde a fertilidade do solo geralmente foi o preditor mais importante (Tuomisto *et al.*, 1994, 1995, 2002; Duivenvoorden, 1995; Duque *et al.*, 2002; Ruokolainen *et al.*, 2007). A topografia é associada com a textura do solo e, em algum grau, com sua fertilidade, porém muitos outros fatores estão correlacionados com a topografia, como a disponibilidade de água (Daws *et al.*, 2002) e a deposição de liteira (Luizão *et al.*, 2004). Modelos criados por Robert (2003) sugerem que a disponibilidade de luz e a abertura de clareiras apresentam relação com a inclinação do terreno. No entanto, desembaraçar a contribuição relativa da fertilidade e da topografia na estruturação de comunidades não é fácil. A importância relativa desses preditores pode depender da escala da análise e da amplitude de variação de cada preditor incluído na amostragem. Enormes áreas na Amazônia central possuem uma baixa variação na fertilidade dos solos, sendo cobertas por solos pobres

(Chauvel *et al.*, 1987). Entretanto, existem algumas manchas de solos ricos que ocorrem nas florestas de terra firme, embora sejam pequenas e dispersas. A ocorrência dessas manchas próximas aos solos tipicamente pobres da bacia permite a análise das relações entre fertilidade e topografia e suas consequências na estruturação das comunidades vegetais.

Os efeitos das variáveis abióticas podem ainda variar entre diferentes grupos taxonômicos e/ou funcionais. Em um trabalho na Amazônia ocidental, Ruokolainen *et al.* (2007) mostraram que a composição de pteridófitas, árvores e melastomáceas possuem congruências em suas distribuições em relação a fatores edáficos, podendo, até certo grau, a composição de um grupo prever a de outro e auxiliar na descoberta de grupos indicadores que exigem um menor esforço para serem amostrados. Na Amazônia central, Costa *et al.* (2005) compararam três grupos de plantas herbáceas (pteridófitas, marantáceas e zingiberales) e mostraram a existência de congruências na distribuição de dois grupos ao longo de gradientes topográficos e de nutrientes no solo. Pteridófitas foi o grupo que respondeu mais fortemente às mudanças ambientais, mas, apesar de pertencerem ao mesmo grupo funcional dos demais (ervas terrestres), teve uma distribuição diferenciada. Costa *et al.* (2009) mostraram que palmeiras de dossel e subosque respondem de maneiras diferentes às variáveis ambientais, havendo partição fina de nichos para as palmeiras de subosque mas não para as de dossel. Variáveis ambientais que são limitantes para grupos de subosque podem não ser para árvores de dossel (Wiens, 1989), pois estas podem ser capazes de alcançar recursos que são indisponíveis para o componente arbustivo e herbáceo da floresta. Se em um local dois grupos de plantas têm acesso a determinados recursos limitantes ao seu desenvolvimento e em outro, apenas um deles pode obtê-los, respostas diferenciadas serão esperadas. Logo, ainda não é claro se diferentes grupos taxonômicos e formas de vida respondem de maneira parecida às características ambientais ou se isso pode variar de acordo com os atributos das paisagens estudadas.

Nós analisamos a distribuição e padrões de organização das comunidades de dois grupos de plantas funcionalmente e filogeneticamente distantes – leguminosas arbóreas e pteridófitas terrestres – em dois locais da Amazônia central. Isso foi feito na tentativa de responder às seguintes questões: (1) a taxa de mudança na composição é constante, ao longo da amplitude do preditor ambiental mais importante? (2) a estruturação das comunidades de leguminosas arbóreas e pteridófitas terrestres podem ser afetadas pela amplitude dos gradientes estudados? Nós usamos como modelos dois locais que diferem em sua heterogeneidade ambiental, mas são próximos o suficiente para evitar efeitos biogeográficos

na composição florística. Ambas as áreas possuem forte variação na textura do solo em pequena escala (25 km²), mas uma delas (Rebio Uatumã) tem uma grande amplitude de variação de fertilidade do solo, enquanto a outra (Reserva Ducke) possui apenas uma modesta variação, sendo dominada por solos pobres.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo

Reserva Biológica do Uatumã (RBU) – A Rebio Uatumã está localizada a cerca de 120 km a norte de Manaus (1.80°S - 59.25°W), abrange 942.786 hectares. Está em uma área geologicamente complexa devido ao contato entre a formação geológica Barreiras e um conjunto de formações do Paleozóico (Irion, 1978). A área abrange uma grande amplitude na fertilidade do solo. A temperatura média anual é cerca de 27°C, com mínima e máxima de 20,5°C e 38°C, respectivamente. A média anual de precipitação é de 2370 mm, com nenhum mês com menos de 100 mm de chuva (Sombroek, 2001). A altitude na reserva varia entre 57 e 195 metros acima do nível do mar. Ver Tabelas 1 e 2 para informações sobre as parcelas.

Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD) – Localizada a 26 km ao norte de Manaus (2.90°S - 59.90°W), a reserva constitui uma área de 100 km² de florestas de terra firme (IBGE, 2004). Devido à proximidade de Manaus, é hoje uma das áreas da floresta amazônica mais intensamente estudadas (Pitman *et al.* 2011). Os solos são derivados de sedimentos marinhos do Terciário da formação Barreiras e bastante pobres (Irion, 1978). Nos platôs predominam ferrasolos argilosos que, em direção aos baixios, se tornam cada vez mais arenosos (Podzóis), existindo assim uma variação contínua nas características do solo ao longo do gradiente topográfico (Chauvel *et al.*, 1987). A média anual de temperatura é cerca de 26°C e média anual de precipitação de 2362 mm, com dois meses apresentando menos de 100 mm de chuvas (Sombroek, 2001). A altitude na reserva varia entre cerca de 39 e 110 m acima do nível do mar. Ver tabelas 1 e 2 para informações sobre as parcelas.

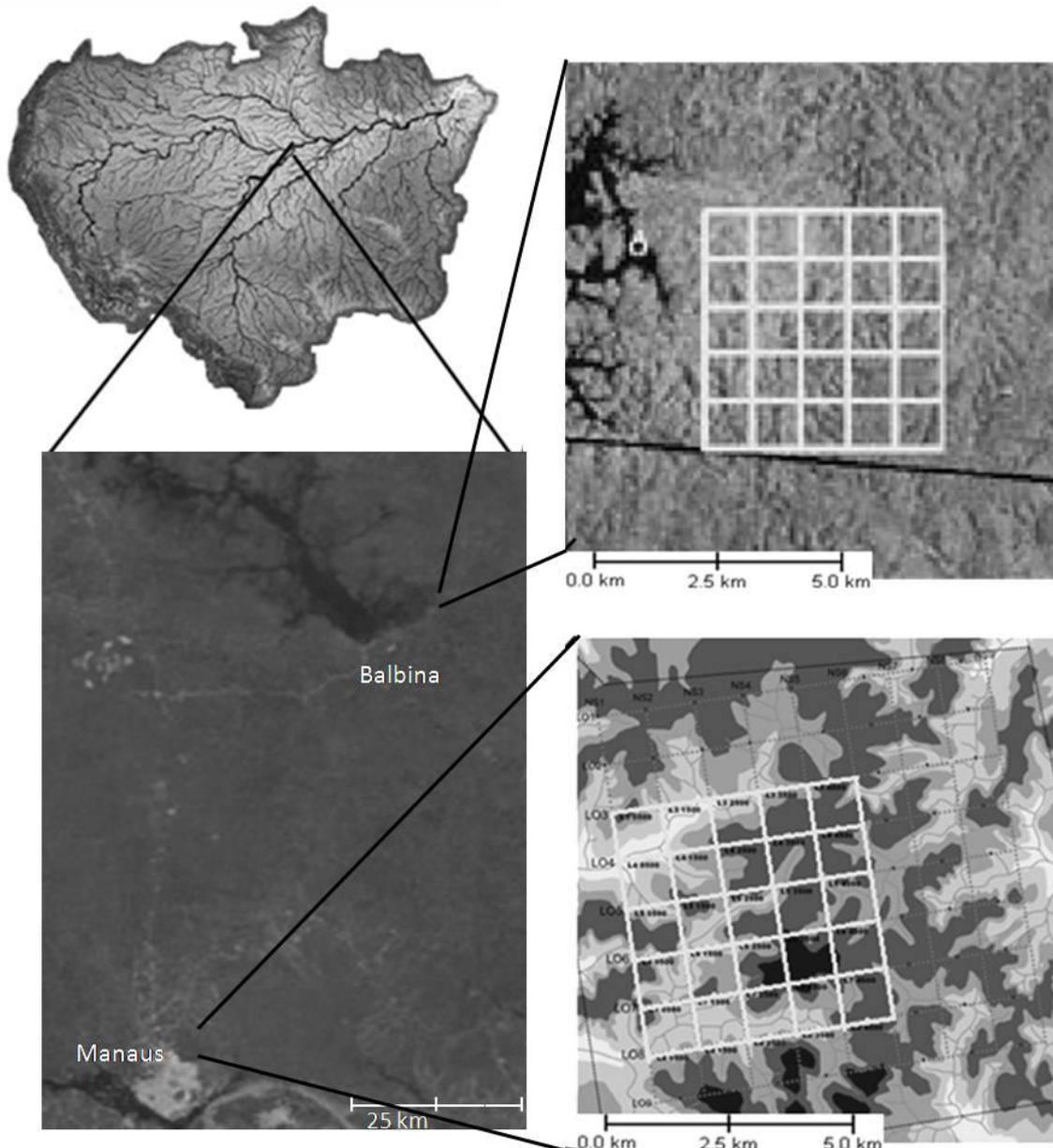


Figura 1: Localização geográfica das áreas de estudo: no canto superior direito a Rebio Uatumã (RBU) e no canto inferior direito a Reserva Ducke (RFAD).

Tabela 1: Valores das variáveis ambientais nas duas áreas de estudo. Os valores são referentes às parcelas nas quais as leguminosas arbóreas e pteridófitas foram amostradas.

		Nº de parcelas (árvores/pteridófitas)	Teor de argila (%)	Bases trocáveis (cmol/kg)	Inclinação (graus)
RFAD	Mínimo-Máximo	30/24	1 - 83.50	0.021 - 0.434	2 - 26.30
	Média ± Desvio padrão		39.05 ± 34.10	0.234 ± 0.116	4 ± 6.08
RBU	Mínimo-Máximo	27/27	16.50 - 85.50	0.165 - 5.675	1 - 25.66
	Média ± Desvio padrão		47.50 ± 23.12	0.925 ± 1.302	10 ± 7.46

Tabela 2: Correlações entre as variáveis ambientais dentro de cada área estudada e para o conjunto das duas áreas. Os valores são referentes às parcelas onde as leguminosas arbóreas foram amostradas.

	RFAD	RBU	RFAD e RBU
Fertilidade x inclinação	-0.326	-0.034	0.052
Fertilidade x textura	0.530*	-0.230	-0.195
Textura x inclinação	-0.235	-0.554*	-0.433*

* $p < 0.005$

Delineamento Amostral

Nas duas áreas de estudo estão instaladas grades de trilhas que utilizam o método RAPELD (Rapid Assessment surveys - RAP and PELD, acronímia em português para Long-Term Ecological Research - LTER), desenvolvido pela equipe do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio). Uma grade de trilhas padrão RAPELD possui 25km², e 30 parcelas que distam ao menos um quilômetro entre si. As parcelas possuem 250 metros de comprimento por aproximadamente 40 metros de largura, seguem a curva de nível do terreno e por isso geralmente possuem forma sinuosa, e tem altitude constante ao longo de seu comprimento. Como na Amazônia central o tipo de solo está correlacionado com a altitude dentro de uma catena (Chauvel *et al.*, 1987), parcelas que seguem a curva de nível do terreno possuem condições edáficas parecidas que permitem o uso da altitude como variável independente. O objetivo é que seja possível reduzir a heterogeneidade ambiental dentro de cada parcela e aumentá-la entre as parcelas.

Coleta de dados

Dentro da grade de trilhas da ReBio Uatumã foram amostradas 27 parcelas para leguminosas arbóreas e na Reserva Ducke 30. A família Leguminosae foi escolhida por ser a de maior valor de importância na região amazônica e possuir 138 espécies conhecidas na Reserva Ducke (Ribeiro *et al.*, 1999). Em cada parcela, todos os indivíduos da família Leguminosae com DAP ≥ 30 cm foram coletados e identificados até o menor grau taxonômico possível, dentro de uma área de um hectare (250 x 40 metros). Indivíduos com DAP ≥ 10 cm foram coletados e identificados em uma área de 0.5 hectare (250 x 20 metros). As amostras coletadas foram identificadas ao nível de espécies ou morfotipos no herbário do INPA e através de consulta da literatura especializada (Ribeiro *et al.*, 1999). Para o gênero

Parkia, consultamos o botânico Mike Hopkins. Como para a Reserva Ducke existe uma Flora (Ribeiro *et al.*, 1999), as identificações podem ser feitas com mais facilidade e segurança. As plantas das duas áreas de estudo foram identificadas e morfotipadas conjuntamente para permitir sua comparação.

As pteridófitas foram amostradas, na ReBio Uatumã e na Reserva Ducke, em 30 e 24 parcelas, respectivamente. A largura de parcela amostrada para pteridófitas terrestres foi de dois metros na Rebio Uatumã e um metro na Reserva Ducke. Cada indivíduo de pteridófita terrestre enraizado dentro da parcela e com mais de cinco centímetros de comprimento de fronde foi contado e identificado. As identificações se basearam principalmente em tratamentos taxonômicos (Mori *et al.*, 1997; Ribeiro *et al.*, 1999) e foram confirmadas pelo Dr. Jefferson Prado do Instituto de Botânica de São Paulo. Material de todas as espécies foi coletado para confirmação no Herbário do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Os números de coleta do material de referência da Rebio Uatumã são da série Zuquim,G. 66 a 406.

Informações sobre a textura e química do solo foram obtidas do banco de dados do PPBio (<http://ppbio.inpa.gov.br/>). As amostras foram analisadas no laboratório de solos do Departamento de Agronomia do INPA. Ca, K e Mg foram as bases trocáveis mensuradas para inferir a fertilidade do solo. Ca^{+2} e Mg^{+2} foram extraídos por KCl 1N e determinados por Espectrofotometria de Absorção Atômica – EAA. K foi extraído com solução extratora de Mehlich I. O Na, apesar de pertencer ao grupo das bases trocáveis, não apresentou concentração suficiente para sua medição. Para avaliar a textura do solo utilizou-se um dispersante químico (pirofosfato de sódio) para separar as partículas que compõem o solo. Para as duas áreas, o protocolo de coleta e análise empregado foi o mesmo.

A inclinação de cada parcela, para as duas áreas, foi a média de seis pontos equidistantes medidos ao longo de seu comprimento, com o uso de um clinômetro. Os dados e metadados da composição de espécies, topografia e solo utilizados já são disponíveis através do banco de dados do PPBio (<http://ppbio.inpa.gov.br/Port/dadosinvent/>).

Nas análises estatísticas, optamos pela utilização do teor de argila ao invés da altitude porque na Rebio Uatumã as duas variáveis tiveram uma correlação baixa quando comparada a Reserva Ducke. Como a textura do solo está mais diretamente relacionada com a capacidade de retenção de água do solo, fator conhecido pela sua importância em limitar a distribuição de

plantas (Swaine, 1996), este deve representar melhor os limitantes ecológicos para a distribuição de espécies.

Análise dos Dados

Análises de Coordenadas Principais (PCoA) foram utilizadas para reduzir a dimensionalidade das comunidades estudadas. Rodamos PCoA's com dados quantitativos e qualitativos. Para os dados quantitativos calculamos matrizes de dissimilaridade utilizando a medida de distância de "Bray-Curtis" ($d_{[jk]} = (\text{sum } \text{abs}(x_{[ij]} - x_{[ik]}) / (\text{sum } (x_{[ij]} + x_{[ik]})))$) e para os dados qualitativos as ordenações foram feitas baseadas no índice de Sorensen. Os dados foram padronizados pelo número total de indivíduos de cada parcela. Para os dados de leguminosas arbóreas e pteridófitas da Rebio Uatumã a PCoA foi calculada utilizando dissimilaridades estendidas sobre as medidas de Bray-Curtis (De'ath, 1999). Esse cálculo foi necessário, pois a Rebio Uatumã apresentou um *turnover* de espécies maior que a Reserva Ducke e ao se calcular as matrizes de dissimilaridade, muitas parcelas que não possuem nenhuma espécie em comum são agrupadas pois sua dissimilaridade é um. Para as parcelas sem espécies em comum, a dissimilaridade pode ser estimada pela soma das dissimilaridades de uma parcela que possui pelo menos uma espécie em comum com o par de parcelas que se deseja comparar e atribui a eles valores maiores que um. Os eixos de ordenação por PCoA foram utilizados como variáveis dependentes em modelos de regressão múltipla. As variáveis independentes testadas foram a porcentagem de argila (representando a textura do solo), a soma de bases trocáveis (representando a fertilidade do solo) e a inclinação do terreno.

Para visualizar de maneira hierárquica a importância de cada preditor ambiental em determinar a composição de espécies nas áreas de estudo, foram geradas árvores de regressão multivariada – ARM (De'ath, 2002). Criamos árvores de regressão para cada grupo de plantas em cada área e para o conjunto das duas áreas de estudo. Para a ARM com o conjunto das pteridófitas nas duas áreas de estudo, foi feita uma correção da área amostral de cada parcela para igualar o esforço de coleta entre as duas áreas. As variáveis dependentes nas ARMs foram o conjunto dos eixos de PCoA de abundância necessários para explicar pelo menos 70 % de variação na composição de espécies das parcelas. As ARM formam agrupamentos de sítios ou parcelas pela divisão repetitiva dos dados baseados nos valores das variáveis ambientais. Cada divisão é feita para minimizar a dissimilaridade de composição entre sítios dentro de cada agrupamento. Com isso, a ARM pode mostrar a existência de hierarquias entre

as variáveis ambientais e também pode ser utilizada para criação de modelos preditores da composição de espécies onde apenas variáveis ambientais estão disponíveis. Todas as ARM foram geradas e tiveram seus tamanhos determinados por validação cruzada. A validação cruzada seleciona a árvore que possui o menor erro médio e deve resultar na árvore com a melhor capacidade preditora (De'ath, 2002). No presente estudo as ARM são utilizadas para fins descritivos, mas mesmo assim a validação cruzada ajudou a selecionar um tamanho adequado de árvore (Larsen e Speckman, 2004).

Para permitir a visualização dos padrões das comunidades e os limites de distribuição nós realizamos ordenações diretas das espécies ao longo dos gradientes estudados (os códigos para gerar a ordenação em R foram produzidos por C. S. Dambros).

Todas as análises foram feitas no ambiente estatístico R, versão 2.12.1. Para as ordenações, foi usado o pacote vegan (Oksanen *et al.*, 2006) e para as ARM o pacote mvpart, versão 1.3-1 (De'ath, 2010).

RESULTADOS

Composição de leguminosas arbóreas

Foram encontrados 1906 indivíduos arbóreos, sendo 1276 na RFAD e 630 na RBU. No total, foram encontradas 140 espécies e 60 morfotipos pertencentes às três subfamílias de Leguminosae (ver apêndice A). A subfamília com maior número de espécies foi Mimosoideae. O gênero *Inga* contou com 30 espécies e 31 morfotipos, sendo responsável pela maior riqueza nesta subfamília.

Na Reserva Ducke foram encontradas 118 espécies e 13 morfotipos. O gênero *Inga* foi o mais diverso com 24 espécies. *Eperua glabriflora* (Ducke) R.S.Cowan foi a espécie mais abundante e frequente, correspondendo a 13.94 % do total de indivíduos e 100% de frequência. Na Rebio Uatumã identificamos 92 espécies e 47 morfotipos de leguminosas arbóreas. A espécie mais abundante encontrada na área foi *Pterocarpus officinalis* Jacq. que totalizou 5.5 % dos indivíduos amostrados. Na Rebio Uatumã não foi encontrado nenhum

indivíduo de *E. glabriflora*. A maior proporção de morfotipos na Rebio Uatumã reflete a escassez de coletas na área quando comparada a intensamente estudada Reserva Ducke. Como apontado por Hopkins (2007), existe uma alta relação espacial de riqueza de espécies com a existência de centros de pesquisa e aeroportos na Amazônia. Mesmo assim, uma área relativamente próxima (cerca de 150 Km) a um grande centro urbano ainda permanece pouco conhecida floristicamente.

Composição de pteridófitas

Foram encontrados 3109 indivíduos de pteridófitas, sendo 2401 na RFAD e 708 na RBU. Na Reserva Ducke foram encontradas 21 espécies de pteridófitas terrestres. A espécie mais abundante foi *Trichomanes pinnatum* Hedw. com 48.02 % do total de indivíduos amostrados. Na Rebio Uatumã encontramos 41 espécies e três morfotipos de samambaias (ver apêndice B). *Selaginella pedata* Klotzsch. correspondeu a 13.84 % do total de indivíduos na área. A riqueza de espécies herbáceas na Reserva Ducke e Rebio Uatumã é bem conhecida pela existência de trabalhos anteriores e através de guias de identificação (Ribeiro *et al.*, 1999; Zuquim *et al.*, 2008).

Gradientes da comunidade de leguminosas arbóreas

Na Reserva Ducke os três primeiros eixos de ordenação por PCoA dos dados quantitativos captaram juntos 41.5 % da variação na composição da comunidade (Tabela 3). O primeiro eixo de composição esteve significativamente relacionado com a porcentagem de argila do solo e inclinação do terreno. O efeito relativo da argila foi maior ($b_{std}= 0.269$) que o efeito de inclinação do terreno ($b_{std}= 0.076$). Para os dados qualitativos, os eixos de ordenação somados explicaram 38.9 % de variação. Apenas o primeiro eixo mostrou relação significativa com a porcentagem de argila (fig. 2 a) e com a inclinação. Na Reserva Ducke, a composição de espécies de leguminosas arbóreas não mostrou relação significativa com a fertilidade do solo, tanto para dados quantitativos como para qualitativos (Tabela 3). Embora a maioria das espécies arbóreas esteja amplamente distribuída ao longo de todos os gradientes estudados (fig. 3 a), 17 espécies na Reserva Ducke se mostraram restritas as áreas de baixo teor de argila (< 13.5 %). Cerca de dez espécies se mostraram restritas a áreas relativamente

planas e a grande maioria ($\approx 85\%$) teve distribuição quase homogênea ao longo do gradiente de inclinação do terreno (fig. 3 b).

Juntos, os três eixos de PCoA explicaram 45.9 % da variação na composição de leguminosas arbóreas na Rebio Uatumã, para os dados quantitativos. A fertilidade do solo ($b_{std}= 0.561$) (Fig. 2. c), seguida pela porcentagem de argila ($b_{std}=0.429$), foram as variáveis ambientais mais fortemente associadas ao primeiro eixo. O terceiro eixo também esteve significativamente relacionado com a fertilidade do solo (Tabela 3). Para os dados qualitativos, os eixos somados captaram 41 % da variação na comunidade de leguminosas arbóreas. Apenas o primeiro eixo mostrou relação com a fertilidade e a porcentagem de argila, sendo também o efeito relativo de fertilidade muito maior que o de textura do solo (Tabela 3). A figura 3 c também mostra que um grupo de 48 espécies de leguminosas arbóreas (56.4% do total de espécies com mais de um indivíduo) ocorre apenas em parcelas onde o teor de argila é inferior a 80 %, sendo ausentes em áreas de platôs. De maneira geral, as leguminosas tiveram uma maior amplitude de distribuição ao longo de todos os gradientes estudados nas duas áreas de estudo.

Gradientes da comunidade de pteridófitas

Para a comunidade de pteridófitas, os três eixos da PCoA explicaram 74.3 % da variação na composição quantitativa da Reserva Ducke. Apenas o primeiro eixo da ordenação mostrou relação significativa com a porcentagem de argila ($b_{std}= 0.380$), seguida pela fertilidade do solo ($b_{std}= 0.184$) (Tabela 3). Para os dados qualitativos, os eixos de ordenação captaram 80.8 % da variação da comunidade. Novamente, o primeiro eixo esteve relacionado significativamente com o teor de argila ($b_{std}= 0.313$) (Fig. 2 b) e à fertilidade do solo ($b_{std}= 0.141$). Contudo, o terceiro eixo da PCoA esteve relacionado significativamente com a inclinação do terreno ($b_{std}= 0.079$). Os gráficos de ordenação direta da pteridófitas da Reserva Ducke (Fig. 4 b) mostram a existência de diversas espécies que estão restritas às parcelas bastante arenosas. Apenas *Schizaea elegans* não ocorreu em parcelas predominantemente arenosas e as três espécies mais abundantes estão distribuídas ao longo de quase todo o gradiente de teor de argila, porém suas maiores abundâncias ocorrem em parcelas mais argilosas.

Na Rebio Uatumã, os eixos de ordenação juntos somaram 61.6 % da variação quantitativa explicada da comunidade de pteridófitas. A fertilidade do solo foi a única variável ambiental que esteve relacionada significativamente a composição de espécies representada pelos dois primeiros eixos da PCoA ($b_{std}= 0.272$ e $b_{std}= 0.265$, respectivamente) (Fig. 2 d). Nas análises qualitativas, os três eixos explicaram 72.3 % da variação na composição da comunidade. O primeiro e segundo eixos de composição estiveram relacionados com a fertilidade do solo ($b_{std}= 0.237$ e $b_{std} = 0.199$, respectivamente). Cerca de 16 espécies estiveram restritas às seis parcelas com elevada fertilidade do solo (Fig. 4 c). Um número similar de espécies se apresentou distribuída de maneira indiferente ao gradiente de fertilidade. A maioria das espécies da Rebio Uatumã não ocorreu nas parcelas com alto teor de argila, que abrigaram cerca de 11 espécies (Fig. 4 d).

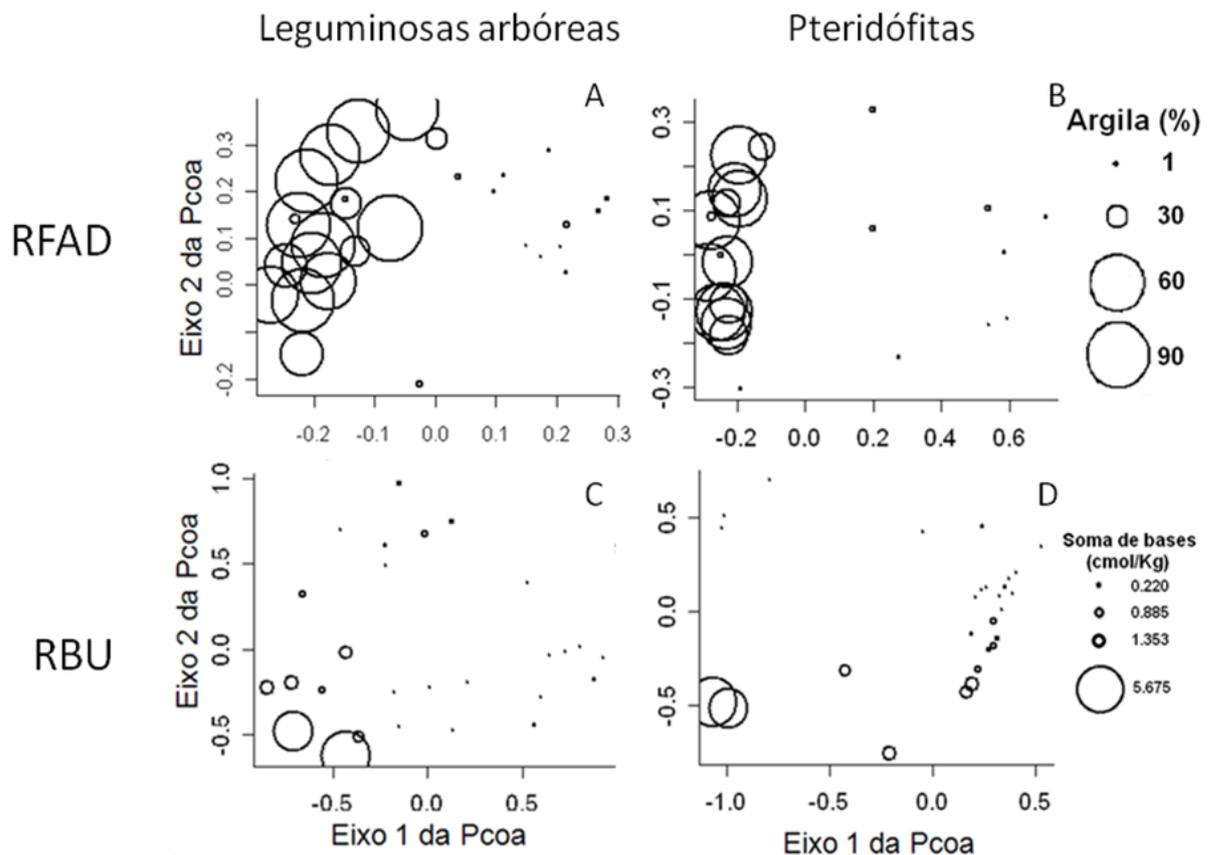


Figura 2: Ordenações das parcelas da RFAD e RBU amostradas para árvores (A e C) e pteridófitas (B e D). O tamanho dos círculos é proporcional ao teor de argila de cada parcela da RFAD (A e B) e proporcional ao valor da soma de bases trocáveis (Ca, K e Mg) em c.mol/Kg de cada parcela da RBU (C e D).

Tabela 3: Coeficientes padronizados da regressão parcial (b_{std}) para cada preditor incluído nos modelos de regressão linear múltipla e suas probabilidades associadas. Pillai-trace representa a probabilidade combinada do efeito de cada variável sobre os três eixos da PCoA. * significa $p \leq 0.005$.

Grupo de plantas	Área	Tipo de dados	Eixo de ordenação	Variância explicada	Teor de argila	Bases trocáveis	Inclinação	R ²
Leguminosas arbóreas	RFAD	Dados quantitativos	PCoA 1	0.258	0.269 (0.000)*	-0.075 (0.057)	0.076 (0.009)*	0.749
			PCoA 2	0.087	-0.006 (0.860)	-0.021 (0.584)	0.065 (0.035)*	0.235
			PCoA 3	0.070	0.009 (0.801)	-0.019 (0.629)	-0.025 (0.374)	0.032
			Pillai-trace		(0.000)	(0.283)	(0.002)	
	RBU	Dados qualitativos	PCoA 1	0.233	-0.260 (0.000)*	0.071 (0.052)	-0.062 (0.019)*	0.765
			PCoA 2	0.080	0.032 (0.398)	-0.066 (0.106)	0.003 (0.916)	0.118
			PCoA 3	0.076	-0.008 (0.833)	0.001 (0.966)	-0.026 (0.379)	0.033
			Pillai-trace		(0.000)	(0.108)	(0.020)	
	RFAD	Dados quantitativos	PCoA 1	0.222	0.429 (0.007)*	-0.561 (0.000)*	-0.096 (0.495)	0.689
			PCoA 2	0.154	0.254 (0.303)	-0.325 (0.129)	0.072 (0.755)	0.148
			PCoA 3	0.083	-0.307 (0.138)	-0.450 (0.015)*	0.299 (0.131)	0.412
			Pillai-trace		(0.000)	(0.000)	(0.062)	
RBU	Dados qualitativos	PCoA 1	0.210	0.512 (0.000)*	-0.541 (0.000)*	-0.036 (0.778)	0.735	
		PCoA 2	0.121	0.256 (0.296)	0.390 (0.070)	0.019 (0.932)	0.154	
		PCoA 3	0.079	0.055 (0.832)	-0.092 (0.679)	-0.098 (0.692)	0.029	
		Pillai-trace		(0.000)	(0.000)	(0.122)		
Pteridófitas	RFAD	Dados quantitativos	PCoA 1	0.521	-0.380 (0.000)*	0.184 (0.004)*	-0.048 (0.292)	0.712
			PCoA 2	0.111	-0.016 (0.704)	0.065 (0.159)	0.062 (0.089)	0.179
			PCoA 3	0.111	-0.007 (0.870)	-0.018 (0.715)	0.000 (0.986)	0.022
			Pillai-trace		(0.000)	(0.031)	(0.170)	
	RBU	Dados qualitativos	PCoA 1	0.588	0.313 (0.000)*	-0.141 (0.042)*	-0.002 (0.963)	0.570
			PCoA 2	0.146	-0.052 (0.235)	-0.005 (0.898)	-0.059 (0.104)	0.190
			PCoA 3	0.074	0.006 (0.796)	0.023 (0.389)	0.079 (0.001)*	0.423
			Pillai-trace		(0.000)	(0.217)	(0.001)	
	RFAD	Dados quantitativos	PCoA 1	0.424	-0.214 (0.071)	-0.272 (0.010)*	-0.028 (0.791)	0.296
			PCoA 2	0.208	0.080 (0.093)	-0.265 (0.000)*	-0.047 (0.287)	0.757
			PCoA 3	0.091	-0.065 (0.226)	-0.096 (0.226)	0.096 (0.049)	0.380
			Pillai-trace		(0.000)	(0.000)	(0.041)	
RBU	Dados qualitativos	PCoA 1	0.354	-0.164 (0.060)	-0.237 (0.002)*	-0.075 (0.353)	0.337	
		PCoA 2	0.177	-0.024 (0.576)	0.199 (0.000)*	-0.029 (0.476)	0.619	
		PCoA 3	0.122	0.111 (0.015)	-0.047 (0.699)	-0.067 (0.110)	0.497	
		Pillai-trace		(0.000)	(0.000)	(0.043)		

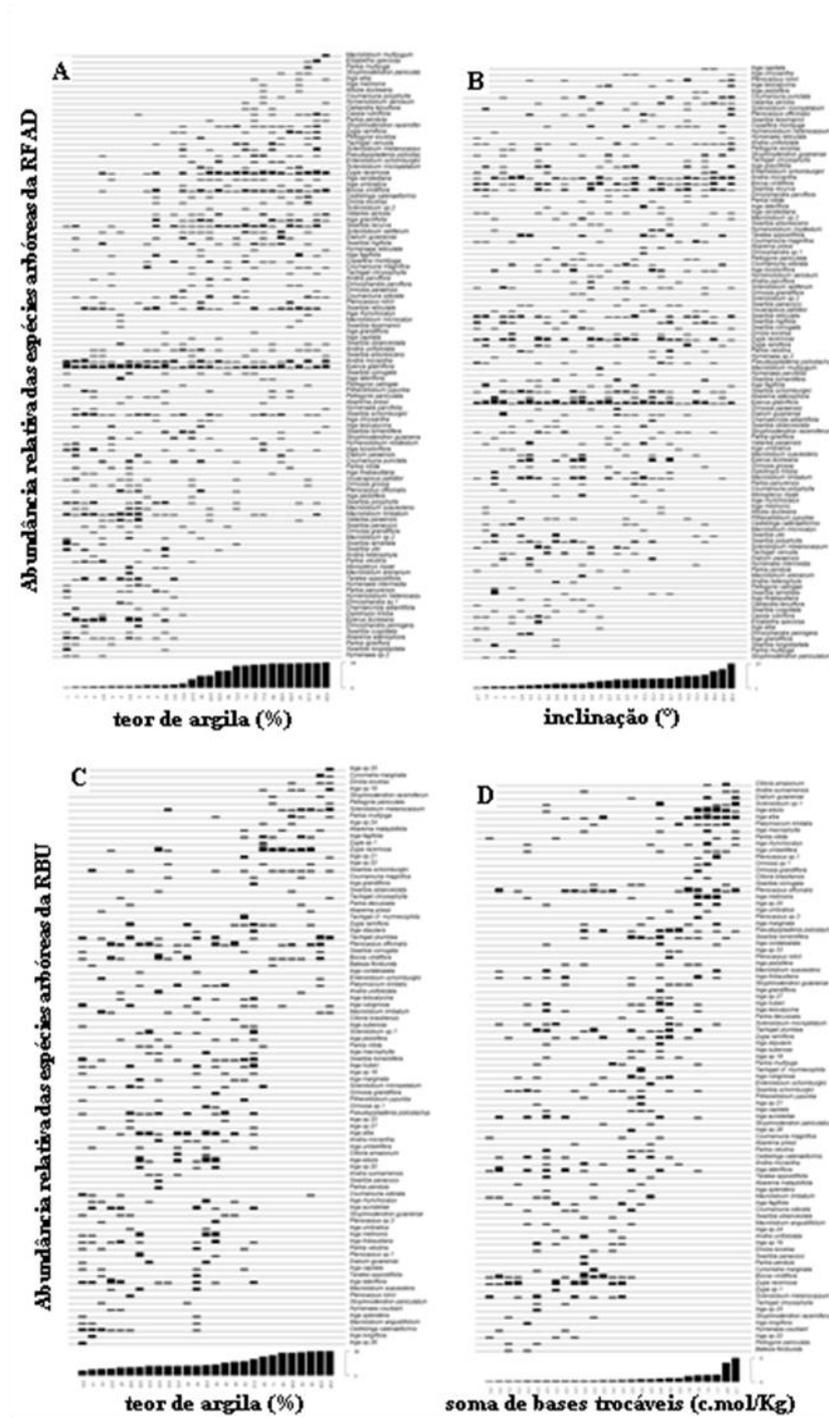


Figura 3: Distribuição das leguminosas arbóreas com mais de um indivíduo amostrado na RFAD (A e B) e RBU (C e D) ao longo dos gradientes com maior importância em suas distribuições. As abundâncias relativas foram padronizadas em escala logarítmica para melhor visualização.

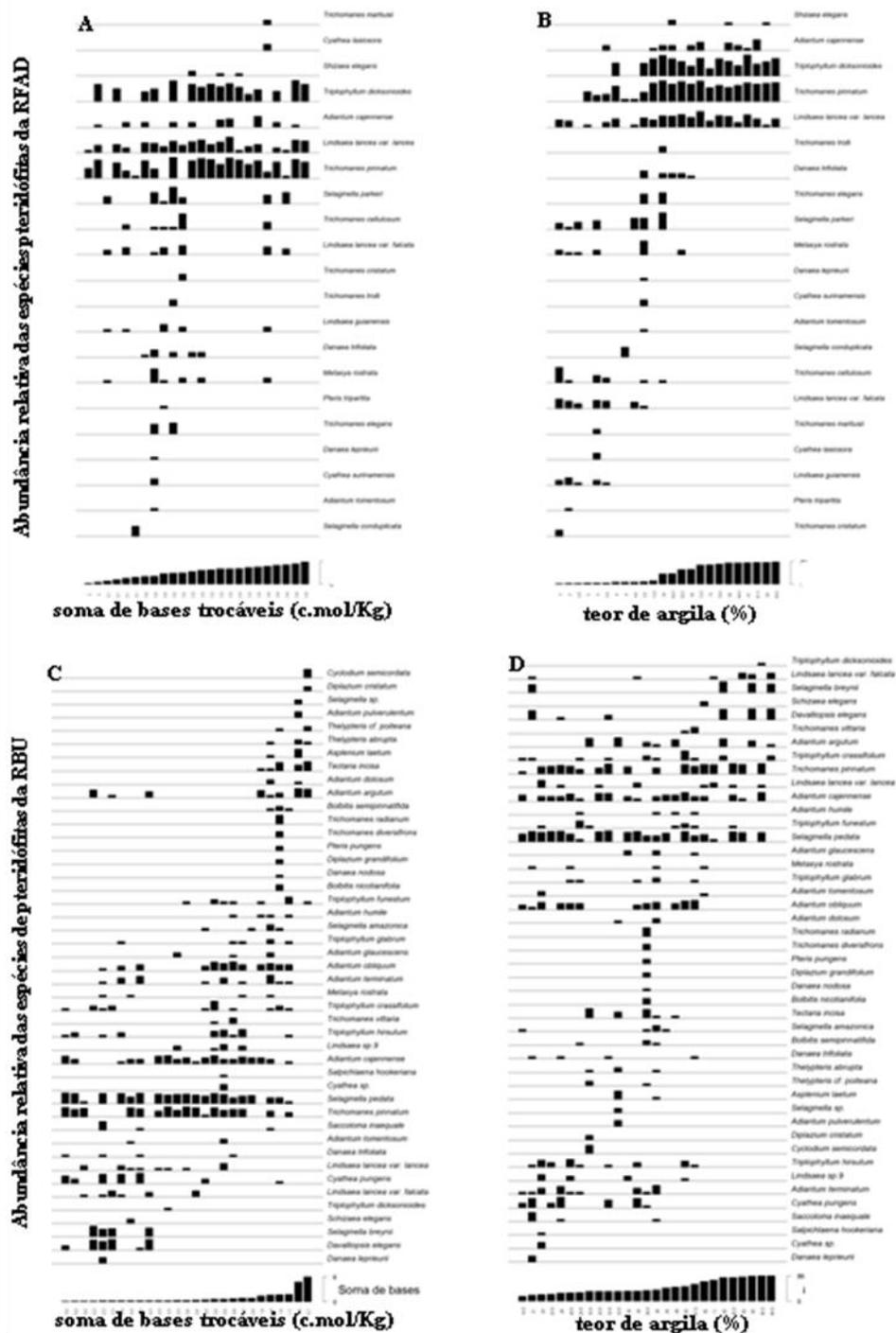


Figura 4: Distribuição das pteridófitas terrestres na RFAD (A e B) e RBU (C e D) ao longo dos gradientes de maior importância em suas distribuições. As abundâncias relativas foram padronizadas em escala logarítmica para melhor visualização.

Hierarquia de fatores na mesoescala

Árvores de regressão das leguminosas arbóreas

Na Reserva Ducke, a primeira divisão da árvore de regressão reduziu seu erro em 26.8 % e foi produzida pelo teor de argila, separando 12 parcelas muito arenosas, típicas dos baixios (< 9 % argila) de todas as demais 18 parcelas (Fig. 5 a). Uma segunda bifurcação da árvore, no grupo de parcelas mais argilosas, reduziu seu erro em 6.7 % e foi produzida pela inclinação do terreno, segregando a composição de leguminosas arbóreas presentes nas vertentes (inclinação $\geq 11.5^\circ$) da composição nos platôs (inclinação $< 11.5^\circ$). Utilizamos 9 eixos de ordenação, que somaram 72.0 % de variância explicada, na construção da árvore de regressão das leguminosas da Reserva Ducke. Na Rebio Uatumã, a soma de bases trocáveis foi responsável pela primeira divisão da árvore (Fig. 5 c). Essa separação reduziu o erro da árvore em 9.8 % e segregou as seis parcelas mais férteis (≥ 1.119 cmol/kg) de outras 21 parcelas com valores de soma de bases inferiores a este. A segunda bifurcação da árvore ocorreu dentro do grupo de parcelas menos férteis, reduziu 9.5 % do erro e foi dada também pela soma de bases trocáveis. Foram separadas seis parcelas com soma de bases entre 0.437 e 1.119 cmol/kg de quinze parcelas com valores de fertilidade menores. No grupo de parcelas com fertilidade inferior a 0.437 cmol/kg, a inclinação do terreno separou cinco parcelas com inclinação $\geq 15.6^\circ$ de outras dez parcelas localizadas em terrenos mais planos. Nesta árvore de regressão foram utilizados 8 eixos de ordenação, que somaram 71.4 % de variância explicada.

Árvores de regressão das pteridófitas terrestres

A primeira divisão da árvore de regressão das pteridófitas amostradas na Reserva Ducke foi determinada pelo teor de argila e reduziu seu erro em 44.7 % (Fig. 5 b). Esta divisão separou dez parcelas de vertente baixa e baixio (< 11.5 % argila) das demais 14 parcelas. A fertilidade do solo foi responsável pela segunda bifurcação da árvore que reduziu seu erro em 11.3% e separou, dentro do grupo de baixios e vertentes baixas, seis parcelas com valores de soma de bases trocáveis menores que 0.185 cmol/kg de outras quatro com valores acima deste. Foram utilizados três eixos de ordenação que explicaram juntos 74.3 % da variância na composição de espécies.

Na Rebio Uatumã, a soma de bases trocáveis foi responsável pela primeira divisão da árvore de regressão e reduziu seu erro em 24 % (Fig. 5 d). A primeira bifurcação separou as seis parcelas mais férteis (≥ 1.119 cmol/kg) das 21 parcelas com valores de fertilidade inferiores. A segunda divisão foi gerada pelo teor de argila no solo, reduziu o erro da árvore em 19.1 % e separou seis parcelas de platô (≥ 75.5 %) de outras 15 parcelas com porcentagem de argila inferior. Dentro do grupo das seis parcelas de platô, a árvore criou uma terceira bifurcação e separou, pela fertilidade do solo, dois grupos com três parcelas que contém teor de argila ≥ 75.5 %. Nesta árvore de regressão foram utilizados quatro eixos de ordenação que, somados, explicaram 70.5 % de variância na composição de espécies.

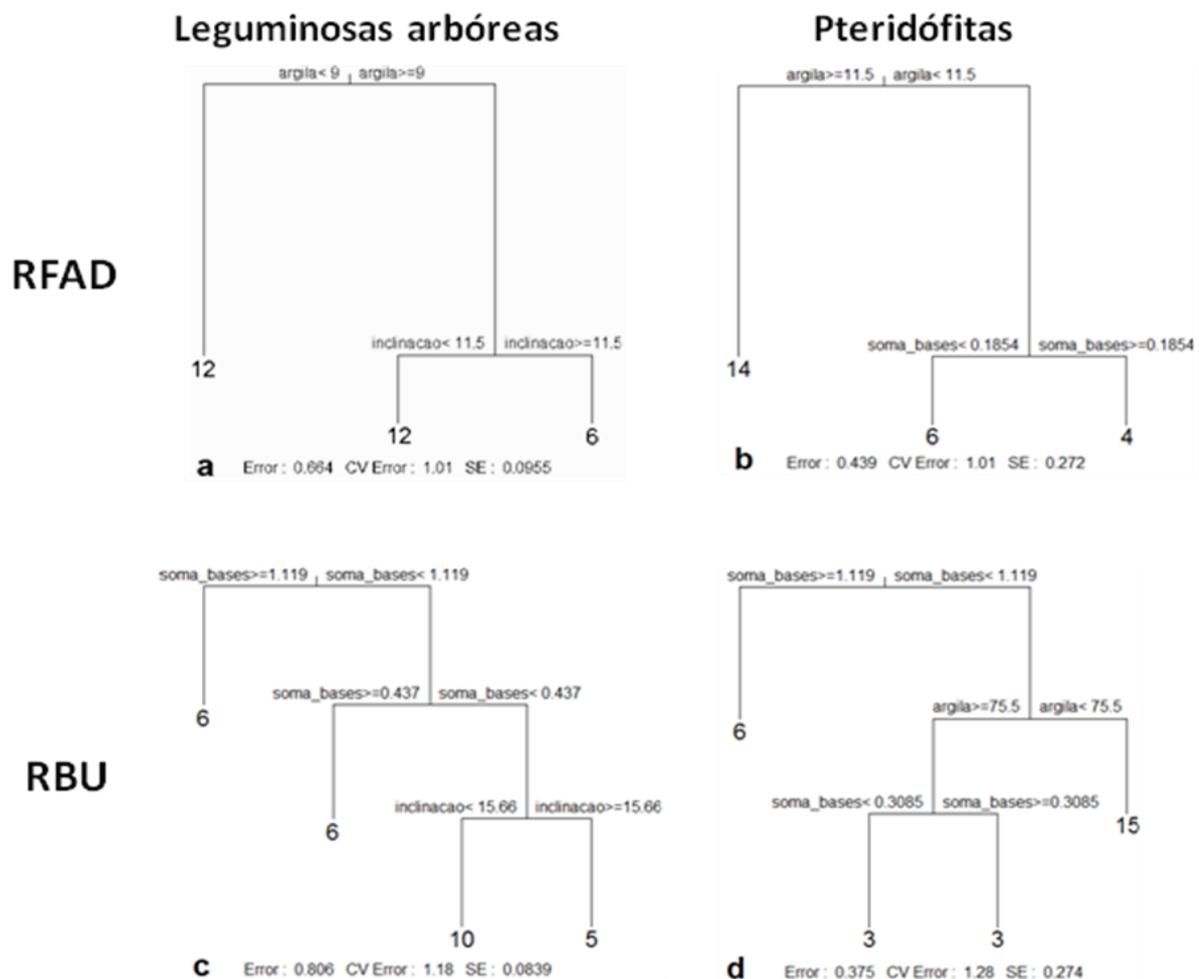


Figura 5: Árvores de regressão multivariada dos quatro grupos de plantas estudados. (a) árvores da RFAD, (b) pteridófitas terrestres da RFAD, (c) árvores da RBU, (d) pteridófitas terrestres da RBU. Os números nas extremidades dos ramos são o número de parcelas separadas. Error: é a variância não explicada pela árvore. Os valores de argila são em porcentagem, inclinação em graus (°) e soma de bases em cmol/kg.

Hierarquia de fatores na escala regional

A análise conjunta das leguminosas arbóreas do conjunto das duas áreas de estudo criou uma árvore de regressão que teve sua primeira bifurcação determinada pela soma de bases trocáveis e reduziu seu erro em 12.8 % (Fig. 6 a). Essa bifurcação separou as 12 parcelas mais férteis (≥ 0.443 cmol/kg) da Rebio Uatumã das demais 45 parcelas. A segunda bifurcação reduziu o erro da árvore em 6.5 %, segregou seis parcelas entre as mais férteis (≥ 1.119 cmol/kg) de outras 6 com valores de soma de bases entre 1.118 e 0.443 cmol/kg. Quatorze eixos de ordenação, que somaram 71.2 % de variância na composição explicada, foram utilizados na construção da árvore.

A árvore de regressão criada com os dados de pteridófitas terrestres do conjunto das duas áreas de estudo teve sua primeira divisão determinada pela soma de bases, que reduziu seu erro em 20.4 % (Fig. 6 b). Essa bifurcação segregou as 12 parcelas mais férteis da Rebio Uatumã (≥ 0.443 cmol/kg) das demais 39 parcelas estudadas. Dentro deste grupo, o teor de argila foi responsável por outra bifurcação que separou 10 parcelas de baixios (<11.5 %) de outras 29 parcelas mais argilosas e reduziu o erro da árvore em 15.2 %. Uma terceira bifurcação, determinada pelo teor de argila, reduziu o erro da árvore em 7.6 %. Nesta árvore de regressão utilizamos seis eixos de ordenação, que explicaram 72.8 % de variância na composição de espécies.

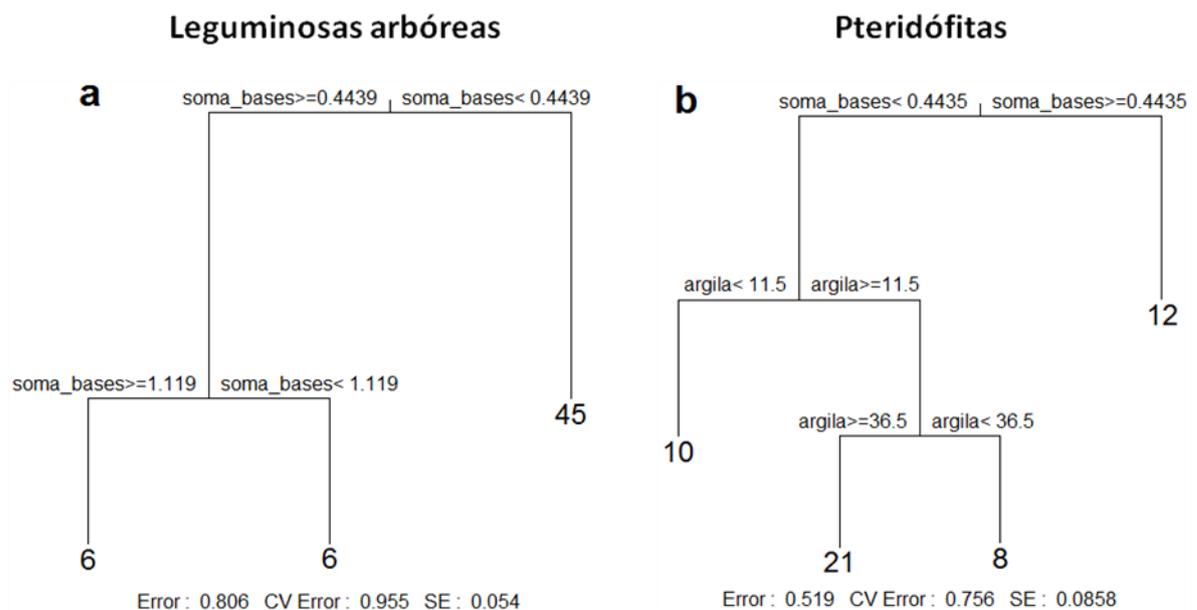


Figura 6: Árvores de regressão multivariada dos dois grupos taxonômicos de plantas estudados na escala regional. (a) leguminosas arbóreas e (b) pteridófitas terrestres.

DISCUSSÃO

Padrões de distribuição das espécies

A maioria das espécies de pteridófitas esteve restrita às áreas predominantemente arenosas da Reserva Ducke e da ReBio Uatumã, padrão também encontrado para arbustos e pteridófitas no Peru (Tuomisto *et al.*, 1995) e para pteridófitas em 4 sítios na Amazônia ocidental (Tuomisto e Poulsen, 2000). Porém isso não se deve necessariamente ao baixo teor de argila em si. Esse padrão pode também ser causado pelo fato dos baixios apresentarem uma maior variedade de condições ambientais, principalmente relacionadas à drenagem, que pode mudar bastante dentro de um curto gradiente vertical (Tuomisto e Poulsen, 2000). Adicionalmente, a reprodução da maioria das espécies de pteridófitas é dependente de água e isso é um potencial fator que pode delimitar seus nichos, habitats e áreas de distribuição (Page, 2002), logo, é esperada a existência de um maior número de espécies nesses ambientes, que são mais próximos aos cursos da água e suscetíveis a alagamentos periódicos.

O número de espécies de leguminosas arbóreas foi muito maior do que de pteridófitas e grande parte delas esteve distribuída de maneira uniforme ao longo do gradiente textural do solo. Cerca de 1/5 das espécies arbóreas da RFAD esteve restrito aos baixios. Em áreas baixas, a suscetibilidade a diferentes períodos de alagamento é um importante divisor de composição de espécies arbóreas, levando a uma alta diversidade β entre esses ambientes e outras áreas mais bem drenadas (Pelissier *et al.*, 2001). O excesso de água e a conseqüente baixa oxigenação do solo são considerados uma condição limitante (Joly, 1991). Experimentalmente, Lopez e Kursar (1999) mostraram que plântulas de três espécies típicas de áreas não alagáveis são afetadas negativamente em condições de alagamento. Possivelmente pelas mesmas razões, a maioria das espécies ocorreu fora das áreas de baixios. Adicionalmente, variáveis físicas como, por exemplo, a textura do solo e a inclinação do terreno, podem mudar as necessidades de recursos das espécies devido ao seu efeito sobre as taxas de crescimento e/ou redução dependentes de recursos (Tilman e Pacala, 1993). Finalmente, uma maior riqueza aumenta a chance de que espécies mais aptas a lidar com condições particulares estejam presentes e conseqüentemente, leva a uma maior cobertura do habitat observado (Tilman, 2000).

Ambos grupos de plantas estudados se distribuíram de maneira não linear ao longo dos gradientes ambientais. Principalmente nos extremos de variação, existem não apenas espécies “especialistas”, mas também com aparente preferência por determinados habitats, dado o aumento na abundância nestes locais. As espécies arbóreas estudadas tiveram, em geral, maior amplitude de distribuição ao longo dos gradientes ambientais do que as pteridófitas. Isso pode ser um artefato de amostragem, pois a largura da parcela amostrada para árvores foi maior e por isso a heterogeneidade dentro da parcela também. Porém este é um problema difícil de contornar porque a densidade é, em geral, inversamente relacionada com o tamanho do organismo estudado (Rosenzweig, 1995), tornando impossível diminuir a heterogeneidade dentro da parcela sem reduzir fortemente o número de árvores amostradas. Isso é abrandado pelo fato de árvores, por serem organismos muito maiores que pteridófitas, possuírem conseqüentemente um sistema radicular maior que pode acessar recursos que estão em locais distantes do ponto onde se localiza o tronco da árvore. Assim, é esperado que a limitação aos recursos locais seja maior para as pteridófitas do que para árvores (Jones *et al.*, 2008), estreitando seus nichos. Isso também é refletido na maior variância da composição de pteridófitas explicada pelas variáveis ambientais e pelo menor número de eixos de ordenação necessários para captar mais de 70 % da variância na composição de espécies. Árvores e pteridófitas podem responder às variações ambientais em mesoescala de maneira qualitativamente semelhante, mas as árvores irão apresentar uma resposta mais generalista ao ambiente a menos que se leve em conta a eficiência de amostragem. (Jones *et al.*, 2008).

Estrutura das comunidades na mesoescala

A influência dos preditores ambientais variou fortemente entre as áreas de estudo e pouco entre os grupos taxonômicos estudados. Na Reserva Ducke, tanto as leguminosas arbóreas quanto as pteridófitas responderam mais fortemente ao gradiente textural do solo, representado pela porcentagem de argila. Estes resultados estão de acordo com o encontrado em estudos anteriores, tanto da composição de espécies herbáceas (Costa *et al.*, 2005), palmeiras (Costa *et al.*, 2009) e arbustos e arvoretas do gênero *Psychotria* (Kinnup & Magnusson 2005) quanto da estrutura da vegetação arbórea (Castilho *et al.*, 2006), em que o teor de argila ou sua variável correlata (altitude) foi o fator que melhor explicou os padrões encontrados. A baixa fertilidade dos solos na Amazônia central não restringe o número de espécies de árvores quando comparada com as férteis áreas da Amazônia ocidental (Gentry *et al.*, 1988; Oliveira e Mori, 1999; ter Steege *et al.*, 2000; Valencia *et al.*, 2004) e nem

determina fortemente as distribuições de outros grupos de plantas, que são predominantemente condicionadas à topografia. Grande parte da diversidade de solos na Amazônia se origina das consideráveis diferenças na geologia e geomorfologia que ocorrem ao longo da região e as principais razões dessas diferenças são a estabilidade na topografia e a idade geológica (Quesada *et al.*, 2009). A região central da Amazônia, que é dominada pelas florestas de terra firme, possui latossolos arenosos a argilosos que foram submetidos a longos períodos de lixiviação e são, em geral pobres em nutrientes (Chauvel *et al.*, 1987).

Na Rebio Uatumã, as pteridófitas terrestres e as leguminosas arbóreas responderam mais fortemente ao gradiente de fertilidade do solo, representado pela soma de bases trocáveis. Os padrões de distribuição das comunidades de plantas estudadas foram mais parecidos com os encontrados na Amazônia ocidental, onde a fertilidade dos solos é mais pronunciada (Tuomisto *et al.*, 1994, 1995, 2002; Duivenvoorden, 1995; Duque *et al.*, 2002; Ruokolainen *et al.*, 2007). Tuomisto e Poulsen (1996) classificaram diversas espécies de pteridófitas encontradas nessa região como especialistas de solos férteis. Um estudo no Equador, de Endara e Jaramillo (2011), mostrou que as espécies arbóreas do gênero *Inga* respondem mais fortemente à capacidade de retenção de água e à fertilidade do solo. No entanto, embora predominantemente férteis, a amplitude de variação na quantidade de bases trocáveis encontrada na maioria dos estudos na Amazônia ocidental é muito grande, chegando a variar de 1.16 – 27.3 cmol/kg em algumas áreas da Amazônia Equatoriana estudadas por Tuomisto e Ruokolainen (2002). Nossos resultados, assim como possivelmente os de diversos estudos na região ocidental da Amazônia, estão de acordo com a hipótese de que o efeito do comprimento do gradiente analisado, como sugerido por alguns autores (Vormisto *et al.*, 2000; Costa *et al.*, 2009), seja determinante na detecção dos fatores mais importantes na estruturação de comunidades de plantas. Além disso, embora se espere um aumento da heterogeneidade ambiental conforme aumenta o tamanho da área, essa relação nem sempre é linear e este estudo deixa isto evidente, já que ambas as áreas estudadas tiveram o mesmo tamanho (25 km²) e a mesma distribuição espacial das parcelas, mas a heterogeneidade do solo variou bastante entre elas. Assim, o simples controle do delineamento experimental em termos da extensão da área de estudo, número e distribuição espacial das amostras não é suficiente para garantir que os “verdadeiros” determinantes da estruturação das comunidades serão detectados, já que estes dependem intrinsecamente da estruturação espacial da variação ambiental na paisagem.

Interações entre variáveis ambientais e a hierarquia de organização das comunidades

As árvores de regressão multivariada revelaram que as variáveis ambientais estudadas interagem, criando uma organização hierárquica das comunidades de acordo com os preditores estudados. No presente estudo, realizamos esta análise na mesoescala (dentro de cada área de estudo) e na escala regional (para o conjunto das áreas de estudo).

Na mesoescala, caso os solos sejam relativamente pobres em nutrientes, o teor de argila é o preditor mais importante, determinando um grupo de espécies associado a áreas baixas e muito arenosas e outro associado a áreas mais argilosas. Para as árvores, apenas o grupo de parcelas mais arenosas é subdividido de acordo com a inclinação enquanto as pteridófitas presentes em tais áreas foram separadas de acordo com a fertilidade do solo. Parece que, depois da restrição imposta pela característica edáfica mais importante, possivelmente ligada aos requerimentos fisiológicos das espécies, existe uma restrição quanto à capacidade das árvores se fixarem ao solo. Diversas espécies arbóreas presentes em baixios possuem adaptações que otimizam a fixação ao solo, que é menos consolidado, e as ajudam a lidar com a baixa disponibilidade de oxigênio, como sapopemas e raízes escora e superficiais (Ribeiro *et al.*, 1999) e isso pode ser uma pressão seletiva para a colonização de tais ambientes. De maneira geral, a ARM das leguminosas arbóreas da RFAD separou a composição das três classes topográficas típicas das paisagens amazônicas: platôs, vertentes e baixios, padrão similar ao encontrado por Valencia e colaboradores (2004).

No caso das pteridófitas, a heterogeneidade das condições hídricas, somada a necessidade de água para a reprodução podem ser as principais causas da distribuição apresentada. Drucker *et al.* (2008) e Costa *et al.* (2009) encontraram, respectivamente, uma alta taxa de substituição de espécies de ervas terrestres e palmeiras em baixios, sendo sugerido pela segunda autora que mudanças na estrutura das comunidades não estão ligadas apenas às classes topográficas, mas que estas também podem ocorrer ao longo de variações em escala fina dentro de algumas dessas classes. Embora um estudo de Jones *et al.* (2008) na Costa Rica tenha demonstrado que as pteridófitas associadas aos baixios respondem essencialmente às condições de drenagem ou umidade do ar, uma divisão relevante na composição de espécies de baixo foi determinada pela fertilidade do solo, indicando a existência de uma segregação de nichos ainda mais fina. Adicionalmente, assim como no presente estudo, Jones *et al.* (2006) constatou pouca variação na composição pteridófitas em áreas de platôs na Costa Rica.

Caso a amplitude de variação na fertilidade do solo seja grande, a soma de bases trocáveis é o preditor mais importante na mesoescala, pois determina grupos composicionais associados aos solos mais férteis e aos solos pouco férteis. Isso é reforçado pelo fato das

árvores de regressão terem separado em sua primeira divisão, a composição de espécies das mesmas seis parcelas mais férteis da Rebio Uatumã, tanto para pteridófitas quanto para árvores. Quando a fertilidade do solo é alta, um grupo de espécies de pteridófitas se separa nitidamente dos demais, possivelmente por serem especialistas de solos férteis. Por outro lado, quando a fertilidade do solo é menor, o teor de argila passa a ser determinante nas diferenças de composição, separando parcelas típicas de platô ($\geq 75.5\%$ de argila) onde Jones *et al.* (2006) constataram pouca variação na composição pteridófitas.

Embora os principais determinantes dentro da mesoescala tenham diferido entre sítios, na escala regional, a fertilidade do solo foi o principal preditor para ambos os grupos de plantas estudados. A separação florística causada pela fertilidade dos solos da ReBio Uatumã é mais forte do que o efeito dos quase 200 km de distância que separam as duas áreas de estudo. Isto nos leva a concluir que a importância atribuída a um preditor é fortemente influenciada por sua amplitude de variação, e não apenas pela escala. Aqui, escalas diferentes indicaram um mesmo preditor como mais importante. Constatamos então que, se tratando das leguminosas arbóreas, o teor de argila e a inclinação do terreno estão condicionados aos valores de fertilidade do solo. A topografia é considerada o fator mais importante estruturando as comunidades de plantas na região central da Amazônia. O único trabalho de nosso conhecimento que relacionou a distribuição de árvores com variáveis de solo em florestas de terra firme na Amazônia central (nas áreas do Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais), misturou a fertilidade, a textura e o teor de carbono e nitrogênio do solo em um único eixo ordenado por PCA (Bohlman *et al.*, 2008), logo, a metodologia do estudo não permite maiores comparações com os nossos resultados. Zuquim *et al.* (2009) estudaram a distribuição de pteridófitas nas mesmas áreas e constataram que a topografia é o principal preditor da estruturada comunidade de pteridófitas e a fertilidade do solo teve pouca influência nos padrões encontrados. Embora a amplitude de variação na soma de bases trocáveis nesta área seja um pouco maior do que da Reserva Ducke, não é grande o suficiente para gerar gradientes reconhecidos pelas espécies.

Nós vimos que os efeitos da fertilidade do solo e topografia ou textura do solo são hierarquicamente estruturados. Quando a fertilidade possui uma amplitude maior, ela terá um maior efeito sobre a estrutura da comunidade, caso contrário, ela pode ser subordinada à topografia. Quando a fertilidade do solo é alta, a composição é diferente devido a um grupo de espécies que é restrita a tais condições e mostramos que dentro dessa condição nenhum outro fator considerado no presente estudo afeta a composição. Por outro lado, quando a fertilidade é baixa, outros fatores ambientais entram em cena e causam o surgimento de outros

grupos composicionais. Isso demonstra que é possível que além de algumas variáveis serem importantes apenas dentro de certos valores da variável principal, estas podem ser a causa de diversos padrões composicionais observados, que não o principal.

Neste estudo, fica claro que a heterogeneidade das paisagens pode mudar de maneira imprevista e que a importância de um preditor ambiental pode depender principalmente de sua simples amplitude de variação. O que se deve levar em conta na tentativa de generalizar padrões de distribuição de plantas em florestas tropicais são alguns fatores que acreditamos serem capazes de obscurecer, até certo grau, nossa capacidade de fazer generalizações a partir de nossos resultados. Todos eles, no entanto, podem ser superados em pesquisas futuras. A correlação entre as variáveis ambientais, realidade de quase qualquer estudo empírico, pode atrapalhar a interpretação dos resultados ao não permitir que se saiba exatamente quanto de cada variável colabora na formação do padrão observado. Estudos experimentais têm potencial de elucidar tais questões. Em casa de vegetação é possível manter constante, por exemplo, o teor de argila e manipular a fertilidade do solo. Transplantes recíprocos também podem ser utilizados para verificar o desenvolvimento de espécies com distribuições restritas em áreas onde não foram encontradas. Um grande número de morfotipos de leguminosas arbóreas foi encontrado na ReBio Uatumã, sendo esta a única área pouco conhecida floristicamente para árvores. A criação de guias de identificação e floras é essencial se quisermos entender de maneira mais profunda a distribuição das espécies. Por fim, verificamos uma mudança abrupta de composição determinada pela fertilidade dos solos, Pitman e colaboradores (2008) também encontraram uma mudança forte na composição de espécies arbóreas possivelmente determinada por uma mudança na fertilidade dos solos. E mais, tal mudança foi encontrada em uma área de transição entre os solos férteis próximos à cordilheira dos Andes e os solos predominantemente inférteis da planície amazônica. Portanto, conhecer melhor essas áreas de transição e os processos que determinam tais mudanças de composição nos ajudará a entender melhor a distribuição de plantas na Amazônia.

CONCLUSÕES

Nós vimos que a distribuição das espécies ocorre de maneira não linear ao longo dos gradientes ambientais estudados e que existem grupos de espécies que aparentam alguma preferência por valores extremos dentro da amplitude de variação ambiental. Além disso, os efeitos da fertilidade do solo e topografia ou textura do solo são hierarquicamente estruturados. Quando a fertilidade possui uma amplitude maior, ela terá um maior efeito sobre a estrutura da comunidade, caso contrário, ela pode ser subordinada à topografia. Quando a fertilidade do solo é alta, a composição é diferente devido a um grupo de espécies que é restrita a tais condições e mostramos que dentro dessa condição nenhum outro fator considerado no presente estudo afeta a composição. Por outro lado, quando a fertilidade é baixa, outros fatores ambientais entram em cena e causam o surgimento de outros grupos compositionais. Isso demonstra que é possível que além de algumas variáveis serem importantes apenas dentro de certos valores da variável principal, estas podem ser a causa de diversos padrões compositionais observados, que não o principal. Neste estudo, fica claro que se deve ter muita precaução ao generalizar tais padrões sem levar em conta que a heterogeneidade das paisagens pode mudar de maneira imprevista e que mudanças abruptas na composição florística de diversos grupos de plantas não podem ser detectadas com confiabilidade sem dados finos que podem apenas ser coletados *in situ*, a fim de se obter uma melhor resolução da heterogeneidade ambiental.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado a partir da dissertação de mestrado de M. Pansonato do Programa de Pós-Graduação em Ecologia do INPA. À equipe gestora da REBIO Uatumã pelo apoio logístico e financeiro, ao PPBio pelo apoio financeiro, e aos revisores do manuscrito, Bruce Nelson, David Clark e Kalle Ruokolainen pelas valiosas sugestões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bohlman, S.A., Laurance, W.F., Laurance, S.G., Nascimento, H.E.M., Fearnside, P.M., Andrade, A. 2008. Importance of Soils, Topography And Geographic Distance In Structuring Central Amazonian Tree Communities. *Journal of Vegetation Science*, 19: 863-874.

de Castilho, C.V., Magnusson, W.E., De Araujo, R.N.O., Luizão, R., Luizão, F., Lima, A.P., Higuchi, N. 2006. Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian Forest: Effects of soil and topography. *Forest Ecology and Management*, 234: 85-96.

Chauvel, A., Lucas, Y., Boulet, R. 1987. On the genesis of the soil mantle of the region of Manaus, Central Amazonia, Brazil. *Experientia*, 43: 234–241.

Clark, D.B., Clark, D.A., Read, J.M. 1998. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. *Journal of Ecology*, 86: 101±112.

Clark, D. B., Palmer, M. W. & Clark, D. A. 1999. Edaphic factors and the landscape-scale distributions of tropical rain forests trees. *Ecology*, 80: 2662–2675.

Condit, R., Pitman, N., Leigh, E.G. Jr, Chave, J., Terborgh, J, Foster, R.B. et al. 2002. Beta diversity in tropical forest trees. *Science*, 295:666–669.

Costa, F. R. C., Magnusson, W. E. & Luizão, R. C. 2005. Mesoscale distribution patterns of Amazonian understory herbs in relation to topography, soil and watersheds. *Journal of Ecology*, 93:863–878.

- Costa, F.R.C., Guillaumet, J., Lima, A.P. & Pereira, O.S. 2009. Gradients within gradients: The mesoscale distribution patterns of palms in a central Amazonian forest. *Journal of Vegetation Science*, 20: 69-78.
- Daws, M.I., Mullins, C.E., Burslem, D.F.R.P., Paton, S.R., & Dalling, J.W. 2002. Topographic position affects the water regime in a semideciduous tropical forest in Panamá. *Plant and Soil*, 238: 79–90.
- De'ath, G. 1999. Extended dissimilarity: a method of robust estimation of ecological distances from high beta diversity data. *Plant Ecology*, 144:191–199.
- De'ath, G. 2002. Multivariate Regression Trees: A New Technique for Modeling Species–Environment Relationships. *Ecology*, 83(4):1105–1117.
- Drucker, D.P., Costa, F.R.C & Magnusson, W.E. 2008. How wide is the riparian zone of small streams in tropical forests? A test with terrestrial herbs. *Journal of Tropical Ecology*, 24:65–74.
- Duivenvoorden, J.F., Svenning, J.C. & Wright, S.J. 2002. Beta Diversity in Tropical Forests. *Science*, 295:636-637.
- Duque, A., Sanchez, M., Cavelier, J. & Duivenvoorden, J. F. 2002. Different floristic patterns of woody understorey and canopy plants in Colombian Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*, 18:499– 525.
- Endara, M.J. & Jaramillo, J.L. 2011. The influence of microtopography and soil properties on the distribution of the speciose genus of trees, *Inga* (Fabaceae: Mimosoidea), in Ecuadorian Amazonia. *Biotropica*, 43(2): 157-164.
- Gentry, A.H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 75: 1–34.
- Hopkins, M.J.G. 2007. Modelling the known and unknown plant biodiversity of the Amazon Basin. *Journal of Biogeography*, 34:1400–1411.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2004. *Mapa de Vegetação do Brasil*. ed. [ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas_murais](http://geofp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas_murais).)

Irion, G. 1978. Soil infertility in the Amazonian rain forest. *Naturwissenschaften*, 65: 515-519.

Joly, C.A. 1991. Flooding tolerance in tropical trees. In: *Plant Life Under Oxygen Deprivation: Ecology, Physiology and Biochemistry*, eds. Jackson, M.B., Daveis, D.D., Lambers, H. Academic Publishing, The Hague, pp. 23-34.

Jones, M.M., Tuomisto, H. & Olivas, P.C. 2008. Differences in the degree of environmental control on large and small tropical plants: just a sampling effect? *Journal of Ecology*, 96: 367–377.

Jones, M.M., Tuomisto, H., Clark, D.B. & Olivas, P.C. 2006. Effects of mesoscale environmental heterogeneity and dispersal limitation on floristic variation in rain forest ferns. *Journal of Ecology*, 94: 181–195.

Kinupp, V.F. & Magnusson, W.E. 2005. Spatial patterns in the understory shrub genus *Psychotria* in central Amazonia: effects of distance and topography. *Journal of Tropical Ecology*, 21: 363-374.

Larsen, D.R. & Speckman, P.L. 2004. Multivariate regression trees for analysis of abundance data. *Biometrics*, 60(2):543-549.

Lopez, O.R. & Kursar, T.A. 1999. Flood tolerance of four tropical tree species *Tree Physiology*, 19: 925-932.

Luizão, R. C. C., Luizão, F. J., Paiva, R. Q., Monteiro, T. F., Souza, L. S. & Kruijt, B. 2004. Variation of carbon and nitrogen cycling processes along a topographic gradient in a central Amazonian forest. *Global Change Biology*, 10:592–600.

Mori, S. A., G. Cremers, C. Gracie, J. J. de Granville, M. Hoff & J. D. Mitchell. 1997. *Guide to the vascular plants of central French Guiana, Part 1: Pteridophytes, Gymnosperms, and Monocotyledons*. The New York Botanical Garden, Bronx, New York, USA. 422 pp.

Normand, S., Vormisto, J., Svenning, J.C., Grández, C. & Balslev, H. 2006. Geographical and environmental controls of palm beta diversity in paleo-riverine terrace forests in Amazonian Peru. *Plant Ecology*, 186:161–176.

Page, C.N. 2002. Ecological strategies in fern evolution: a neopteridological overview. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 119:1-33.

Paoli, G.D., Curran, L.M. & Zak, D.R. 2006. Soil nutrients and beta diversity in the Bornean Dipterocarpaceae: evidence for niche partitioning by tropical rainforest trees. *Journal of Ecology*, 94:157-170.

Pélissier, R., Dray, S. & Sabatier, D. 2001. Within-plot relationships between tree species occurrences and hydrological soil constraints: an example in French Guiana investigated through canonical correlation analysis. *Plant Ecology*, 162: 143–156.

Pitman, N.C.A., Mogollón, H., D´avila, N., Ryos, M., Garcia-Villacorta, R., Guevara, J., Baker, T.R., Monteagudo, A., Phillips, O.L., Vasquez-Martinez, R., Ahuite, M., Aulestia, M., Cardenas, D., Cerón, C.E., Loizeau, P., Neill, D.A., Núñez, P., Palacios, W.A., Spichiger, R. & Valderrama, E. 2008. Tree Community Change across 700 km of Lowland Amazonian Forest from the Andean Foothills to Brazil. *Biotropica*, 40(5): 525–535.

Pitman, N.C.A., Widmer, J., Jenkins, C.N., Stocks, G., Seales, L., Paniagua, F., Bruna, E.M. 2011. Volume and Geographical Distribution of Ecological Research in the Andes and the Amazon, 1995-2008. *Tropical Conservation Science*, 4(1) :64-81.

PPBio – Programa de Pesquisa em Biodiversidade
(<http://ppbio.inpa.gov.br/Port/dadosinvent/>).

Quesada, C. A., Lloyd, J., Schwarz, M., Patiño, S., Baker, T. R., Czimeczik, C., Fyllas, N. M., Martinelli, L., Nardoto, G. B., Schmerler, J., Santos, A. J. B., Hodnett, M. G., Herrera, R., Luizão, F. J., Arneith, A., Lloyd, G., Dezzeo, N., Hilke, I., Kuhlmann, I., Raessler, M., Brand, W. A., Geilmann, H., Moraes Filho, J. O., Carvalho, F. P., Araujo Filho, R. N., Chaves, J. E., Cruz Junior, O. F., Pimentel, T. P., and Paiva, R. 2009. Chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. *Biogeosciences Discussions*, 63:3923–3992.

Quesada, C. A., Lloyd, J., Anderson, L.O., Fyllas, N.M., Schwarz, M., Czimezik, C.I. 2011. Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. *Biogeosciences*, 8: 1415-1440.

Ribeiro, J. E. L. Da S., Hopkins, M. J. G., Vicentini, A., Sothers, C. A., Costa, M. A. S., Brito, J. M., Souza, M. A. D., Martins, L. H. P., Lohmann, L. G., Assunção, P. A. C. L., Pereira, E. C., Silva, C. F., Mesquita, M. R. & Procópio, E. L. C. 1999. *Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central*. INPA/DFID, Manaus. 799 pp.

Robert, A. 2003. Simulation of the effect of topography and tree falls on stand dynamics and stand structure of tropical forests. *Ecological Modelling*, 167:287–303.

Rozenzweig, M.L. 1995. *Species Diversity in Space and Time*. Cambridge University Press, Cambridge. 460 pp.

Ruokolainen, K., Tuomisto, H., Macia, M., Higgins, M., And Yli- Halla, M. 2007. Are floristic and edaphic patterns in Amazonian rain forests congruent for trees, pteridophytes and Melastomataceae? *Journal of Tropical Ecology*, 23: 13–25.

Sombroek, W. 2001. Spatial and temporal patterns of Amazon rainfall - Consequences for the planning of agricultural occupation and the protection of primary forests. *Ambio*, 30:388-396.

Swaine, M.D. 1996. Rainfall and soil fertility as factors limiting forest species distributions in Ghana. *Journal of Ecology*, 84:419-428.

ter steege, H., Sabatier, D., Castellanos, H., van Andel, T., Duivenvoorden, J., Oliveira, A.A. Ek, R., Lilwah, R., Maas, P. & Mori, S. 2000. An analysis of the Floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of the Guiana Shield. *Journal of Tropical Ecology*, 16:801-828.

ter Steege, H., Pitman, N., Phillips, O. L., Chave, J., Sabatier, D., Duque, A., Molino, J.-F., Prevoist, M.-F., Spichiger, R., Castellanos, H., von Hildebrand, P., & Vasquez, R. 2006. Continental scale patterns of canopy tree composition and function across Amazonia. *Nature*, 444:444-447.

Tilman, D. & Pacala, S. 1993. The Maintenance of Species Richness in Plant Communities. In: Ricklefs R.E. & Schluter, D. (Eds.) *Species Diversity in Ecological Communities*. University of Chicago Press, Chicago. p. 13-25.

Tilman, D. 2000. Causes, consequences and ethics of biodiversity. *Nature*, 405:208-211.

Tuomisto, H. & Ruokolainen, K. 1994. Distribution of Pteridophyta and Melastomataceae along an edaphic gradient in an Amazonian rain forest. *Journal of Vegetation Science*, 5:25-34.

Tuomisto, H., Ruokolainen, K., Kalliola, R., Linna, A., Danjoy, W. & Rodriguez, Z. 1995. Dissecting Amazonian Biodiversity. *Science*, 269: 63-66.

Tuomisto, H. & Poulsen, A.D. 1996. Influence of edaphic specialization on pteridophyte distribution in neotropical rain forests. *Journal of Biogeography*, 23: 283-293.

Tuomisto, H., Ruokolainen, K., Poulsen, A.D., Moran, R.C., Quintana, C., Canãs, G. & Celi, J. 2002. Distribution and Diversity of Pteridophytes and Melastomataceae along Edaphic Gradients in Yasuní National Park, Ecuadorian Amazônia. *Biotropica*, 34(4):516–533.

Tuomisto, H., Ruokolainen, K., Aguilar, M. & Sarmiento, A. 2003. Floristic patterns along a 43-km long transect in an Amazonian rain forest. *Journal of Ecology*, 91:743–756.

Valencia, R., Foster, R., Villa, G., Condit, R., Svenning, J.-C., Hernandez, C., Romoleroux, K., Losos, E., Magard, E. & Balslev, H. 2004. Tree species distributions and local habitat variation in the Amazon: large forest plot in eastern Ecuador. *Journal of Ecology*, 92:214–229.

Vormisto, J., Phillips, O. L., Ruokolainen, K., Tuomisto, H. & Vasquez, R. 2000. A comparison of fine-scale distribution patterns of four plant groups in an Amazonian rainforest. *Ecography*, 23:349–359.

Wiens, J.A. 1989. Spatial Scaling in Ecology. *Functional Ecology*, 3:385-397.

Zuquim, G., Costa, F.R.C., Prado, J., Tuomisto, H. 2008. *Guia de Samambaias e Licófitas da ReBio Uatumã – Amazônia Central*. Áttema Desing Editorial, Manaus, Amazonas, Brasil. 319 pp.

Zuquim, G., Costa, F.R.C., Prado, J. & Braga-Neto, R. 2009. Distribution of pteridophyte communities along environmental gradients in Central Amazonia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 18:151–66.

CONCLUSÕES

Nós vimos que os efeitos da fertilidade do solo e topografia ou textura do solo são hierarquicamente estruturados. Quando a fertilidade possui uma amplitude maior, ela terá um maior efeito sobre a estrutura da comunidade, caso contrário, ela pode ser subordinada à topografia. Quando a fertilidade do solo é alta, a composição é diferente devido a um grupo de espécies que é restrita a tais condições e mostramos que dentro dessa condição nenhum outro fator considerado no presente estudo afeta a composição. Por outro lado, quando a fertilidade é baixa, outros fatores ambientais entram em cena e causam o surgimento de outros grupos compositionais. Isso demonstra que é possível que além de algumas variáveis serem importantes apenas dentro de certos valores da variável principal, estas podem ser a causa de diversos padrões compositionais observados, que não o principal. Neste estudo, fica claro que se deve ter muita precaução ao generalizar tais padrões sem levar em conta que a heterogeneidade das paisagens pode mudar de maneira imprevista e que não pode ser detectada com confiabilidade sem dados finos que podem apenas ser coletados *in situ*.

APÊNDICES

Apêndice A - Lista das espécies de leguminosas arbóreas e suas abundâncias em cada área de estudo.

Espécie	Autor	Ocorrência	Abundância
<i>Abarema adenophora</i>	(Ducke) Barneby & J.W. Grimes	RFAD	13
<i>Abarema cochleata</i>	(Willd.) Barneby & J.W. Grimes	RFAD	1
<i>Abarema curvicarpa var. rodriguesii</i>	Barneby & J.W. Grimes	RBU	1
<i>Abarema floribunda</i>	(Spruce ex Benth.) Barneby & J.W. Grimes	RFAD / RBU	1 / 1
<i>Abarema mataybifolia</i>	(Sandwith) Barneby & J.W. Grimes	RFAD / RBU	1 / 3
<i>Abarema piresii</i>	Barneby & J.W. Grimes	RFAD / RBU	3 / 2
<i>Albizia duckeana</i>	L. Rico	RFAD	2
<i>Albizia pedicellaris</i>	(DC.) L. Rico	RFAD	1
<i>Andira micrantha</i>	Ducke	RFAD / RBU	59 / 5
<i>Andira parviflora</i>	Ducke	RFAD / RBU	6 / 1
<i>Andira surinamensis</i>	(Bondt) Splitg. ex Pulle	RBU	3
<i>Andira unifoliolata</i>	Ducke	RFAD / RBU	16 / 5
<i>Batesia floribunda</i>	Spruce ex Benth.	RFAD / RBU	1 / 2
<i>Bocoa viridiflora</i>	(Ducke) R.S. Cowan	RFAD / RBU	42 / 25
<i>Calliandra tenuiflora</i>	Benth.	RFAD	3
<i>Cassia fastuosa</i>	Willd. ex Benth.	RBU	1
<i>Cassia rubriflora</i>	Ducke	RFAD	9
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	Ducke	RFAD / RBU	7 / 10
<i>Chamaecrista adiantifolia</i>	(Spruce ex Benth.) H.S. Irwin & Barneby	RFAD	4
<i>Chamaecrista negrensis</i>	(H.S. Irwin) H.S. Irwin & Barneby	RFAD	1
<i>Clitoria amazonum</i>	Mart. ex Benth.	RBU	3
<i>Copaifera montijuga</i>	Hayne	RFAD	11
<i>Dypterix magnifica</i>	Ducke	RFAD / RBU	9 / 3
<i>Dypterix odorata</i>	Aubl.	RFAD / RBU	16 / 5
<i>Dypterix polyphylla</i>	(Huber) Ducke	RFAD	2
<i>Dypterix punctata</i>	(Blake) Amsh.	RFAD / RBU	13 / 1
<i>Cynometra marginata</i>	Benth.	RBU	4
<i>Dialium guianense</i>	(Aubl.) Sandwith	RFAD / RBU	15 / 5
<i>Dicorynia paraensis</i>	(Ducke) R. Koeppen	RBU	1
<i>Dimorphandra parviflora</i>	Spruce ex Benth.	RFAD / RBU	5 / 1
<i>Dimorphandra pennigera</i>	Tul.	RFAD	5
<i>Dinizia excelsa</i>	Ducke	RFAD / RBU	6 / 1
<i>Diploptropis martiusii</i>	Benth.	RFAD	1
<i>Diploptropis triloba</i>	Gleason	RFAD / RBU	6 / 1
<i>Elizabetha speciosa</i>	Ducke	RFAD	6
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	(Benth.) Benth.	RFAD / RBU	6 / 3
<i>Eperua duckeana</i>	R.S. Cowan	RFAD	54
<i>Eperua glabriflora</i>	(Ducke) R.S. Cowan	RFAD	178
<i>Hymenaea courbaril</i>	L.	RBU	2
<i>Hymenaea intermédia</i>	Ducke	RFAD / RBU	5 / 1
<i>Hymenaea oblingifolia var. palustris</i>	(Ducke) Lee & Langenheim	RBU	1
<i>Hymenaea parvifolia</i>	Huber	RFAD / RBU	3 / 1
<i>Hymenaea reticulata</i>	Ducke	RFAD / RBU	4 / 1

<i>Hymenolobium excelsum</i>	Ducke	RFAD	1
<i>Hymenolobium heterocarpum</i>	Ducke	RFAD	2
<i>Hymenolobium modestum</i>	Ducke	RFAD	6
<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	Ducke	RBU	1
<i>Hymenolobium sericeum</i>	Ducke	RFAD / RBU	3 / 1
<i>Inga Alba</i>	(Sw.) Willd.	RFAD / RBU	3 / 25
<i>Inga auristellae</i>	Harms	RBU	12
<i>Inga bicoloriflora</i>	Ducke	RFAD	18
<i>Inga capitata</i>	Desv.	RFAD / RBU	2 / 4
<i>Inga cayennensis</i>	Sagot ex Benth.	RFAD	1
<i>Inga chrysantha</i>	Ducke	RFAD	3
<i>Inga cordatoalata</i>	Ducke	RFAD / RBU	1 / 4
<i>Inga edulis</i>	Mart.	RBU	28
<i>Inga fagifolia</i>	(L.) Willd. ex Benth.	RFAD / RBU	13 / 7
<i>Inga glomeriflora</i>	Ducke	RFAD	1
<i>Inga gracilifolia</i>	Ducke	RFAD	22
<i>Inga grandiflora</i>	Wall.	RFAD / RBU	2 / 2
<i>Inga huberi</i>	Ducke	RBU	12
<i>Inga lateriflora</i>	Miq.	RFAD / RBU	7 / 21
<i>Inga leiocalycina</i>	Benth.	RFAD / RBU	6 / 7
<i>Inga longiflora</i>	Benth.	RBU	2
<i>Inga macrophylla</i>	Humb. & Bonpl. ex Willd.	RFAD / RBU	1 / 5
<i>Inga marginata</i>	Kunth	RFAD / RBU	1 / 5
<i>Inga melinonis</i>	Sagot	RFAD / RBU	2 / 15
<i>Inga obidensis</i>	Ducke	RFAD / RBU	1 / 1
<i>Inga oerstediana</i>	Benth. ex Seem.	RFAD	10
<i>Inga pezizifera</i>	Benth.	RFAD / RBU	2 / 5
<i>Inga rhynchocalyx</i>	Sandwith	RFAD / RBU	2 / 7
<i>Inga rubiginosa</i>	(Rich.) DC.	RFAD / RBU	1 / 10
<i>Inga splendens</i>	Willd.	RBU	2
<i>Inga stipularis</i>	DC.	RBU	3
<i>Inga suberosa</i>	T.D. Penn.	RFAD / RBU	1 / 3
<i>Inga thibaudiana</i>	Benth.	RFAD / RBU	4 / 11
<i>Inga umbellifera</i>	(Vahl) Steud.	RFAD / RBU	4 / 7
<i>Macrolobium angustifolium</i>	(Benth.) Cowan	RBU	3
<i>Macrolobium arenarium</i>	Ducke	RFAD	3
<i>Macrolobium limbatum</i>	Spruce ex Benth.	RFAD / RBU	35 / 8
<i>Macrolobium microcalyx</i>	Ducke	RFAD	2
<i>Macrolobium multijugum</i>	(DC.) Benth.	RFAD	3
<i>Macrolobium suaveolens</i>	Spruce ex Benth.	RFAD / RBU	9 / 5
<i>Monopteryx inpae</i>	W.A. Rodrigues	RFAD	5
<i>Ormosia grandiflora</i>	(Tul.) Rudd	RFAD / RBU	3 / 2
<i>Ormosia grossa</i>	Rudd	RFAD	6
<i>Ormosia paraensis</i>	Ducke	RFAD / RBU	4 / 1
<i>Parkia decussata</i>	Ducke	RBU	2
<i>Parkia igneiflora</i>	Ducke	RFAD	3
<i>Parkia multijuga</i>	Benth.	RFAD / RBU	2 / 5
<i>Parkia nitida</i>	Miq.	RFAD / RBU	4 / 4
<i>Parkia panurensis</i>	Benth. ex H.C. Hopkins	RFAD	7
<i>Parkia pendula</i>	(Willd.) Benth. ex Walp.	RFAD / RBU	4 / 2
<i>Parkia velutina</i>	Benoist	RFAD / RBU	9 / 5
<i>Peltogyne catinae</i>	Ducke	RFAD	3
<i>Peltogyne excelsa</i>	Ducke	RFAD	6
<i>Peltogyne paniculata</i>	(Benth.) M.F. Silva	RFAD / RBU	6 / 2
<i>Pithecellobium jupunba</i>	(Willd.) Urb.	RFAD / RBU	7 / 4
<i>Platymiscium trinitatis</i>	Benth.	RBU	8
<i>Pseudopiptadenia psilostachya</i>	(DC.) G. P. Lewis & M. P. Lima	RFAD / RBU	11 / 17
<i>Pterocarpus officinalis</i>	Jacq.	RFAD / RBU	11 / 35

<i>Pterocarpus rohrii</i>	Vahl	RFAD / RBU	9 / 2
<i>Pterocarpus santalinoides</i>	L'HÃ©r. ex DC.	RBU	1
<i>Sclerolobium melanocarpum</i>	Ducke	RFAD / RBU	13 / 12
<i>Sclerolobium micropetalum</i>	Ducke	RFAD / RBU	7 / 9
<i>Sclerolobium setiferum</i>	Ducke	RFAD	14
<i>Stryphnodendron guianense</i>	(Aubl.) Benth.	RFAD / RBU	10 / 5
<i>Stryphnodendron paniculatum</i>	Poepp.	RFAD / RBU	3 / 2
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i>	(Willd.) Hochr.	RFAD	1
<i>Stryphnodendron racemiferum</i>	(Ducke) W.A. Rodrigues	RFAD / RBU	13 / 2
<i>Swartzia arborescens</i>	(Aubl.) Pittier	RFAD / RBU	5 / 1
<i>Swartzia brachirachys</i>	Harms	RFAD	1
<i>Swartzia corrugata</i>	Benth.	RFAD / RBU	8 / 4
<i>Swartzia cuspidata</i>	Spruce ex Benth.	RFAD	4
<i>Swartzia ingifolia</i>	Ducke	RFAD / RBU	15 / 1
<i>Swartzia lamellata</i>	Ducke	RFAD	26
<i>Swartzia longistipitata</i>	Ducke	RFAD	5
<i>Swartzia oblanceolata</i>	Sandwith	RFAD / RBU	7 / 2
<i>Swartzia panacoco</i>	(Aubl.) R.S. Cowan	RFAD / RBU	6 / 2
<i>Swartzia polyphylla</i>	DC.	RFAD	20
<i>Swartzia recurva</i>	Poepp.	RFAD / RBU	45 / 1
<i>Swartzia reticulata</i>	Ducke	RFAD	37
<i>Swartzia schomburgkii</i>	Benth.	RFAD / RBU	31 / 11
<i>Swartzia tessmannii</i>	Harms	RFAD	2
<i>Swartzia tomentifera</i>	(Ducke) Ducke	RFAD / RBU	10 / 14
<i>Swartzia ulei</i>	Harms	RFAD	15
<i>Tachigali cf. myrmecophylla</i>	Ducke	RFAD / RBU	1 / 5
<i>Tachigali chrysophylla</i>	(Poepp.) Zarucchi & Herend.	RFAD / RBU	4 / 2
<i>Tachigali plumbea</i>	Ducke	RBU	20
<i>Tachigali venusta</i>	Dwyer	RFAD	11
<i>Taralea oppositifolia</i>	Aubl.	RFAD / RBU	23 / 3
<i>Vatairea paraensis</i>	Ducke	RFAD	14
<i>Vatairea sericea</i>	(Ducke) Ducke	RFAD / RBU	12 / 1
<i>Vouacapoua pallidior</i>	Ducke	RFAD	9
<i>Zygia racemosa</i>	(Ducke) Barneby & J.W. Grimes	RFAD / RBU	70 / 30
<i>Zygia ramiflora</i>	(F. Muell.) Kosterm.	RFAD / RBU	13 / 12

Apêndice B - Lista das espécies de pteridófitas terrestres e suas abundâncias em cada área de estudo.

Espécie	Autor	Ocorrência	Abundância
<i>Adiantum argutum</i>	Splitg.	RBU	29
<i>Adiantum cajennense</i>	Willd.	RFAD / RBU	31 / 55
<i>Adiantum dolosum</i>	Kunze	RBU	3
<i>Adiantum glaucescens</i>	Klotzsch	RBU	5
<i>Adiantum humile</i>	Kunze	RBU	4
<i>Adiantum obliquum</i>	Willd.	RBU	41
<i>Adiantum pulverulentum</i>	L.	RBU	3
<i>Adiantum terminatum</i>	Kunze ex Miq.	RBU	23
<i>Adiantum tomentosum</i>	Klotzsch	RFAD / RBU	1 / 3

<i>Asplenium laetum</i>	Sw.	RBU	7
<i>Bolbitis nicotianifolia</i>	(Sw.) Alston	RBU	3
<i>Bolbitis semipinnatifida</i>	(Fée) Alston	RBU	4
<i>Cyathea lasiosora</i>	(Kuhn) Domin	RFAD	3
<i>Cyathea pungens</i>	(Willd.) Domin	RBU	37
<i>Cyathea surinamensis</i>	(Miq.) Domin	RFAD	3
<i>Cyclodium semicordata</i>	(Sw.) J. Sm.	RBU	6
<i>Danaea leprieurii</i>	(L.) Sm.	RFAD / RBU	1 / 3
<i>Danaea nodosa</i>	(L.) Sm.	RBU	1
<i>Danaea trifoliata</i>	Reichenb.	RFAD / RBU	11 / 4
<i>Davalliopsis elegans</i>	(Rich.) Copel.	RBU	44
<i>Diplazium cristatum</i>	(Desr.) Alston	RBU	2
<i>Diplazium grandifolium</i>	Sw.	RBU	2
<i>Lindsaea guianensis</i>	(Aubl.) Dryand.	RFAD	10
<i>Lindsaea lancea</i> var. <i>falcata</i>	(Dryand.) Hieron.	RFAD / RBU	26 / 11
<i>Lindsaea lancea</i> var. <i>lancea</i>	(L.) Bedd.	RFAD / RBU	168 / 13
<i>Metaxya rostrata</i>	(Kunth) C. Presl.	RFAD / RBU	33 / 4
<i>Pteris pungens</i>	Willd.	RBU	2
<i>Pteris tripartita</i>	Sw.	RFAD	1
<i>Saccoloma inequale</i>	(Kunze) Mett.	RBU	9
<i>Salpichlaena hookeriana</i>	(Kuntze) Alston	RBU	1
<i>Schizaea elegans</i>	(Vahl) Sw.	RFAD / RBU	4 / 2
<i>Selaginella amazonica</i>	Spring	RBU	6
<i>Selaginella breynii</i>	Spring	RBU	30
<i>Selaginella conduplicata</i>	Spring	RFAD	8
<i>Selaginella parkeri</i>	(Hook. & Grey.) Spring	RFAD	89
<i>Selaginella pedata</i>	Klotzsch	RBU	142
<i>Tectaria incisa</i>	Cav.	RBU	19
<i>Thelypteris abrupta</i>	(Desv.) Proctor	RBU	4
<i>Thelypteris</i> cf. <i>poiteana</i>	(Bory) Proctor	RBU	3
<i>Trichomanes cellulsum</i>	Klotzsch	RFAD	46
<i>Trichomanes cristatum</i>	Kaulf.	RFAD	3
<i>Trichomanes diversifrons</i>	(Bory) Mett. ex Sadeb.	RBU	3
<i>Trichomanes elegans</i>	Rich.	RFAD	19
<i>Trichomanes martiusii</i>	C. Presl.	RFAD	2
<i>Trichomanes pinnatum</i>	Hedw.	RFAD / RBU	1153 / 98
<i>Trichomanes radianum</i>	Presl	RBU	7
<i>Trichomanes trollii</i>	Bergdolt	RFAD	3 / 2
<i>Trichomanes vittaria</i>	DC. ex Poir.	RBU	4
<i>Triplophyllum crassifolium</i>	Holttum	RBU	20
<i>Triplophyllum dicksonioides</i>	(Fée) Holttum	RFAD / RBU	786 / 1
<i>Triplophyllum funestum</i>	Kunze) Holttum	RBU	11
<i>Triplophyllum glabrum</i>	J. Prado & R. C. Moran	RBU	6
<i>Triplophyllum hirsutum</i>	(Holttum) J. Prado & R. C. Moran	RBU	20

Apêndice C - Ata da Aula de Qualificação



AULA DE QUALIFICAÇÃO

PARECER

Aluno(a): MARCELO PETRATTI PANSONATO
 Curso: ECOLOGIA
 Nivel: MESTRADO
 Orientador(a): FLÁVIA COSTA

Título:

"Composição de leguminosas arbóreas ao longo de gradientes de fertilidade do solo e topografia na Amazônia Central: uma comparação entre duas paisagens".

BANCA JULGADORA:**TITULARES:**

Alberto Vincentini (INPA)
 Carlos Alberto Quesada (INPA)
 Regina Luizão (INPA)

SUPLENTE:

Jorge Gallardo Ordinola (INPA)
 Jean Dalmo Marques (INPA)

EXAMINADORES	PARECER	ASSINATURA
Alberto Vincentini (INPA)	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado () Reprovado	
Carlos Alberto Quesada (INPA)	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado () Reprovado	
Regina Luizão (INPA)	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado () Reprovado	
Jorge Gallardo Ordinola (INPA)	() Aprovado () Reprovado	
Jean Dalmo Marques (INPA)	() Aprovado () Reprovado	

Manaus(AM), 31 de março de 2010

OBS: O aluno deu uma aula excelente no que diz respeito regularizar e responder a maioria das questões e historicamente. A banca sugere que ao invés de usar proxies para valores edaficos que controlam a distribuição de espécies use diretamente as variáveis dos pontos no BD. Ex. topografia, textura, drenagem,

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA TROPICAL E RECURSOS NATURAIS - PIPG BTRN
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA PPG-ECO/INPA

Av. Efigênio Sales, 2239 - Bairro: Adrianópolis - Caixa Postal: 478 - CEP: 69.011-970, Manaus/AM.
 Fone: (+55) 92 3643-1909 Fax: (+55) 92 3643-1909
 site: <http://pg.inpa.gov.br> e-mail: pgeco@inpa.gov.br

Apêndice D - Ata da Defesa Pública



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA.

Aos 11 dias do mês de julho do ano de 2011, às 14:00 horas, na sala de aula do Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais - PPG CFT/INPA, reuniu-se a Comissão Examinadora de Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: o(a) Prof(a). Dr(a). **Bruce Walker Nelson**, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, o(a) Prof(a). Dr(a). **Michael John Gilbert Hopkins**, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e o(a) Prof(a). Dr(a). **José Júlio de Toledo**, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, tendo como suplentes o(a) Prof(a). Dr(a). José Luis Campana Camargo, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e o(a) Prof(a). Dr(a). Renato Cintra, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, sob a presidência do(a) primeiro(a), a fim de proceder a arguição pública da **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO** de **MARCELO PETRATTI PANSONATO**, intitulada "Padrões de distribuição de plantas ao longo de gradientes ambientais na Amazônia central: uma comparação entre duas paisagens", orientado(a) pelo(a) Prof(a). Dr(a). Flávia Regina Capellotto Costa, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

Após a exposição, o(a) discente foi argüido(a) oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final:

APROVADO(A) REPROVADO(A)
 POR UNANIMIDADE POR MAIORIA

Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof(a).Dr(a). Bruce Walker Nelson

Prof(a).Dr(a). Michael John Gilbert Hopkins

Prof(a).Dr(a). José Júlio de Toledo






 Coordenação PPG-ECO/INPA

Apêndice E - Parecer do avaliador do trabalho escrito Bruce Nelson (INPA)



Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA
Programa de Pós-graduação em Ecologia



Avaliação de dissertação de mestrado

Título: Padrões de distribuição de plantas ao longo de gradientes ambientais na Amazônia central: uma comparação entre duas paisagens

Aluno: MARCELO PETRATTI PANSONATO

Orientador: Flávia R. C. Costa

Co-orientador: --

Avaliador: BRUCE WALKER NELSON

Por favor, marque a alternativa que considerar mais apropriada para cada item abaixo, e marque seu parecer final no quadro abaixo

	Muito bom	Bom	Necessita revisão	Reprovado
Relevância do estudo	()	(x)	()	()
Revisão bibliográfica	(x)	()	()	()
Desenho amostral/experimental	(x)	()	()	()
Metodologia	(x)	()	()	()
Resultados	(x)	()	()	()
Discussão e conclusões	()	(x)	()	()
Formatação e estilo texto	()	(x)	()	()
Potencial para publicação em periódico(s) Indexado(s)	()	(x)	()	()

PARECER FINAL

Aprovada (Indica que o avaliador aprova o trabalho sem correções ou **com correções mínimas**)

Aprovada com correções (Indica que o avaliador aprova o trabalho com correções extensas, mas que não precisa retornar ao avaliador para reavaliação)

Necessita revisão (Indica que há necessidade de reformulação do trabalho e que o avaliador quer revisar a nova versão antes de emitir uma decisão final)

Reprovada (Indica que o trabalho não é adequado, nem com modificações substanciais)

Manaus,

23 de março de 2011,

Local

Data

Assinatura

Comentários e sugestões podem ser enviados como uma continuação desta ficha, como arquivo separado ou como anotações no texto impresso ou digital da tese. Por favor, envie a ficha assinada, bem como a cópia anotada da tese e/ou arquivo de comentários por e-mail para pec@inpa.gov.br e/ou claudia.keller23@gmail.com ou por correio ao endereço abaixo. O envio por e-mail é preferível ao envio por correio. Uma cópia digital de sua assinatura será válida.

Endereço para envio de correspondência:

Claudia Keller
 DCEC/CPEC/INPA
 CP 478
 69011-970 Manaus AM
 Brazil

Apêndice F - Parecer do avaliador do trabalho escrito David Clark
(Universidade do Missouri – EUA)



Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA
Programa de Pós-graduação em Ecologia



Avaliação de dissertação de mestrado

Título: Padrões de distribuição de plantas ao longo de gradientes ambientais na Amazônia central: uma comparação entre duas paisagens

Aluno: MARCELO PETRATTI PANSONATO

Orientador: Flávia R. C. Costa

Co-orientador: ---

Avaliador: Dr. David B. Clark

Por favor, marque a alternativa que considerar mais apropriada para cada item abaixo, e marque seu parecer final no quadro abaixo

	Muito bom	Bom	Necessita revisão	Reprovado
Relevância do estudo	()	(X)	()	()
Revisão bibliográfica	()	(X)	()	()
Desenho amostral experimental	()	(X)	()	()
Metodologia	()	(X)	()	()
Resultados	()	(X)	()	()
Discussão e conclusões	()	(X)	()	()
Formatação e estilo texto	()	(X)	()	()
Potencial para publicação em periódico(s) indexado(s)	(X)	()	()	()

PARECER FINAL

Aprovada (indica que o avaliador aprova o trabalho sem correções ou com correções mínimas)

Aprovada com correções (indica que o avaliador aprova o trabalho com correções extensas, mas que não precisa retornar ao avaliador para reavaliação)

Necessita revisão (indica que há necessidade de reformulação do trabalho e que o avaliador quer reavaliar a nova versão antes de emitir uma decisão final)

Reprovada (indica que o trabalho não é adequado, nem com modificações substanciais)

Colorado Springs, Colorado, USA 10 April 2011

Local

Data

Assinatura

Comentários e sugestões podem ser enviados como uma continuação desta ficha, como arquivo separado ou como anotações no texto impresso ou digital da tese. Por favor, envie a ficha assinada, bem como a cópia anotada da tese e/ou arquivo de comentários por e-mail para pecologia@gmail.com e claudiakeller23@gmail.com ou por correio ao endereço abaixo. O envio por e-mail é preferível ao envio por correio. Uma cópia digital de sua assinatura será válida.

Endereço para envio de correspondência:

Claudia Keller
DCEC/CPEC/INPA
CP 478
69011-970 Manaus AM
Brazil

