

# ANÁLISE DA FLORÍSTICA E ESTRUTURA DE FLORESTA PRIMÁRIA VISANDO A SELEÇÃO DE ESPÉCIES-CHAVE, ATRAVÉS DE ANÁLISE MULTIVARIADA, PARA A RESTAURAÇÃO DE ÁREAS MINERADAS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO<sup>1</sup>

Rafael Paiva Salomão<sup>2</sup>, Sílvio Brienza Júnior<sup>3</sup> e Antônio Cordeiro Santana<sup>4</sup>

**RESUMO** – Na Amazônia, vários empreendimentos minerários estão situados em unidades de conservação. A restauração ecológica após a lavra do minério abrange vários atributos. Entre esses, destaca-se a necessidade de o ecossistema restaurado conter um conjunto de espécies-chave de ocorrência no ecossistema de referência e, dessa forma, proporcionar estrutura apropriada de comunidade, além de ser constituído do maior número possível de espécies nativas. Objetivou-se, neste trabalho, analisar um índice fitossociológico e socioeconômico (IFSE), obtido por técnicas de análise multivariada. O modelo envolveu seis variáveis quantitativas (abundância, frequência, dominância, biomassa, valor comercial da madeira e quantidade de produtos florestais não madeireiros) e igual número de variáveis qualitativas. Em uma área de floresta ombrófila de 1.321 ha, foram amostradas 315 parcelas de 0,25 ha, em que todos os indivíduos com DAP  $\geq$  10 cm foram identificados e mensurados. Foram registrados 36.298 indivíduos, distribuídos em 898 espécies, abrangendo 62 famílias. As espécies foram ranqueadas através do índice proposto em três categorias de prioridade fitossociológica e socioeconômica (alta, média e baixa). A adequação da análise fatorial foi determinada pelos testes de Bartlett e KMO. O teste de Bartlett avaliou a significância geral da matriz de correlação a 1% de probabilidade. O teste KMO indicou que as variáveis estão correlacionadas, e o modelo fatorial apresentou nível muito bom de adequação aos dados. O uso de análise multivariada foi estatisticamente validado para o emprego do IFSE. Entre as 898 espécies analisadas, 25 foram selecionadas como prioritárias (categorias alta e média), sendo reconhecidas como espécies-chave. Foi estimada a densidade de plantio dessas espécies para recuperação de áreas mineradas na Amazônia, com condições biológicas e ambientais semelhantes às relatadas neste estudo. A distribuição diamétrica das espécies-chave foi analisada e comparada com a da floresta inventariada. O estágio sucessional das espécies-chave foi também analisado.

Palavras-chave: Espécie-chave, Análise multivariada e Restauração florestal de áreas degradadas.

## ASSESSMENT OF FLORISTIC AND STRUCTURE OF PRIMARY FOREST FOR SELECTING KEY SPECIES THROUGH MULTIVARIATE ANALYSIS FOR CONSERVATION OF MINED FOREST AREAS IN THE PROTECTED AREA

**ABSTRACT** – In the Amazon, several mining companies are located in protected areas. Ecological restoration after mining should consider several attributes. Among these, there is the need of the restored ecosystem to contain a set of key species that occur in the reference ecosystem, and thus, provide an appropriate structure of the community, and as much as possible a greatest number of native species. The objective of this work was to analyze a phytosociological index and socioeconomic status (IFSE), obtained by multivariate analysis. The model included six quantitative variables (abundance, frequency, dominance, biomass, commercial value

---

<sup>1</sup> Recebido em 02.02.2011 aceito para publicação em 04.06.2012

<sup>2</sup> Museu Paraense Emílio Goeldi, Campus de Pesquisa, Coordenadoria de Botânica. E-mail: <salomao@museu-goeldi.br>.

<sup>3</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental, Floresta. E-mail: <brienza@cpatu.embrapa.br>.

<sup>4</sup> Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos. E-mail: <antonio.santana@ufrpa.edu.br>.



of timber and amount of non-timber forest products) and an equal number of qualitative variables. In a rain forest area of 1,321 ha, 315 plots of 0.25 ha were sampled where all trees with DBH  $\geq 10$  cm were identified and measured. It was identified 36,298 individuals, distributed in 898 species, and comprising 62 families. Using the proposed index the species, they were ranked in three categories of priority- phytosociological and socioeconomic (high, medium and low). The appropriateness of factor analysis was determined by KMO and Bartlett tests. The Bartlett test evaluated the general significance of the correlation matrix at the level of 1% probability. The KMO test showed that the variables are correlated and factor model presented a very good fit to the data. The use of multivariate analysis was statistically validated using the IFSE. Among the 898 species analyzed, 25 were selected as priorities (high and medium categories) and are recognized as key species. It was estimated the planting density of these species for recovery of mined areas in the Amazon, with biological and environmental conditions similar to those reported in this study. The diameter distribution of key species was analyzed and compared with the forest inventoried. The successional stage of key species was also analyzed.

*Keywords:* Key specie. Multivariate analysis. Land restoration.

## 1. INTRODUÇÃO

Uma unidade de conservação é uma área de proteção ambiental legalmente instituída pelo poder público nas suas três esferas (federal, estadual e municipal), sendo reguladas pela Lei no. 9.985, de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) com o objetivo de conservar a biodiversidade e outros atributos naturais neles contidos, com o mínimo de impacto. São divididas em dois grandes grupos: unidades de proteção integral (cinco tipos) e unidades de uso sustentável (sete tipos). As Florestas Nacionais (Flonas), incluídas neste último grupo, são de posse e domínio públicos e constituídas de áreas com cobertura florestal de espécies nativas que têm como objetivos básicos o uso múltiplo e sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica (<http://www.icmbio.gov.br/menu/unidades-de-conservacao> acesso em: 21 dez. 2010).

A descoberta de bauxita (principal matéria-prima utilizada na produção de alumina ( $Al_2O_3$ ) e do alumínio metálico) na região de Trombetas data de 1966, com volume de reservas estimado em 800 milhões de toneladas distribuído em vários platôs da Floresta Nacional Saracá-Taquera/ICMBio (LAPA 2000). Em agosto de 1979, a Mineração Rio do Norte-MRN iniciou as operações de lavra da bauxita, na referida Flona, cujas etapas abrangem o desmatamento, decapeamento, escavação, carregamento, transporte e restauração das áreas mineradas. A lavra do minério, que se encontra entre 4-10 m de profundidade, em área coberta pela floresta ombrófila densa que tem que ser completamente suprimida, é feita a céu aberto. Trata-se de uma floresta que se destaca no bioma amazônico por apresentar

grande riqueza e diversidade arbórea com elevados valores de biomassa e grande volume de madeira, sobretudo aquelas de valor comercial (RADAMBRASIL, 1976). Antes da operação de desmatamento (corte raso), a empresa tem que avaliar quali e quantitativamente a vegetação florestal para possibilitar o aproveitamento de toda a madeira comercial e, também, subsidiar as ações de recuperação florestal das áreas desmatadas. As técnicas silviculturais e ecológicas empregadas pela empresa para a restauração florestal das áreas mineradas vêm sendo desenvolvidas desde a década de 1980 e não seguiram nenhuma orientação formal das instituições ambientais dos poderes públicos federal, estadual e municipal.

Ao conjunto dos processos utilizados para recompor ecossistemas, tendo em vista as condições iniciais naturais, as alterações registradas e os prognósticos resultantes do monitoramento denominam-se restauração ambiental; no caso de uma floresta, tem-se a restauração florestal. Restauração de acordo com Rodrigues et al. (2009) é o retorno de uma condição perturbada ou totalmente alterada a um estado anterior existente naturalmente. Moscatelli et al. (1993) afirmaram que a restauração refere-se ao retorno a um estado preexistente sem, necessariamente, que o sistema retorne às suas características originais. Segundo Carpanezzi et al. (1990), ecossistema degradado é aquele que, após distúrbios, teve eliminado, juntamente com a vegetação, os seus meios de regeneração bióticos como o banco de sementes, banco de plântulas, chuva de sementes e rebrota; apresentando, portanto, baixa resiliência, isto é, seu retorno ao estado anterior pode ou não ocorrer ou ser

extremamente lento. Nesses ecossistemas degradados, a ação antrópica para a recuperação é necessária, pois eles já não mais dispõem dos eficientes mecanismos de regeneração. Nos processos de recuperação podem ser usadas duas técnicas distintas: restauração e reabilitação. Segundo Viana (1990), a restauração refere-se ao conjunto de tratamentos que visam recuperar a forma original do ecossistema, ou seja, a sua estrutura, dinâmica e interações biológicas, sendo recomendada para ecossistemas raros e ameaçados que demandam maior tempo e resultam em custos elevados. Os plantios de enriquecimento e a indução da regeneração natural têm sido as práticas mais recomendadas para a recuperação de fragmentos degradados (SALOMÃO et al., 2007a), podendo ainda, segundo Rodrigues e Gandolfi (2000), ser utilizadas em áreas muito degradadas e que não conservam nenhuma das características bióticas da formação original. Geralmente, o ecossistema que requer restauração foi transformado, danificado, degradado ou totalmente destruído como resultado direto ou indireto de atividades humanas (SER, 2004). De acordo com Vieira et al. (1993), a degradação pode ser ambiental (ou ecológica) ou degradação da capacidade produtiva (BRIENZA JÚNIOR et al., 1995). A restauração ecológica envolve o atendimento a pelo menos nove atributos listados em Ser (2004). Entre esses, destacam-se que o ecossistema restaurado deve conter um conjunto característico de espécies-chave que ocorrem no ecossistema de referência, fornecendo uma estrutura apropriada de comunidade e, também, que seja constituído do maior número possível de espécies nativas.

Os platôs da Flona Saracá-Taquera/ICMBIO, em especial o platô Saracá, objeto deste estudo, podem ser considerados como o extremo da degradação antrópica, pois todas as propriedades físicas, químicas, biológicas e ecológicas do novo ecossistema artificial formado, após a lavra da bauxita, foram intensamente alteradas ou destruídas, acarretando profunda instabilidade de todo ecossistema.

Na base da definição dos métodos adequados para a restauração ecológica dos ecossistemas, duas questões são essenciais para seu sucesso, independentemente do método selecionado: qual espécie plantar e quanto plantar de cada uma de modo a recobrir o solo e restaurar os processos ecológicos em menos tempo, com menores perdas e menor custo. A identificação de espécies-chave, que são aquelas que controlam a estrutura da comunidade devido à sua abundância, distribuição

espacial, biomassa, porte ou cobertura e que influenciam na ocorrência das demais espécies associadas, é de fundamental importância para o sucesso da restauração florestal em áreas degradadas, principalmente pela mineração a céu aberto. No entanto, não existe nenhum estudo para a Amazônia que indique quais espécies empregar e quanto plantar de cada uma delas, fundamentado em uma análise científica e amparado por modelos estatísticos robustos.

Um importante instrumento da ecologia de comunidade é a análise multivariada, que trata todas as variáveis simultaneamente, resumindo os dados e revelando a sua estrutura com a menor perda de informações possível (GAUCH, 1982; PIELOU, 1984). Diferentemente da estatística clássica, que possibilita o teste de hipótese, as análises multivariadas se prestam mais a investigar os dados e gerar hipóteses (GAUCH, 1982; OLIVEIRA FILHO et al., 1994). Recentemente, as análises multivariadas tornaram-se instrumentos acessíveis, apesar de há muito conhecidas (GOODALL, 1954). Muitos estudos em comunidades vegetais utilizam como base esse tipo de análise, seja para agrupar amostras, classificar tipos de formações, relacionar variáveis ambientais a diferenças na comunidade ou, mesmo, para definir prioridades para a conservação (TAGGART, 1994; OGUTU, 1996; LA ROI, 1992; KAPPELLE et al., 1995). A análise multivariada foi empregada por Toledo et al. (2009) para a caracterização fitossociológica em vegetação de Cerrado no Norte de Minas Gerais. Santos et al. (2007) analisaram a riqueza e similaridade florística de fragmentos florestais no Norte de Minas Gerais, baseados no dendrograma e na distância euclidiana entre as parcelas, calculada a partir da matriz de correlação entre as variáveis selecionadas. Poucos, no entanto, tratam simultaneamente vários tipos de formações vegetais por métodos de análise multivariada. Silva e Shepherd (1986) estabeleceram relações entre diferentes amostras de Mata Atlântica e Floresta Amazônica, utilizando a análise de agrupamento em nível de gêneros. Alguns estudos mais recentes com abordagem em análise multivariada foram desenvolvidos por Oliveira-Filho e Fontes (2000) e Scudeller et al. (2001) na Mata Atlântica do Sudeste brasileiro. Oliveira (1997) investigou, através de métodos de análise multivariada, os dados disponíveis em literatura sobre a composição e estrutura das florestas de terra firme da Amazônia, procurando verificar a existência de relações florísticas e padrões na estrutura desse ecossistema.

Objetivou-se neste trabalho determinar a abundância, frequência, dominância, biomassa aérea viva, volume de madeira e respectivo valor comercial, além de determinar o número de usos e utilidades dos produtos florestais não madeireiros - PFM das espécies arbóreas da floresta inventariada, para o cálculo do índice fitossociológico e socioeconômico (IFSE), obtido por técnicas de análise multivariada, para posterior hierarquização das espécies em três categorias previamente estabelecidas: predominância alta, média e baixa. Foi sugerida a densidade de plantio das espécies de predominâncias alta e média, consideradas como espécies-chave. A estrutura diamétrica dos indivíduos das espécies-chave foi também analisada, assim como o seu estágio sucessional. Uma breve análise da composição florística da floresta foi também descrita. O uso do índice poderá auxiliar na tomada de decisão de quais espécies arbóreas serão prioritárias nos trabalhos de restauração florestal em Áreas de Preservação Permanente (APP) e áreas de Reserva Legal (RL) que, com o advento do cadastro ambiental rural, obriga os proprietários e detentores de posses a recuperar o passivo ambiental em suas terras (APP e, ou, RL) e que, no caso da Amazônia, varia dentro do mesmo Estado, dependendo do zoneamento ecológico-econômico, de 50% a 80% do total da área.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

### 2.1. Caracterização da área de estudo e das unidades amostrais

O estudo foi desenvolvido no platô Saracá (altitude média de 180 m) da Flona Saracá-Taquera (01°45'16,0" S – 056°23'09,4" W), subordinada ao Instituto Chico Mendes de Biodiversidade-ICMBIO, onde é desenvolvido o projeto de mineração de bauxita da MRN, no distrito de Porto Trombetas, Município de Oriximiná, Estado do Pará. A área acha-se inserida na Região da Floresta Ombrófila Densa, Sub-Região dos Baixos Platôs da Amazônia, domínio da floresta densa das baixas altitudes (submontana), cuja fisionomia se refere à floresta localizada principalmente nos platôs terciários e terraços antigos e recentes, apresentando-se em dois estratos distintos: um emergente e outro uniforme (IBGE, 1992). As principais espécies que caracterizam o estrato emergente são: *Dinizia excelsa* (angelim-pedra), *Bertholletia excelsa* (castanheira) e *Cedrelinga catanaeformis* (cedrorana). O estrato uniforme é caracterizado por *Manilkara* spp

(maçarandubas), *Protium* spp (breus) e *Pouteria* spp (abius). Trata-se de florestas com alto volume de madeira de grande valor comercial, quando comparadas com outras áreas florestais da Amazônia, que são das mais imponentes, com sub-bosque limpo, boa regeneração natural e fácil penetração (RADAMBRASIL, 1974).

Na bacia amazônica, os depósitos de bauxita são associados à série Barreiras do Terciário, constituídos de arenitos, siltitos e ocasionalmente conglomerados (LAPA, 2000). As lateritas são encontradas no topo dos platôs, fortemente dissecados pela erosão, remanescentes do peneplano Terciário, que se estende ao longo do lado Nordeste do rio Amazonas, desde as vizinhanças de Oriximiná até Jardimlândia, no rio Jari (LAPA, 2000). Esses platôs são bem definidos, têm os topos planos, achatados, cuja elevação varia de 70 a 120 m, com altitude de 150 a 200 m em relação ao nível do mar.

O inventário florestal foi realizado em uma área de 1.321 ha do platô Saracá, onde foram distribuídas 315 parcelas (0,25 ha), que totalizaram 78,75 ha, implicando intensidade amostral de 5,96%. A unidade amostral empregada possuía a forma retangular com 10 m de largura por 250 m de comprimento (0,25 ha). Nessas parcelas foram identificados e medidos os diâmetros de todas as árvores e palmeiras com DAP (diâmetro a 1,30 m do solo)  $\geq 10$  cm. A altura do fuste foi estimada através de uma vara com 5 m de comprimento. As espécies registradas foram identificadas e classificadas pelo sistema de Cronquist; aquelas que apresentaram material fértil, este foi coletado e depositado no herbário do MCT/Museu Emílio Goeldi.

### 2.2. Processo de amostragem e variáveis analisadas

O processo de amostragem utilizado no inventário florestal foi baseado na amostragem sistemática, também conhecida como seleção mecânica, em que as unidades amostrais são selecionadas segundo um rígido e predeterminado esquema que procura cobrir toda a comunidade. A vantagem mais importante da amostra sistemática, quando aplicada em florestas primárias, é que as unidades amostrais se distribuem mais uniformemente na área a ser inventariada, originando maior representatividade e tornando-se eficiente para detectar tendência ou concentração de certas características, assim como é mais precisa na observação das variáveis tipológicas (CAMPOS; LEITE, 2002).

A estrutura horizontal da floresta foi caracterizada através das variáveis fitossociológicas incluídas na análise fatorial, como abundância (NI), frequência (FQ) e área basal/dominância (AB) das espécies registradas nas parcelas da amostra. Além dessas variáveis, foram incluídas na construção do índice uma variável relativa à biomassa dos indivíduos das espécies (Y), uma variável econômica relativa ao valor comercial da madeira em pé de cada espécie (VCM) e uma variável socioeconômica que abrangeu o uso e utilidade expressos através da quantidade de produtos florestais não madeireiros da espécie (PFNM). A biomassa aérea viva (Y, peso seco, em kg) dos indivíduos das espécies foi estimada através da equação alométrica em função do diâmetro a 1,30 m do solo (D, em cm),  $Y = 38,4908 - 11,7883D + 1,1926D^2$  ( $r^2 = 0,78$ ), proposta por Brown et al. (1989), para indivíduos com DAP  $\geq 10$  cm. No caso da variável econômica (VCMr), multiplicou-se o volume comercial total ( $m^3$ ) da espécie pelo respectivo valor da madeira em tora e em pé ( $R\$/m^3$ ), de acordo com a Instrução Normativa N° 02/2010, do Instituto de Desenvolvimento Florestal do Estado do Pará (IDEFLOR, 2010). A variável socioeconômica, referente ao uso/utilidade da espécie, quantificou o número de aplicações (PFNM) de cada espécie em: alimento para o homem (AH), espécie medicinal (ME), produção de corante (CO), produção de essência aromática (EA), produção de fibra (FI), produção de látex (LA), produção de óleos essenciais (OE), produção de resina (RE) e produção de substância venenosa (VE), de acordo com Salomão et al. (1995), Shanley e Medina (2005), Shanley e Rosa (2005) e Salomão et al. (2007b).

### 2.3. Modelo Analítico

#### 2.3.1. Índice fitossociológico e socioeconômico

O modelo do índice fitossociológico e socioeconômico (IFSE), analisado neste trabalho, é uma função de seis variáveis quantitativas e de igual número de variáveis qualitativas expressas pelas respectivas variáveis *dummy* (VD):

$$IFSE = f(NIr, NIr - VD, FQr, FQr - VD, ABr, ABr - VD, Yr, Yr - VD, VDCMr, VDCMr - VD, PFNMr, PFNMr - VD)$$

obtendo-se as variáveis abundância relativa (NIr), frequência relativa (FQr), área basal/dominância relativa (ABr), biomassa relativa (Yr), valor comercial da madeira em tora e em pé relativa (VCMr), quantidade de produtos florestais não madeireiros relativa (PFNMr) e variável *dummy* (VD).

Variáveis quantitativas: NIr = (n° de indivíduos da espécie / n° de indivíduos de todas as espécies) \* 100; FQr = (n° de parcelas de ocorrência da espécie / soma do n° total de parcelas de ocorrência de todas as espécies) \* 100; ABr = (área basal da espécie / área basal de todas as espécies) \* 100; Yr = (biomassa aérea viva em pé da espécie / biomassa aérea viva em pé de todas as espécies) \* 100; VCMr = (valor comercial da madeira em tora e em pé da espécie / valor comercial da madeira em tora e em pé de todas as espécies) \* 100; PFNMr = (quantidade de usos ou utilidades da espécie / soma das quantidade de usos ou utilidades de todas as espécies) \* 100.

Variáveis qualitativas: adicionalmente, definiu-se para cada uma dessas variáveis uma variável qualitativa (variável *dummy*, variável binária ou variável artificial), para captar a influência das espécies em que pelo menos 50% dos valores das variáveis envolvidas constavam na amostra. Considerando, por exemplo, a variável abundância, procedeu-se da seguinte forma: i) após a hierarquização decrescente da abundância das espécies (do maior para o menor valor da variável), efetuou-se a soma do número total de indivíduos de cada espécie até atingir 50% do total de indivíduos de todas as espécies; as espécies aí incluídas receberam valor 1 na variável *dummy*, enquanto as demais, valor zero; e ii) procedimento análogo foi feito com todas as demais variáveis. Normalmente, essas variáveis constituem número pequeno em relação ao tamanho da amostra.

#### 2.3.2. Análise fatorial

Utilizou-se a técnica de análise fatorial para analisar as relações entre as variáveis fitossociológicas, econômicas e sociais extraídas das espécies arbóreas da floresta ombrófila densa, determinar as dimensões latentes representativas e testar o índice fitossociológico e econômico (IFSE) referido na seção anterior.

O modelo de análise fatorial, conforme Santana (2005, 2007) e Santana et al. (2009), foi utilizado para definir as dimensões latentes comuns, ou fatores comuns, a partir da estrutura de inter-relações apresentadas entre as variáveis quantitativas e qualitativas da amostra de dados utilizada neste trabalho.

A expressão matemática que especifica o modelo geral de análise fatorial, conforme apresentado em Dillon e Goldstein (1984), é dada por:

$$X = \Lambda F + \theta + \varepsilon$$

em que:  $X$  é o vetor ( $p \times 1$ ) de variáveis observáveis, com  $E(X) \equiv \theta$  e  $\text{var}(X) \equiv \Sigma$ ;  $F$  é o vetor ( $q \times 1$ ) de fatores comuns,  $\Lambda$  é a matriz ( $p \times q$ ) de cargas fatoriais, assumindo  $q < p$ ;  $\varepsilon$  é o vetor ( $p \times 1$ ) de erros aleatórios ou fatores únicos.

As cargas fatoriais geradas a partir da solução inicial do modelo de análise fatorial podem não representar um padrão significativo, caso não se consiga uma ortogonalidade perfeita entre elas. Para corrigir esse problema, conforme Dillon e Goldstein (1984) e Johnson e Wichern (1992), adotou-se o método da rotação ortogonal varimax dos fatores pela simplicidade e, geralmente, por melhorar os resultados do modelo fatorial estimado (STATA 12, 2011). Na extração dos fatores, utilizou-se a técnica da análise de componentes principais, por não apresentar restrição com relação à normalidade multivariada dos dados e pelo fato de a solução encontrada ser única para o modelo estimado (HAIR et al., 2005; SANTANA, 2004, 2005).

Para a definição do índice fitossociológico e socioeconômico, procedeu-se conforme Santana (2007), a partir da estimação dos escores fatoriais. Assim, para cada fator extraído  $F_j$ , o  $i$ -ésimo escore fatorial é definido por  $F_{ij}$ , expresso como em Dillon e Goldstein (1984):

$$F_{ij} = \sum_{i=1}^n b_{ji} X_i \quad j = 1, 2, \dots, p$$

em que os  $b_i$  são os coeficientes de regressão estimados para os  $n$  escores fatoriais comuns e  $X_{ij}$  são as  $n$  observações das  $p$  variáveis observáveis, padronizadas pelo método *Z-score*, que apresenta distribuição com média 0 e variância igual a 1.

No IFSE, o escore fatorial ( $F_i$ ) foi padronizado pela amplitude para se obter valores positivos dos escores originais para variar entre 0 e 1 ( $FP_i$ ) e permitir a hierarquização das espécies. A fórmula matemática é a seguinte:

$$FP_i = \left( \frac{F_i - F_{\min}}{F_{\max} - F_{\min}} \right)$$

em que,  $F_{\min}$  e  $F_{\max}$  são os valores máximo e mínimo observados para os escores fatoriais associados às variáveis (ABR, FRR, DOR, ABR-VD, FRR-VD e DOR-VD) das 898 espécies. O IFSE foi definido conforme Santana (2007; 2008):

$$IFSE_{i,k} = \sum_{j=1}^q \left( \frac{\lambda_j}{\sum_j \lambda_j} FP_{ij} \right)$$

em que 1 é a variância explicada por cada fator e  $\Sigma$  é a soma total da variância explicada pelo conjunto de fatores comuns extraídos.

Na análise fatorial, as variáveis explicativas  $X_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) são quantitativas e qualitativas. A variável de natureza qualitativa incluída na análise teve a missão de identificar a importância de algumas espécies na amostra. Para isso, atribuiu-se valor 1 para indicar a presença da característica de interesse e valor 0 para revelar a ausência do fenômeno. Os fenômenos analisados, cuja variável *dummy* foi igual a 1, referem-se àquelas espécies que, ocupando as primeiras posições em um rol decrescente de abundância, frequência, dominância, biomassa, valor comercial da madeira e quantidade de PFNM absolutos, perfazem, individualmente, mais de 50% do valor total de cada uma dessas variáveis. Por exemplo, a abundância absoluta total foi de  $x$  indivíduos; após a hierarquização decrescente das espécies, do maior para o menor valor dessa variável, procedeu-se à soma do número de indivíduos de cada espécie até se atingirem 50% do total de  $x$ , e as espécies aí incluídas receberam valor 1 na variável *dummy*, enquanto as demais, valor zero; procedimento análogo foi feito com as demais variáveis..

Para aferir a adequação do método à amostra de dados foram aplicados dois testes: (i) teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que se baseia no princípio de que a inversa da matriz de correlação se aproxima da matriz diagonal, para tanto compara as correlações entre as variáveis observáveis (HAIR et al., 2005); e (ii) teste de esfericidade de Bartlett, que avalia a significância geral da matriz de correlação, ou seja, testa a hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade (DILLON; GOLDSTEIN, 1984; GAMA et al., 2007). Os resultados foram obtidos por meio dos *softwares SPSS Statistics 17.0™* e *Microsoft Excel™*.

### 2.3.3. Ranqueamento das Espécies

Para facilitar a interpretação dos resultados, foram estabelecidos três intervalos de predominância ecológica e socioeconômica, obtidos pela diferença entre o maior e o menor valor calculado do índice (IFSE), dividida por 3, aqui denominada amplitude de ranqueamento

(AR). Espécies de alta predominância foram aquelas situadas no intervalo do maior valor do índice calculado subtraído da amplitude de ranqueamento, enquanto as espécies com predominância baixa, aquelas que se encontravam no intervalo do menor valor acrescido da amplitude de ranqueamento. As espécies cujos valores se situavam entre o valor mínimo do índice mais a amplitude de ranqueamento e o valor máximo do índice menos a amplitude de ranqueamento foram classificadas como de predominância intermediária.

### 3. RESULTADOS

Foram registrados, nas 315 parcelas do inventário florestal, num total de 78,75 ha e intensidade amostral de 5,96%, no platô Saracá, da Floresta Nacional Saracá-Taquera/ICMBIO, 36.298 indivíduos (DAP  $\geq$  10 cm), totalizando 898 espécies, distribuídas em 62 famílias.

#### 3.1. Índice fitossociológico e socioeconômico – IFSE

No presente estudo a adequação da análise fatorial foi determinada pelos testes *Bartlett* e *KMO*. O teste de *Bartlett* avaliou a significância geral da matriz de correlação e apresentou o valor de 15.251,41, indicando que as correlações, em geral, são significativas a 1% de probabilidade, ou seja, a matriz de correlação não é diagonal. O teste *KMO*, da ordem de 0,729, indicou que as variáveis estão correlacionadas, e o modelo fatorial apresentou bom nível de adequação aos dados. Esses resultados respaldam o emprego da análise fatorial para a extração de fatores e a estimação dos escores fatoriais.

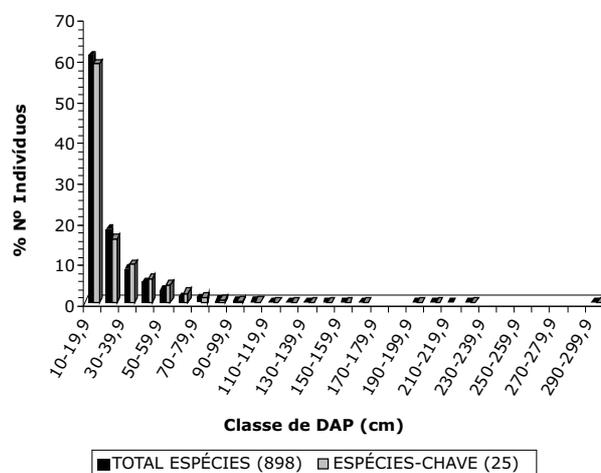
Os resultados da solução inicial foram rotacionados para os três fatores predeterminados, visando confirmar a adequação dos resultados com relação à significância das cargas fatoriais estimadas. Aplicando-se o critério da raiz latente (DILLON; GOLDSTEIN, 1984), três componentes foram extraídos. Observou-se que os três fatores extraídos explicaram, juntos, 79,083% da variância total da nuvem de dados, e, em termos individuais, a componente 1 explicou 33,977% da variância total; a componente 2, 30,597%; e a componente 3, 14,509% (Tabela 1). A comunalidade mostra o grau em que a variância de cada variável é explicada pelos fatores comuns. A comunalidade foi superior a 0,64, indicando que, pelo menos, 64% da variância de cada variável foi explicada pelos três fatores comuns extraídos na análise fatorial. Isso significa que a variância única é reduzida, sendo o modelo adequado para expressar

o fenômeno estudado por meio das dimensões latentes extraídas do modelo.

O IFSE calculado para cada uma das espécies variou de 0,099% a 0,392% e, conseqüentemente, a amplitude total de 0,293%, dividida por 3, resultou em amplitude de ranqueamento (AR) de 0,098%, que gerou os três intervalos preestabelecidos quanto à predominância ecológica e socioeconômica das espécies em categorias alta (0,392% a 0,294%), média (0,293% a 0,198%) e baixa (0,197% a 0,099%). Neste estudo, uma espécie foi classificada como de alta predominância, 24 como média e as demais 873 espécies como de baixa predominância. A relação das espécies classificadas como de alta e de média predominância é apresentada na Tabela 2.

#### 3.2. Estrutura diamétrica da floresta e das espécies-chave

A distribuição do número de indivíduos em classes diamétricas de todas as 898 espécies registradas na amostragem e a das 25 espécies-chave selecionadas pelo índice são bem semelhantes (Figura 1). Apenas



**Figura 1** – Distribuição do percentual do número de indivíduos em classes de diâmetro da floresta ombrófila densa (total de 36.298 indivíduos de 898 espécies) e dos 11.037 indivíduos das 25 espécies-chave selecionadas neste estudo para o platô Saracá.

*Figure 1* – Percentage distribution of number of individuals per diameter class (total of 36,298 individuals and 898 species) and of 25 selected key species (11,037 individuals) in the present study (tropical rain forest of the plateau Saracá).

**Tabela 1** – Matriz de cargas fatoriais ( $\alpha$ ) após a rotação ortogonal pelo método Varimax com respectivas variáveis dos componentes obtidos.

**Table 1** – Matrix of factor loadings ( $\alpha$ ) after the orthogonal rotation by the Varimax method and with their component variables obtained.

Variável	Componente			Comunalidade
	1	2	3	
Abundância relativa - Nlr	0,216	<b>0,773</b>	-0,007	0,644
Abundância relativa variável <i>dummy</i> - Nlr-VD	0,189	<b>0,824</b>	0,106	0,726
Frequência relativa - FQr	0,352	<b>0,870</b>	0,158	0,906
Frequência relativa variável <i>dummy</i> - FQr-VD	0,199	<b>0,820</b>	0,098	0,721
Área basal relativa - ABr	<b>0,744</b>	0,534	0,076	0,845
Área basal relativa variável <i>dummy</i> - ABr-VD	<b>0,699</b>	0,503	0,005	0,742
Biomassa relativa - Yr	<b>0,914</b>	0,107	0,146	0,868
Biomassa relativa variável <i>dummy</i> - Yr-VD	<b>0,859</b>	0,057	0,108	0,753
Valor comercial madeira - VCM	<b>0,783</b>	0,455	0,082	0,826
Valor comercial madeira variável <i>dummy</i> - VCMr-VD	<b>0,762</b>	0,399	0,033	0,742
Produto florestal não madeireiro - PFNM	0,076	-0,007	<b>0,925</b>	0,861
Produto florestal não madeireiro variável <i>dummy</i> - PFNM-VD	0,126	0,214	<b>0,891</b>	0,856
Auto valor	4,077	3,672	1,741	9,490
Variância explicada (%)	33,977	30,597	14,509	79,083

nas duas primeiras classes o percentual de indivíduos das espécies-chave é menor; nas classes de 30 cm a 170 cm os percentuais são ligeiramente superiores e nas classes acima de 170 cm são iguais, à exceção da classe de 210 cm a 219,9 cm em que as espécies-chave não apresentaram árvores.

### 3.3. Indicação da densidade de plantio

A quantificação do número de mudas a ser plantado das espécies-chave nas áreas anuais de restauração florestal, foi obtido do inventário florestal executado antes da supressão da vegetação (corte raso), através da estimativa da abundância (absoluta e relativa) partindo-se da premissa que: i) o percentual de mudas deverá ser 10% superior àquele registrado no inventário, face à muito provável mortalidade futura, ii) nenhuma espécie deverá exceder a 20% do total de mudas plantadas por unidade de área (Resolução SMA 47 de 2003) e iii) quando o número de mudas calculado de uma determinada espécie-chave for inferior a 10 mudas.ha<sup>-1</sup> este é ser arredondado para este limite (Tabela 3).

O número de mudas efetivo a plantar das 25 espécies-chave selecionadas foi de 612.ha<sup>-1</sup> (Tabela 3), ou seja, 36,7% do total de 1.667 mudas.ha<sup>-1</sup> previstas pelo PRAD da empresa. As demais 1.055 mudas.ha<sup>-1</sup> deverão ser complementadas por no mínimo 55 outras espécies entre as demais 873 que foram registradas no inventário.

Entre as 25 espécies selecionadas pelo índice, 11 apresentaram número calculado de mudas a plantar inferior a 10 mudas.ha<sup>-1</sup>.

### 3.4. Estágio sucessional das espécies-chave

Considerou-se como do grupo de pioneiras as espécies que se desenvolvem a pleno sol (PS) e o de não-pioneiras as tolerantes a sombra (TS), que são aquelas que necessitam de luz difusa durante toda sua vida ou apenas durante a fase juvenil, como a maioria das espécies climácicas. As espécies do sub-bosque foram consideradas, neste trabalho, como sendo aquelas que não atingem o dossel da floresta; apenas uma das espécies-chave encontrava-se nesta categoria, as demais foram classificadas como climácicas (Tabela 3). No grupo das tolerantes foram selecionadas 18 espécies-chave cuja densidade de plantio conjunta atingiu 32,5% do total de 1.667 mudas.ha<sup>-1</sup> a plantar. No grupo das espécies de pleno sol foram selecionadas sete, perfazendo 4,2% do total de mudas a plantar (Tabela 3).

### 3.5. Florística

A florística é a parte da fitogeografia que trata particularmente das famílias, gêneros e espécies vegetais que ocorrem em uma determinada região. A maior riqueza de espécies foi apresentada por Sapotaceae (110 espécies), Mimosaceae (58), Chrysobalanaceae (49),

**Tabela 2** – Relação das espécies classificadas nas categorias ecológicas e socioeconômicas como de predominância alta (1) e média (2), determinadas através do índice fitossociológico e socioeconômico (IFSE); da floresta ombrófila densa do platô Saracá, Flona Saracá-Taquera/ICMBio, Porto Trombetas, Pará. **Table 2** – List of species categorized as ecological and socioeconomic value and with predominance of high (1) and average (2), determined by the index and socioeconomic phytosociological (IFSE) of the tropical rain forest of plateau Saracá, Saracá-Taquera/ICMBio National Forest, Puerto Trombetas, Pará, Brazil

Espécie	Nome popular	Familia	ABr		FRr		DOr		Yr		VCMr		PFNMr		IFSE (%)	Cat
			%	VD	%	VD										
<i>Geissospermum sericeum</i>	quinarana	Apocynaceae	2,33	1	1,37	1	6,06	1	6,57	1	4,55	1	0,49	1	0,392	1
<i>Eschweilera coriacea</i>	matamatá branco	Lecythidaceae	2,64	1	1,35	1	3,37	1	3,42	1	3,25	1	0,00	0	0,293	2
<i>Goupta glabra</i>	cupituba	Celastraceae	0,49	1	0,60	1	2,32	1	2,67	1	2,61	1	0,49	1	0,278	2
<i>Endopleura uchi</i>	uxí pucu	Humiriaceae	0,78	1	0,83	1	1,31	1	1,36	1	1,34	1	0,49	1	0,249	2
<i>Hymenaea courbaril</i>	jatobá	Caesalpinaceae	0,18	0	0,27	0	0,55	1	0,61	1	2,23	1	1,97	1	0,243	2
<i>Hevea guianensis</i>	seringa itatuba	Euphorbiaceae	1,26	1	1,12	1	2,25	1	2,34	1	0,00	0	0,49	1	0,243	2
<i>Eschweilera amazonica</i>	matamatá ci fl. grande	Lecythidaceae	2,91	1	1,33	1	1,64	1	1,41	1	1,52	1	0,00	0	0,241	2
<i>Rinorea riana</i>	canela de jacamim	Violaceae	8,95	1	1,28	1	2,15	1	1,39	1	0,00	0	0,00	0	0,237	2
<i>Dipteryx odorata</i>	cumarú	Fabaceae	0,18	0	0,29	0	1,10	1	1,28	1	3,54	1	0,49	1	0,237	2
<i>Eschweilera grandiflora</i>	matamatá vermelho	Lecythidaceae	1,94	1	1,23	1	1,56	1	1,47	1	1,43	1	0,00	0	0,234	2
<i>Astronium gracile</i>	muiracatiara	Anacardiaceae	0,33	0	0,48	1	0,56	1	0,60	1	2,33	1	0,49	1	0,225	2
<i>Oenocarpus bacaba</i>	bacaba	Arecaceae	2,00	1	1,22	1	0,75	1	0,55	1	0,00	0	0,99	1	0,225	2
<i>Dipteryx magnifica</i>	cumarú rosa	Fabaceae	0,22	0	0,30	0	1,56	1	1,85	1	4,44	1	0,00	0	0,224	2
<i>Dinizia excelsa</i>	angelim vermelho	Mimosaceae	0,08	0	0,13	0	1,36	1	1,67	1	5,12	1	0,00	0	0,223	2
<i>Pouteria prancei</i>	abiu acariquara	Sapotaceae	1,04	1	0,89	1	1,07	1	1,07	1	2,13	1	0,00	0	0,222	2
<i>Manilkara amazonica</i>	maparajuba	Sapotaceae	0,30	0	0,43	1	0,55	1	0,58	1	1,77	1	0,49	1	0,219	2
<i>Ecclinusa guianensis</i>	abiu balatinha	Sapotaceae	0,60	1	0,63	1	1,09	1	1,14	1	1,17	0	0,49	1	0,218	2
<i>Hymenaea parvifolia</i>	jutai vermelho	Caesalpinaceae	0,12	0	0,19	0	0,46	0	0,51	1	1,84	1	1,48	1	0,214	2
<i>Pouteria pachycarpa</i>	abiu casca grossa	Sapotaceae	0,44	1	0,37	1	0,89	1	0,94	1	2,18	1	0,00	0	0,208	2
<i>Virola michelii</i>	ucutuba preta	Myristicaceae	0,63	1	0,79	1	0,85	1	0,87	1	0,00	0	0,49	1	0,206	2
<i>Parikia multijuga</i>	paricá grande	Mimosaceae	0,27	0	0,38	1	1,31	1	1,51	1	1,79	1	0,00	0	0,205	2
<i>Pouteria krukovii</i>	abiu cramuri	Sapotaceae	0,84	1	0,73	1	0,70	1	0,65	1	1,32	1	0,00	0	0,204	2
<i>Pouteria jartensis</i>	abiurana seco fl. grande	Sapotaceae	0,67	1	0,67	1	0,66	1	0,67	1	1,31	1	0,00	0	0,202	2
<i>Minquartia guianensis</i>	acariquara	Olaceae	0,82	1	0,84	1	1,47	1	1,53	1	1,25	0	0,00	0	0,201	2
<i>Pouteria anomala</i>	abiu rosadinho	Sapotaceae	0,41	1	0,50	1	0,66	1	0,69	1	1,29	1	0,00	0	0,198	2
<b>TOTALS</b>			<b>30,41</b>	<b>17</b>	<b>18,21</b>	<b>20</b>	<b>36,26</b>	<b>24</b>	<b>37,33</b>	<b>25</b>	<b>48,41</b>	<b>19</b>	<b>8,87</b>	<b>12</b>	<b>5,84</b>	

CONVENÇÃO: abundância relativa (ABr), variável dummy (VD), frequência relativa (FRr), dominância relativa (DOr), dominância relativa (Yr), biomassa relativa (Yr), valor comercial da madeira em pé relativa (VCMr), quantidade de produtos florestais não madeireiros relativa (PFNMr), categoria de predominância ecológica e socioeconômica (CAT), CAT = 1 - predominância alta, CAT = 2 - predominância média.

**Tabela 3** – Relação das espécies de predominância alta e média baseadas no índice fitossociológico e socioeconômico-IFSE, com respectivo estágio sucessional, abundância absoluta e relativa e número de mudas a plantar calculado e efetivo

**Table 3** – List of priority species with high and average predominance calculated based on phytosociological and socioeconomic status, with their absolute and relative values of abundances and number of planted seedlings, calculated and effective

Espécie	Nome popular	Estágio sucessional*	Abundância		N° mudas.ha <sup>-1</sup>		
			N° ind 78,75 ha	%	Calculado	Efetivo	
						Total	%
<i>Rinorea riana</i>	Canela de jacamim	TS; SB	3.249	8,95	164,1	164	9,8
<i>Eschweilera amazonica</i>	Matamatá-cí fl. gde	TS; CL	1.058	2,91	53,4	53	3,2
<i>Eschweilera coriacea</i>	Matamatá-branco	TS; CL	958	2,64	48,4	48	2,9
<i>Geissospermum sericeum</i>	Quinarana	TS; CL	846	2,33	42,7	43	2,6
<i>Oenocarpus bacaba</i>	Bacaba	TS; CL	725	2,00	36,6	37	2,2
<i>Eschweilera grandiflora</i>	Matamatá-vermelho	TS; CL	703	1,94	35,5	36	2,1
<i>Hevea guianensis</i>	Seringa-itaúba	TS; CL	456	1,26	23,0	23	1,4
<i>Pouteria prancei</i>	Abiu-acariquara	TS; CL	378	1,04	19,1	19	1,1
<i>Pouteria krukovii</i>	Abiu-cramuri	TS; CL	305	0,84	15,4	15	0,9
<i>Minquartia guianensis</i>	Acariquara	TS; CL	298	0,82	15,1	15	0,9
<i>Endopleura uchi</i>	Uxi-pucu	TS; CL	282	0,78	14,2	14	0,9
<i>Pouteria jariensis</i>	Abiurana-seco fl. gde	TS; CL	242	0,67	12,2	12	0,7
<i>Virola michelii</i>	Ucuúba-preta	TS; CL	227	0,63	11,5	11	0,7
<i>Ecclinusa guianensis</i>	Abiu-balatinha	TS; CL	216	0,60	10,9	11	0,7
<i>Astronium gracile</i>	Muiracatiara	TS; CL	118	0,33	6,0	10	0,6
<i>Manilkara amazonica</i>	Maparajuba	TS; CL	109	0,30	5,5	10	0,6
<i>Pouteria anomala</i>	Abiu-rosadinho	TS; CL	149	0,41	7,5	10	0,6
<i>Pouteria pachycarpa</i>	Abiu-casca-grossa	TS; CL	158	0,44	8,0	10	0,6
<i>Dinizia excelsa</i>	Angelim-vermelho	PS; CL	28	0,08	1,4	10	0,6
<i>Dipteryx magnifica</i>	Cumarú-rosa	PS; CL	79	0,22	4,0	10	0,6
<i>Dipteryx odorata</i>	Cumarú	PS; CL	66	0,18	3,3	10	0,6
<i>Goupia glabra</i>	Cupiúba	PS; CL	179	0,49	9,0	10	0,6
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	PS; CL	67	0,18	3,4	10	0,6
<i>Hymenaea parvifolia</i>	Jutaf-vermelho	PS; CL	44	0,12	2,2	10	0,6
<i>Parkia multijuga</i>	Paricá-grande	PS; CL	97	0,27	4,9	10	0,6
<b>TOTAL</b>			<b>11.037</b>	<b>30,41</b>	<b>557,6</b>	<b>612</b>	<b>36,7</b>

\* TS = tolerante a sombra; PS = pleno sol; CL = espécie climática; SB = espécie de sub-bosque.

Lauraceae e Myrtaceae (48 cada), Annonaceae (47), Fabaceae (46) e Moraceae (40); estas oito famílias apresentaram, em conjunto, praticamente a metade do número total de espécies (49,7% do total ou 446 espécies); 13 famílias (ou 21% do total) ocorreram com apenas uma espécie. Considerando-se Leguminosae (*sensu lato*), esta seria a de maior riqueza com 135 espécies. Sapotaceae foi também a família que apresentou o maior valor de abundância (5.684 indivíduos), seguindo-se Violaceae (4.921), Lecythidaceae (3.375), Annonaceae (1.892), Burseraceae (1.611), Mimosaceae (1.516) e Euphorbiaceae (1.515); estas sete famílias responderam por 56,5% do total de espécimes (ou 20.514). Considerando-se Leguminosae (*sensu lato*) esta seria a terceira mais abundante, com 3.413 indivíduos.

As espécies de maior abundância na amostragem foram *Rinorea riana* com 3.249 indivíduos, *Rinorea racemosa* (1.138), *Eschweilera amazonica* (1.053), *Eschweilera coriacea* (958), *Geissospermum sericeum* (846), *Oenocarpus bacaba* (725), e *Eschweilera grandiflora* (703); estas sete espécies (ou 0,78% do total) ocorreram com 9.587 indivíduos (ou 26,4% do total); no outro extremo, 140 espécies (ou 15,6% do total) ocorreram com apenas um indivíduo.

Nenhuma espécie ocorreu em todas as 301 unidades amostrais consequentemente, nenhuma apresentou 100% de frequência. As maiores frequências foram registradas para *Geissospermum sericeum* (290 parcelas de ocorrência), *Eschweilera coriacea* (287), *Eschweilera amazonica* (283), *Rinorea riana* (271), *Eschweilera*

*grandiflora* (261), *Oenocarpus bacaba* (258) e *Rinorea racemosa* (254). Estas espécies, com frequência entre 80% e 92% do total de parcelas, sem dúvida apresentam distribuição uniforme em toda a área do platô. Entretanto, outras 151 espécies (ou 16,8% do total) que ocorreram em apenas uma parcela em toda a amostragem têm distribuição aleatória.

Entre as espécies-chave, as famílias com maior riqueza foram Sapotaceae (7 espécies), Lecythidaceae (3) e Caesalpinaceae, Fabaceae e Mimosaceae (2 cada); as demais nove famílias apresentaram apenas uma espécie (Tabela 2). Considerando a Leguminosae *lato sensu*, apenas as três famílias de maior riqueza (Sapotaceae, Leguminosae e Lecythidaceae) exibiram 64% do total das espécies-chave (Figura 2). Com relação à abundância, Violaceae, Lecythidaceae e Sapotaceae responderam

por mais de 68% do total de indivíduos das espécies-chave, respectivamente 29,4%, 24,6% e 14,1% (Figura 2). Apenas os gêneros *Pouteria*, *Eschweilera*, *Dipteryx* e *Hymenaea* apresentaram mais de uma espécie, respectivamente 5, 3, 2 e 2 (Tabela 2).

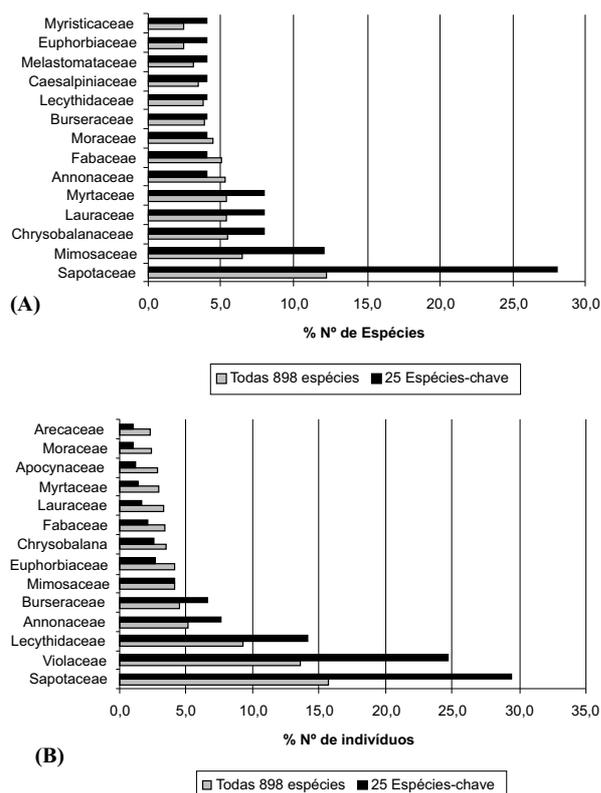
## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Índice fitossociológico e socioeconômico – IFSE

O índice fitossociológico e socioeconômico foi construído, neste estudo, para 79,083% da variância total explicada pelos três fatores extraídos. Em razão da significância estatística da análise e da forte aderência aos aspectos teóricos e práticos refletidos nas dimensões fatoriais econômica, ambiental e social, o IFSE pode se revelar como importante indicador para a escolha das espécies com maior potencial de reproduzir essas características nos processos de restauração florestal de áreas degradadas. O índice dessa solução evidenciou que 79,083% da variância total é representada pela informação contida na matriz fatorial da solução, em termos dos três fatores. O índice é considerado bom, e as variáveis estão, como esperado, estreitamente relacionadas umas com as outras.

Há de se ressaltar que, todavia, todo índice reflete a subjetividade do seu proponente e não é recomendável que métodos matemáticos e estatísticos sejam os únicos parâmetros a serem utilizados para avaliar a adequação ecológica de espécies para determinada aplicação. A experiência acumulada pela empresa ao longo do tempo com outras espécies que demonstraram boa adaptabilidade e desenvolvimento nesses novos ecossistemas artificiais restaurados e a observância e experimentação de outras espécies potencialmente aptas aos propósitos da restauração devem, também, ser consideradas na rotina dos trabalhos e na tomada de decisão.

Os três fatores extraídos através da análise fatorial explicaram praticamente 80% da variância total, ressaltando-se que, em termos individuais, a componente 1 explicou 34%, a componente 2 explicou 31% e a componente 3 explicou 15%. A componente 1 pode ser compreendida como *fator econômico das espécies*, em se considerando que o porte de uma árvore é uma função direta do diâmetro do tronco e da altura. A área basal e a biomassa, que são uma função do diâmetro, e o valor comercial da madeira, que é uma função do



**Figura 2** – Riqueza (A) e abundância (B) de 14 famílias da floresta em comparação com as das espécies-chave do platô Saracá; Flona Saracá-Taquera/ICMBIO.

**Figure 2** – Richness (A) and abundance (B) of 14 families of native forest comparing to key species in the plateau Saracá; Flona Saracá-Taquera/ICMBIO.

diâmetro e da altura, estão inseridas nessa mesma dimensão. Esse fator, considerado o mais importante, responde por praticamente 34% da variância explicada. A componente 2 pode ser denominada como *fator ecológico das espécies*, uma vez que envolveu a abundância, que informa o número de indivíduos da espécie por unidade de área; e a frequência, que informa sobre a distribuição espacial dos indivíduos da espécie na área considerada. Essa dimensão respondeu por cerca de aproximadamente 31% do total da variância explicada. A componente 3 pode ser interpretada como *fator social das espécies*, uma vez que abrangeu os usos e utilidades delas, entendidos no modelo como o número de produtos florestais não madeireiros intrínsecos a cada espécie. Esse fator foi responsável por pouco mais de 14% da variância total explicada.

A seleção das espécies arbóreas a ser usada, independentemente do método de restauração, é decisiva quando o objetivo é o de procurar aproximar-se ao máximo da composição florística e da estrutura vertical da floresta primitiva anteriormente existente na área. Todavia, o plantio inicial não garante, por si só, a composição desejável, florística e estrutural da futura área revegetada. A escolha das espécies deve ser fundamentada em pesquisas desenvolvidas na própria área a ser restaurada, se possível, ou em outras similares. No longo prazo, devem ser considerados vários aspectos para o sucesso da restauração, entre eles aqueles que procuram garantir a variabilidade genética (MCKAY et al., 2005).

Neste estudo, em que foram selecionadas 25 espécies com predominâncias alta e média, considerando-se algumas variáveis fitossociológicas e socioeconômicas incluídas no índice, houve uma pesquisa de campo intensiva através do inventário florestal em 315 parcelas (78,75 ha amostrados). Como se comportaram as espécies selecionadas em relação às variáveis incluídas na construção do índice?

A abundância informa quantos indivíduos das diferentes espécies existem por unidade de área. Neste estudo, somando-se as maiores abundâncias, observou-se que apenas 50 espécies (ou 5,6% do total) responderam por mais de 50% do total de indivíduos (ou 18.402 espécimes). Essas espécies foram discriminadas no modelo com uma variável qualitativa de valor 1 por serem aquelas de maior importância em relação à abundância. Entre as 25 espécies selecionadas pelo IFSE com predominâncias alta e média, 17 apresentaram

essa qualidade com variável *dummy* (VD) igual à unidade (Tabela 2). A abundância relativa dessas 25 espécies selecionadas equivaleu a 30,4% da abundância total.

A frequência permite o conhecimento sucinto da distribuição espacial da espécie na área estudada. Na amostragem, 91 espécies (ou 10,1%) ocorreram com mais da metade do total do número de parcelas (variável *dummy* igual a 1), evidenciando uma tendência a uma distribuição uniforme; dentre estas, 20 foram incluídas entre as 25 selecionadas através do IFSE (Tabela 2).

A dominância é uma função da área seccional do tronco, cujo diâmetro foi medido a 1,30 m do solo. A somatória das áreas seccionais dos indivíduos da espécie, por unidade de área física, é definida como a área basal – importante ferramenta para compreensão da floresta como um todo e de suas populações. Apenas 46 espécies (ou 5,1% do total) responderam por mais de 50% da área basal de todas as espécies. A seleção, através do IFSE, indicou 24 espécies que apresentaram área basal equivalente a 36,3% do total (Tabela 2).

O valor da biomassa aérea viva das árvores de uma floresta é majoritariamente representado pelo resultado de pequeno número de árvores de maiores diâmetros. Entre as 898 espécies amostradas, 43 apresentaram valor cumulativo de biomassa superior a 50% do total, e o IFSE conseguiu captar 25 dessas espécies (Tabela 2). As 25 espécies selecionadas pelo índice tiveram participação relativa de 37,3% do valor da biomassa para totalidade das espécies.

Entre todas as espécies amostradas, 350 apresentam, atualmente, valor comercial da madeira e apenas 22, volumes com valores cumulativos superiores a 50% do total. A seleção, através do IFSE, conseguiu incluir 19 dessas espécies (VD = 1), que representaram, em conjunto, volume comercial equivalente a 48,4% do total (Tabela 2). Considerando aquelas espécies que foram excluídas pelo índice como *Minquartia guianensis* (acariquara), *Hymenolobium petraeum* (angelim-aroeira), *Aspidosperma auriculatum* (carapanaúba), *Iryanthera lancifolia* (ucuúba-vermelha), *Astronium lecointei* (aroeira), *Caryocar glabrum* (piquiarana), *Cedrela odorata* (cedro) e *Mezilaurus itauba* (itaúba), sugere-se que, por se tratar de espécies de alto ou médio valor comercial, elas podem, e devem, ser também priorizadas no mix de espécies a serem plantadas nas áreas de restauração florestal.

Os produtos florestais não madeireiros (PFNM) são de muita importância, sobretudo, para as populações tradicionais da Amazônia, no que concerne à seleção de espécies para restauração florestal; daí terem sido incluídos no modelo. Essa variável foi analisada quanto ao número de PFNM que cada espécie apresentava. Setenta e uma espécies apresentaram usos e utilidades entre as 898 registradas, sendo apenas 12 incluídas pelo índice entre as 25 indicadas como de prioridades alta e média pelo IFSE (Tabela 2). Oportuno se faz esclarecer que 26 espécies, entre aquelas 71, exibiram mais de um PFNM, sendo três delas captadas pelo modelo - *Hymenaea courbaril* (jatobá), *Hymenaea parvifolia* (jutaí-vermelho) e *Oenocarpus bacaba* (bacaba), com quatro, três e dois usos, respectivamente.

Em síntese, as variáveis quantitativas e qualitativas incluídas no índice e que envolveram fatores fitossociológicos, econômicos e sociais permitiram definir 25 espécies-chave para o sucesso da restauração florestal sem, no entanto, excluir a opção de inclusão de outras espécies, uma vez que as legislações estaduais de alguns estados brasileiros estabeleceram um mínimo de 80 espécies nos trabalhos com esse objetivo (Resolução SMA-21, Resolução SMA-47 e o Decreto Nº 31.594, do Estado do Pará). Alguns estudos abordando quais seriam as espécies florestais que melhor se adaptariam às condições vigentes do ecossistema antropizado a restaurar, após a remoção da cobertura florestal original, foram apresentadas por Guedes et al. (1997), Barbosa et al. (1997a), Barbosa et al. (1997b), Drumond et al. (1997) e Marques et al. (1997).

Segundo Lamb (1994), alguns outros aspectos devem ser considerados durante a escolha de espécies, como: (i) espécies vegetais de crescimento rápido que excluam ervas daninhas e gramíneas agressivas; (ii) espécies com baixa dispersão natural, por exemplo, de sementes grandes; (iii) espécies que ofereçam alimentação, proteção e possibilidade de aninhamento à fauna residente; e (iv) espécies raras e ameaçadas de extinção.

Salomão et al. (2002) avaliaram o crescimento anual do diâmetro basal médio de 35 espécies empregadas em áreas de restauração florestal pós-lavra. Foi calculado o incremento periódico anual (IPA) da espécie, relativo ao crescimento do diâmetro basal dos indivíduos, gerando-se, a seguir, o IPA médio da espécie. Quatro

espécies foram consideradas como excelentes quanto à aptidão ecológica, por apresentarem incremento anual superior ao dobro da média geral (*Senna multijuga*, *Stryphnodendron guianensis*, *Sclerolobium paniculata* e *Tapirira guianensis*) e seis espécies foram classificadas como boas (*Acacia polyphylla*, *Anacardium occidentale*, *Parkia multijuga*, *Inga edulis*, *Eugenia cumini* e *Abarema turbinata*); outras 18 espécies foram consideradas de aptidão regular, enquanto sete foram enquadradas como de fraca aptidão. Apenas *Parkia multijuga* encontrou-se entre as espécies-chave sugeridas neste trabalho (Tabela 2).

Há de se frisar que, desde o início dos trabalhos de restauração de áreas degradadas, em 1978, a empresa nunca fez a seleção das espécies e estipulou previamente a quantidade a plantar de cada uma delas baseada em fundamentação científica, como a ora proposta. Os plantios baseavam-se naquelas espécies que apresentavam maior facilidade na coleta de sementes e na produção de mudas.

No contexto da restauração, há de se frisar que todas as espécies são únicas e relacionadas fitossociologicamente entre si no complexo ecossistema florestal amazônico. Ao procurar caracterizar as espécies-chave de determinado ambiente, não se podem excluir da análise as demais, pois, como se sabe, cerca de  $\frac{1}{6}$  a  $\frac{1}{3}$  das espécies ocorrem com apenas um indivíduo na totalidade dos estudos desenvolvidos em florestas primárias da Amazônia. Não fugindo à regra, neste estudo foi observada a ocorrência de 140 espécies (ou 15,6% do total) com apenas um indivíduo na amostragem; outras 176 (19,6%) ocorreram com apenas dois indivíduos, ou seja, 316 espécies (35,2% do total) podem ser consideradas como localmente raras.

#### 4.2. Estrutura diamétrica das espécies-chave

A distribuição diamétrica em *J* invertido é uma característica das florestas primárias multiespecíficas e multiâneas tendo muitos estudos observado esse tipo de distribuição do número de árvores por classes de diâmetros (MEYER, 1952; TAKEUCHI, 1960; RODRIGUES, 1963; UHL; MURPHY, 1981; FABER-LANGERDEON; GENTRY, 1991; PASCAL; PELISSIER, 1996; SCHAAF et al., 2006). Para o platô Saracá, a distribuição diamétrica mostrou o desenho típico de florestas com estrutura primária, apresentando claro padrão de exponencial negativo (Figura 1), ou seja, alta concentração de indivíduos nas classes menores

e redução acentuada no sentido das classes maiores (FABER-LANGERDEON; GENTRY, 1991; PASCAL; PELISSIER, 1996).

A distribuição diamétrica das 898 espécies registradas na amostragem e a das 25 espécies-chave selecionadas pelo índice são bem semelhantes (Figura 1). Esse fato corrobora a adequação das espécies-chave selecionadas, pelo índice proposto, em relação à estrutura diamétrica da floresta original.

#### 4.3. Indicação da densidade de plantio

O método de plantio adensado, em que são plantadas mais de 1.000 mudas por hectare, é indicado para restauração de áreas de reserva legal e de preservação permanente, na Amazônia, que originalmente eram recobertas pela floresta ombrófila e foram suprimidas (VIEIRA et al., 2009), principalmente nas áreas utilizadas pela mineração a céu aberto. As áreas com exploração mineral apresentavam alta degradação, precisando, portanto, de práticas especiais para sua restauração. Dada a rentabilidade dessa atividade, geralmente não se tem limitação de recursos para sua recomposição, considerando as relativas pequenas extensões espaciais de lavra. Por norma, em alguns países a lei obriga as empresas a restaurar as áreas após sua exploração, entretanto algumas se limitavam a recuperar as áreas perturbadas, em alguns casos com espécies exóticas, não restaurando, portanto, o seu hábitat (LAMB, 1994).

Se a finalidade é realmente a restauração da área degradada, o primeiro esforço deve ser direcionado para a recuperação do solo e de sua fertilidade para, posteriormente, continuar com os demais processos de recuperação. A melhor prática para a restauração dessas áreas consiste em reutilizar as camadas superficiais do solo que foram retiradas e armazenadas enquanto ocorria a exploração do subsolo (PARROTA; KNOWLES, 2001; SALOMÃO et al., 2002; SALOMÃO et al., 2007a). Por sua vez, é ideal a configuração das características topográficas da área, de forma tal que seja minimizada a erosão e restabelecida a drenagem.

Uma vez que as condições do solo para plantio são recuperadas, a restauração pode ser realizada por meio de várias técnicas, sendo mais comum o plantio adensado. Nos trabalhos de restauração florestal, nas áreas anuais pós-lavra, implantadas desde 1981, na Flona Saracá-Taquera/ICMBio, houve variações nos

adensamentos empregados, assim como na origem (exóticas, nativas e introduzidas) e quantidade de espécies utilizadas (SALOMÃO et al., 2002). Anualmente, são plantadas 1.667 mudas.ha<sup>-1</sup> (espaçamento de 3 m na linha de plantio e de 2 m entre linhas) em cerca de 400-500 ha. O número de mudas a plantar das 25 espécies-chave selecionadas correspondeu a praticamente 37% do total de mudas; as demais deverão ser complementadas por no mínimo 55 outras espécies, entre as 873 restantes, que foram registradas no inventário.

Considerando que, entre as 25 espécies-chave selecionadas, 18 são tolerantes à sombra e o número de indivíduos a plantar dessas espécies é de 541 mudas/ha, correspondente a 32,5% do total (Tabela 3), sugere-se que daquele total de 873 mudas/ha sejam priorizadas aquelas espécies de pleno sol e que tenham copa ampla e sejam de rápido crescimento para, dessa forma, fornecer condições ambientais adequadas a um melhor desenvolvimento das espécies-chave tolerantes à sombra.

#### 4.4. Estágio sucessional das espécies-chave

Gandolfi et al. (1995) consideraram três grupos ecológicos com relação ao estágio sucessional das espécies: (i) pioneiras – espécies que se desenvolvem em clareiras, nas bordas da floresta ou em locais abertos, sendo necessariamente dependentes de condições de maior luminosidade, não ocorrendo, em geral, no sub-bosque; (ii) secundárias iniciais – espécies que se desenvolvem em clareiras pequenas ou mais raramente no sub-bosque, em condições de algum sombreamento, podendo também ocorrer em áreas de antigas clareiras, nesse caso ao lado de espécies pioneiras; e (iii) secundárias tardias – espécies que se desenvolvem exclusivamente em sub-bosque permanentemente sombreado e, nesse caso, pequenas árvores ou espécies arbóreas de grande porte que se desenvolvem lentamente em ambientes sombreados, podendo alcançar o dossel ou ser emergentes. Esses autores evitaram a denominação de espécie clímax para evitar a discussão sobre esse conceito e, também, por reconhecer que muitas espécies típicas de sub-bosque ocorrem tanto nos estádios mais maduros quanto em outras etapas do processo sucessional.

A Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo publicou legislação inédita para orientar a recuperação de áreas degradadas no Estado: a Resolução SMA 47, de 21/11/2003. Com relação ao estágio sucessional, essa resolução considerou apenas dois

grupos: as pioneiras (pioneiras e secundárias iniciais) e as não pioneiras (secundárias tardias e climácicas). Estabeleceu, também, o percentual mínimo de 40% do total de espécies para plantio de qualquer um desses dois grupos. Adicionalmente, a Resolução SMA 8, de 07/03/2007, orientou em relação ao número de indivíduos a ser utilizado nas situações de plantio que: (i) o total dos indivíduos pertencentes a um mesmo grupo ecológico (pioneiro e não pioneiro) não pode exceder 60% do total dos indivíduos do plantio; (ii) nenhuma espécie pioneira pode ultrapassar o limite máximo de 20% de indivíduos do total do plantio; (iii) nenhuma espécie não pioneira pode ultrapassar o limite máximo de 10% de indivíduos do total do plantio; e (iv) dez por cento (10%) das espécies plantadas, no máximo, podem ter menos de 12 indivíduos por projeto. No Estado do Pará, o Decreto Nº 31.594, de 27/01/2010, dispõe no artigo 7º, inciso III, que o plantio de mudas para fins de recomposição da Reserva Legal, tanto aquele a ser realizado em área total quanto o a ser executado para enriquecimento, deverá utilizar espécies nativas de ocorrência regional, admitindo-se o uso temporário de espécies exóticas como pioneiras, desde que observadas as condições estabelecidas no art. 8º do citado decreto. Certos cuidados devem ser levados em consideração quando se opta pelo uso de espécies exóticas. Essas plantas devem ser utilizadas em locais com degradação extrema e onde sua reprodução possa ser controlada de forma a prever sua erradicação de forma rápida, caso necessário.

Na restauração florestal de áreas mineradas, geralmente o plantio é feito uma única vez na estação chuvosa. Em alguns casos, o replantio é feito no final do período chuvoso apenas naquelas áreas onde a mortalidade era alta; raramente ocorre o replantio em anos subsequentes ao plantio. Considerando que as orientações da legislação do Estado de São Paulo são adequadas e devem ser adaptadas e incorporadas nas demais legislações estaduais, adotaram-se, neste trabalho, as orientações estabelecidas naquelas políticas públicas.

Como se deseja um mínimo de 40% do total de indivíduos para qualquer um dos grupos (em observância à legislação) e, considerando que não ocorre replantio nas áreas mineradas, entendeu-se que o grupo das espécies de pleno sol deve abranger próximo de 60% do total de mudas a plantar para proporcionar melhores condições de sombreamento para as restantes 40%

do grupo das tolerantes à sombra, majoritariamente formado pelas espécies climácicas da floresta. Tendo as espécies-chave de pleno sol totalizado apenas 4,2%, sugere-se que esse número de mudas seja triplicado, indo de 10 para 30 mudas-ha<sup>-1</sup> para cada uma das espécies selecionadas, atingindo 12,6% do total (Tabela 3). A complementação para 60% deve ser orientada no sentido de optar por aquelas espécies de pleno sol que tenham atingido os maiores valores do índice ora proposto, mas que não foram selecionadas como espécies-chave, por serem de predominância baixa – a partir da 25ª posição. Procedimento análogo deve ser adotado para a complementação dos 40% das espécies tolerantes à sombra. Adicionalmente, pode-se optar pelas espécies prioritárias para a conservação relacionadas nas listas oficiais do MMA/IBAMA (Instrução Normativa Nº 6, de 23 de setembro de 2008) e da SEMA/PA (Resolução Nº 054/2007), as quais se encontravam em perigo de extinção. Outra estratégia seria incrementar os plantios priorizando as espécies de valor comercial da madeira que ocorreram no platô e, também, aquelas que apresentavam usos e utilidades (PFNM), mas que não foram selecionadas entre as espécies-chave.

#### 4.5. Florística

A missão da FAO na Amazônia produziu vários levantamentos florestais na região entre os anos 1956 e 1961, abrangendo uma faixa de 150 km de largura por 1.500 km de comprimento entre as longitudes 59°30' W e 45°30' W e as latitudes 2°00' S e 6°00' S (SUDAM 1973). Foram amostrados 1.362 ha (DAP  $\geq$  25 cm e em alguns casos DAP 45 cm), onde foram computadas 400 espécies distribuídas em 47 famílias, sendo Leguminosae, Lecythydaceae, Sapotaceae, Burseraceae, Lauraceae e Chrysobalanaceae as de maior riqueza. Neste estudo, as mais representativas foram Leguminosae sensu lato, com 135 espécies, Sapotaceae (110), Chrysobalanaceae (49), Lauraceae e Myrtaceae (48 cada), Annonaceae (47), Moraceae (40), Burseraceae (35) e Lecythydaceae (34), ou seja, todas aquelas famílias de maior riqueza registradas nos estudos da FAO também o foram neste.

Os relatórios da missão informaram ainda que as florestas de terra firme na Amazônia foram separadas segundo dois tipos: associação de espécies do gênero *Pouteria* e associação de espécies dos gêneros *Eschweilera* e *Pouteria*, ambas divididas em 24 fâcies ou variações segundo sua composição; fato também

relatado por Pires (1979). No presente estudo foram identificadas 62 espécies do gênero *Pouteria* e 12 do gênero *Eschweilera*; ambos foram dos mais abundantes no presente trabalho com respectivamente 4.281 e 2.951 árvores respectivamente. Ficou evidenciado neste estudo que a cobertura florestal do platô Saracá contemplou as faciações da floresta ombrófila densa de ambos os gêneros mencionados naqueles relatórios e por Pires (1979).

Considerando as 14 famílias com maior riqueza de espécies da floresta como um todo, registradas no inventário florestal (36.298 indivíduos, distribuídos em 898 espécies, abrangendo 62 famílias), sete delas (Sapotaceae, Mimosaceae, Fabaceae, Lecythidaceae, Caesalpiniaceae, Euphorbiaceae e Myristicaceae) foram observadas entre as 14 famílias das 25 espécies-chave. Com relação ao número de indivíduos, oito famílias, entre as 14 mais abundantes da comunidade florestal, foram incluídas pelo índice na seleção das espécies-chave.

## 5. CONCLUSÃO

A restauração florestal de áreas degradadas, especialmente aquelas situadas em unidades de conservação, deve ser orientada por princípios técnico-científicos, no sentido de propiciar ao novo ecossistema artificial, criado na presença e abundância de espécies-chave, condições que atendam a alguns indispensáveis parâmetros ecológicos, econômicos e sociais observados na cobertura florestal original.

O índice analisado pode contribuir para as políticas públicas que visam à recuperação de áreas degradadas pelas atividades minerárias e agropecuárias, assim como para a restauração de Áreas de Preservação Permanente (APP) de Reserva Legal (RL), com base na indicação das espécies-chave mais adequadas à restauração florestal.

Os testes estatísticos utilizados permitiram verificar a validação da amostra de dados para o emprego da técnica de análise multivariada e, portanto, para a utilização do índice fitossociológico e socioeconômico – IFSE.

Em razão da significância estatística da análise e da forte aderência aos aspectos teóricos e práticos refletidos nas dimensões fatorias econômica, ambiental e social, o IFSE pode se revelar como importante indicador na escolha das espécies com maior potencial para

reproduzir essas características nos processos de restauração florestal de áreas degradadas..

O índice selecionou percentual bem superior de espécies tolerantes à sombra, como era esperado, pois se trata de floresta madura, em relação às espécies de pleno sol (pioneiras e lucíferas).

As espécies-chave selecionadas apresentaram estrutura diamétrica similar à observada na floresta como um todo.

A composição florística, em termos de famílias e gêneros das espécies-chave, conseguiu captar as principais famílias e as diversas associações de gêneros que ocorrem nas comunidades de plantas na Amazônia, com destaque para a associação dos gêneros *Pouteria* e *Eschweilera*.

## 6. REFERÊNCIAS

- BARBOSA, L. M. et al. Comportamento inicial de espécies arbóreas nativas em comunidades implantadas e seu potencial de utilização. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997b. p.385-402.
- BARBOSA, L. M. et al. Desenvolvimento inicial de oito espécies vegetais arbóreas em dois modelos de reflorestamentos implantados em área de mata ciliar degradada em Santa Cruz das Palmeiras, SP. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997a. p.437-445.
- BRIENZA JÚNIOR, S. et al. **Considerações sobre a recuperação de áreas alteradas por atividades agropecuária e florestal na Amazônia Brasileira.** Belém: Embrapa/CPATU, 1995. p.3-27. (Documentos, 83)
- BROWN, S. et al. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. **Forest Science**, v. 35, n. 4, p. 881-902, 1989.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 407p.

- CARPANEZZI, A. A. et al. Funções múltiplas das florestas: conservação e recuperação do meio ambiente. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. p.266-277.
- DILLON, W. R.; GOLDSTEIN, M. **Multivariate analysis**; methods and applications. New York: John Wiley & Sons, 1984.
- DRUMOND, M. A. et al. Comportamento silvicultural de algumas espécies arbóreas na bacia de rejeitos da Mineração Caraíba. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p.403-406.
- FABER-LANGENDOEN, D.; GENTRY, A. H. The structure and diversity of rain forests at Bajo Calima, Chocó region, western Colombia. **Biotropica**, v.23, n.1, p.2-11, 1991.
- GAMA, Z. J. C. et al. Índice de desempenho competitivo das empresas de móveis da Região Metropolitana de Belém. **Revista de Economia e Agronegócio**, v.5, p.127-159, 2007.
- GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H. F.; BEZERRA, C. L. F. Estudo florístico e caráter sucessional das espécies arbustivoarbóreas de uma floresta mesófila semidecidual no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.55, n.4, p.753-767, 1995.
- GAUCH, H. G. **Multivariate analysis in community ecology**. New York: Cambridge University Press, p.307, 1982.
- GOODALL, D. W. Objective methods for the classification of vegetation III. An essay in the use of factor analysis. **Australian Journal of Botany**, v.2, p.304-324, 1954.
- GUEDES, M. C. et al. Seleção de espécies para recuperação de áreas degradadas por meio da formação de ilhas de vegetação. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p.276-282.
- HAIR JR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. p. 312.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Secretaria do Orçamento e Coordenação da Presidência da República, 1992. 92p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, 1)
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL DO ESTADO DO PARÁ – IDEFLOR. **Instrução Normativa N° 02/2010**. Disponível em: <(http://www.ideflor.pa.gov.br/files/u3/IN02-2010.pdf)> Acesso em: 18 out. 2010.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. London: Prentice- Hall, 1992.
- KAPPELLE, M. K. et al. Changes in diversity along a successional gradient in a Costa Rican upper montane. **Biodiversity and Conservation**, v.4, n.1, p.10-34, 1995.
- LA ROI, G. H. Classification and ordination of southern boreal forest form the Hondo – Slave Lake area of central Alberta, Canada. **Journal of Botany**, v.70, n.3, p.614-628, 1992.
- LAMB, D. Reforestation of degraded tropical forest lands in the Asia-Pasific region. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 7, n. 1, p. 1-7, 1994.
- LAPA, R. P. A bauxita e o rejeito da bauxita. In: BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; ROLAND, F. (Ed.) **Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico**. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/SBL, 2000. p.27-35.
- MARQUES, T. C. L. L. S. M. et al. Crescimento de mudas de espécies arbóreas em solo contaminado com metais pesados. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p.429-436.
- MCKAY, J. K. et al. “How Local Is Local?” A review of practical and conceptual issues in the genetics of restoration. **Restoration Ecology**, v.13, n.3, p.432-440, 2005.
- MEYER, H. A. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. **Journal of Forestry**, v.50, n.1, p.85-92, 1952.

- MOSCATELLI, M. et al. Legalidade teórica e realidade prática na defesa de manguezais: estudo de caso em Angra dos Reis, Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO DE ECOSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA: SUBSÍDIOS A UM GERENCIAMENTO AMBIENTAL, 3., São Paulo, 1993. **Anais...** São Paulo: 1993. p.93-8.
- OGUTU, Z. A. Multivariate analysis of plant communities in Narok district, Kenya: the influence of environmental factors and human disturbance. **Vegetatio**, v.126, n.2, p.181-189, 1996.
- OLIVEIRA FILHO, A.T.; ALMEIDA, R.J.; MELLO, J.M.; GAVILANES, M.L. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho da mata ciliar do córrego dos Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, v.17, p.67-85, 1994.
- OLIVEIRA FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, v.32, n.4, p.793-810, 2000.
- OLIVEIRA, A. A. **Diversidade, estrutura e dinâmica do componente arbóreo de uma floresta de terra firme de Manaus, Amazonas**. 1997. 155f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biociências/USP, São Paulo, 1997.
- PARROTTA, J.; KNOWLES, O. H. Restoring tropical forests on land mined for bauxite: Examples from the Brazilian Amazon. **Ecological Engineering**, v.17, n.2/3, p.219-239, 2001.
- PASCAL, J-P.; PELLISSIER, R. Structure and floristic composition of a tropical evergreen forest in south-west India. **Journal Tropical of Ecology**, v.12, p.191-213, 1996.
- PIELOU, E. C. **The interpretation of ecological data: a primer on classification and ordination**. New York: John Wiley & Sons, 1984. 263p.
- PIRES, J. M. **Tipos de vegetação da Amazônia**. Belém: 1979. p.179-220. (Publicações Avulsas do Museu Paraense Emílio Goeldi, 20).
- RADAMBRASIL. **Folha SA.21 - Santarém**. Rio Janeiro: Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral, 1976. v.10. p.310-414.
- RADAMBRASIL. **Folha SA 22 - Belém**. Rio Janeiro; Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral, 1974. v.5. p.558.
- RODRIGUES, R. R. et al. **Pacto para a restauração ecológica da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: Instituto BioAtlântica, 2009, p.256.
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: USP/FAPESP, 2000. p.235-248.
- RODRIGUES, W. A. Estudo de 2,6 hectares de mata de terra firme da Serra do Navio, território do Amapá. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v.19, p.1-42, 1963.
- SALOMÃO, R. P. et al. Estrutura diamétrica e breve caracterização ecológica-econômica de 108 espécies arbóreas da floresta amazônica brasileira. **Interciencia**, v.20, n.1, p.20-29, 1995.
- SALOMÃO, R. P. et al. Dinâmica de reflorestamentos visando a restauração da paisagem florestal em áreas de mineração na Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica**, v.18, n.1, p.157-194, 2002.
- SALOMÃO, R. P. et al. Dinâmica da regeneração natural de árvores em áreas mineradas na Amazônia. Belém, **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, v.2, n.2, p.85-139, 2007a.
- SALOMÃO, R. P. et al. As florestas de Belo Monte na grande curva do rio Xingu, Amazônia Oriental. Belém, **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, v.2, n.3, p.57-153, 2007b.
- SANTANA, A. C. **Arranjos produtivos locais na Amazônia: metodologia para identificação e mapeamento**. Belém: ADA, 2004. p.108.
- SANTANA, A. C. Índice de desempenho competitivo das empresas de polpa de frutas do Estado do Pará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.45, n.3, p.749-775, 2007.

- SANTANA, A. C. Índice de desempenho competitivo das empresas de polpa de frutas do Estado do Pará In: SANTANA, A. C.; CARVALHO, D. F.; MENDES, F. A. T. **Análise sistêmica da fruticultura paraense: organização, mercado e competitividade empresarial**. Belém: Banco da Amazônia, 2008. v.1. p.115-143.
- SANTANA, A. C. **Elementos de economia, agronegócio e desenvolvimento local**. Belém: GTZ; TUD/UFRA, 2005. p.133-142. (Série Acadêmica, 1).
- SANTANA, A. C. et al. Sustentabilidade do desempenho competitivo das madeiras da região Mamuru-Arapuins, estado do Pará. **Teoria e Evidência Econômica**, v.15, p.9 - 36, 2009.
- SANTANA, A. C.; SANTANA, Á. L. Mapeamento e análise de arranjos produtivos locais na Amazônia. **Teoria e Evidência Econômica**, v.12, p.9-34, 2004.
- SANTOS, R. M. et al. Riqueza e similaridade florística de oito remanescentes florestais no norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Árvore**, v.31, n.1, p.135-144, 2007.
- SCHAAF, L. B. et al. Alteração na estrutura diamétrica de uma floresta ombrófila mista no período entre 1979 e 2001. **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.283-295, 2006.
- STATA 12. **Multivariate statistics**. Texas: Stata Press, 2011.
- SCUDELLER, V. V. et al. Distribution and abundance of arboreal species in the atlantic ombrophilous dense forest in Southeastern Brazil. **Plant Ecology**, v.152, p.185-199, 2001.
- SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION - SER. **Princípios da SER International sobre a restauração ecológica**, 2004. SER and Tucson: Society for Ecological Restoration International. Disponível em: <<http://www.ser.org>> Acesso em: 4 out. 2010.
- SHANLEY, P.; MEDINA, G. **Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica**. Belém: CIFOR/Imazon, 2005. 300p.
- SHANLEY, P.; ROSA, N. A. Conhecimento em erosão: um inventário etnobotânico na fronteira de exploração da Amazônia oriental. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, v.1, n.1, p.147-71, 2005.
- SILVA, A. F.; SHEPHERD, G. J. Comparações florísticas entre algumas matas em floresta densa da bacia do Rio Juruá. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica**, v.8, n.2, p.203-258, 1986.
- SUDAM. **Levantamentos florestais realizados pela missão FAO na Amazônia**. Belém: 1973. v.2. 397p.
- TAGGART, J. B. Ordination as an aid in determining priorities for plant community protection. **Biology Conservation**, v.68, p.135-141, 1994.
- TAKEUCHI, M. A estrutura da vegetação na Amazônia I - A mata pluvial tropical. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica**, v.6, p.1-29, 1960.
- TOLEDO, L. O. et al. Análise multivariada de atributos pedológicos e fitossociológicos aplicada na caracterização de ambientes de cerrado no norte de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.33, n.5, p.957-968, 2009.
- UHL, C.; MURPHY, P. G. Composition, structure, and regeneration of terra firme in the Amazon basin of Venezuela. **Tropical Ecology**, v.22, n.2, p.219-237, 1981.
- VIANA, V. M. Biologia e manejo de fragmentos de florestas naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais ... Campos do Jordão**, 1990. p.219-221.
- VIEIRA, I. C. et al. Importância das áreas degradadas no contexto agrícola e ecológico da Amazônia. In: **Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1993. v.2.
- VIEIRA, I. C. G. et al. Bases técnicas e referenciais para o Programa de Restauração Florestal do Pará: Um Bilhão de Árvores para a Amazônia. IDESP:Belém. **Pará Desenvolvimento**, v.2, p.9-103, 2009.

