



**Poder Executivo**  
**Ministério da Educação**  
**Universidade Federal do Amazonas**  
**Faculdade de Ciências Agrárias**  
**Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências**  
**Florestais e Ambientais - PPGCIFA**



# **INFLUÊNCIA DE CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS NA SELETIVIDADE AMBIENTAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS AO LONGO DE UM GRADIENTE TOPOGRÁFICO EM FLORESTA DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA CENTRAL**

ALACIMAR VIANA GUEDES

Manaus - AM  
2016



**Poder Executivo**  
**Ministério da Educação**  
**Universidade Federal do Amazonas**  
**Faculdade de Ciências Agrárias**  
**Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências**  
**Florestais e Ambientais - PPGCIFA**



# **INFLUÊNCIA DE CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS NA SELETIVIDADE AMBIENTAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS AO LONGO DE UM GRADIENTE TOPOGRÁFICO EM FLORESTA DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA CENTRAL**

ALACIMAR VIANA GUEDES

Orientador: Dr. Marciel José Ferreira

Coorientadora: Dra. Kátia Emídio da Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas (PPG-CIFA/UFAM), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, área de concentração: Silvicultura Tropical.

Fonte Financiadora: Projeto “Influência de variáveis do solo no Agrupamento de espécies arbóreas na Floresta Densa de Terra Firme na Amazônia” Universal FAPEAM, edital 021/2011.

Manaus-AM  
2016

Guedes, Alacimar Viana  
G924i Influência de características edáficas na seletividade ambiental de espécies arbóreas ao longo de um gradiente topográfico em floresta de terra firme na Amazônia central / Alacimar Viana Guedes. 2016  
82 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Marciel José Ferreira  
Coorientadora: Kátia Emídio da Silva  
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) -  
Universidade Federal do Amazonas.

1. Fitossociologia. 2. Manejo florestal. 3. Silvicultura de Floresta nativas. 4. análise multivariada. 5. análise de correspondência canônica.. I. Ferreira, Marciel José II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

**Sinopse:**

No presente estudo foi realizada a caracterização da vegetação arbórea e investigado o seu padrão de distribuição em relação às variáveis ambientais, em especial variáveis de solo em dois sítios em áreas de terra de firme na Amazônia Central.

**Palavras Chave:**

Fitossociologia, Manejo florestal, Espécies arbóreas tropicais, Textura do solo, análise multivariada, análise de correspondência canônica.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado saúde e paz para continuar lutando pelos meus objetivos.

Expresso minha gratidão à minha mãe Alacides Batista Viana que mesmo após a morte do meu pai Marcos da Rocha Guedes teve forças para cuidar de duas crianças, e dar todo suporte necessário para termos uma boa educação.

À minha linda esposa Diana Guedes por ser minha companheira e estar sempre ao meu lado em todos os momentos.

Aos meus demais familiares que torcem por mim.

Agradeço a ajuda prestimosa de meus orientadores, Dra. Kátia Emídio da Silva e Dr. Marciel Jose Ferreira, pela oportunidade dada, pelo grande entusiasmo em ensinar, sua dedicação e paciência.

À Embrapa Amazônia Ocidental, por ter fornecido todas as condições necessárias para um bom desenvolvimento do projeto.

Aos professores e colaboradores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais - PPGCIFA.

À FAPEAM pelo apoio financeiro para a coleta de dados ao longo deste trabalho, por meio do Projeto: Influência de Variáveis do Solo no Agrupamento de Espécies Arbóreas na Floresta Densa de Terra Firme na Amazônia.

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

À empresa Precious Woods Amazon, pelo apoio logístico.

Aos meus amigos do laboratório de floresta da Embrapa: Alice Rodrigues, Cadmiel Rafael, Jaciel Santos, Larissa Aragão pela parceria e companheirismos nos estudos e projetos que desenvolvemos juntos.

Aos amigos do laboratório de Silvicultura da UFAM: João Vitor, Maquelle Garcia, Nonato Junior, Rafael Gonçalves, Sulianne Paião, Thayane Matos, Victor Hardt e Wanda Paixão por todo tempo que passamos juntos, discussões e risos.

A todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão desse estudo.

## RESUMO

A floresta amazônica distingue-se por ser o maior reservatório natural de riqueza vegetal do planeta, seus diferentes ambientes florestais possui elevada riqueza e ampla variedade de espécies, muitas vezes exclusivas de determinado ambiente. Compreender como as espécies vegetais se organizam no seu ambiente e como utilizam os recursos disponíveis representa importante subsídio para o manejo e conservação da biodiversidade. Assim, o presente trabalho teve por objetivo agrupar espécies arbóreas tropicais segundo a heterogeneidade ambiental da área, com foco em variáveis químicas e física do solo. O estudo foi realizado em dois sítios florestais na Amazônia Central: (a) área de manejo florestal da empresa Mil Madeiras Preciosas (PWA), município de Silves, e (b) Campo Experimental da Embrapa, localizado no Distrito Agropecuário da Suframa (CEDAS), Rio Preto da Eva. Foram inventariados oito (08) hectares contínuos em cada sítio. Todos os indivíduos com DAP  $\geq$  10 cm foram marcados e identificados e tiveram suas coordenadas UTM registradas. Foram coletadas 200 amostras de solo na profundidade de 0-20 cm por área, que foram submetidas às análises química e granulométrica. Foram inventariados 5.040 indivíduos distribuídos entre 356 espécies no sítio CEDAS e 4.279 indivíduos representados por 203 espécies no sítio PWA, sendo 191 espécies exclusivas do sítio CEDAS e 69 exclusivas do sítio PWA. Entre as cinco espécies mais abundantes no sítio CEDAS encontram-se: *Eschweilera bracteosa*, *Protium amazonicum*, *Eschweilera coriacea*, *Licania oblongifolia* e *Pouteria* sp., correspondendo a 21% do total de indivíduos. No sítio PWA, encontram-se *Trattinnickia burserifolia*, *Eschweilera coriacea*, *Ocotea neesiana*, *Eschweilera collina* e *Trymatococcus amazonicus*, que juntas correspondem a 22% do total de indivíduos. Apesar de constituírem a mesma tipologia florestal, os dois sítios apresentam composições florísticas distintas, evidenciando não homogeneidade florística e estrutural em florestas de terra firme na Amazônia Central. A análise de correspondência canônica (CCA) indicou correlação significativa entre a distribuição das espécies arbóreas ao longo do gradiente topográfico e as variáveis edáficas, com efeito mais pronunciado da textura do solo. Os resultados sugerem que é possível separar grupos de espécies em função das variáveis edáficas, e que a textura é a variável que melhor explica a distribuição das espécies ao longo do gradiente de solos, intermediada pelas variações de topografia.

**Palavras Chave:** Fitossociologia, Manejo florestal, Espécies arbóreas tropicais, Textura do solo, análise multivariada, análise de correspondência canônica.

## ABSTRACT

The Amazon forest is distinguished by being the largest natural reservoir of plant wealth of the planet, where different each of their forest habitats has very rich and wide variety of species, often unique to a particular environment. Understanding how plant species are organized in their environment and how they use available resources is an important tool for the management and conservation of biodiversity. Thus, this study aimed to group tropical tree species according to environmental heterogeneity of the area, focusing on chemical and physical variables soil. The study was conducted in two forest sites in Central Amazonia: (a) forest management company Mil Precious Woods (PWA), the municipality of Silves, and (b) Experimental Field of Embrapa, located in the Agricultural District Suframa (CEDAS) Rio Preto da Eva. They were inventoried eight (08) continuous hectares at each site. All individuals with  $DAP \geq 10$  cm were marked and identified in 2014 and had their registered UTM coordinates. 200 soil samples were collected at a depth of 0-20 cm per area, which were submitted to chemical and particle size analysis. They were surveyed 5,040 individuals distributed among 356 species on the site and give in 4,279 individuals represented by 203 species in the PWA site, with 191 species exclusive to the site and give in 69 exclusive PWA site. Among the five most abundant species on the site CEDAS are *Eschweilera bracteosa*, *Protium amazonicum*, *Eschweilera coriacea*, *oblongifolia Licania* and *Pouteria sp*, corresponding to 21% of individuals. In the PWA site, are *Trattinnickia burserifolia*, *Eschweilera coriacea*, *Ocotea neesiana*, *Eschweilera collina* and *Trymatococcus amazonicus*, which together account for 22% of all individuals. Although they are the same forest type, the two sites have distinct floristic composition, showing no floristic and structural homogeneity in upland forest in Central Amazon. The canonical correspondence analysis (CCA) indicated a significant correlation between the distribution of tree species along the topographic gradient and soil variables, with more pronounced effect of soil texture. The results suggest that it is possible to separate groups of species on the basis of soil characteristics, and texture is the variable which best describes the distribution of species throughout the soil gradient, mediated by the topography variations.

**Keywords:** Phytosociology, forest management, tropical tree species, soil texture, multivariate analysis, canonical correspondence analysis.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação das 29 espécies de interesse comercial exploradas pela empresa Mil.

Tabela 2. Parâmetros estruturais de 20 espécies amostradas em 8 hectares no sítio CEDAS em área de floresta de terra firme, Amazônia Central.

Tabela 3. Parâmetros estruturais de 20 espécies amostradas em 8 hectares no sítio PWA em área de floresta de terra firme, Amazônia Central.

Tabela 4. Comparação entre a diversidade florística nos dois ambientes florestais estudados.

Tabela 5. Lista de espécies comerciais identificadas nos sítios florestais estudados na Amazônia Central.

Tabela 6. Características químicas do solo superficial (0-20 cm) de 8 hectares subdivididos em 32 unidades amostrais de 50 x 50 m em uma floresta densa de terra firme na Amazônia Central, no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental-CEDAS.

Tabela 7. Características químicas do solo superficial (0-20 cm) de 8 hectares subdivididos em 32 unidades amostrais de 50 x 50 m em uma floresta densa de terra firme na Amazônia Central, na área da empresa Mil Madeiras.

Tabela 8. Granulometria do solo superficial (0-20 cm) de 8 hectares subdivididos em 32 unidades amostrais de 50 x 50 m em uma floresta ombrófila densa de terra firme na Amazônia Central, no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental-CEDAS.

Tabela 9. Granulometria do solo superficial (0-20 cm) de 8 hectares subdivididos em 32 unidades amostrais de 50 x 50 m em uma floresta ombrófila densa de terra firme na Amazônia Central, na área da empresa Mil Madeiras.

Tabela 10. Classificação textural de duas áreas de 8 hectares subdivididos em 32 unidades amostrais de 50 x 50m em floresta ombrófila densa de terra firme na Amazônia Central, no CEDAS e na PWA.

Tabela 11. Coeficientes de correlação entre as variáveis ambientais previamente selecionadas e os dois primeiros eixos do diagrama de ordenação da Análise dos Componentes Principais (PCA), para as comunidades arbóreas amostradas nos dois ambientes florestais estudados. Em negrito estão destacadas as correlações mais significativas.

Tabela 12. Autovalores e variância de cada componente principal em relação as variáveis edáficas analisadas nos dois ambientes florestais estudados. Em negrito estão destacados os componentes que explicam a maior variação em cada área.

Tabela 13. Autovalores e variância de cada eixo em relação as variáveis edáficas analisadas nos dois ambientes florestais estudados. Em negrito estão destacados os eixos que explicam a maior variação em cada área.

Tabela 14. Correlação entre as variáveis ambientais, com os dois primeiros eixos de ordenação da CCA, para a comunidade arbórea amostrada nos dois ambientes florestais estudados. Em negrito estão destacadas as correlações mais significativas.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Localização da área de estudo no Campus Experimental do Distrito Agropecuário da Suframa (CEDAS), destacando 400 hectares de parcelas permanentes, Rio Preto da Eva – AM (SILVA, 2015).

Figura 2. Desenho esquemático da área de 400 hectares de parcelas permanentes no CEDAS, em destaque as parcelas mensuradas (SILVA, 2015).

Figura 3. Localização da área da empresa Mil Madeiras Preciosas, município de Silves – AM (SILVA, 2015).

Figura 41-. Parcelas mensuradas na área da empresa Mil Madeiras Preciosas. (SILVA, 2015).

Figura 5. Vinte espécies com os maiores valores de Importância, identificadas na área do Campo Experimental do Distrito Agropecuário da Suframa (CEDAS).

Figura 6. Vinte espécies com os maiores valores de Importância identificadas na área da Empresa Mil Madeiras Preciosas (PWA).

Figura 7. Vinte famílias com os maiores valores de Importância identificadas na área do Campo Experimental do Distrito Agropecuário da Suframa (CEDAS).

Figura 8. Vinte famílias com os maiores valores de Importância identificadas na área da Empresa Mil Madeiras Preciosas (PWA).

Figura 9. Diagrama de ordenação, gerado pela Análise de Correspondência Canônica (CCA), com a posição das 32 parcelas amostradas em área do CEDAS, em relação à direção e magnitude das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação.

Figura 10. Diagrama de ordenação, gerado pela Análise de Correspondência Canônica (CCA), com a posição das espécies com mais de 7 indivíduos amostradas na área do CEDAS, em relação à direção e magnitude das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação.

Figura 11. Diagrama de ordenação, gerado pela Análise de Correspondência Canônica (CCA), com a posição das espécies com mais de 7 indivíduos amostradas na área do CEDAS, em relação à direção e magnitude das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação. Obs.: O nome das espécies está representado pelas quatro primeiras letras do gênero e as quatro primeiras letras do epíteto.

Figura 12. Diagrama de ordenação, gerado pela Análise de Correspondência Canônica (CCA), com a posição das 32 parcelas amostradas na área da MIL, em relação à direção e magnitude das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação.

Figura 13. Diagrama de ordenação, gerado pela Análise de Correspondência Canônica (CCA), com a posição das espécies com mais de 7 indivíduos amostradas na área do MIL, em relação à direção e magnitude das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação.

Figura 14. Diagrama de ordenação, gerado pela Análise de Correspondência Canônica (CCA), com a posição das espécies com mais de 7 indivíduos amostradas na área do MIL, em relação à direção e magnitude das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação. Obs.: O nome das espécies está representado pelas quatro primeiras letras do gênero e as quatro primeiras letras do epíteto.

Figura 15. Mapa estimado pelo método da Krigagem para os dados das variáveis

ambientais com maiores correlações no primeiro eixo da CCA.

Figura 16. Distribuição espacial da espécie *Enterolobium schomburgkii* no sitio CEDAS ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

Figura 17. Distribuição espacial da espécie *Endopleura uchi* no sitio CEDAS ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

Figura 18. Distribuição espacial da espécie *Eschweilera bracteosa* no sitio CEDAS ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

Figura 19. Distribuição espacial da espécie *Protium amazonicum* no sitio CEDAS ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

Figura 20. Distribuição espacial da espécie *Eschweilera coriacea* no sitio CEDAS ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

Figura 21. Distribuição espacial da espécie *Scleronema micranthum* no sitio PWA ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

Figura 22. Distribuição espacial da espécie *Mezilaurus Itauba* no sitio PWA ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

Figura 23. Distribuição espacial da espécie *Pithcellobium incuriale* no sitio PWA ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

Figura 24. Distribuição espacial da espécie *Goupia glabra* no sitio PWA ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. Material e métodos .....	15
2.1 Áreas de estudo.....	15
2.2 Análise da vegetação .....	18
2.3 Análise da estrutura horizontal .....	18
2.4 Diversidade florística.....	20
2.5 Espécies de interesse comercial.....	22
2.6 Caracterização dos solos .....	22
2.7 Relação Espécie-Ambiente.....	23
2.8 Mapas Temáticos de solo .....	25
3. Resultados e Discussão .....	25
3.1 Composição Florística das áreas de estudo .....	25
3.2 Estrutura da vegetação arbórea.....	26
3.3 Diversidade de espécies arbóreas.....	31
3.4 Caracterização físico-química do solo .....	34
3.5 Relação Espécie-Ambiente.....	37
3.5.1 <i>Análise de Componentes Principais (PCA)</i> .....	37
3.5.2 <i>Análise de Correspondência Canônica (CCA)</i> .....	39
3.6 Mapas Temáticos.....	49
3.6.1 Mapas da Seletividade Ambiental de espécies arbóreas .....	51
4 Conclusões .....	57
Referências bibliográficas.....	58

## 1. INTRODUÇÃO

A floresta amazônica é considerada a maior reserva de madeira tropical do mundo, e a inegável vocação florestal da região nos remete ao manejo florestal. O manejo das florestas nativas da Amazônia é um dos temas de abrangência geopolítica mais sensível na atualidade, dada a sua dimensão regional, nacional e internacional (SILVA, 2010; SILVA et al., 2011).

O acumulado de 18,6% de áreas desflorestadas na região da Amazônia Legal (INPE, 2014) têm provocado perdas significativas de recursos genéticos (HOUGHTON et al., 2000), em que espécies raras têm sido dizimadas e diversos habitats modificados pelas ações antrópicas (ANDRADE et al., 2015), afetando a resistência e a resiliência dos ecossistemas. Desta forma, entender os mecanismos responsáveis pela manutenção da alta diversidade biológica nos trópicos, resultante das interações das espécies entre si e com os fatores de sítio, é fundamental para minimizar a escassez de informações no setor florestal, e contribuir para a restauração, conservação e uso múltiplo sustentável das florestas (SILVA, 2010; LIMA et al., 2013).

Na região da Amazônia brasileira, são poucos os estudos sobre as espécies arbóreas de uso múltiplo (SILVA, 2010) que utilizam como ferramenta os modelos de distribuição potencial de espécies, limitando a sua caracterização em relação à distribuição geográfica e áreas de adequabilidade ambiental, onde é possível a sua ocorrência (MENDES et al. 2012; LAU; JARDIM, 2014; FIGUEIREDO et al., 2015).

As florestas densas de terra firme são compostas por muitas espécies, com a maioria representada por reduzido número de indivíduos (MENDONÇA, 2012). Os fatores edáficos que atuam correlacionados, principalmente, com os diferentes gradientes topográficos (variações no relevo) são elementos abióticos cuja ação direta e indireta influenciam a composição florística e a distribuição de espécies vegetais (LAU; JARDIM, 2014). Diversos estudos indicam que áreas com solos mais férteis apresentam diferenças na composição florística (NADEU; SULLIVAN, 2015), densidade das espécies dominantes (CAMPOS; SOUZA, 2002; ILLIAN et al., 2008; JOMBART et al. 2009) e concentrações de nutrientes nas folhas, e que a menor fertilidade seleciona espécies com baixa demanda de nutrientes (MENDES et al., 2012; SILVA JUNIOR et al., 2012).

As características edáficas, em particular a textura do solo, em sítios na Amazônia Central, têm sido relatadas como fatores importantes na determinação dos padrões de composição florística (BOHLMAN et al., 2008), devido a maior variação da textura do

solo ao longo de gradientes topográficos em comparação com as variáveis químicas do solo (MARQUES et al., 2013).

Com a expectativa de promover a sustentabilidade do setor e a conservação da Amazônia, a valorização econômica da floresta em pé se faz necessária por meio do uso sustentável de seus produtos. Portanto, as pesquisas precisam avançar no sentido de auxiliar a normatização com base na ecologia das espécies e que contemplem as particularidades ambientais da Amazônia, não sendo baseada somente na produção volumétrica em nível do povoamento (BENSUSAN; ARMSTRONG, 2008). Assim, identificar como as espécies se organizam no espaço de acordo com a heterogeneidade ambiental, pode revelar padrões que ajudam no entendimento dos processos biológicos que estruturam as comunidades vegetais, uma vez que indivíduos de várias espécies e tamanhos podem estar espacialmente associados entre si, apresentando estruturas que resultam de uma complexa dinâmica florestal, com grande número de interações intra e inter-específicas (LEGENDRE; FORTIN 1989; LAW et al., 2009).

Inventários bióticos tradicionalmente resultam em matrizes com várias dezenas de espécies e algumas dezenas de locais, onde a visualização dos padrões de ocorrência e co-ocorrência das espécies nos ambientes é uma tarefa difícil (PRADO; LEWINSOHN, 2002). Para explorar esses padrões de maneira analítica e quantitativa são utilizados procedimentos estatísticos exploratórios conhecidos como análises multivariadas (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998; KREBS, 1999). Esta metodologia tem como objetivo reduzir o grande número de variáveis a poucas dimensões, com o mínimo de perda de informação, permitindo assim, a detecção dos principais padrões de similaridade, associação e correlação entre as variáveis (FELFILI et al., 2011), auxiliando desta forma, na identificação de indicadores ambientais relacionados à distribuição das espécies.

Diante desse contexto, a caracterização da vegetação e sua relação com as variáveis ambientais, em especial variáveis de solo, poderá fornecer informações sobre o agrupamento geográfico de espécies vegetais em suas áreas de ocorrência natural, que deverão subsidiar futuros projetos de recuperação, restauração e conservação da biodiversidade. No presente estudo, a principal questão investigada foi: Qual a influência dos aspectos físico-químicos do solo, na determinação dos padrões de seletividade ambiental de comunidades de espécies arbóreas, ao longo de um gradiente topográfico, em áreas de floresta densa de terra firme na Amazônia Central?

A presente dissertação apresenta os resultados referentes a diversidade, composição florística e estrutura horizontal, resultados das análises químicas e físicas (granulometria) e a seletividade de espécies arbóreas ao longo de gradientes topográficos em dois sítios de 8 hectares cada, em áreas de floresta de terra firme na Amazônia Central.

## **2. Material e métodos**

### **2.1 Áreas de estudo**

O estudo foi realizado em duas áreas de floresta ombrófila densa de terra Firme no estado do Amazonas. As áreas estudadas possuem oito hectares contínuos cada uma, demarcadas segundo as diretrizes para a instalação de parcelas permanentes utilizadas pela EMBRAPA (SILVA et al., 2005), posicionadas de forma a se amostrar um maior gradiente topográfico, abrangendo áreas de platô, encosta e baixio.

A primeira área de estudo está localizada no Campus Experimental do Distrito Agropecuário da Suframa (CEDAS), pertencente à Embrapa Amazônia Ocidental, situada ao Norte de Manaus distante cerca de 54 km, com acesso pela rodovia BR-174, município de Rio Preto da Eva (AM), (Figuras 1 e 2).

A cobertura florestal é típica de floresta ombrófila densa de terra-firme. O clima é do tipo “Am” na classificação de Köppen, quente e úmido, com precipitação média anual oscilando entre 1.355 e 2.839 mm. A temperatura média anual varia de 25,6 a 27,6°C, e a umidade relativa do ar varia entre 84% e 90%. Os meses mais chuvosos compreendem o período de dezembro a maio, e os mais secos, agosto a outubro (< 100 mm mês<sup>-1</sup>). A altitude varia entre 50 e 100 m (SILVA et al. 2008). O solo da região é classificado predominantemente como Latossolo amarelo de textura muito argilosa (TEIXEIRA et al., 2010).

A segunda área de estudo está localizada na empresa Mil Madeiras Preciosas, fazenda Dois Mil Madeireira Itacoatiara Ltda., pertencente ao projeto *Precious Woods Amazon* (PWA), município de Silves. A área está situada a leste de Manaus, entre os paralelos 20° 43' e 30° 04' de latitude Sul e 58° 31' e 58° 57' de longitude W, no km 227 da rodovia Manaus - Itacoatiara (AM-010). Em linha reta, distante 140 km de Manaus e 25 km de Itacoatiara (Figuras 3 e 4).

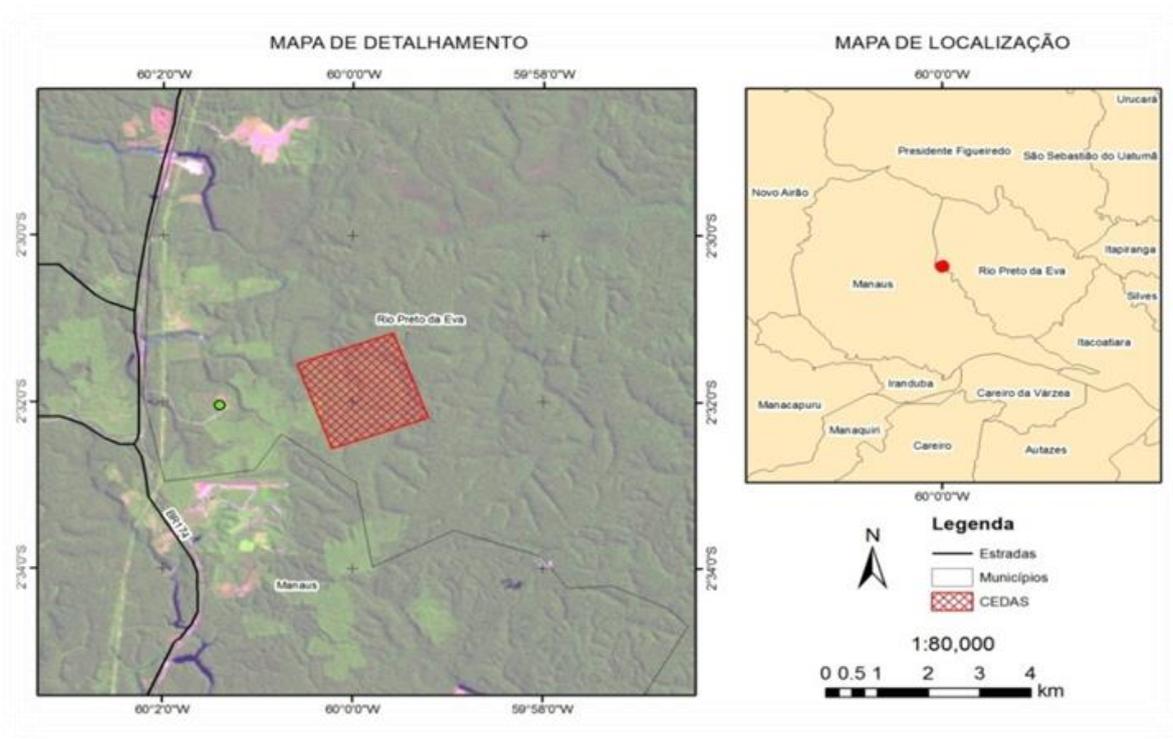


Figura 1. Localização da área de estudo no Campus Experimental do Distrito Agropecuário da Suframa (CEDAS), destacando 400 hectares de parcelas permanentes, Rio Preto da Eva – AM (SILVA, 2015).

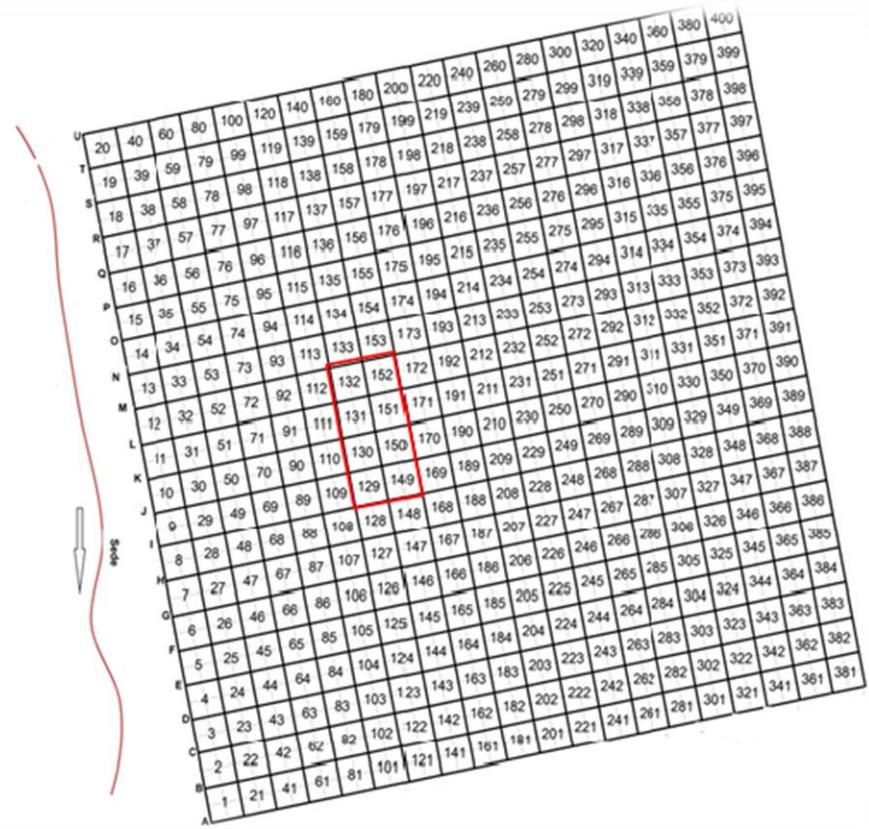


Figura 2. Desenho esquemático da área de 400 hectares de parcelas permanentes no CEDAS, em destaque as parcelas mensuradas (SILVA, 2015).

As áreas que integram o projeto *Precious Woods Amazon* (PWA), atualmente somam 506.698,60 ha, todas no estado do Amazonas. As fazendas onde se concentram as atividades da empresa, todas em regime de Manejo Florestal certificado, somam área total de 166.030,91 ha, contemplando os municípios de Itacoatiara, Silves e Itapiranga.

O clima da região pode ser classificado, segundo Köppen, como grupo climático A (Clima Tropical Chuvoso), abrangendo o tipo e variedade climática *Amw* (chuvas do tipo monções). A precipitação média anual é de 2.200 mm, com menor volume mensal entre os meses de agosto e outubro. A temperatura média anual é 26°C e a umidade relativa do ar média é 80% (SILVA, 2015).

A tipologia florestal predominante na área é classificada como floresta ombrófila densa de terra firme, ligada aos fatores climáticos tropicais de altas temperaturas e alta precipitação bem distribuída durante o ano. Os solos são do tipo Latossolos Amarelos Distróficos Típicos (TEIXEIRA et al., 2010).

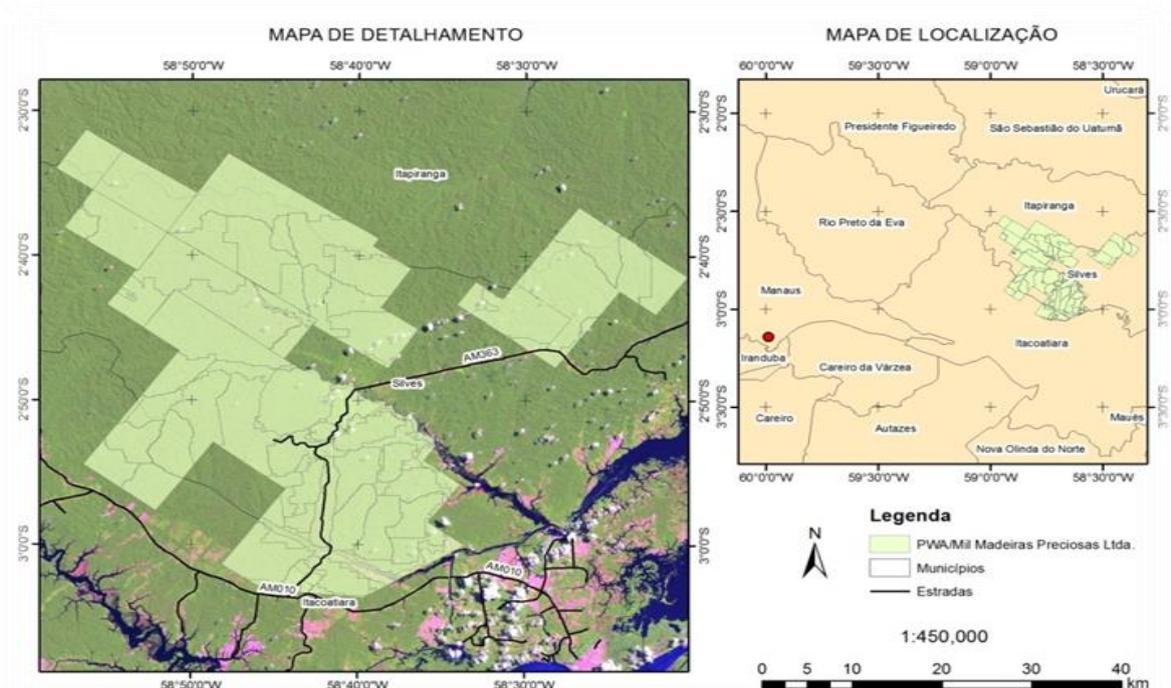


Figura 3. Localização da área da empresa Mil Madeiras Preciosas, município de Silves – AM (SILVA, 2015).

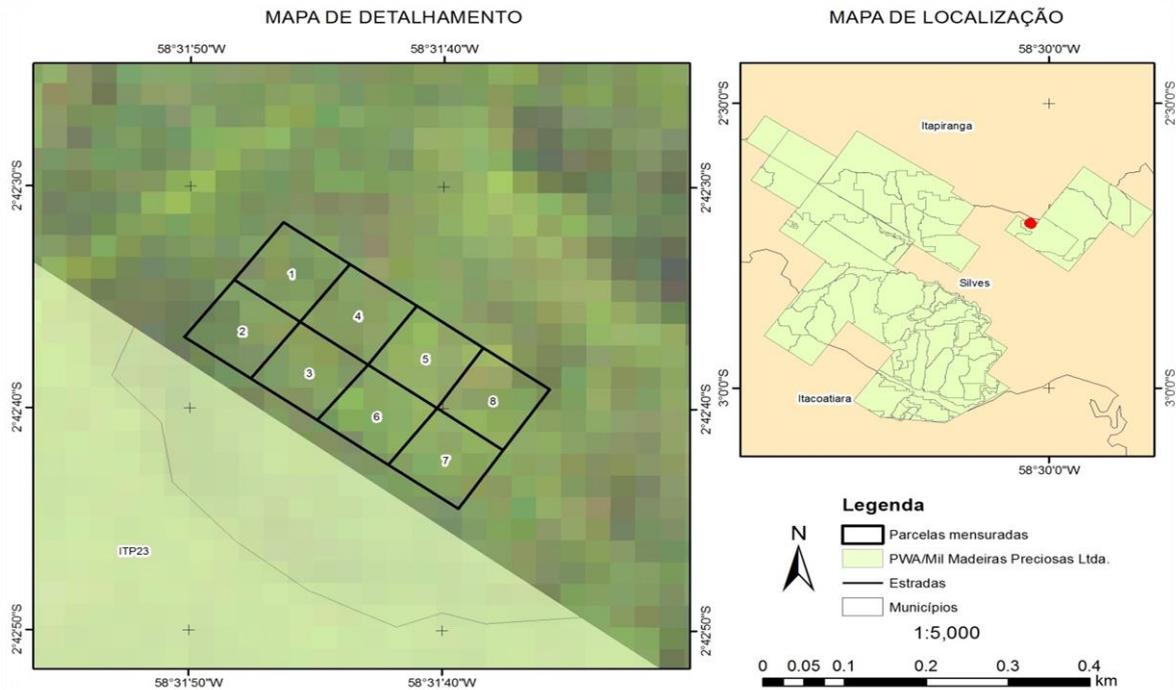


Figura 42-. Parcelas mensuradas na área da empresa Mil Madeiras Preciosas. (SILVA, 2015).

## 2.2 Análise da vegetação

Em cada área de estudo todos os indivíduos arbóreos com diâmetro a altura do peito-DAP  $\geq 10$  cm foram marcados, plaqueteados e identificados botanicamente em nível de espécie. O DAP foi mensurado e foram obtidas as coordenadas UTM por meio de GPS, com sensor Sirf de alta precisão. As espécies não identificadas em campo tiveram o material botânico coletado para a identificação posterior por especialistas do herbário do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e por meio de literatura especializada.

## 2.3 Análise da estrutura horizontal

Em cada área estudada os oito hectares amostrados foram subdivididos em unidades amostrais de 50 x 50 m, totalizando 32 unidades por área. Após a caracterização da vegetação foram aplicadas as formulas para a avaliação da estrutura horizontal segundo Mueller-Dombois e Ellenberg (1974). Foram obtidos os parâmetros populacionais relativos à abundância, dominância e frequência, nas suas formas absolutas e relativas.

Os cálculos foram processados mediante utilização do programa Microsoft Excel para Windows, conforme descrito abaixo para cada parâmetro:

- Densidade absoluta por área proporcional ( $DA_i$ ): representa o número médio de árvores de uma determinada espécie, por unidade de área. A unidade amostral comumente usada para formações florestais é um hectare (10.000m<sup>2</sup>).

Densidade relativa ( $DR_i$ ): é definida como a porcentagem do número de indivíduos de uma determinada espécie em relação ao total de indivíduos amostrados.

$$DA_i = n_i / A$$

$$DR_i = (DA_i / \sum DA_i) * 100$$

Em que:

$DA_i$  = densidade absoluta de i-ésima espécie;

$n_i$  = número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie;

$A$  = área amostrada em hectares;

$DR_i$  = densidade relativa da i-ésima espécie;

- Frequência absoluta ( $FA_i$ ): é a porcentagem de unidades amostragem com ocorrência da espécie, em relação ao número total de unidades de amostragem.

Frequência relativa ( $FR_i$ ): é obtido da relação entre a frequência absoluta de cada espécie e a soma das frequências absolutas de todas as espécies amostradas.

$$FA_i = (U_i / U_t) * 100$$

$$FR_i = (FA_i / \sum FA_i) * 100$$

Em que:

$FA_i$  = frequência absoluta da i-ésima espécie, dada em porcentagem;

$U_i$  = número de unidades amostrais em que a i-ésima espécie está presente;

$U_t$  = número total de unidades amostrais;

$FR_i$  = frequência relativa da i-ésima espécie, em porcentagem;

- A Dominância define a expressão da área transversal (g) de cada indivíduo por espécie. É calculada mediante a área do tronco e o diâmetro da copa. A dominância refere-se à estimativa da área basal da espécie no povoamento.

Dominância Absoluta: ( $DoA_i$ ): é calculada a partir do somatório da área dos indivíduos de cada espécie.

Dominância relativa ( $DoR_i$ ): representa a relação entre a área basal total de uma espécie e a área basal total das espécies amostradas.

$$DoA_i = G_i / A$$

$$DoR_i = (DoA_i / \sum DoA_i) * 100$$

Em que:

$DoA_i$  = dominância absoluta da i-ésima espécie, em m<sup>2</sup>/ha;

$G_i$  = área basal da i-ésima espécie, em m<sup>2</sup>/ha;

$A$  = área amostrada em hectares;

$DoR_i$  = dominância relativa da i-ésima espécie, em porcentagem;

- Valor de importância (VI): representa em que grau a espécie se encontra bem estabelecida na comunidade e resulta em valores relativos já calculados para a densidade, frequência e dominância, atingindo, portanto, valor máximo de 300.

$$VI_i = FR_i + DR_i + DoR_i$$

Em que:

$VI_i$  = índice do valor de importância para i-ésima espécie.

- Valor de cobertura (VC): o valor encontrado para este índice resulta da associação entre os valores de dominância e densidade relativos.

$$VC = DoR + DR$$

Em que:

$VC$  = valor de cobertura da i-ésima espécie;

$DoR_i$  = dominância relativa para a i-ésima espécie;

$DR_i$  = densidade relativa da i-ésima espécie.

## 2.4 Diversidade florística

Para quantificar a diversidade de espécies em cada área de estudo usou-se o Índice de Shannon ( $H'$ ) e o Índice de Equabilidade de Pielou ( $J$ ). Os dados foram avaliados utilizando-se o software PAST (HAMMER; HARPER, 2010).

O índice de Shannon ( $H'$ ), baseia-se na medida de incerteza de uma amostra, considera que os indivíduos são amostrados ao acaso a partir de uma população efetivamente infinita, assumindo também que todas as espécies presentes estejam

representadas na amostra, ou seja, considera a proporção com que os indivíduos de cada espécie aparecem na área amostrada (MAGURRAN, 1988).

Segundo Magurran (1988), o valor máximo desse índice é igual ao logaritmo natural do número de espécies encontrada na área amostrada, que ocorre quando todas as espécies presentes possuem o mesmo número de indivíduos. Quando esse índice retorna valor próximo de zero indica uma diversidade muito baixa, onde uma espécie domina toda a área.

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i * \ln P_i$$

Onde:

S = Número de espécies na área amostrada

$P_i$  = probabilidade de importância de cada espécie ( $n_i/N$ )

$n_i$  = Número de indivíduos de cada espécie

N = Número total de indivíduos

Ln = Logaritmo natural

O índice de Equabilidade de Pielou ( $J'$ ) expressa a relação entre a diversidade real e a diversidade máxima, podendo variar de zero a um. Se tivermos  $J' = 0$ , significa dizer que todas as árvores pertencem a uma espécie e se tivermos  $J' = 1$ , significa dizer que todas as espécies estão igualmente representadas. A fórmula para calcular a uniformidade de Pielou, foi derivada a partir do índice de Shannon ( $H'$ ), conforme equação:

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

Onde:

$J'$  = Índice de Equabilidade de Pielou

S = Números de espécies inventariadas

$H'$  = Índice de Shannon

Ln = Logaritmo natural

Neste estudo, definiu-se como espécies exclusivas aquelas que ocorreram em apenas uma das áreas, denominadas sítio PWA e sítio CEDAS.

## 2.5 Espécies de interesse comercial

Espécies de interesse comercial foram priorizadas neste estudo. Foi realizada a seleção das espécies a partir de uma lista fornecida pela Empresa Mil madeiras Preciosas (Tabela 1). As espécies de valor comercial listadas que ocorrerem com representatividade em algum dos sítios serão priorizadas nas análises supracitadas.

Tabela 1. Relação das 29 espécies de interesse comercial exploradas pela empresa Mil.

<i>Família</i>	<i>Nome Científico</i>	<i>Nome Comum</i>
Anacardiaceae	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Muiracatiara
Apocynaceae	<i>Aspidosperma desmanthum</i> Benth.	Pequiá-marfim
Bignoniaceae	<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	Ipê
Burseraceae	<i>Protium puncticulatum</i> J.F. Macbr.	Breu-vermelho
Caryocaraceae	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	Pequiá
Fabaceae	<i>Hymenolobium modestum</i> Ducke	Angelim-pedra
Fabaceae	<i>Pithecellobium incuriale</i> (Vell.) Benth.	Angelim-rajado
Fabaceae	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Angelim-vermelho
Fabaceae	<i>Swartzia corrugata</i> Benth.	Coração-de-negro
Fabaceae	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Cumarú
Fabaceae	<i>Vatairea guianensis</i> Aubl.	Fava
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá
Fabaceae	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Jutaí-pororoca
Fabaceae	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Sucupira-amarela
Fabaceae	<i>Diploptropis racemosa</i> (Hoehne) Amshoff	Sucupira-preta
Fabaceae	<i>Andira parviflora</i> Ducke	Sucupira-vermelha
Goupiaceae	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Cupiúba
Humiriaceae	<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.	Uxi
Lauraceae	<i>Licaria aritu</i> Ducke	Louro-aritú
Lauraceae	<i>Ocotea rubra</i> Mez	Louro-gamela
Lauraceae	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	Louro-itaúba
Lauraceae	<i>Ocotea neesiana</i> (Miq.) Kosterm.	Louro-preto
Lecythydaceae	<i>Lecythis zabucajo</i> Aubl.	Castanha-sapucaia
Malvaceae	<i>Scleronema micranthum</i> (Ducke) Ducke	Cedrinho
Moraceae	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Guariúba
Myristicaceae	<i>Iryanthera paraensis</i> Huber	Arurá-vermelho
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	Louro-faia
Sapotaceae	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A. Chev.	Maçaranduba
Vochysiaceae	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	Mandioqueira

## 2.6 Caracterização dos solos

O processo de amostragem utilizado foi baseado na amostragem sistemática, também conhecida como seleção mecânica, onde os locais de amostragem são selecionados segundo esquema pré-determinado. O objetivo é distribuir os locais de

coleta de solo de maneira mais uniforme nas parcelas, originando uma maior representatividade, tornando-se eficiente para detectar tendência ou concentração de determinadas características (SALOMÃO et al, 2013).

Amostras de solo foram coletadas com trado holandês na profundidade de 0-20 cm, em cada uma das áreas de oito hectares, coletando-se uma amostra central/grid de 20 x 20 m, totalizando 200 amostras/área de estudo. A localização das amostras foi georreferenciada pelo centróide de cada célula do grid, em coordenadas UTM, datum SAD 69. No laboratório de solos da Embrapa Amazônia Ocidental foram analisadas as características físicas e químicas das amostras de solo.

As características físicas (análise granulométrica) foram avaliadas pelo método da pipeta, que se baseia na velocidade de queda das partículas que compõem o solo, determinando-se as frações areia, silte e argila (KILMER; ALEXANDER, 1949; RICHARDS, 1954; GROHMAN; RAIJ, 1974).

Carbono orgânico (C) por Oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e/ou aquecimento. Teor de matéria orgânica (M.O.) = carbono orgânico x 1,724 – Walkley-Black (EMBRAPA, 1997).

P, Na, k, Fe, Zn, Mn, Cu – Extrator Mehlich-1. Ca, Mg – Extrator KCL 1 mol/L, extração com solução KCL e determinação complexiométrica em presença dos indicadores eriochrome e murexida ou calcon (DEL NEGRO; VETORRI, 1938; VETORRI, 1969; EMBRAPA, 1979). Soma de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{K}^{+} + \text{Na}^{+}$ ) (SETSER, 1941; VETTORI, 1969; EMBRAPA, 1979).

## 2.7 Relação Espécie-Ambiente

Para identificar as associações entre a distribuição das espécies com as variáveis edáficas (físicas e químicas) em cada área de estudo, foram utilizadas duas técnicas de ordenação (análise de gradientes) de análise multivariada; PCA (Análise de Componentes Principais e CCA (Análise de Correspondência Canônica), (MENDONÇA, 2012). Técnicas de ordenação englobam um conjunto de técnicas multivariadas com a finalidade de organizar dados de unidades amostrais ao longo de eixos de um diagrama, facilitando sua interpretação com a menor perda de informação (FELFILI et al., 2011).

A PCA é uma técnica de ordenação indireta que sintetiza um grande número de variáveis em um pequeno grupo de novas composições dimensionais, preservando a

condições originais dos dados, de forma que o arranjo dos dados sofra menor distorção possível (FELFILI et al., 2011). A CCA é uma técnica de análise direta de gradiente baseada na Análise Correspondência (CA) (BALDUINO, 2001; FELFILI et al., 2011), e é mais empregada atualmente em pesquisas ecológicas para estudar relações espécies-ambientes. Nesses estudos, o que pode ser visto é a análise simultânea de dois conjuntos de dados (JOSE et al., 1996; FELFILI et al., 2011).

As variáveis ambientais são representadas por setas e podem ser interpretadas junto com pontos de espécies, onde as setas representam um eixo e os pontos de espécies podem ser projetados neste eixo. Não obstante, a CCA possui um benefício adicional: as variáveis ambientais podem ser representadas por setas junto com valores (“scores”) das espécies e das parcelas (MENDONÇA, 2012).

Assim, quanto mais próximo uma parcela ou espécie estiver da ponta da seta, mais correlacionada ela estará com a variável ambiental representada pela seta. Os resultados da CCA podem ser interpretados a partir dos autovalores e pela percentagem de variação explicada em cada eixo. O autovalor é a medida de extensão de um eixo, refletindo a quantidade de variação ao longo dele e, teoricamente, expressa a importância de um gradiente ecológico (FELFILI et al., 2011).

Para a realização das análises multivariadas foram utilizadas as seguintes matrizes de dados: matriz de densidade com espécies com oito ou mais indivíduos na amostragem em cada área; matriz de fatores ambientais com propriedades físicas e químicas do solo.

Na PCA as análises foram realizadas com os dados normais, pois o objetivo principal é identificar as variáveis que representam as maiores variações ao longo do gradiente. Na CCA, as matrizes ambientais os dados foram padronizados por apresentarem unidades diferentes (ex.: mg, ppm, kg), para que se tornem comparáveis na análise, procedimento executado a partir da fórmula:  $[(\text{valor da amostra} - \text{média da amostra}) / \text{desvio-padrão da amostra}]$ .

As variáveis que foram fracamente correlacionadas com as abundâncias das espécies ou altamente redundantes com outras variáveis foram retiradas das análises, ficando apenas aquelas com alta correlação com abundância das espécies e a variável que represente as demais, como no caso das somas de bases (SB), que nos indica o número de cargas negativas dos colóides do solo que está ocupado pelos cátions básicos trocáveis (K, Ca, Mg e Na).

Para todas as análises utilizou-se software PAST (HAMMER; HARPER, 2010).

## 2.8 Mapas Temáticos de solo

Com o objetivo de identificar as faixas de valores das variáveis de solos identificadas nas análises multivariadas realizadas anteriormente, foram utilizadas análises geoestatísticas, gerando-se mapas contínuos para as referidas variáveis, por meio da interpolação pelo método da krigagem simples (BATISTA et al., 2015). Após identificar a variável ambiental com maior correlação com o primeiro eixo da CCA em cada área de estudo foi elaborado um mapa, cujos valores foram classificados pelos quartis, onde cada quartil representa 25% da faixa de concentração da variável ambiental (variável edáfica).

Posteriormente, se avaliou a distribuição espacial de 10 espécies arbóreas de interesse comercial em cada área de estudo que obtiverem os maiores valores no primeiro eixo das CCAs, cujo número de indivíduos é maior ou igual a 10; na ausência de espécies de valor comercial foram utilizadas as espécies com maior valor de importância. Para tal, o número de indivíduos das referidas espécies foi contado em cada quartil e aplicado o teste do Qui-Quadrado a nível de 5% de probabilidade, a fim de avaliar se as proporções observadas mostram ou não diferenças significativas daquelas esperadas sob a completa aleatoriedade espacial, o que evidencia a preferência ou não dos indivíduos das espécies selecionadas por determinada faixa de concentração da variável ambiental.

Em caso de significância do teste qui-quadrado, os resíduos padronizados foram analisados para identificar em qual (is) faixas (quartis), a distribuição das espécies apresenta padrão agregado. A significância dos resíduos padronizados ( $r$ ) foi verificada por meio da seguinte regra:

$r < 1,96$  aceita se  $H_0$  (distribuição aleatória);

$r > 1,96$  rejeita se  $H_0$ ; (distribuição não aleatória).

Onde:  $r$  = resíduos padronizados.

Para as análises supracitadas foi utilizada a plataforma R (R CORE TEAM, 2015) e os seguintes pacotes geoR, maptools, spatstat, foreign e raster.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Composição Florística das áreas de estudo

Foram registrados 5.040 e 4.279 indivíduos arbóreos, nos sítios CEDAS e PWA, respectivamente, distribuídos entre 492 espécies pertencentes a 57 famílias botânicas, sendo 37 famílias comuns entre as áreas, 10 exclusivas do sítio CEDAS e 10

exclusivas do sítio PWA. Foram identificadas 356 espécies no sítio CEDAS e 203 no sítio PWA, sendo 67 espécies comuns e 191 espécies exclusivas do sítio CEDAS e 69 espécies exclusivas da área do sítio PWA.

Dos 5.040 indivíduos arbóreos amostrados no sítio CEDAS, 3.883 estão distribuídos em apenas dez famílias botânicas. Juntas, Lecythidaceae (782), Sapotaceae (699), Burseraceae (553), Fabaceae (499), Chrysobalanaceae (324), Moraceae (288), Lauraceae (245), Malvaceae (201), Myristicaceae (159) e Annonaceae (133), representam cerca de 77% do total de indivíduos. Os 1.157 restantes distribuíram-se entre as demais 37 famílias botânicas.

No sítio PWA, dos 4.279 indivíduos amostrados, 3.549 estão distribuídos em apenas dez famílias botânicas. Juntas, Lecythidaceae (658), Lauraceae (545), Sapotaceae (456), Fabaceae (445), Burseraceae (432), Chrysobalanaceae (292), Moraceae (262), Annonaceae (210), Humiriaceae (129) e Violaceae (120), representam cerca de 83% do total de indivíduos. Os 730 indivíduos restantes distribuíram-se entre as demais 37 famílias botânicas.

A composição florística revelou uma vegetação arbórea extremamente rica, com alto número de famílias, e espécies com similaridade a resultados de outros estudos desenvolvidos na Amazônia (ALMEIDA et al., 2012; CONDÈ; TONINI, 2013; ANDRADE et al., 2015). Silva et al. (2015) inventariaram uma área de floresta densa de terra firme no município de Rio Preto da Eva, considerando o DAP  $\geq$  10cm, e também atribuíram à Lecythidaceae o maior número de espécies, seguida por Sapotaceae, Burseraceae. As dez famílias com maior número de espécies nos sítios CEDAS e PWA representam 77 e 83% das espécies inventariadas, confirmando que poucas famílias botânicas representam a maior parte do número de indivíduos em floresta de terra firme (TER STEEGE et al., 2013; FAUSET et al., 2015; SILVA et al., 2015).

### 3.2 Estrutura da vegetação arbórea

As vinte espécies mais importantes no sítio CEDAS, com base no Valor de Importância (VI), (Figura 5), representam 34,10% do VI total, a saber as dez com maior valor são: *Eschweilera bracteosa*, *Protium amazonicum*, *Pouteria sp.*, *Pouteria guianensis*, *Eschweilera coriacea*, *Scleronema micranthum*, *Licania oblongifolia*, *Ocotea amazonica*, *Maquira guianensis* e *Myrcia sp.* No sítio PWA, as vinte espécies mais importantes (Figura 6), representam 45,84% do VI total, a saber as dez com maior VI: *Trattinnickia burserifolia*, *Ocotea neesiana*, *Eschweilera coriacea*, *Eschweilera*

*collina*, *Lecythis pisonis*, *Scleronema micranthum*, *Trymatococcus amazonicus*, *Pouteria guianensis*, *Sacoglottis amazonica* e *Pouteria oblanceolata*.

Silva et al (2008) observou resultados semelhantes, avaliando quinze hectares de floresta de terra firme na Amazônia Central. As espécies identificadas com maiores valores de importância são relatadas com frequência em estudos de fitossociologia e são responsáveis por grande parte da produção de biomassa florestal (TER STEEGE et al., 2013), sendo caracterizadas como espécies hiperdominantes (FAUSET et al., 2015).

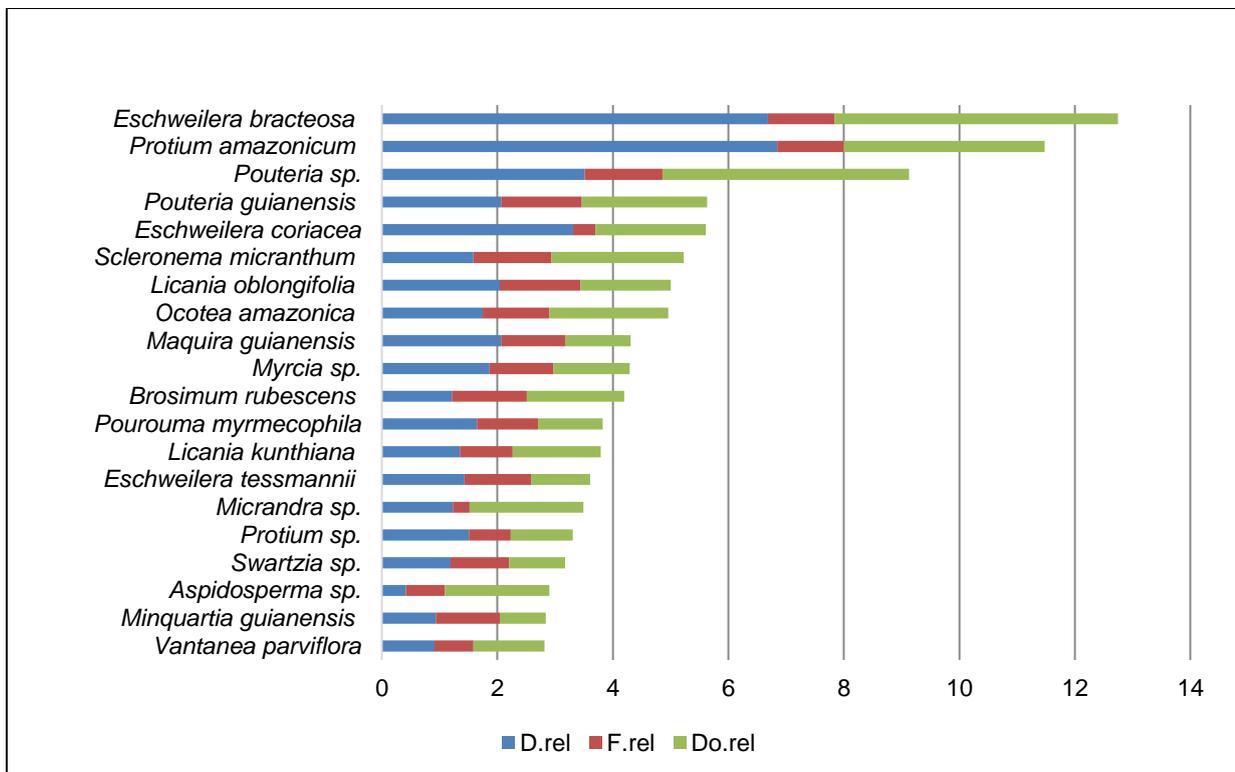


Figura 5. Vinte espécies com os maiores valores de Importância, identificadas na área do Campo Experimental do Distrito Agropecuário da Suframa (CEDAS).

As Vinte famílias mais importantes (Figura 7) no sítio CEDAS, segundo o Valor de Importância Familiar (VIF), destas as dez com maior VIF são: Sapotaceae, Lecythidaceae, Fabaceae, Burseraceae, Chrysobalanaceae, Moraceae, Lauraceae, Malvaceae, Vochysiaceae e Myristicaceae. As vinte famílias mais importantes no sítio PWA (Figura 8) segundo o VIF, a saber as dez com maior VIF: Lecythidaceae, Lauraceae, Fabaceae, Sapotaceae, Burseraceae, Moraceae, Chrysobalanaceae, Annonaceae, Malvaceae e Humiriaceae.

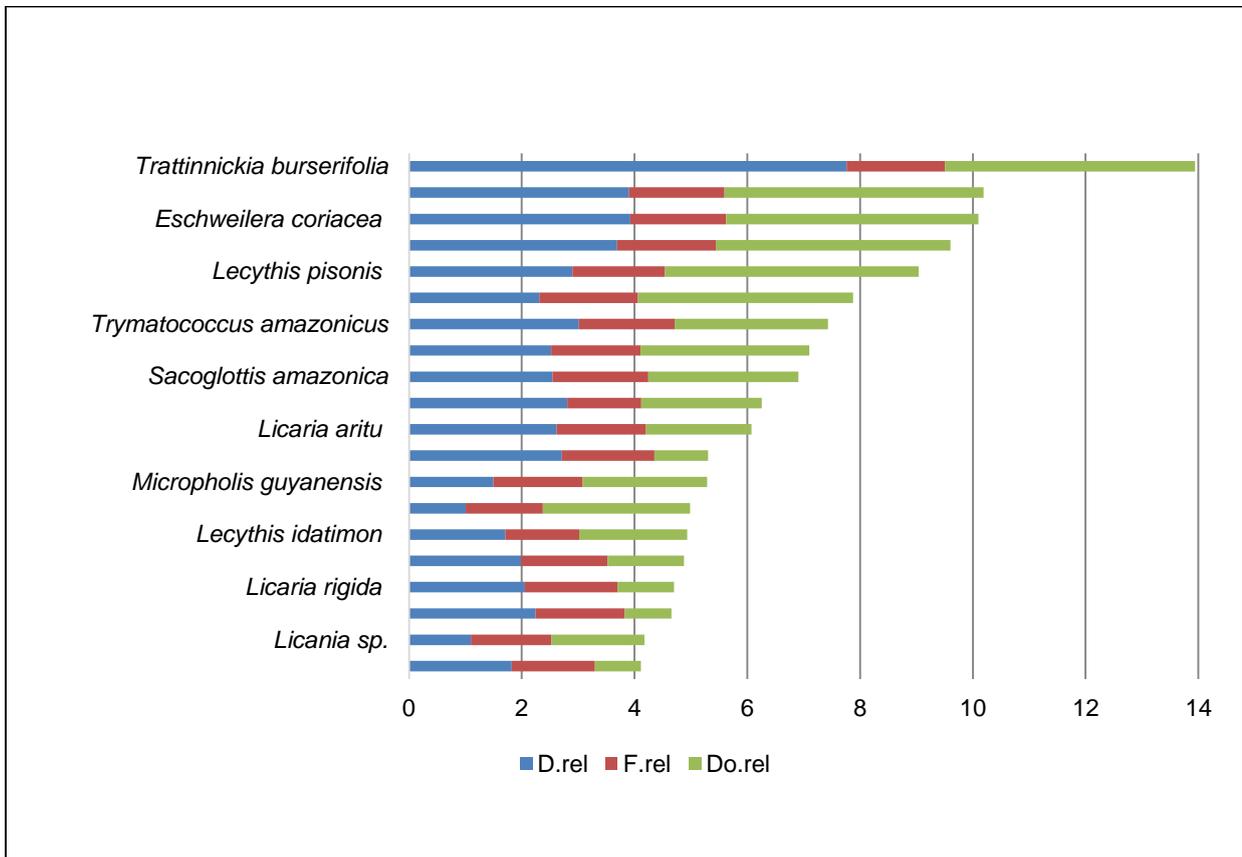


Figura 6. Vinte espécies com os maiores valores de Importância identificadas na área da Empresa Mil Madeiras Preciosas (PWA).

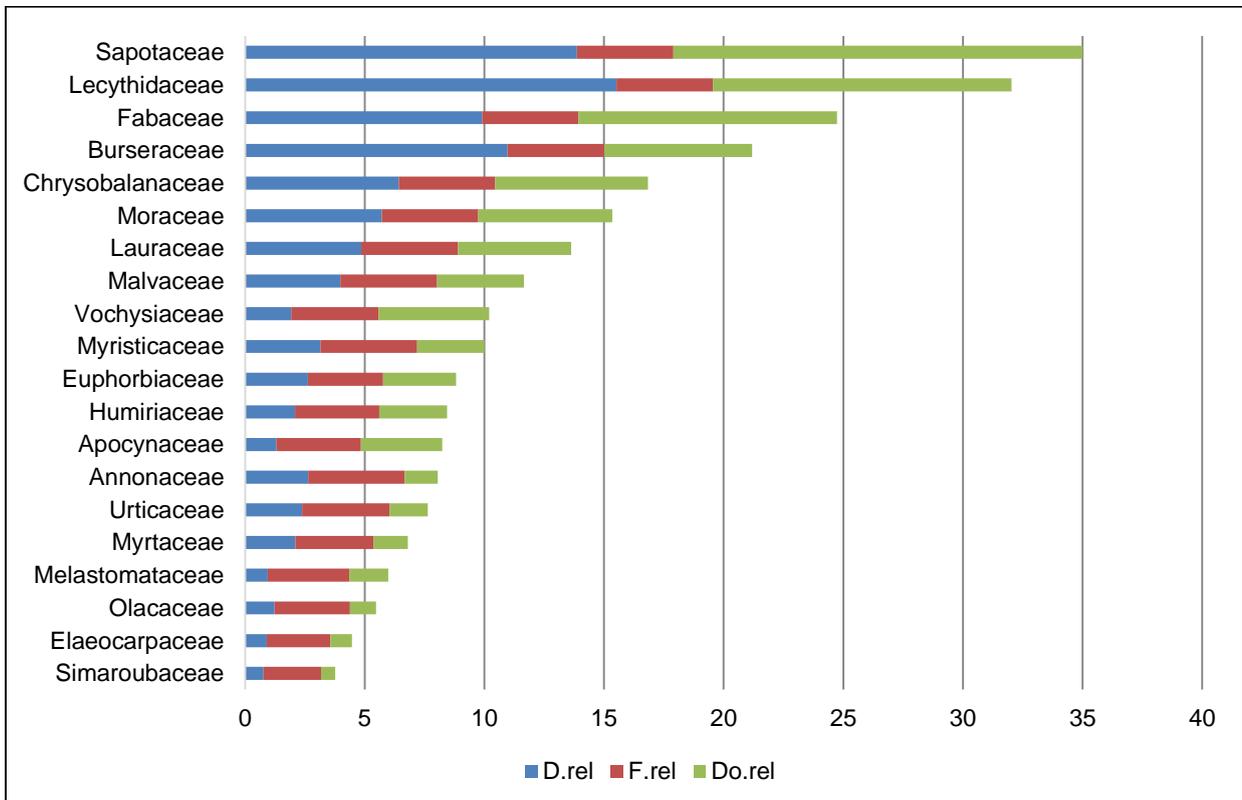


Figura 7. Vinte famílias com os maiores valores de Importância identificadas na área do Campo Experimental do Distrito Agropecuário da Suframa (CEDAS).

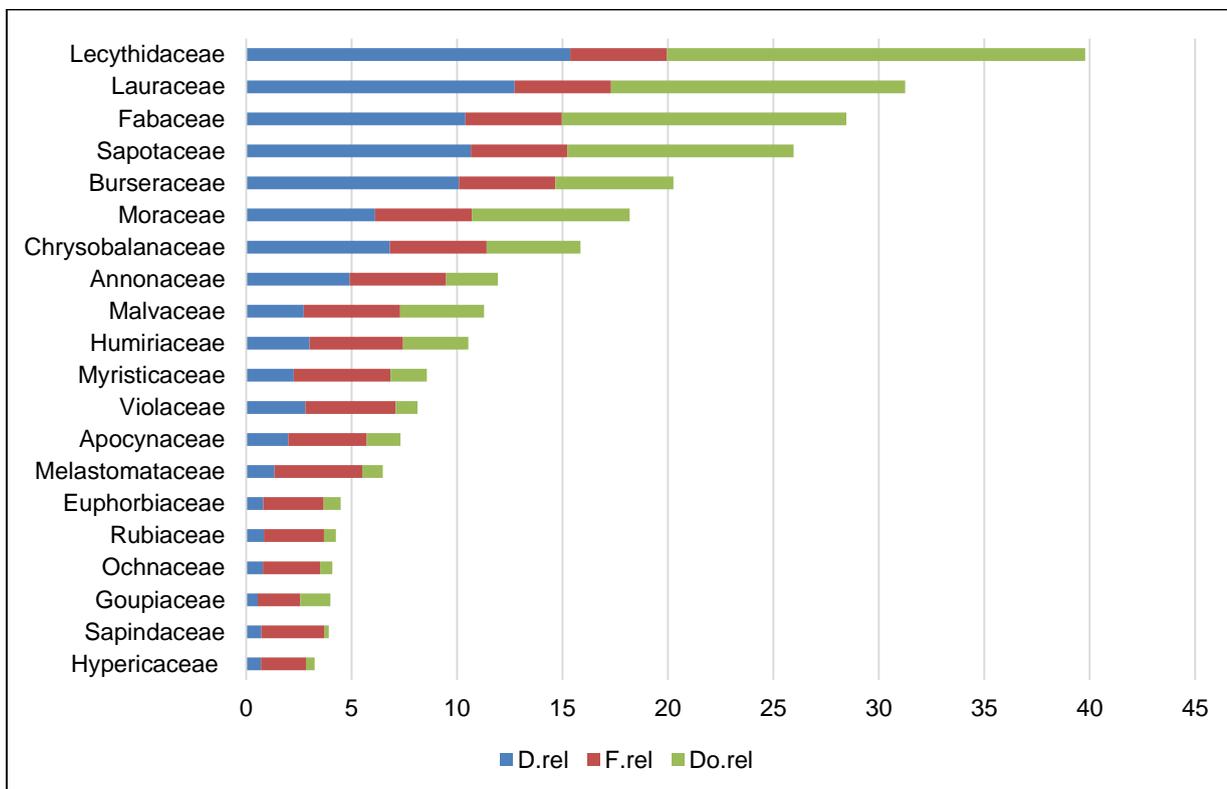


Figura 8. Vinte famílias com os maiores valores de Importância identificadas na área da Empresa Mil Madeiras Preciosas (PWA).

Ao considerar os aspectos ecológico, estrutural e silvicultural, para os parâmetros densidade, frequência e dominância (Figuras 5 e 6) em cada área de estudo, observou-se que na área do CEDAS e da PWA, as espécies que obtiveram os maiores valores de importância caracterizam-se por apresentarem os parâmetros Densidade e Dominância elevados e baixa Frequência, resultado indicativo de ocorrência de espécies de grande porte (FREITAS; MAGALHÃES, 2012). Dentre as espécies que apresentam tais características destacam-se: *Eschweilera bracteosa*, *Protium amazonicum*, *Pouteria sp.*, *Pouteria guianensis* (CEDAS) e *Trattinnickia burserifolia*, *Ocotea neesiana*, *Eschweilera coriacea*, *Eschweilera collina* (PWA).

As demais espécies apresentaram padrão semelhante, com a diminuição dos parâmetros Densidade e Dominância e o aumento da Frequência relativa, indicando a presença na sua grande maioria de espécies de pequeno porte com o padrão de ocorrência horizontal regular com ampla distribuição ao longo de toda área. Os mesmos padrões de estrutura horizontal supracitados foram observados para o comportamento das famílias em relação aos valores de importância familiar.

Assumindo que os parâmetros de densidade, frequência e dominância expressam o grau de importância ecológica das espécies (SILVA et al., 2014), a tabela 2 (sítio

CEDAS) e 3 (sítio PWA) apresentam os parâmetros da estrutura horizontal das 20 principais espécies, ordenadas em relação ao maior valor de importância.

Tabela 2. Parâmetros estruturais de 20 espécies amostradas em 8 hectares no sítio CEDAS em área de floresta de terra firme, Amazônia Central.

Nome Científico	Ni	Ui	G	D.abs	D.rel	F.abs	F.rel	Do.abs	Do.rel	VI%	VC%
<i>Eschweilera bracteosa</i>	337	24	10.9574	42.13	6.69	75.00	1.15	1.37	4.90	4.25	5.79
<i>Protium amazonicum</i>	345	24	7.7723	43.13	6.85	75.00	1.15	0.97	3.48	3.83	5.16
<i>Pouteria sp.</i>	177	28	9.5436	22.13	3.51	87.50	1.35	1.19	4.27	3.04	3.89
<i>Pouteria guianensis</i>	104	29	4.8569	13.00	2.06	90.63	1.40	0.61	2.17	1.88	2.12
<i>Eschweilera coriacea</i>	167	8	4.2720	20.88	3.31	25.00	0.38	0.53	1.91	1.87	2.61
<i>Scleronema micranthum</i>	80	28	5.1201	10.00	1.59	87.50	1.35	0.64	2.29	1.74	1.94
<i>Licania oblongifolia</i>	103	29	3.4976	12.88	2.04	90.63	1.40	0.44	1.56	1.67	1.80
<i>Ocotea amazonica</i>	88	24	4.5960	11.00	1.75	75.00	1.15	0.57	2.06	1.65	1.90
<i>Maquira guianensis</i>	104	23	2.5367	13.00	2.06	71.88	1.11	0.32	1.14	1.44	1.60
<i>Myrcia sp.</i>	94	23	2.9456	11.75	1.87	71.88	1.11	0.37	1.32	1.43	1.59
<i>Brosimum rubescens</i>	61	27	3.7689	7.63	1.21	84.38	1.30	0.47	1.69	1.40	1.45
<i>Pourouma myrmecophila</i>	83	22	2.4917	10.38	1.65	68.75	1.06	0.31	1.11	1.27	1.38
<i>Licania kunthiana</i>	68	19	3.4151	8.50	1.35	59.38	0.91	0.43	1.53	1.26	1.44
<i>Eschweilera tessmannii</i>	72	24	2.2808	9.00	1.43	75.00	1.15	0.29	1.02	1.20	1.22
<i>Micrandra sp.</i>	62	6	4.4025	7.75	1.23	18.75	0.29	0.55	1.97	1.16	1.60
<i>Protium sp.</i>	76	15	2.3997	9.50	1.51	46.88	0.72	0.30	1.07	1.10	1.29
<i>Swartzia sp.</i>	60	21	2.1714	7.50	1.19	65.63	1.01	0.27	0.97	1.06	1.08
<i>Aspidosperma sp.</i>	21	14	4.0474	2.63	0.42	43.75	0.67	0.51	1.81	0.97	1.11
<i>Minuartia guianensis</i>	47	23	1.7900	5.88	0.93	71.88	1.11	0.22	0.80	0.95	0.87
<i>Vantanea parviflora</i>	46	14	2.7497	5.75	0.91	43.75	0.67	0.34	1.23	0.94	1.07

Ni = número de indivíduos; Ui = número de parcelas de ocorrência da espécie; G = área basal da espécie; D.abs = densidade absoluta; D.rel = densidade relativa; F.abs = frequência absoluta; F.rel = frequência relativa; Do.abs = dominância absoluta; Do.rel = dominância relativa; VI% = valor de importância em porcentagem; VC% = valor de cobertura em porcentagem.

Tabela 3. Parâmetros estruturais de 20 espécies amostradas em 8 hectares no sítio PWA em área de floresta de terra firme, Amazônia Central.

Nome Científico	Ni	Ui	G	D.abs	D.rel	F.abs	F.rel	Do.abs	Do.rel	VI%	VC%
<i>Trattinnickia burserifolia</i>	332	32	9.8531	41.50	7.76	100.00	1.75	1.23	4.43	4.65	6.09
<i>Ocotea neesiana</i>	167	31	10.2186	20.88	3.90	96.88	1.69	1.28	4.60	3.40	4.25
<i>Eschweilera coriacea</i>	168	31	9.9552	21.00	3.93	96.88	1.69	1.24	4.48	3.37	4.20
<i>Eschweilera collina</i>	158	32	9.2513	19.75	3.69	100.00	1.75	1.16	4.16	3.20	3.93
<i>Lecythis pisonis</i>	124	30	10.0084	15.50	2.90	93.75	1.64	1.25	4.50	3.01	3.70
<i>Scleronema micranthum</i>	99	32	8.4745	12.38	2.31	100.00	1.75	1.06	3.81	2.62	3.06
<i>Trymatococcus amazonicus</i>	129	31	6.0477	16.13	3.01	96.88	1.69	0.76	2.72	2.48	2.87
<i>Pouteria guianensis</i>	108	29	6.6489	13.50	2.52	90.63	1.59	0.83	2.99	2.37	2.76
<i>Sacoglottis amazonica</i>	109	31	5.9225	13.63	2.55	96.88	1.69	0.74	2.66	2.30	2.61
<i>Pouteria oblanceolata</i>	120	24	4.7531	15.00	2.80	75.00	1.31	0.59	2.14	2.08	2.47
<i>Licaria aritu</i>	112	29	4.1570	14.00	2.62	90.63	1.59	0.52	1.87	2.02	2.24
<i>Guatteria procera</i>	116	30	2.1241	14.50	2.71	93.75	1.64	0.27	0.96	1.77	1.83
<i>Micropholis guyanensis</i>	64	29	4.9080	8.00	1.50	90.63	1.59	0.61	2.21	1.76	1.85

Nome Científico	Ni	Ui	G	D.abs	D.rel	F.abs	F.rel	Do.abs	Do.rel	VI%	VC%
<i>Mezilaurus itauba</i>	43	25	5.8064	5.38	1.00	78.13	1.37	0.73	2.61	1.66	1.81
<i>Lecythis idatimon</i>	73	24	4.2659	9.13	1.71	75.00	1.31	0.53	1.92	1.65	1.81
<i>Licania oblongifolia</i>	85	28	3.0192	10.63	1.99	87.50	1.53	0.38	1.36	1.62	1.67
<i>Licaria rigida</i>	88	30	2.2319	11.00	2.06	93.75	1.64	0.28	1.00	1.57	1.53
<i>Licania heteromorpha</i>	96	29	1.8385	12.00	2.24	90.63	1.59	0.23	0.83	1.55	1.54
<i>Licania sp.</i>	47	26	3.6789	5.88	1.10	81.25	1.42	0.46	1.65	1.39	1.38
<i>Protium puncticulatum</i>	78	27	1.8066	9.75	1.82	84.38	1.48	0.23	0.81	1.37	1.32

Ni = número de indivíduos; Ui = número de parcelas de ocorrência da espécie; G = área basal da espécie; D.abs = densidade absoluta; D.rel = densidade relativa; F.abs = frequência absoluta; F.rel = frequência relativa; Do.abs = dominância absoluta; Do.rel = dominância relativa; VI% = valor de importância em porcentagem; VC% = valor de cobertura em porcentagem.

É comum encontrar um grande número de espécies com poucos indivíduos, enquanto um reduzido número de espécies apresenta maiores valores de abundância (SILVA et al., 2015; SILVA et al., 2015). Para Ter Steege et al., (2013) e Fauset et al., (2015), este parece ser um padrão comum em florestas na Amazônia. Os mesmos autores consideram que as espécies que se destacam regularmente podem deter até 50% da abundância total de árvores.

### 3.3 Diversidade de espécies arbóreas

O índice de Shannon (H') foi de 4,8 no sítio CEDAS e de 4,3 no sítio PWA. Quanto à distribuição dos indivíduos entre as espécies, os valores do índice de Equabilidade de Pielou (J) foram 0,82 (sítio CEDAS) e 0,81 (sítio PWA) (Tabela 4).

A composição florística encontrada em cada área de estudo revelou uma vegetação arbórea extremamente rica, com elevado número de famílias, gêneros e espécies, em conformidade com os resultados de outros estudos realizados na região (OLIVEIRA et al., 2005; SILVA et al., 2008; SILVA et al., 2011; CONDÉ; TONINI, 2013). Os altos valores do índice de diversidade de Shannon confirmam a grande diversidade de espécies comparado à outras pesquisas desenvolvidas na Amazônia (SILVA et al., 2011; SILVA et al., 2015).

De modo geral, para os ecossistemas florestais amazônicos, o índice de Shannon normalmente varia entre 3,83 e 5,85; valores considerados altos para qualquer tipo de vegetação (SILVA et al., 2015). O que se tem observado na literatura é que a riqueza de espécies em diferentes ambientes pode estar relacionada a diferenciação dos sítios, em especial às características edáficas, a exemplo da textura, teor de nutrientes e água no solo, além da topografia, os quais são repetidamente relatados como importantes

fatores que contribuem para a determinação da composição florística de florestas tropicais (BOHLMAN et al., 2008).

Tabela 4. Comparação entre a diversidade florística nos dois ambientes florestais estudados.

<b>Parâmetro</b>	<b>CEDAS</b>	<b>PWA</b>
Nº de Indivíduos	5040	4279
Riqueza de Espécies	356	203
Espécies Exclusivas	191	69
Índice de Shannon (H')	4,84	4,34
Equabilidade de Pielou (J)	0,82	0,82

Ambos os sítios estudados apresentaram grande percentual de espécies com baixa densidade (espécies raras), ou seja, aquelas que apresentam densidade menor ou igual a 1 árvore ha<sup>-1</sup>, com aproximadamente 67% no sítio CEDAS e 54% no sítio PWA; padrão comumente encontrado em outros estudos realizados na floresta Amazônica (Andrade et al., 2015). Essas espécies precisam ser monitoradas e a conservação deve se voltar para elas, quando os ambientes são perturbados por atividades humanas (exploração florestal), as populações de muitas espécies são reduzidas ou extintas devido a sua baixa densidade (CAIAFA et al., 2012).

Das 492 espécies identificadas em ambas as áreas, 13% são comuns entre elas. As 67 espécies comuns às duas áreas são provavelmente aquelas com maior capacidade de dispersão e com maior tolerância às variações ambientais da região. Esse grupo de espécies com ampla distribuição é responsável por uma grande parte dos serviços ambientais dos ecossistemas amazônicos, incluindo ciclo hidrológico, carbono e ciclagem de nutrientes (TER STEEGE et al., 2013).

O índice de Equabilidade de Pielou (J) é semelhante a outros levantamentos conduzidos na região Amazônica (SILVA et al., 2015). Ao considerar a lista de 29 espécies de interesse comercial exploradas pela empresa Mil Madeiras Preciosas, dentre elas foram identificadas 23 espécies no sítio PWA e 17 espécies no sítio CEDAS (Tabela 5). Mesmo o sítio CEDAS com o número maior de espécies por área foram encontrados menos representantes de espécies de interesse comercial em relação ao sítio PWA.

A maior riqueza de uma área pode ser explicada em função do relevo, sendo que em regiões onde o relevo é suave há menor riqueza de espécies, pois as

oportunidades de especialização de nicho são diminuídas (LIMA et al, 2012). Neste contexto, o sítio CEDAS apresenta um gradiente topográfico mais acentuado do que o sítio PWA. No entanto, tal premissa só poderá se confirmada por meio de estudos que relacionem fatores ambientais e vegetação.

Dentre as espécies com maiores VIs no sítio CEDAS, uma única espécie explorada comercialmente (*Scleronema micranthum*) pela empresa MIL compõe a lista das 20 espécies mais importantes. Essa espécie é conhecida popularmente como cardeiro e pertence à família Malvaceae (SILVA, 2015).

No sítio PWA entre as espécies com maior VI, se destacaram cinco espécies com valor comercial, a saber: *Ocotea neesiana*, *Licaria aritu*, *Scleronema micranthum*, *Protium puncticulatum* e *Mezilaurus itauba*. É evidente o maior potencial madeireiro da do sítio PWA em comparação com o sítio CEDAS; o que explica a concentração das atividades de manejo florestal naquela área, desenvolvidas pela empresa Mil Madeiras Preciosas, o manejo florestal é favorecido quando diferentes espécies de interesse comercial ocorrem de forma agrupada, visto que a logística para a exploração é facilitada (ALMEIDA et al., 2012).

Tabela 5. Lista de espécies comerciais identificadas nos dois sítios florestais estudados.

Sítio	Nome Científico	Nome Comum	Número de indivíduos
PWA	<i>Ocotea neesiana</i> (Miq.) Kosterm.	Louro-preto	167
	<i>Licaria aritu</i> Ducke	Louro-aritú	112
	<i>Scleronema micranthum</i> (Ducke) Ducke	Cedrinho	99
	<i>Protium puncticulatum</i> J.F. Macbr.	Breu-vermelho	78
	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	Louro-itaúba	43
	<i>Pithecellobium incuriale</i> (Vell.) Benth.	Angelim-rajado	42
	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Cupiúba	24
	<i>Swartzia corrugata</i> Benth.	Coração-de-negro	23
	<i>Ocotea rubra</i> Mez	Louro-gamela	22
	<i>Hymenolobium modestum</i> Ducke	Angelim-pedra	20
	<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.	Uxi	18
	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Guariúba	17
	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	Mandioqueira	12
	<i>Vatairea guianensis</i> Aubl.	Fava	10
	<i>Diplostropis racemosa</i> (Hoehne) Amshoff	Sucupira-preta	9
	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.)	Sucupira-amarela	8
	<i>Iryanthera paraensis</i> Huber	Arurá-vermelho	7
	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Jutaí-pororoca	2
	<i>Aspidosperma desmanthum</i> Benth.	Pequiá-marfim	1
	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	Pequiá	1
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	1	

Sítio	Nome Científico	Nome Comum	Número de indivíduos
	<i>Roupala montana</i> Aubl.	Louro-faia	1
	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A. Chev.	Maçaranduba	1
Total PWA			718
CEDAS	<i>Scleronema micranthum</i> (Ducke) Ducke	Cedrinho	77
	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.)	Sucupira-amarela	21
	<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.	Uxi	19
	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Cupiúba	16
	<i>Swartzia corrugata</i> Benth.	Coração-de-negro	10
	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.)	Louro-itaúba	10
	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	Mandioqueira	8
	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Guariúba	7
	<i>Licaria aritu</i> Ducke	Louro-aritú	6
	<i>Lecythis zabucajo</i> Aubl.	Castanha-sapucaia	6
	<i>Hymenolobium modestum</i> Ducke	Angelim-pedra	5
	<i>Pithecellobium incuriale</i> (Vell.) Benth.	Angelim-rajado	5
	<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	Ipê	4
	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Cumarú	2
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	2
	<i>Diploptropis racemosa</i> (Hoehne) Amshoff	Sucupira-preta	2
<i>Andira parviflora</i> Ducke	Sucupira-vermelha	2	
Total CEDAS			202
Total Geral			920

### 3.4 Caracterização físico-química do solo

As Tabelas 6 e 7 apresentam os valores médios, máximos e mínimos das propriedades químicas do solo nas áreas do CEDAS e da MIL, considerando a profundidade de 0 – 20 cm.

Verificou-se que os solos analisados mostram baixa concentração de nutrientes, com altos teores de alumínio e baixa soma de bases. Neste caso, a ocorrência de vegetação florestal em solos distróficos depende exclusivamente da reposição de nutrientes, resultado da decomposição do material orgânico na superfície do solo.

Tabela 6. Características químicas do solo superficial (0-20 cm) de 8 hectares subdivididos em 32 unidades amostrais de 50 x 50 m em uma floresta densa de terra firme na Amazônia Central, no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental-CEDAS.

<b>Valores</b>	<b>pH</b>	<b>C</b>	<b>M.O.</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Na</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>SB</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>
	<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>g/kg</b>	<b>g/kg</b>		<b>mg/dm<sup>3</sup></b>			<b>cmolc/dm<sup>3</sup></b>			<b>mg/dm<sup>3</sup></b>		
<b>Max.</b>	4,63	4,64	24,70	1,86	17,40	13,75	0,09	0,09	0,26	467,88	0,32	0,63	0,21
<b>Med.</b>	4,36	10,23	17,59	1,29	12,63	9,92	0,06	0,07	0,20	276,41	0,23	0,38	0,13
<b>Mim.</b>	4,13	14,36	7,99	0,97	8,60	5,20	0,04	0,05	0,15	103,00	0,17	0,14	0,05

Tabela 7. Características químicas do solo superficial (0-20 cm) de 8 hectares subdivididos em 32 unidades amostrais de 50 x 50 m em uma floresta densa de terra firme na Amazônia Central, na área da empresa Mil Madeiras.

<b>Valores</b>	<b>pH</b>	<b>C</b>	<b>M.O.</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Na</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>SB</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>
	<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>g/kg</b>	<b>g/kg</b>		<b>mg/dm<sup>3</sup></b>			<b>cmolc/dm<sup>3</sup></b>			<b>mg/dm<sup>3</sup></b>		
<b>Max.</b>	4,07	27,49	47,29	3,39	23,56	17,67	0,05	0,11	0,28	393,50	1,10	0,90	0,14
<b>Med.</b>	3,88	20,45	35,18	1,61	17,90	11,18	0,04	0,07	0,21	287,46	0,35	0,61	0,10
<b>Mim.</b>	3,77	7,07	12,16	1,20	11,50	6,00	0,02	0,05	0,15	208,67	0,16	0,17	0,06

Os resultados da análise granulométrica do solo são apresentados nas tabelas 8 e 9 Na tabela 10 são apresentadas as classificações texturais de 32 unidades amostrais em cada área de estudo.

Tabela 8. Granulometria do solo superficial (0-20 cm) de 8 hectares subdivididos em 32 unidades amostrais de 50 x 50 m em uma floresta ombrófila densa de terra firme na Amazônia Central, no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental-CEDAS.

<b>Valores</b>	<b>AREIA TOTAL</b>	<b>SILTE</b>	<b>ARGILA</b>
	<b>2.00-0.05 mm</b>	<b>0.05-0.002 mm</b> g/Kg	<b>&gt;0.002 mm</b>
<b>Max.</b>	908.00	97.72	251.88
<b>Med.</b>	786.11	57.36	156.53
<b>Mim.</b>	666.74	18.05	63.90

Tabela 9. Granulometria do solo superficial (0-20 cm) de 8 hectares subdivididos em 32 unidades amostrais de 50 x 50m em uma floresta ombrófila densa de terra firme na Amazônia Central, na área da empresa Mil Madeiras.

<b>Valores</b>	<b>AREIA TOTAL</b>	<b>SILTE</b>	<b>ARGILA</b>
	<b>2.00-0.05 mm</b>	<b>0.05-0.002 mm</b> g/Kg	<b>&gt;0.002 mm</b>
<b>Max.</b>	776.47	253.83	686.37
<b>Med.</b>	234.06	186.10	579.84
<b>Mim.</b>	84.16	40.16	183.37

Tabela 10. Classificação textural de duas áreas de 8 hectares subdivididos em 32 unidades amostrais de 50 x 50m em floresta ombrófila densa de terra firme na Amazônia Central, no CEDAS e na PWA.

<b>CEDAS</b>		
<b>U.A.</b>	<b>Posição Topográfica</b>	<b>Classificação Textural</b>
1 a 8	Platô	Franco Argilo arenosa
9 a 12	Encosta	Franco Argilo arenosa a Franco arenosa
13 a 16	Encosta e início do baixio	Areia Franca a Franco Arenoso
17 a 20	Baixio e início da Encosta	Franco Arenosa a Areia Franca
21 a 24	Encosta	Franco arenosa a Franco Argilo Arenosa
25 a 32	Platô	Franco Arenosa a Areia Franca
<b>PWA</b>		
1 a 16	Platô	Muito Argilosa
17 a 20	Encosta	Muito Argilosa a Argilosa
21 a 24	Encosta	Franco Arenosa a Franco Argilo Arenosa
25 a 32	Encosta e Baixio	Franco Arenosa a Arenoso

U.A.= unidades amostrais

As classes de solos observadas nas duas formações florestais (CEDAS e MIL), correspondem aos tipos de solos encontrados na região, onde predominam os latossolos. Os solos assim designados apresentam baixa fertilidade natural, com teores

muito reduzidos de bases trocáveis e fósforo. Possuem relativamente alta saturação de alumínio (MOREIA; FAGERIA, 2009; MAIA; MARMOS, 2010).

A ocorrência de vegetação em solos distróficos sugere que a reposição de nutrientes depende de uma eficiente estratégia de ciclagem (SILVA et al, 2011). Quanto a ciclagem dos nutrientes, a estrutura da floresta de terra firme, caracteriza-se tipicamente por um fluxo fraco, tanto de entrada como de saída. Por sua vez, a elevada eficiência na reciclagem dos nutrientes através dos ciclos biogeoquímicos contribui para minimizar a lixiviação do solo, constituindo-se em eficiente mecanismo de sua conservação no sítio (POGGIANI, 2011).

Em ambas as áreas estudadas ocorreram padrões semelhantes de fertilidade do solo correlacionadas à textura do solo. As unidades amostrais alocadas em áreas de platô, com teores maiores de argila, apresentaram condições de fertilidade química um pouco melhor no solo em comparação com áreas de baixio com teores maiores de areia. Ao longo de gradientes topográficos, a fertilidade do solo normalmente aumenta do topo para a base da encosta, estando estas variações relacionadas com o transporte de material das partes mais altas para as mais baixas (MARTINS et al, 2003; BRAGA et al., 2015).

No presente estudo foi encontrado o padrão oposto, com a fertilidade do solo aumentando da área de baixio ao platô. Podemos atribuir esse arranjo devido à estrutura florestal de cada área, característico de floresta primária, onde o gradiente topográfico apresenta áreas extensas de platô com o dossel florestal bastante fechado servindo como uma barreira natural, minimizando a lixiviação dos nutrientes das camadas superficiais das partes mais altas para as mais baixas do relevo (DOS SANTOS; GUERRA, 2015).

Os teores de matéria orgânica do solo aumentaram expressivamente do baixio para o platô. Já o pH mostrou padrão semelhante, porém menos expressivo, com valores menores no baixio, aumentando em direção ao platô. Assim, fica evidente a maior acidez do solo na posição topográfica platô em comparação com o baixio, estando a encosta numa condição intermediária.

### 3.5 Relação Espécie-Ambiente

#### 3.5.1 Análise de Componentes Principais (PCA)

Foram realizadas inúmeras análises, considerando todas as variáveis disponíveis. Os resultados apresentados consideram os fatores ambientais que possuíram maior

correlação e que melhor expressaram a variabilidade ao longo do gradiente topográfico apresentado em cada área de estudo.

Na área do CEDAS as variáveis que apresentaram maior coeficiente de correlação no primeiro eixo da análise foram areia total (A.T.) e argila (ARG.). Para o segundo eixo, as variáveis mais significativas foram fósforo (P) e zinco (Zn) (Tabela 11). Os autovalores nos dois primeiros eixos da PCA foram significativos e a variância acumulada explicada pelos mesmos foi aproximadamente 70% (Tabela 12).

Na área da MIL as variáveis que apresentaram maior coeficiente de correlação no primeiro eixo da análise foram areia total (A.T.) e argila (ARG.), à semelhança do CEDAS. Para o segundo eixo, as variáveis mais significativas foram soma de bases (SB) e zinco (Zn) (Tabela 11). Os autovalores nos dois primeiros eixos da PCA foram significativos e a variância acumulada explicada pelos mesmos foi aproximadamente 66% (Tabela 12).

Tabela 11. Coeficientes de correlação entre as variáveis ambientais previamente selecionadas e os dois primeiros eixos do diagrama de ordenação da Análise dos Componentes Principais (PCA), para as comunidades arbóreas amostradas nos dois ambientes florestais estudados. Em negrito estão destacadas as correlações mais significativas.

Variáveis ambientais	CEDAS		PWA	
	PC1	PC2	PC1	PC2
A.T.	<b>-0,40</b>	0,06	<b>-0,43</b>	0,01
ARG.	<b>0,39</b>	0,07	<b>0,43</b>	0,01
pH	0,18	-0,27	-0,30	0,37
M.O.	0,37	0,18	0,41	0,16
P	-0,17	<b>0,52</b>	-0,20	0,22
Al	0,32	0,27	0,39	0,07
SB	0,31	0,32	0,15	<b>0,61</b>
Fe	0,31	-0,08	-0,12	0,26
Zn	-0,22	<b>0,47</b>	-0,06	<b>0,57</b>
Mn	0,38	0,15	0,33	0,06
Cu	0,07	0,46	0,12	0,13

Tabela 12. Autovalores e variância de cada componente principal em relação as variáveis edáficas analisadas nos dois ambientes florestais estudados. Em negrito estão destacados os componentes que explicam a maior variação em cada área.

PC	PCA CEDAS		PCA PWA	
	Autovalor	% Variância	Autovalor	% Variância
1	6,00	<b>54,57</b>	5,04	<b>45,84</b>
2	1,69	<b>15,34</b>	2,05	<b>18,62</b>
3	1,18	10,76	1,12	10,20
4	0,70	6,34	0,85	7,73
5	0,66	5,98	0,81	7,73

Ressalta-se que a PCA foi utilizada apenas para explorar os dados e gerar hipóteses a partir dos autovalores e autovetores dos eixos (FELFILI et al., 2011). Em estudos de gradientes ambientais a CCA é mais recomendada, por ser uma análise direta de gradiente, sendo a mesma apresentada abaixo.

### 3.5.2 Análise de Correspondência Canônica (CCA)

Os resultados da CCA são apresentados nas Tabelas 13 e 14 para cada área de estudo. Nas análises com os dados provenientes do CEDAS, observa-se que os dois primeiros eixos explicam pouco mais de 57% de toda variação ambiental das parcelas. Com os dados provenientes da MIL, os dois primeiros eixos da CCA explicam aproximadamente 45% de toda variação ambiental naquelas parcelas (Tabela 13).

Tabela 13. Autovalores e variância de cada eixo em relação as variáveis edáficas analisadas nos dois ambientes florestais estudados. Em negrito estão destacados os eixos que explicam a maior variação em cada área.

Eixo	CCA CEDAS		CCA PWA	
	Autovalor	% Variância	Autovalor	% Variância
1	0,55	<b>47,78</b>	0,13	<b>30,30</b>
2	0,12	<b>10,4</b>	0,06	<b>13,92</b>
3	0,09	7,95	0,05	10,36
4	0,08	7,95	0,03	8,05
5	0,06	5,05	0,03	7,15

Os autovalores no primeiro eixo das CCA em cada área de estudo são considerados altos (> 0,3), e indicaram correlação entre as espécies e as variáveis ambientais analisadas (Tabela 14), com destaque na área do CEDAS para as variáveis Areia Total (A.T.), Argila (ARG.), Mn, SB (Soma de Bases) e Matéria Orgânica (M.O.).

No sítio PWA as variáveis com maiores autovalores foram Zn, A.T., ARG. e pH. Ficou evidente que os primeiros eixos das respectivas CCAs, explicam a maior contribuição da textura do solo, sendo as variáveis que melhor explicam a distribuição da vegetação ao longo de cada gradiente topográfico. Estes valores podem ser considerados altos quando comparados com estudos semelhantes realizados em outras formações florestais (MARTINS et al, 2003; LOSCHI et al, 2011; MOSQUERA; HURTADO, 2014; BRAGA et al. 2015), indicando a existência de um nítido gradiente ambiental com várias espécies restritas a determinadas parcelas ao longo do gradiente topográfico apresentado em cada área de estudo.

Tabela 14. Correlação entre as variáveis ambientais, com os dois primeiros eixos de ordenação da CCA, para a comunidade arbórea amostrada nos dois ambientes florestais estudados. Em negrito estão destacadas as correlações mais significativas.

Variáveis Ambientais	CEDAS		PWA	
	Eixo1	Eixo2	Eixo1	Eixo2
A.T.	<b>-0,71</b>	0,17	<b>0,62</b>	0,55
ARG.	<b>0,72</b>	-0,17	<b>-0,60</b>	0,58
pH	0,31	0,03	<b>0,55</b>	0,20
M.O.	<b>0,63</b>	-0,24	-0,38	<b>-0,60</b>
P	-0,37	0,25	0,45	0,13
Al	0,45	-0,34	-0,30	<b>0,53</b>
SB	<b>0,68</b>	0,03	0,35	<b>-0,52</b>
Fe	0,32	<b>-0,37</b>	<b>0,63</b>	-0,20
Zn	-0,58	-0,05	0,49	-0,33
Mn	<b>0,70</b>	-0,34	-0,53	<b>-0,64</b>
Cu	0,21	<b>0,32</b>	0,08	-0,43

As Figuras 9, 10, e 11 mostram o diagrama de ordenação gerado pela análise de Correspondência Canônica (CCA) para a área do CEDAS, considerando 32 unidades amostrais ao longo de um gradiente contínuo de 8 ha (200 x 400m).

A variável que apresentou maior correlação com o primeiro eixo da análise foi o teor de argila, já para o segundo eixo os teores de Fe obtiveram maior correlação com as parcelas (Figura 9). Este arranjo separa dois grandes grupos de parcelas: as parcelas diretamente influenciadas pelas variáveis Areia Total, P e Zn, e as parcelas com alta correlação com o teor de Argila, pH, Matéria orgânica, Al, SB, Fe, Mn e Cu.

A ordenação no primeiro eixo da CCA para as espécies que apresentaram a maior densidade de indivíduos na área do CEDAS (Figura 10 e 11) indica que *Eschweilera coriácea*, *Pouteria sp.*, *Micropholis guyanensis*, *Trymatococcus amazonicus*, *Licania oblongifolia*, *Bocoa viridiflora*, *Protium hebetatum*, *Eschweilera collina*, *Eschweilera wachenheimii* e *Dipteryx magnifica* são mais abundantes nas parcelas de platô, com solos mais ricos em nutrientes, maiores teores de matéria orgânica, com maior teor de alumínio e mais argilosa.

Na outra extremidade do gradiente, um outro grupo de espécies mostrou-se correlacionado com condições de baixa fertilidade química e textura mais arenosa do solo, ou seja, áreas de baixio e o terço inferior da encosta. Nesse grupo, destacam-se *Protium amazonicum*, *Eschweilera bracteosa*, *Pourouma sp.*, *Ocotea amazônica*,

*Pourouma myrmecophila*, *Myrcia* sp., *Eschweilera tessmannii*, *Iryanthera elliptica*, *Zygia racemosa* e *Enterolobium schomburgkii*.

As características apresentadas pelas espécies supracitadas podem sugerir o uso delas em programas de recuperação ambiental, onde a recomposição da vegetação deve privilegiar espécies mais adaptadas à áreas com condições de baixa fertilidade, principalmente em áreas de encosta e platôs ocupados por pastagens degradadas, devido à baixa exigência nutricional das mesmas.

As Figuras 12, 13, e 14 mostram o diagrama de ordenação gerado pela análise de Correspondência Canônica (CCA) para a área da MIL, considerando 32 unidades amostrais ao longo de um gradiente contínuo de 8 ha (200 x 400m).

No primeiro eixo da CCA, as maiores correlações foram obtidas pelas variáveis ambientais Argila, Areia Total e Fe, e no segundo eixo, as variáveis Mn e Matéria Orgânica obtiveram as maiores correlações com as parcelas (Figura 12). Observa-se também a formação de um arranjo entre dois grupos de parcelas: as parcelas que estão correlacionadas com as variáveis Argila, Mn, Matéria Orgânica e Al, e o segundo grupo com as variáveis Areia Total, pH, P, Fe, Zn, Soma de Bases e Cu.

A correlação entre as parcelas e variáveis ambientais foram baixas para a maioria das parcelas, ocorrendo devido à baixa variação topográfica apresentada na área, se comparada com a parcela localizada na área do CEDAS, onde apresenta de forma mais expressiva os três níveis topográficos característicos de áreas de terra firme (platô, encosta e baixio).

A ordenação das espécies pela CCA (Figuras 13 e 14) indica que as espécies como *Guatteria procera*, *Scleronema micranthum*, *Lecythis idatimon*, *Lecythis prancei*, *Guatteria olivácea*, *Duguetia echinophora*, *Lacunaria jenmanii*, *Virola venosa*, *Swartzia cuspidata*, *Lecythis prancei* e *Goupia glabra* são mais abundantes em solos mais ácidos, com maior teor de alumínio, maior concentração de matéria orgânica e manganês, com predominância em áreas com textura muito argilosa.

Na outra extremidade do gradiente, concentra-se o grupo de espécies formado por *Lecythis pisonis*, *Pouteria oblanceolata*, *Licaria aritu*, *Pouteria guianensis*, *Licania oblongifolia*, *Protium puncticulatum*, *Himatanthus sucuuba*, *Eschweilera grandiflora*, *Pithecellobium incuriale* e *Pithecellobium cauliflorum*, que ocorrem em ambiente com pH mais elevado, maior soma de bases, maior teor de macro e micronutrientes e textura arenosa.

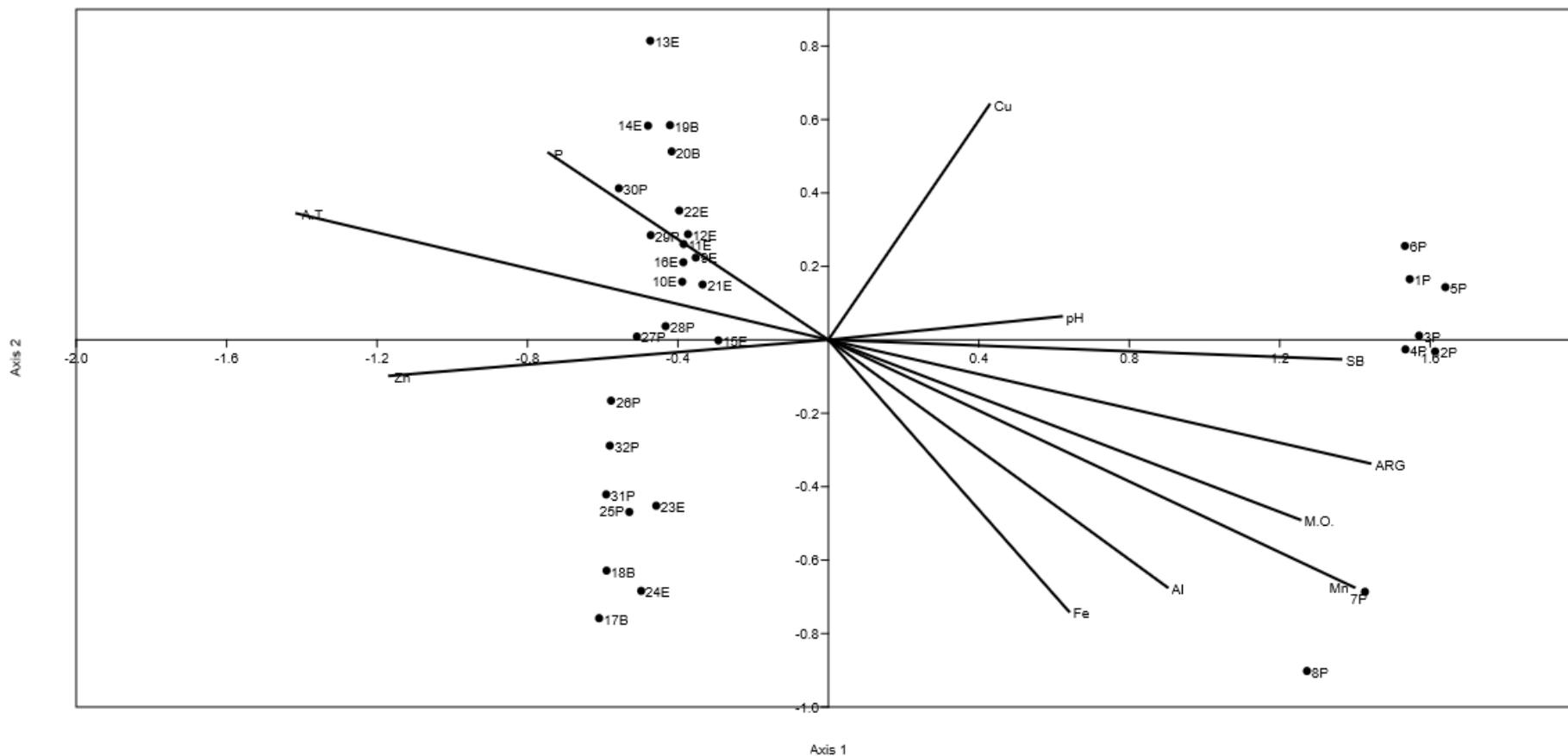


Figura 9. Diagrama de ordenação, gerado pela Análise de Correspondência Canônica (CCA), com a posição das 32 parcelas amostradas em área do CEDAS, em relação à direção e magnitude das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação.

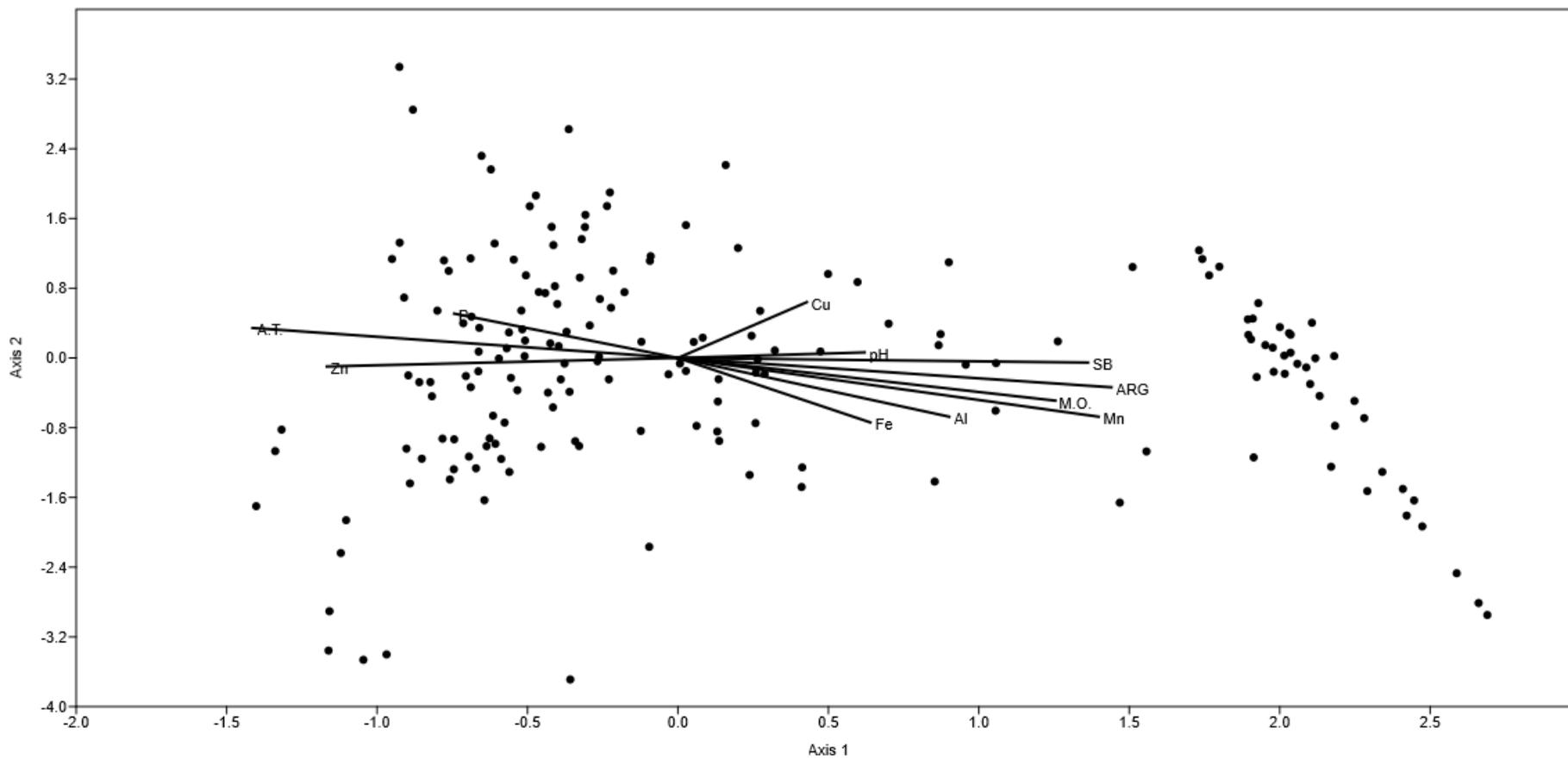


Figura 10. Diagrama de ordenação, gerado pela Análise de Correspondência Canônica (CCA), com a posição das espécies com mais de 7 indivíduos amostradas na área do CEDAS, em relação à direção e magnitude das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação.

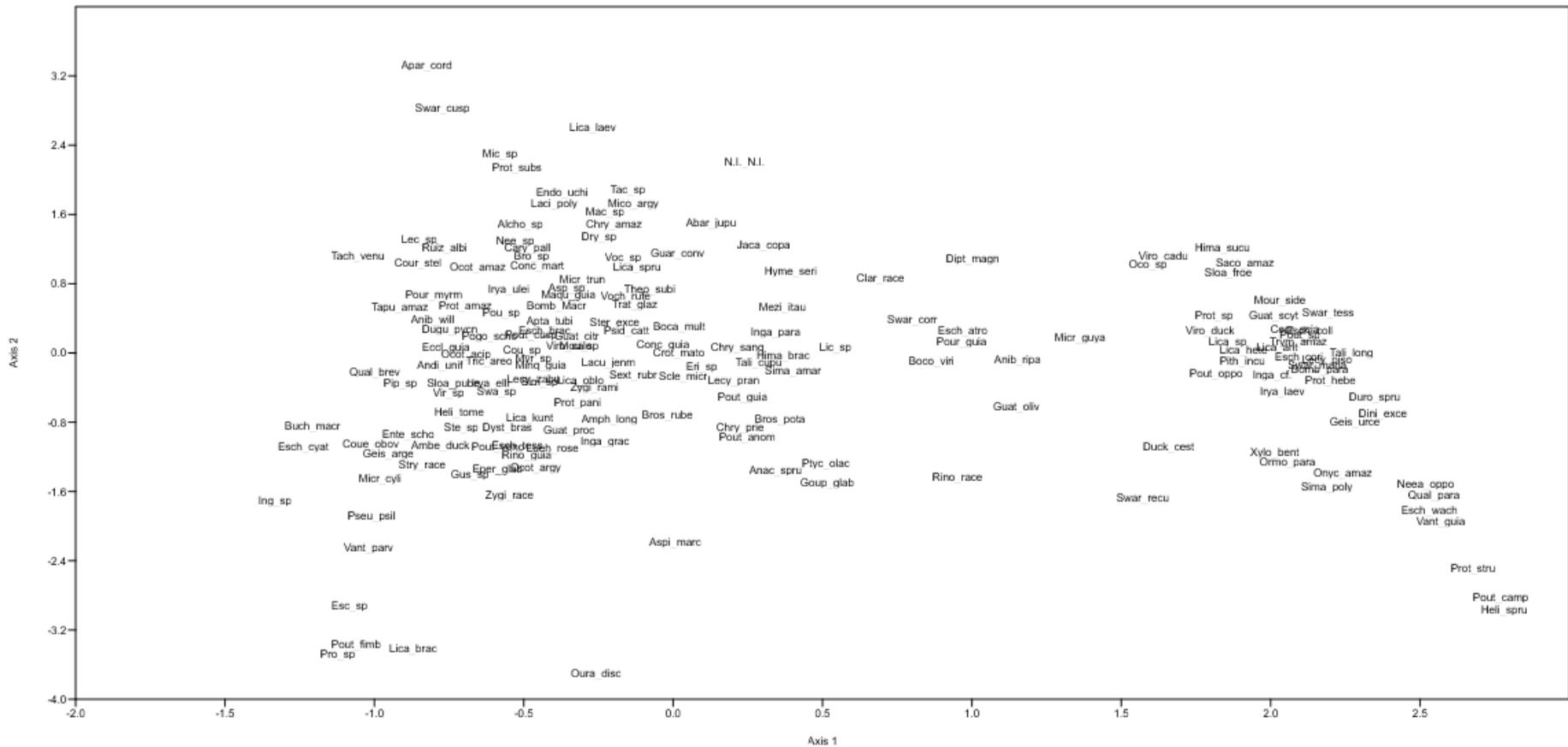


Figura 11. Diagrama de ordenação, gerado pela Análise de Correspondência Canônica (CCA), com a posição das espécies com mais de 7 indivíduos amostradas na área do CEDAS, em relação à direção e magnitude das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação. Obs.: O nome das espécies está representado pelas quatro primeiras letras do gênero e as quatro primeiras letras do epíteto.

Foi observado que apesar de fazerem parte da mesma formação florestal, as áreas possuem características edáficas distintas e composição florística diferenciada. A parcela localizada no CEDAS possui solo mais arenoso e gradiente topográfico mais expressivo em relação à área da MIL, ocasionando a maior separação entre grupos de espécies correlacionadas às variáveis edáficas.

O conjunto de resultados obtidos mostra que as variações de fertilidade e textura do solo ao longo do gradiente topográfico influenciam a distribuição da vegetação arbórea ao longo do gradiente em cada área de estudo (Martins et al, 2003; Braga et al, 2015), principalmente entre as posições topográficas de baixio e platô. Estes resultados reforçam a relação entre fatores edáficos e vegetação, que destaca o papel da topografia na modificação de fatores edáficos.

Em síntese, nossos resultados concordam com inúmeros trabalhos que concluem que a diversidade e distribuição de espécies arbóreas de florestas tropicais se encontram determinadas parcialmente por variáveis ambientais como fertilidade e tipo de solo, topografia, drenagem, regime de inundação, assim como processos biológicos, os quais operam em escalas regional e local (TER STEEGE et al., 2013; MOSQUERA et al., 2014; FAUSET et al., 2015), onde os dois primeiros podem ser comprovados por nossos resultados (variáveis edáficas e topográficas).

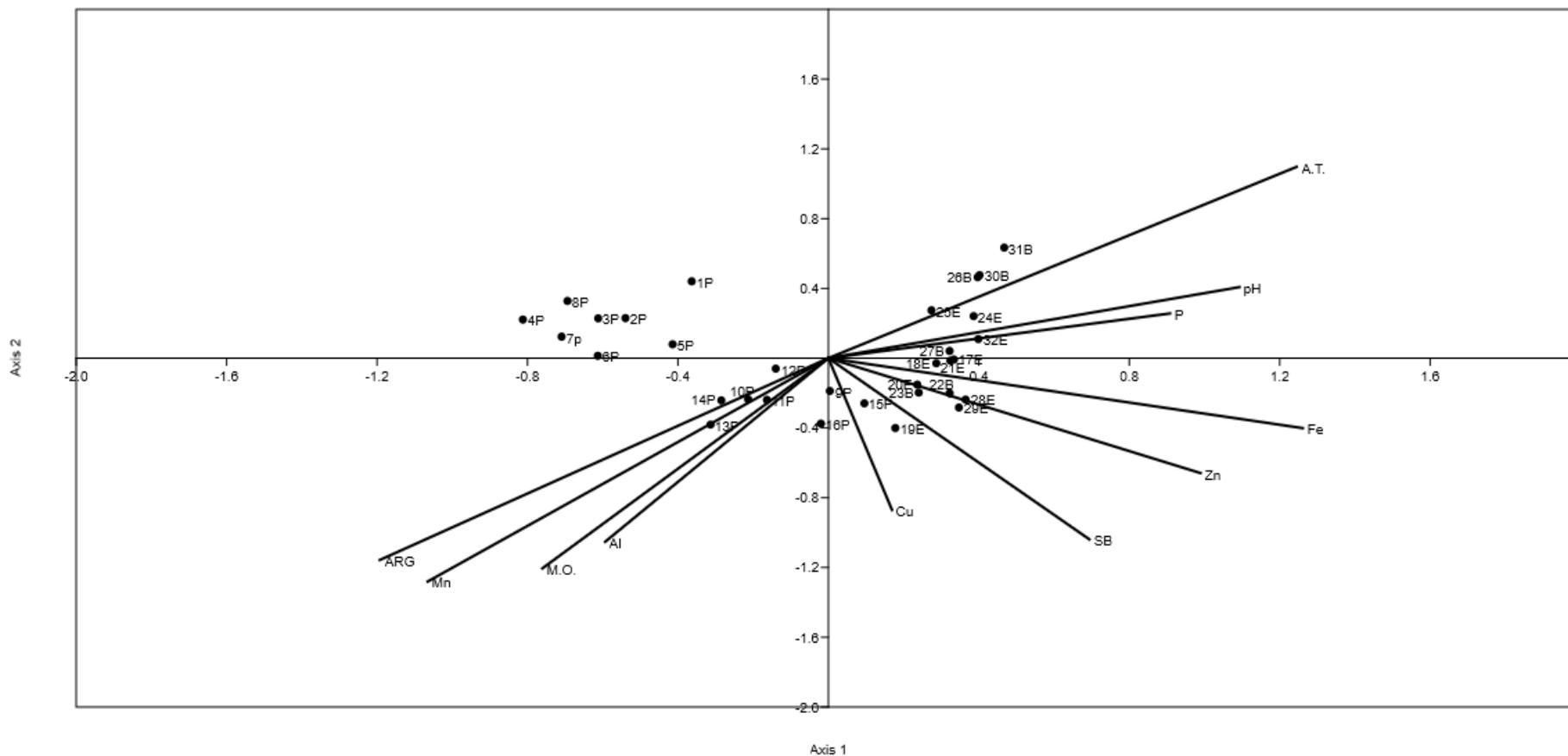


Figura 12. Diagrama de ordenação, gerado pela Análise de Correspondência Canônica (CCA), com a posição das 32 parcelas amostradas na área da MIL, em relação à direção e magnitude das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação.

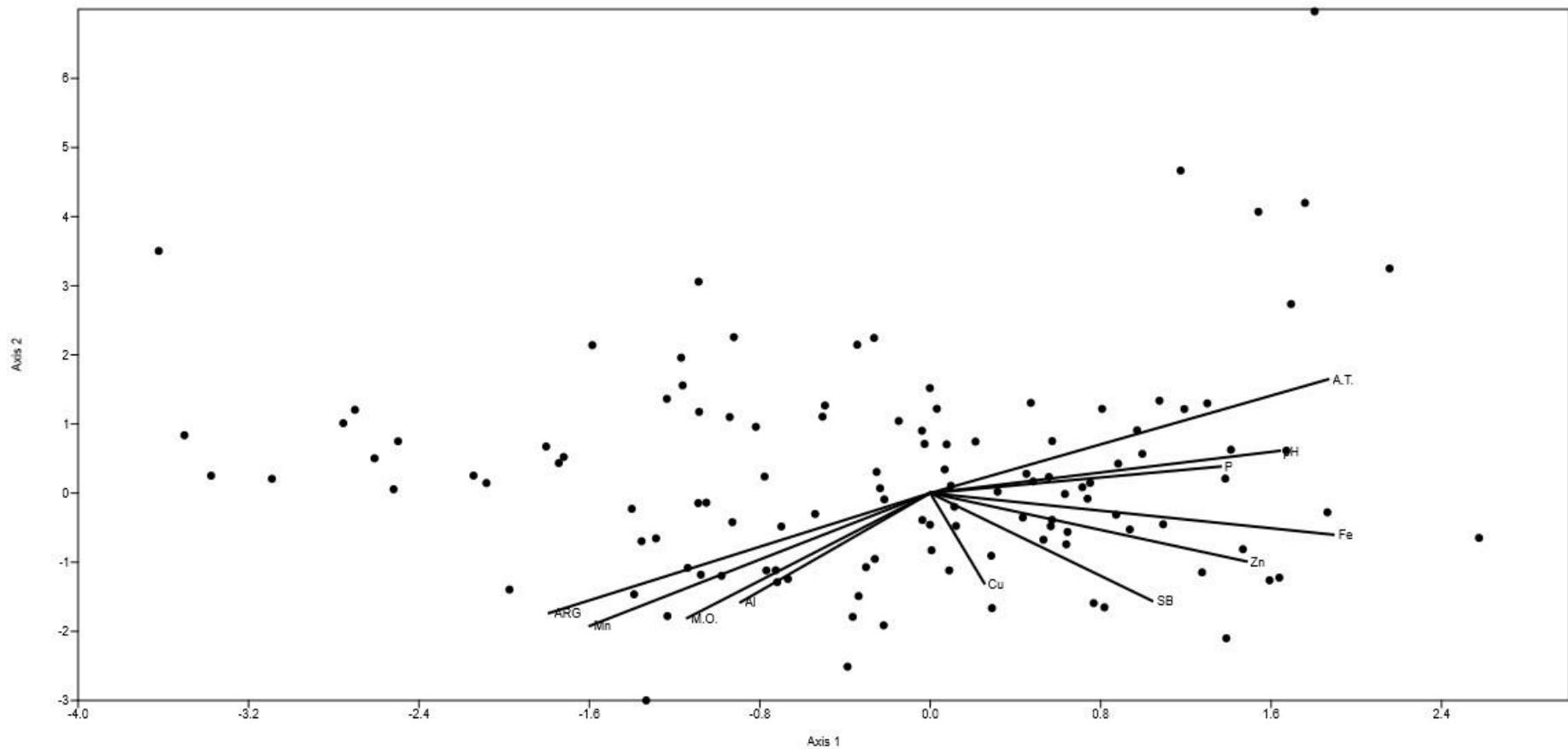


Figura 13. Diagrama de ordenação, gerado pela Análise de Correspondência Canônica (CCA), com a posição das espécies com mais de 7 indivíduos amostradas na área do MIL, em relação à direção e magnitude das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação.



### 3.6 Mapas Temáticos

As variáveis e espécies que mais se destacaram nas análises multivariadas foram estudadas mais aprofundadamente com mapas contínuos sendo gerados para estas variáveis.

Nos mapas da Figura 15, interpolados por krigagem observa-se a distribuição das frações de areia, matéria orgânica, soma de bases e Fe nas áreas de estudo. Podem-se ver, pelos mapas, uma grande amplitude nos atributos físicos estudados e a influência visual da declividade sobre sua distribuição (SILVA et al., 2010). A área do CEDAS apresenta maior variação na granulometria em relação à área da MIL; isso é constatado através da escala de concentração do teor de areia apresentada em cada sitio. No CEDAS o solo se caracteriza por concentrações maiores da fração areia, caracterizando um solo com textura Franco Argilo Arenosa a Arenosa.

Na MIL a área apresenta pouca variação no teor de areia no solo; em sua maioria concentrações em torno de 100 g/kg de areia; essa concentração caracteriza um solo com uma textura muito argilosa; podemos atribuir essa homogeneidade ao pequeno gradiente topográfico, com baixas variações em comparação com o CEDAS; fato esse comprovado em campo pela equipe.

A MIL apresenta concentrações maiores de matéria orgânica, bem distribuída ao longo de toda área; no CEDAS as maiores concentrações ocorrem em faixas restritas às partes mais planas do relevo onde há menor teor de areia no solo. O teor de Soma de bases apresenta padrão de distribuição semelhante ao teor de matéria orgânica.

Em relação ao teor de Fe foram encontradas maiores concentrações na área do CEDAS, mas restritos às faixas de menor concentração de areia. A área da Mil apresenta concentrações menores, porém com distribuição mais homogênea ao longo de toda área, evidenciando o papel fundamental do gradiente topográfico nas mudanças das diferentes concentrações químicas e físicas dos solos na Amazônia Central.

O método da Krigagem se mostrou bastante eficaz na interpolação dos dados de solos coletados em cada área de estudo, que através de 200 amostras por área foi possível fazer inferência para toda área. Esses resultados comprovam a correlação dos nutrientes analisados em cada área ao longo de um gradiente de textura, identificado anteriormente pelas CCAs.

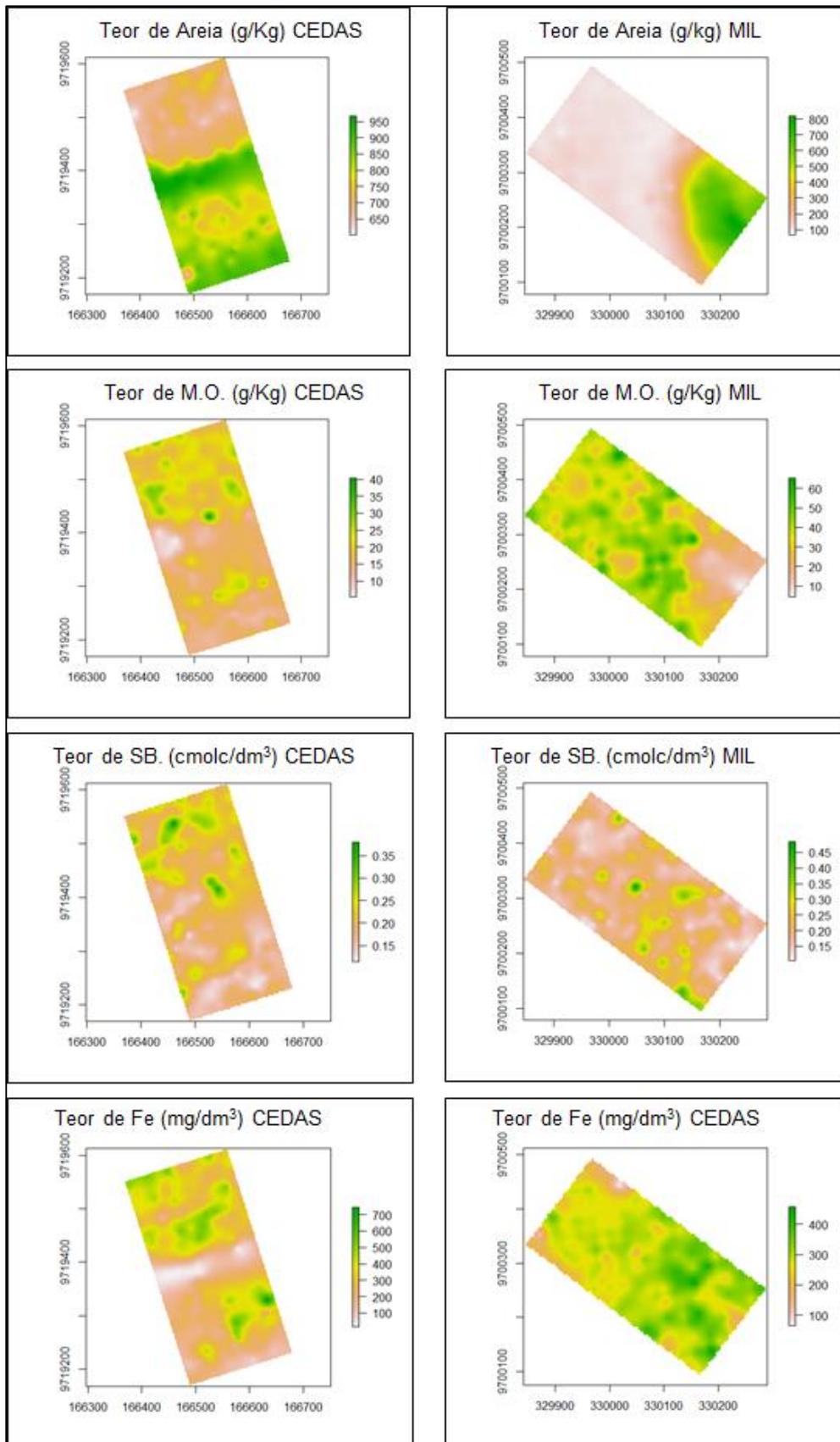


Figura 15. Mapa estimado pelo método da Krigagem para os dados das variáveis ambientais com maiores correlações no primeiro eixo da CCA.

### 3.6.1 Mapas da Seletividade Ambiental de espécies arbóreas

Com base nos resultados anteriores foram selecionadas espécies que apresentaram os maiores valores no primeiro eixo da CCA, o que mostra sua importância na área de estudo. A variável de solo que se mostrou mais fortemente associada à variação na distribuição das espécies foi a fração areia, a qual foi então utilizada nestas análises. As Figuras 16 a 24 mostram os resultados destas análises, onde é possível a partir destas, inferir os valores "preferenciais" de ocorrência das espécies selecionadas.

Na área do CEDAS as espécies com as maiores correlações no primeiro eixo da CCA foram: *Scleromena micranthum*, *Enterolobium schomburgkii*, *Endopleura uchi*, *Goupia glabra*, *Mezilaurus itauba* (valor comercial), *Eschweilera bracteosa*, *Protium amazonicum*, *Pouteria guianenses*, *Eschweilera coriácea* e *Licania oblongifolia* (valor de Importância). Destas cinco obtiveram padrão de distribuição não aleatório mostrando seletividade por determinada(s) faixas de textura de solo, sendo estas: *Enterolobium schomburgkii*, *Endopleura uchi*, *Eschweilera bracteosa*, *Protium amazonicum* e *Eschweilera coriácea* (Figuras 16 a 20) na tabela 15 são apresentados a seletividade ambiental das respectivas espécies.

Tabela 15. Seletividade ambiental de 5 espécies em gradiente de textura (fração de areia) em relação ao resíduo padronizado, após aplicação do teste do Qui-quadrado, em área de 200 x 400m separados por quartil em floresta densa de terra firme no CEDAS, Amazônia Central.

<b>Espécie</b>	<b>Q.</b>	<b>R. P.</b>	<b>T. A. g/Kg</b>	<b>Figura</b>
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	3	2,1	782,27 - 850,80	12
<i>Endopleura uchi</i>	2	2,4	705,28 - 782,26	13
<i>Eschweilera bracteosa</i>	3 e 4	2,1 e 3	782,27 - 850,80 a 850,81 - 966,28	14
<i>Protium amazonicum</i>	3 e 4	2,8 e 5	782,27 - 850,80 a 850,81 - 966,28	15
<i>Eschweilera coriácea</i>	1 e 2	6,7 e 2,3	600,20 - 705,27 a 705,28 - 782,26	16

**Q**= quartil que espécie apresentou maior seletividade, **R.P**= resíduo padronizado do quartil com maior seletividade, **T.A**= variação do teor de areia no quartil.

No sítio PWA, *Ocotea neesina*, *Licaria aritu*, *Scleromena micranthum*, *Protium puncticulatum*, *Mezilaurus itauba*, *Pithecellobium incuriale*, *Goupia glabra*, *Swartzia corrugata*, *Ocotea rubra* e *Hymenolobium modestum* foram as espécies com os maiores valores no primeiro eixo da CCA, sendo todas de valor comercial. Destas quatro obtiveram padrão de distribuição não aleatório segundo o teste do Qui-quadrado, sendo: *Scleromena micranthum*, *Mezilaurus itauba*, *Pithecellobium incuriale* e

*Goupia glabra* (Figuras 21a 24) na tabela 16 são apresentados a seletividade ambiental das respectivas espécies.

Tabela 16. Seletividade ambiental de 4 espécies em gradiente de textura (fração de areia) em relação ao resíduo padronizado, após aplicação do teste do Qui-quadrado, em área de 200 x 400m separados por quartil em floresta densa de terra firme na PWA, Amazônia Central.

<b>Espécie</b>	<b>Q.</b>	<b>R. P.</b>	<b>T. A. g/Kg</b>	<b>Figura</b>
<i>Scleromena micranthum</i>	1	3,3	66,46 - 96,90	17
<i>Mezilaurus itauba</i>	1	3,3	66,46 - 96,90	18
<i>Pithcellobium incuriale</i>	4	3,2	332,25 - 816,60	19
<i>Goupia glabra</i>	2	2,9	96,91 - 110,33	20

Q= quartil que espécie apresentou maior seletividade, R.P= resíduo padronizado do quartil com maior seletividade, T.A= variação do teor de areia no quartil.

Esses resultados reforçam as CCAs de ambas as áreas comprovando a seletividade ambiental de espécies ambientais por determinados sítios onde a composição de espécies é fortemente determinada por diferenças nas propriedades do solo, tendo como separador de grupos de espécies a textura do solo que apresenta maior gradiente em pequenas áreas em comparação as variáveis químicas analisadas neste estudo (MARQUES et al., 2013; MARTINS et al., 2015). Em geral, solos com diferentes proporções de areia e argila apresentam diferentes concentrações de macro e micronutrientes e acidez (MARTINS et al., 2015).

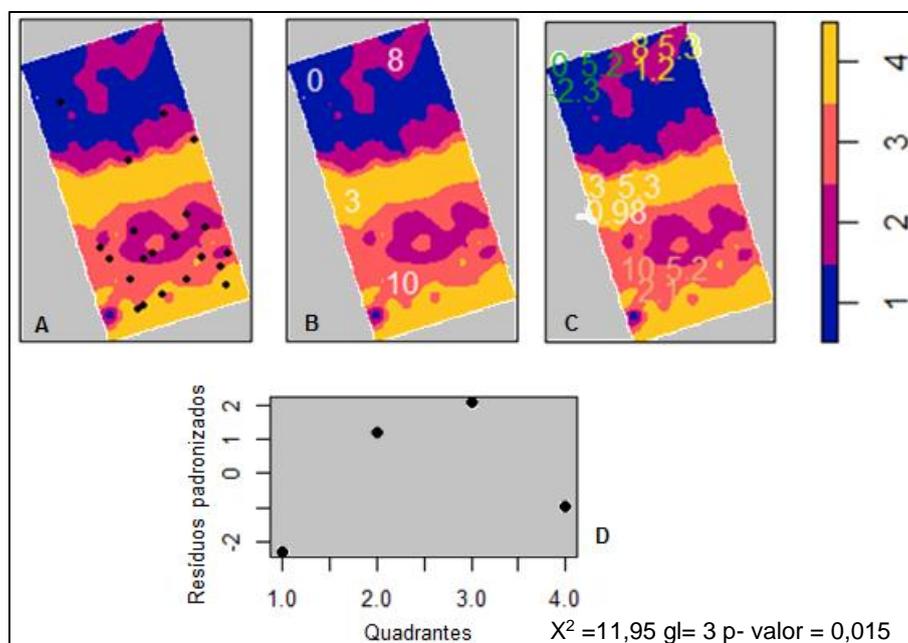


Figura 16. Distribuição espacial da espécie *Enterolobium schomburgkii* no sítio CEDAS ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

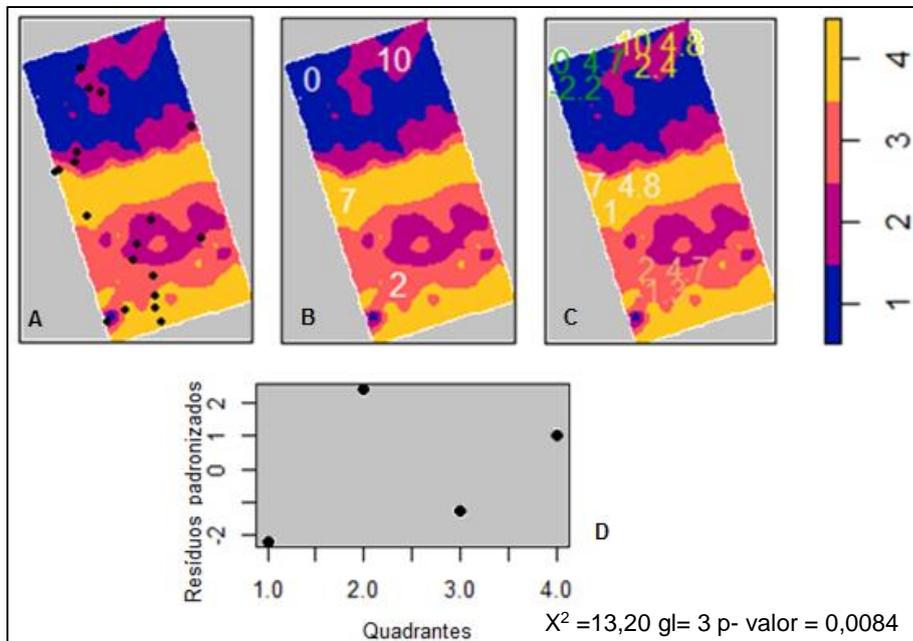


Figura 17. Distribuição espacial da espécie *Endopleura uchi* no sitio CEDAS ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

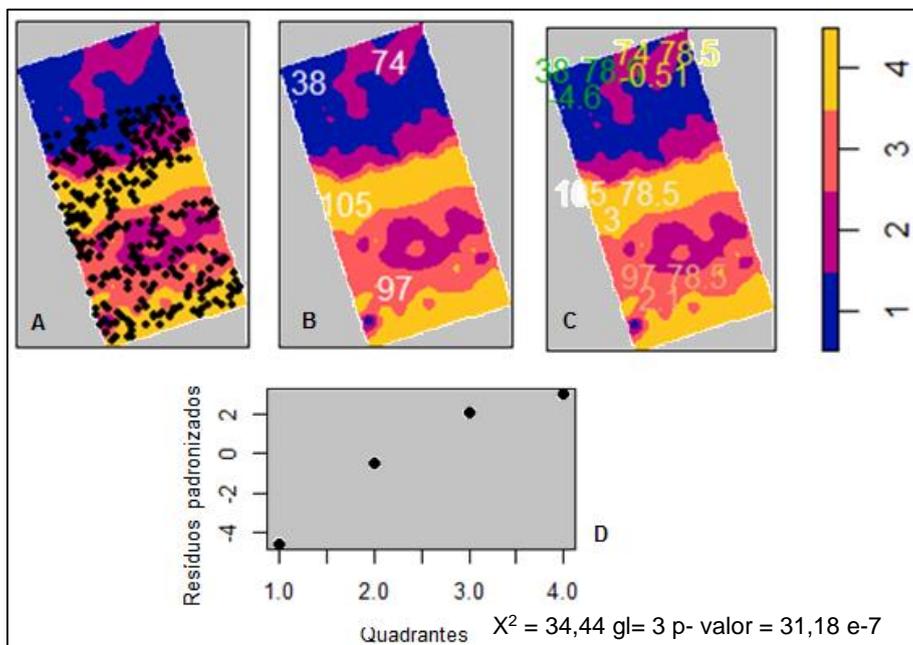


Figura 18. Distribuição espacial da espécie *Eschweilera bracteosa* no sitio CEDAS ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

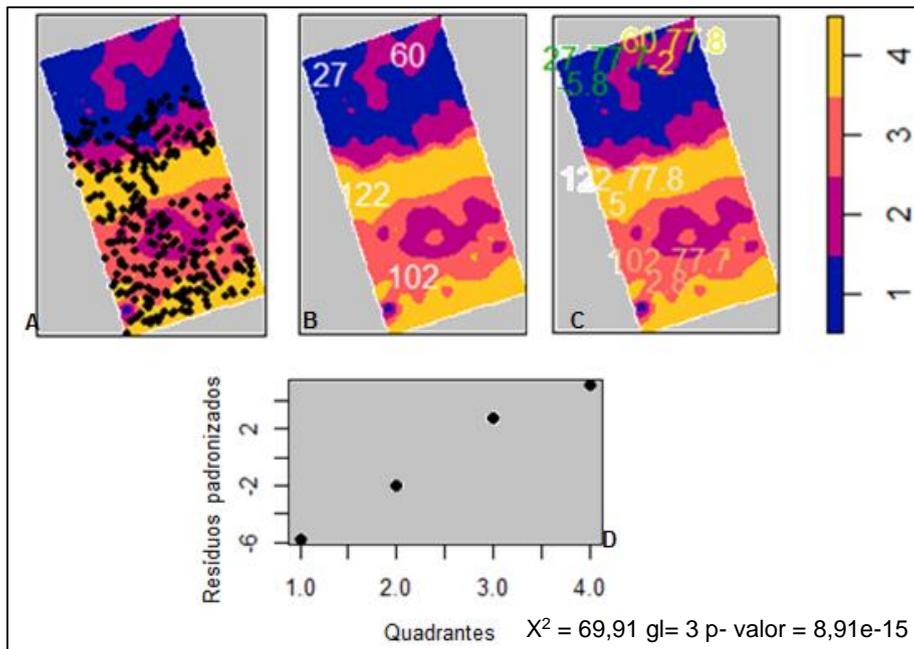


Figura 19. Distribuição espacial da espécie *Protium amazonicum* no sítio CEDAS ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

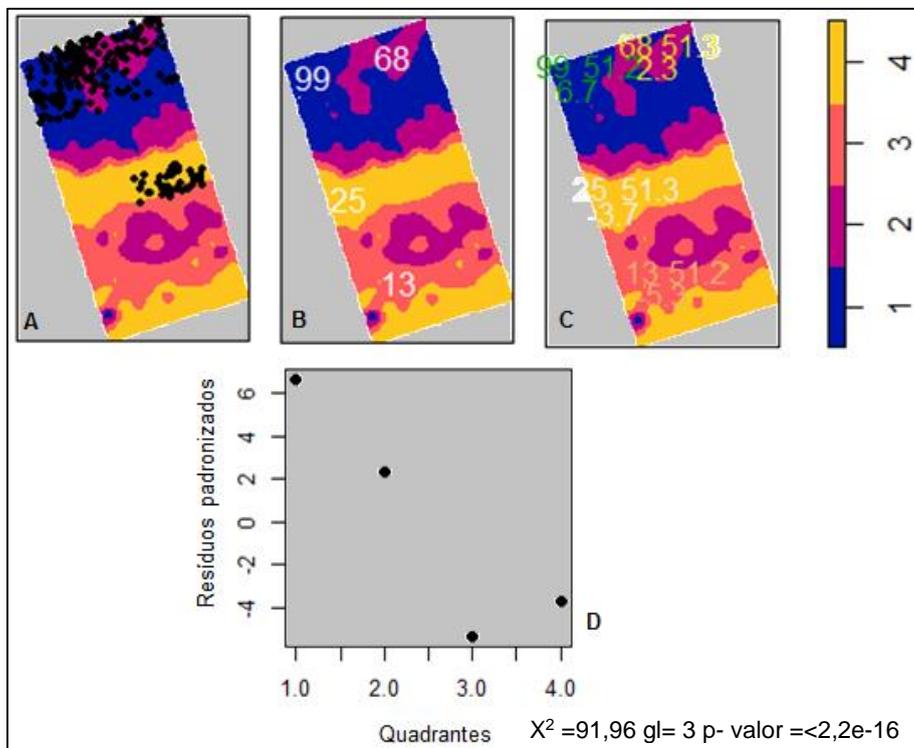


Figura 20. Distribuição espacial da espécie *Eschweilera coriácea* no sítio CEDAS ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

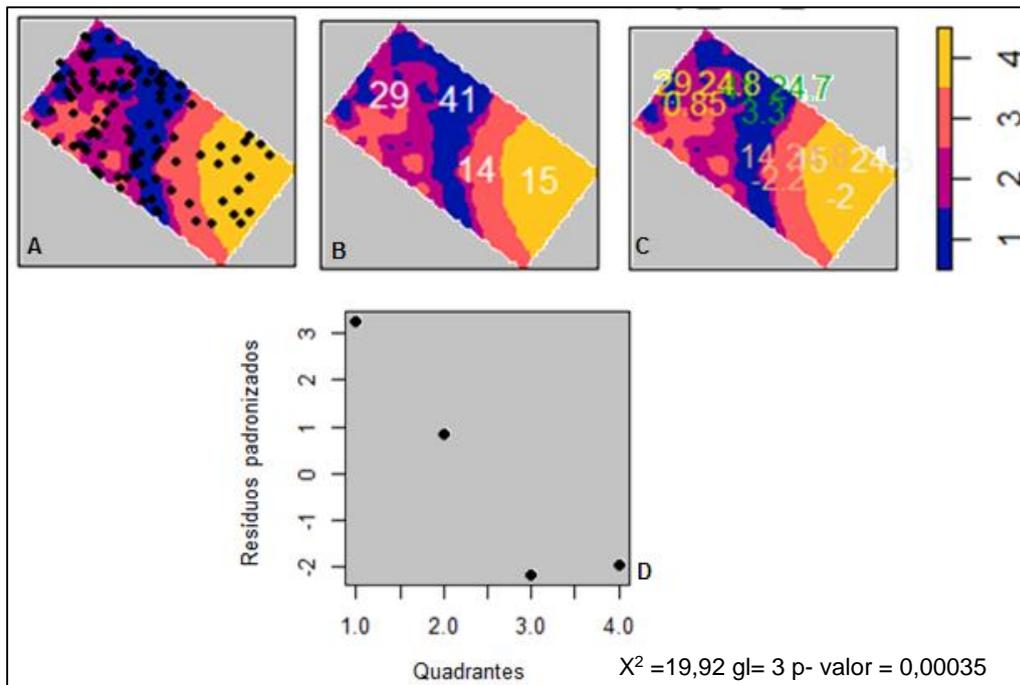


Figura 21. Distribuição espacial da espécie *Scleronema micranthum* no sitio PWA ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

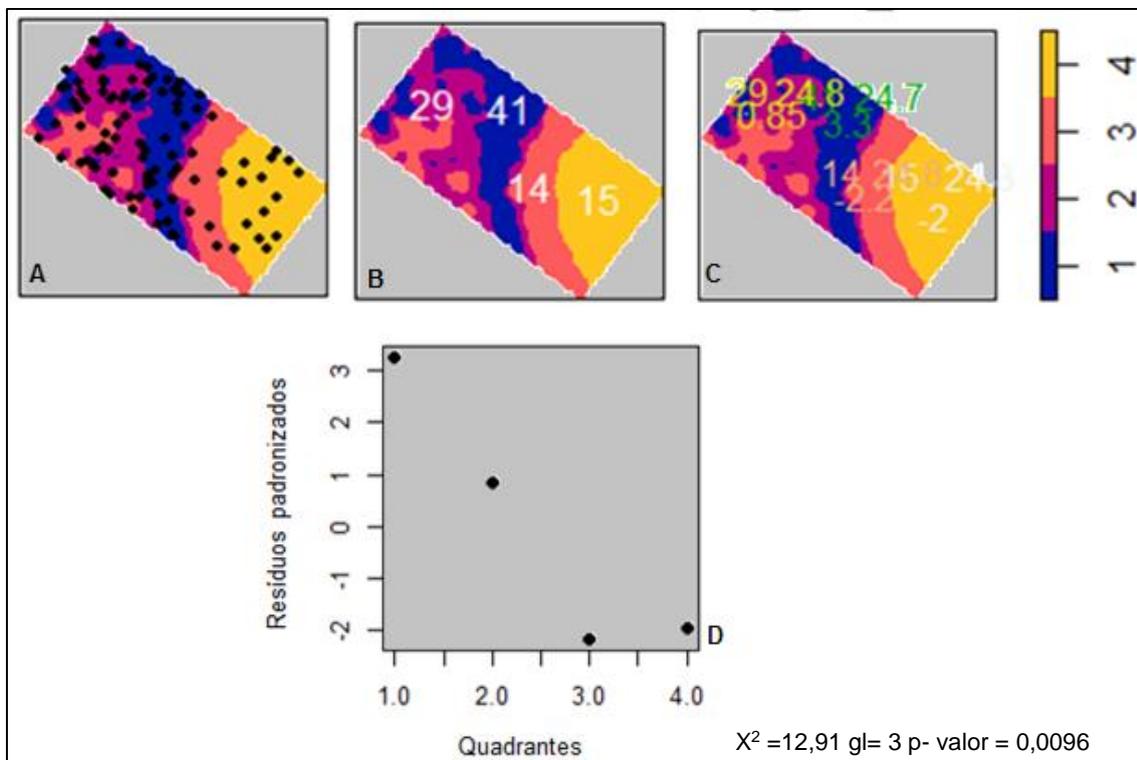


Figura 22. Distribuição espacial da espécie *Mezilaurus Itauba* no sitio PWA ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

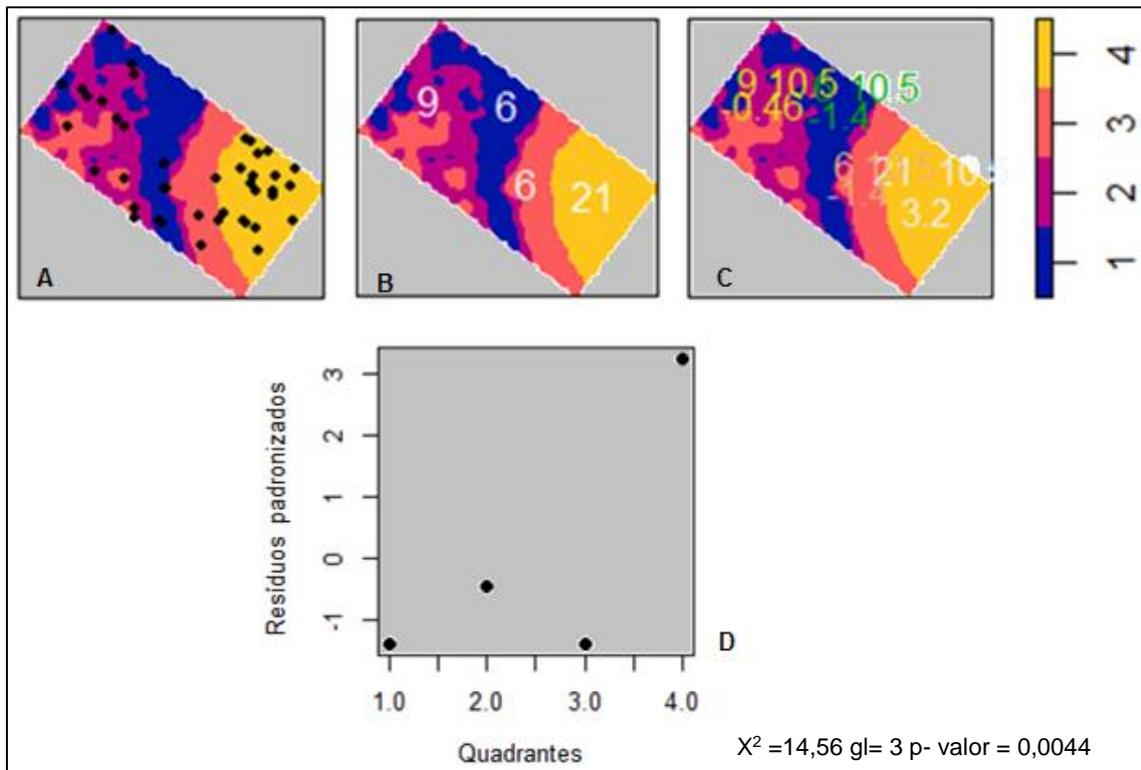


Figura 23. Distribuição espacial da espécie *Pithcellobium incuriale* no sitio PWA ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

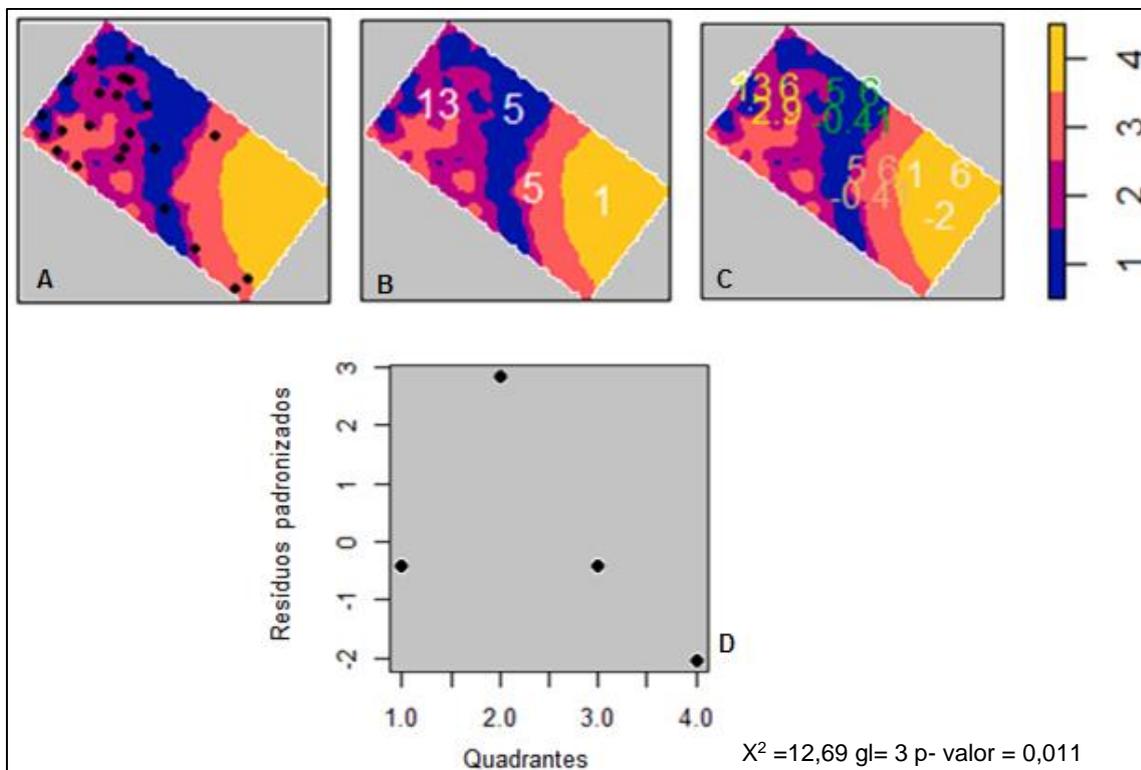


Figura 24. Distribuição espacial da espécie *Goupia glabra* no sitio PWA ao longo de quartis de concentração de teor de areia, A (Distribuição espacial), B (número de indivíduos observados por quartil), C (Estimativa do observado, esperado e resíduos padronizados) e D (gráfico dos resíduos).

## 4 Conclusões

Os sítios florestais estudados, apesar de constituírem a mesma tipologia florestal, possuem composições florísticas distintas, o que evidencia a não homogeneidade florística entre florestas de terra firme na Amazônia Central.

Os resultados obtidos no presente estudo poderão subsidiar futuras ações de manejo florestal direcionadas às espécies de interesse comercial mais abundantes e a definição de estratégias mais adequadas de conservação das espécies consideradas raras.

Os resultados indicam a possibilidade de separar grupos de espécies em função das variáveis edáficas. A textura do solo constitui importante variável preditora da distribuição das espécies ao longo do gradiente topográfico em florestas de terra firme na Amazônia Central.

Espécies como *Protium amazonicum*, *Eschweilera bracteosa*, *Pourouma sp.*, *Ocotea amazônica*, *Pourouma myrmecophila*, *Myrcia sp.*, *Eschweilera tessmannii*, *Iryanthera elliptica*, *Zygia racemosa* e *Enterolobium schomburgkii*. São mais abundantes em solos com condições de baixa fertilidade química e textura mais arenosa, essas espécies podem ser utilizadas em programas de recuperação ambiental, onde a recomposição da vegetação deve privilegiar espécies mais adaptadas a áreas com condições de baixa fertilidade.

O agrupamento das espécies em função das características ambientais pode contribuir sobremaneira para ações de recuperação/restauração florestal, bem como para o manejo e conservação das espécies, na medida que se possa recomendar os diferentes tipos de sítios mais adequados ao estabelecimento e crescimento de cada grupo de espécies.

## Referências bibliográficas

ALMEIDA, L. D.; GAMA, J. R. V.; OLIVEIRA, F. D. A.; CARVALHO, J. O. P. D.; GONÇALVES, D. C. M.; ARAÚJO, G. C. **Fitossociologia e uso múltiplo de espécies arbóreas em floresta manejada, Comunidade Santo Antônio, município de Santarém, Estado do Pará.** Acta Amazonica, v. 42, n. 2, p. 185-194, 2012.

ANDRADE, D.F.; GAMA, J.R.V.; MELO, L.O.; RUSCHEL, A.R. **Inventário florestal de grandes áreas na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Amazônia, Brasil.** Biota Amazônica, Macapá, v. 5, n. 1, p. 109-115, 2015.

BALDUINO, A.P.C. **Estrutura da vegetação lenhosa do cerrado stricto sensu e sua relação com o solo na Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba – MG.** Viçosa: UFV, 2001. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, 2001.

BATISTA, A. P. B.; SANTOS, G. R.; MELLO, J. M.; SILVA, K. E.; KALEITA, A. **Geoestatística no R: um estudo comparativo entre dois scripts.** IV Simpósio de Geoestatística em Ciências Agrárias, 2015.

BENSUSAN, N.; ARMSTRONG, G. **O manejo da paisagem e a paisagem do Manejo.** Brasília, Instituto Internacional de Educação do Brasil-IEB, 2008. 300p. Brasil. 1980. 85p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias.

BOHLMAN, S. A.; LAURANCE, W. F.; LAURANCE, S. G.; NASCIMENTO, H. E.; FEARNSIDE, P. M.; ANDRADE, A. **Importance of soils, topography and geographic distance in structuring central Amazonian tree communities.** *Journal of Vegetation Science*, 19(6), p. 863-874, 2008.

BRAGA, A. J. T.; DE LIMA, E. E.; MARTINS, S. V. **Influência dos fatores edáficos na variação florística de floresta estacional semidecidual, em Viçosa, MG.** Revista Árvore, v. 39, n. 4, p. 623-633, 2015.

CAIAFA, A. N.; MARTINS, S. V.; NUMES, J. A.; EISENLOHR, P. V. **Espécies Arbóreas Raras (2012).** In MARTINS, S. V. Ecologia de Florestas Tropicais no Brasil. 2. Ed. rev. E ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV.

CAMPOS, J.B.; SOUZA, M.C. **Arboreous vegetation of an alluvial riparian forest and their soil relatons**. Porto Rico Island, Paraná River, Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 45, num.2, p.137-149, 2002.

CHAVES, A.D.C.G.; SANTOS, R.M.de S.; SANTOS, J.O. dos; FERMANDES, A. de A.; MARACAJA, P.B. **A importância dos levantamentos florísticos para a conservação e preservação das florestas**. Revista ACSA, V.9, n. 2, p. 42-48, abr-jun, 2013.

CONDÉ, T. M.; TONINI, H. **Fitossociologia de uma floresta ombrófila densa na Amazônia setentrional, Roraima, Brasil**. Acta Amazonica, v. 43, n. 3, p. 247-259, 2013.

DEL NEGRO, G.; VETTORI, L. **Análise espectrográfica quantitativa pelo método da chama**. Rio de Janeiro: Instituto de Química Agrícola, p. 44, 1938.

DOS SANTOS, L. B.; GUERRA, A. J. T. **Influência da Estrutura da Floresta nas Características Físico-Químicas do Solo e no Estoque de Serrapilheira em Remanescentes Florestais da Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima–Nova Friburgo–RJ**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 8, n. 3, 2015.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, p.271, 1979.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA – **Manual de Métodos de Análises de Solo**. 2º.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 212p., 1997.

FAUSET, S., JOHNSON, M. O., GLOOR, M., BAKER, T. R., MONTEAGUDO, A., BRIENEN, R. J., ...; PITMAN, N. C. **Hyperdominance in Amazonian forest carbon cycling**. Nature communications, v. 6, 2015.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; LIBANO, A. M.; VENTUROLI, F.; PEREIRA, B. A. S. & MACHADO, E. L. M. (2011). **Análise Multivariada: princípios e métodos em estudos da vegetação**. In FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA NETO, J. A. A. (Eds.). *Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos*. Viçosa, MG: Ed. UFV.

FIGUEIREDO, S.M. de M.; VENTICINQUE, E.M.; FIGUEIREDO, E.O.; FERREIRA, E.J.L. Predição da distribuição de espécies florestais usando variáveis topográficas e de índice de vegetação no leste do Acre, Brasil. *Revista Acta Amazonica*, vol. 45 (2),p. 167-174, 2015.

FREITAS, W. K. D.; MAGALHÃES, L. M. S. **Métodos e parâmetros para estudo da vegetação com ênfase no estrato arbóreo**. *Floresta e Ambiente*, v. 19, n. 4, p. 520-540, 2012.

GROHMANN, F.; RAIJ, B. van. **Influência dos métodos de agitação na dispersão da argila do solo**. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., 1973, Santa Maria. **Anais**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.123-132 1974.

HOUGHTON, R.A.; SKOLE, D.L.; NOBRE, C.A.; HACKLER, J.L.; LAWRENCE, K.T.; CHOMENTOWSKI, W.H. **Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon**. *Nature*, p.301-304, 2000.

ILLIAN, J.; PENTTINEN, A.; STOYAN, H.; STOYAN, D. **Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Patterns**. Wiley, England, 536p. 2008.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Monitoramento da floresta amazônica por satélite, Projeto PRODES, 2014.

JOMBART, T.; DRAY, S.; DUFOUR, A. **Finding essential scales of spatial variation in ecological data: a multivariate approach**. *Ecography*, v.32: 161-168p.,2009.

JOSE, S., GILLESPIE, A.R., GEORGE, S.J. **Vegetation responses along edge-to interior gradients in a high altitude tropical forest in peninsular India**. *Forest Ecology and Management*. V.87. p.51-62, 1996.

KILMER, V.J.; ALEXANDER, L.T. Methods of making mechanical analysis of soils. **Soil Science**, Baltimore, v.68, p.15-24, 1949.

KREBS, C.J. *Ecological Methodology*. 2<sup>nd</sup>.ed. Addison W.Longman. 1999, 620p

LAU, A.V.; JARDIM, M.A.G. **Relação entre o banco de sementes e a composição química do solo em uma floresta de várzea.** Biota Amazônica, Macapá, v.4, n.2, p. 96-101, 2014.

LAW, R.; ILLIAN, J.; BURSLEM, D.F.R.P.; GRATZER, G.; GUNATILLEKE, C.V.S.; GUNATILLEKE, I.A.U.N. **Ecological information from spatial patterns of plants: insights from point process theory.** Journal of Ecology, v. 97, p. 616-628, 2009.

LEGENDRE, P.; FORTIN, M-J. **Spatial pattern and ecological analysis.** Vegetatio, v. 80, p. 107-138, 1989.

LEGENDRE, P. ; L. LEGENDRE. **Numerical Ecology.** Elsevier. Amsterdam. 1998. 870p.

LIMA, R.B.A.; SILVA, J.A.A.; MARANGON, L.C.; FERREIRA, R.L.C.; SILVA, R.K.S. **Fitossociologia de um trecho de floresta ombrófila densa na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Uacari, Carauari, Amazonas.** Scientia Plena, vol. 8, n.1, 2012.

LIMA, R.; NAKAJIMA, N.Y.; SAMPIETRO, J.A. **Composição florística da regeneração natural em floresta ombrófila mista.** Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient., Curitiba, v. 11, Supl. 1, p. S113-S120, 2013.

LOSCHI, R. A.; PEREIRA, J. A. A.; MACHADO, E. L. M.; CARLOS, L.; SÁ, J. J. G.; MARQUES, L. **Interação espécie-ambiente na colonização de uma voçoroca em Itumirim, Minas Gerais.** Cerne, Lavras, v.17, n.2, p. 161-180, 2011.

MAIA, A. M.; MARMOS, J; L. **Geodiversidade do Estado do Amazonas.** Brasil, 2010.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement.** London Sydney: Croom Helm, 1988.

MARQUES, J.D.O.; LUIZÃO, F.J.; TEIXEIRA, W.G.; ARAÚJO, E.M. **CARBONO ORGÂNICO EM SOLOS SOB FLORESTA NA AMAZÔNIA CENTRAL.** In: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. p. 2, 2013.

MARTINS, S.V.; SILVA, N.R.S.; SOUZA, A.L.de; NETO, J.A.A.M. **Distribuição de espécies arbóreas em um gradiente topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG.** SCIENTIA FORESTALIS, n. 64, p. 172-181, dez. 2003.

MARTINS, K. G.; MARQUES, M. C.; DOS SANTOS, E.; MARQUES, R. **Effects of soil conditions on the diversity of tropical forests across a successional gradient.** Forest Ecology and Management, v. 349, p. 4-11, 2015.

MENDES, M.R.de A.; MUNHOZ, C.B.R.; SILVA JÚNIOR, M.C. da; CASTRO, A.A.J.F. **Relação entre a vegetação e as propriedades do solo em áreas de campo limpo úmido no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil.** Rodriguésia 63(4), p. 971-984. 2012.

MENDONÇA, G.V. **Análise florístico-estrutural e relações com o ambiente em área de ecótono floresta estacional-cerrado sensu stricto no Estado Do Tocantins.** 2012, 71p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestais, publicação PPGEFL.DM-186/12) Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, DF.

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. **Soil chemical attributes of Amazonas state, Brazil.** Communications in Soil Science and Plant Analysis, v. 40, n. 17-18, p. 2912-2925, 2009.

MOSQUERA, H. Q.; HURTADO, F. M. **Diversidad florística arbórea y su relación con el suelo en un bosque pluvial tropical del chocó biogeográfico.** Revista Árvore, v. 38, n. 6, p. 1123-1132, 2014.

NADEAU, M. B.; SULLIVAN, T. P. Relationships between Plant Biodiversity and Soil Fertility in a Mature Tropical Forest, Costa Rica. **International Journal of Forestry Research**, v. 2015, 2015.

OLIVEIRA, A.N. de; AMARAL, I.L. do. **Aspectos florísticos, fitossociológicos e ecológicos de um sub-bosque de terra firme na Amazônia Central, Amazonas, Brasil.** Acta Amazonica, vol. 35, (1), p.1-16, 2005.

OLIVEIRA, L. C; COUTO, H. T. Z.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. **Efeito da exploração de madeira e tratamentos silviculturais na composição florística e**

**diversidade de espécies em uma área de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará.** Scientia Forestalis, v. 69, p. 62-76, 2005.

POGGIANI F. (2012). **Ciclagem de Nutrientes em Florestas no Brasil.** In MARTINS, S. V. Ecologia de Florestas Tropicais no Brasil. 2. Ed. rev. E ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV.

RICHARDS, L.A. (Ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: USDA, 160p. 1954.

SALOMÃO, R. P.; SANTANA A. C.; BRIENZA JÚNIOR, S. **Seleção de espécies da floresta ombrófila densa e indicação da densidade de plantio na restauração florestal de áreas degradadas na Amazônia.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 139-151, 2013.

SETZER, J. As características dos principais tipos de solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.1, n. 4, p.255-359, 1941.

SILVA, A. R. da. **Composição, estrutura Horizontal e espacial de 16 ha de floresta densa de terra-firme no estado do Amazonas.** 2015, 85f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) Universidade Federal do Amazonas.

SILVA, J.N.M.; LOPES, J. do C.A.; OLIVEIRA, L.C. de; SILVA, S.M.A. da; CARVALHO, J.O.P. de; COSTA, D.H.M.; MELO, M.S.; TAVARES, M.J.M. **Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 68p., 2005.

SILVA JUNIOR, C.A. da; BOECHAT, C.L.; CARVALHO, L.A. de. **Atributos químicos do solo sob conservação de Floresta Amazônica para diferentes sistemas na região norte do Pará, Brasil.** Biosci J., Uberlândia, v. 28, n.4, p. 566-572, 2012.

SILVA, K.E.; MATOS, F.D. de A.; FERREIRA, M.M. **Composição florística e fitossociologia de espécies arbóreas do Parque Fenológico da Embrapa Amazônia Ocidental.** Acta Amazonica, vol. 38 (2), p. 213-222, 2008.

SILVA, K.E. **Florística e Estrutura Espacial: 15 Hectares de parcelas Permanentes na Floresta Densa de Terra Firme na Amazônia Central.** 2010, 89f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Viçosa.

SILVA, K.E.; MARTINS, S.V.; RIBEIRO, C.A.A.S.; SANTOS, N.T.; AZEVEDO, C.P. de; MATOS, F.D. de A.; AMARAL, I.L. do. **Floristic composition and similarity of 15 hectares in Central Amazon, Brazil**. Revista de Biología Tropical, vol. 59, n. 4, p. 1927-1938, diciembre, 2011.

SILVA, K. E. DA; SOUZA, C. R. DE; AZEVEDO, C. P. DE; ROSSI, L. M. B. **Dinâmica florestal, estoque de carbono e fitossociologia de uma floresta densa de terra-firme na Amazônia Central**. Scientia Forestalis, volume 43, n. 105, 2015.

SILVA, W.A.S. da.; CARIM, M.de J.V.; GUIMARÃES, J.R. da S.; TOSTES, L de C.L. **Composição e Diversidade Florística em um Trecho de Terra Firme no Sudeste do Estado do Amapá, Amazônia Oriental, Brasil**. Biota Amazônica, v.4, n. 3, p. 31-36, 2014.

TEIXEIRA, W. G., ARRUDA, W. C., SHINZATO, E., MACEDO, R. S., MARTINS, G. C., LIMA, H. N., & RODRIGUES, T. E. **Solos do Amazonas. Geodiversidade do estado do Amazonas**. CPRM, Manaus–Rio de Janeiro, 71-86, 2010.

TER STEEGE, H., PITMAN, N. C., SABATIER, D., BARALOTO, C., SALOMÃO, R. P., GUEVARA, J. E., ...; MONTEAGUDO, A.. **Hyperdominance in the Amazonian tree flora**. Science, v. 342, n. 6156, p. 1243092, 2013.

VETTORI, L. **Métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro: Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, p.34, 1969.