

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA - CIÊNCIA DO SOLO

TESE

**Influência do Uso da Terra sobre a Matéria
Orgânica do Solo e o Estoque de Carbono, Parque
Nacional do Itatiaia – RJ**

Alexandre dos Santos Medeiros

2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

**INFLUÊNCIA DO USO TERRA SOBRE O COMPORTAMENTO DA
MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO E O ESTOQUE DE CARBONO,
PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA – RJ**

ALEXANDRE DOS SANTOS MEDEIROS

Sob a Orientação da Professora
Lúcia Helena Cunha dos Anjos

e Co-orientação do Professor
Marcos Gervasio Pereira

Tese submetida como requisito parcial para
obtenção do grau de **Doutor** no Programa
de Pós-Graduação em Agronomia, Área de
Concentração em Ciência do Solo

Seropédica, RJ
Setembro de 2019

**Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Biblioteca Central / Seção de
Processamento Técnico**

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Medeiros, Alexandre dos Santos, 1985-
MA381i Influência do Uso da Terra sobre a Matéria Orgânica do
Solo e o Estoque de Carbono, Parque Nacional do Itatiaia –
RJ / Alexandre dos Santos Medeiros. - Pinheiral, 2019.
243 f.: il.

Orientadora: Lúcia Helena Cunha dos Anjos.
Coorientador: Marcos Gervasio Pereira.
Tese(Doutorado). -- Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro, Pós-Graduação em Agronomia, 2019.

1. Sucessão Ecológica. 2. Fitomassa. 3. Matéria
Orgânica. 4. Fitossociologia. 5. Estoque de Carbono.
I. Anjos, Lúcia Helena Cunha dos, 1957-, orient. II. Pereira,
Marcos Gervasio, 1965-, coorient. III Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro. Pós Graduação em Agronomia.
IV. Título.

**O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de
Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.**

É permitida a cópia parcial ou total desta Tese, desde que seja citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - CIÊNCIA DO SOLO

ALEXANDRE DOS SANTOS MEDEIROS

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor**, no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Ciência do Solo.

TESE APROVADA EM: 24/09/2019

Marcos Gervasio Pereira. Dr. UFRRJ
(Co-orientador)

Everaldo Zonta. Dr. UFRRJ

Marcelo da Costa Souza. Dr. UFRRJ

Alexander Silva de Resende. Dr. Embrapa Agrobiologia

Fabiano de Carvalho Balieiro. Dr. Embrapa Solos

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que devotam suas vidas ao estudo da Mata Atlântica, contribuindo para sua preservação, recuperação e uso racional de seus recursos, tão importantes a nossa sobrevivência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela força nos momentos de desânimo, pelos testes que me forçaram o crescimento e pelos amigos que me levantaram nas inúmeras quedas. A UFRRJ agradeço por toda minha formação acadêmica, a Wilson Higa Nunes, pela amizade, por qualificar-me tecnicamente e por me inserir no mercado de consultoria ambiental. Aos coordenadores do programa de Pós-graduação em Agronomia - Ciência do Solo, pelo empenho em manter nosso curso em tão elevado nível.

A CAPES, pela bolsa, que permitiu minha dedicação ao curso, a FAPERJ pelo financiamento do projeto de pesquisa e a equipe de gestores e técnicos do Parque Nacional de Itatiaia por todo o suporte.

Ao Professor Marcos Gervasio, pela acolhida, paciência e amizade, e a Professora Lúcia Anjos, por acreditar em meu potencial, por sua compreensão nos momentos de deslizes e principalmente pela capacidade de perceber quando entramos em uma perigosa zona de conforto.

Aos amigos Sidnei Beutler, Elias Costa, Deivid Maranhão, Anderson Diniz, Robson Marcondes, Gilsonley Lopes, Paula Chaves, Ana Carolina, Daniel Carvalho e a todos os colegas do LGCS que tive a oportunidade de conviver durante esses anos, muito obrigado! A minha família agradeço pela formação moral e paciência nos momentos difíceis.

Finalmente, agradeço àquela cuja ausência não permitiria a realização desse trabalho, minha esposa Vanessa, incansável companheira, mãe mais que dedicada, parceira para qualquer frente e a quem devo toda minha felicidade, obrigado por tudo, obrigado por nossos filhos, obrigado pela paciência, sem dúvida a maior de suas provações.

BIOGRAFIA

Alexandre dos Santos Medeiros, nascido em cinco de maio de 1985, filho de Luiz Carlos Vargas Medeiros e Marlene dos Santos Medeiros, finalizou o Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo (PPGCAF), em nível de doutorado. Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais (PPGCAF) – Instituto de Floresta – UFRRJ no ano de 2015, bolsista CAPES, graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em 2010 e possui título de Técnico em Agropecuária pelo Colégio Agrícola Nilo Peçanha, tendo concluído o curso em 2002. Possui experiência em levantamentos florísticos, fitossociológicos e inventário florestal, análise e processamento de dados ecológicos e confecção de relatórios técnicos para licenciamento ambiental.

RESUMO GERAL

MEDEIROS, Alexandre dos Santos. **Influência do uso da terra sobre o comportamento da matéria orgânica do solo e o estoque de carbono, Parque Nacional do Itatiaia – RJ.** 2019. 242 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

Pouco se sabe sobre os impactos e a capacidade de recuperação dos ecossistemas pertencentes ao Bioma Mata Atlântica, profundamente alterado durante os primeiros ciclos produtivos da história do Brasil. Para elucidar tais questões, foram selecionadas áreas no Parque Nacional do Itatiaia (PNI), no estado do Rio de Janeiro. O PNI abriga inúmeros ecossistemas preservados, bem como fragmentos florestais secundários em diferentes estágios de sucessão ecológica, e áreas de pastagens não manejadas, que refletem a paisagem comumente observada na região do Médio Vale do Paraíba do Sul. Diante do cenário de degradação e redução dos serviços ecossistêmicos observados em áreas no entorno do PNI, é urgente o desenvolvimento de estudos que permitam o entendimento dos processos ecológicos, para orientar intervenções capazes de restabelecer tais serviços, especialmente quanto ao sequestro de C. Para tal, foram coletadas amostras de solo nos diferentes estágios sucessionais de floresta e em pastagem não manejada em áreas selecionadas no PNI. Foram avaliadas a fertilidade natural, o fracionamento químico e granulométrico da matéria orgânica (MOS), o estoque e a origem do C. Além das variáveis edáficas, foram coletadas também amostras de fitomassa de pastagens e dos diferentes compartimentos florestais, sendo utilizados métodos não destrutivos para quantificar a fitomassa e o estoque de C no estrato florestal arbóreo. Para obtenção de dados ecológicos, referentes à estrutura das comunidades florestais, foram instaladas parcelas permanentes em áreas com diferentes estágios sucessionais, para o estudo florístico e a caracterização estrutural das comunidades. Como resultados gerais, verificou-se que os solos possuem baixa fertilidade natural; a estabilidade da MOS aumenta conforme o avanço dos estágios sucessionais das áreas florestais; os estoques de carbono nos solos e fitomassa de florestas em estágios iniciais são inferiores aos de estágios avançados; as pastagens possuem maiores valores de estoque de C no solo, porém, predomina o C de origem florestal a partir da profundidade de 10 cm; a estrutura e a diversidade florestal são similares as geralmente observadas no Bioma. Ainda, o emprego de técnicas estatísticas multivariadas permitiu a construção de funções discriminantes capazes de classificar qualitativamente comunidades similares quanto à capacidade de estoque de carbono. Tais resultados permitiram concluir que as florestas secundárias são eficientes no sequestro de carbono no solo e na fitomassa; ainda, que as pastagens com manejo adequado são capazes de acumular elevados teores de carbono no solo em um curto período de tempo. Além disso, às variáveis selecionadas permitiram a construção de funções discriminantes, que são importantes ferramentas de classificação de comunidades florestais quanto ao seu potencial de estoque de carbono. O que permitirá estabelecer ações efetivas para recuperação e preservação, valoração ambiental, obtenção de créditos de carbono e cálculo de medidas compensatórias.

Palavras-chave: Sucessão Ecológica. Fitomassa. Matéria orgânica. Fitossociologia.

GENERAL ABSTRACT

MEDEIROS, Alexandre dos Santos. **Influence of land usage on distribution of soil organic matter and carbon stock, Itatiaia National Park – RJ.** 2019. 242p. Thesis (Doctor in Agronomy, Soil Science). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

Little is known about the impacts and resilience of ecosystems belonging to the Atlantic Forest Biome, which was profoundly altered during the first productive cycles of the Brazilian history. To clarify these issues, areas were selected in the Itatiaia National Park (PNI), located in the State of Rio de Janeiro. The INP has numerous preserved ecosystems, and secondary forest fragments in different stages of ecological succession, as well as areas of unmanaged pasture, which reflect the landscape commonly observed in the Middle Valley region of Paraíba do Sul. Given the scenario of degradation and reduction of environmental services, observed in the areas near the INP, it is urgent to develop studies that allow the understanding of ecological processes, to recommend on interventions capable of reestablishing such services, especially the sequestration of C. To this end, soil samples were collected at different successional stages of forest and in unmanaged pasture areas inside the INP. There were measured the soil fertility, chemical and granulometric fractionation of soil organic matter (SOM), stock and origin of C. In addition to the edaphic variables, samples of pasture phytomass and the different forest compartments were also taken, and non-destructive methods were used to quantify the phytomass and the stock of C in the tree forest stratum. To obtain ecological data regarding the structure of forest communities, permanent plots were installed in areas with different successional stages, and floristic studies and structural characterization of the plant communities were carried out. As general results we found that: local soils have low natural fertility; SOM has greater stability as advanced successional stages; carbon stocks in early-stage soils and phytomass were lower than in the advanced stages; pastures have higher values of C stock in the soil, but predominates C from forest origin from the depth of 10 cm; forest structure and diversity are similar to those generally observed in the biome. Besides, the usage of multivariate statistical techniques allowed the construction of discriminant functions capable of qualitatively classifying similar communities regarding carbon stock capacity. These results led to the conclusion that the secondary forests are efficient in carbon sequestration in soil and phytomass; besides that, pastures with proper management are able to accumulate high levels of carbon in the soil in a short period of time. In addition, the selected variables allowed the construction of discriminant functions, which are important forest community classification tools for their carbon stock potential. This will allow to define effective recovery and preservation actions, environmental valuation, obtaining carbon credits and calculating compensatory measures.

Key-words: Ecological succession. Phytomass. Organic matter. Phytosociology.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Distribuição das diferentes sub formações de Floresta Ombrófila densa de acordo com a cota altitudinal (Extraído de IBGE, 2013)..... 4
- Figura 2.** Estoque de carbono e fluxo de materiais e CO₂ em ecossistema florestal(Adaptado de QURESHI et al., 2012). 14
- Figura 3.** Limites do Parque Nacional do Itatiaia e sua divisão interna baseada na cota altitudinal (Barreto et al., 2013)..... 28
- Figura 4.** Localização das áreas de estudo na vertente sul do Parque Nacional do Itatiaia, Rio de Janeiro (CNES/ASTRIUM - GOOGLEEARTH, 2016). 29
- Figura 5.** Áreas de pastagem não manejada no Parque Nacional de Itatiaia, Itatiaia - RJ. (Figura da esquerda) Visão geral da área de pastagem; (Figura da direita) Visão Geral dos estágios sucessionais a partir da área de pastagem 29
- Figura 6.** Características fisionômicas da comunidade vegetal em estágio avançado de sucessão florestal, Parque Nacional de Itatiaia, Itatiaia - RJ. (A) Linha central da unidade amostral; (B) Dossel contínuo, altura média superior a 10 metros; (C) Declividade suave, estratificação florestal evidente e alta densidade de indivíduos arbóreos; (D) Serapilheira abundante em toda área amostral..... 30
- Figura 7.** Características fisionômicas da comunidade vegetal em estágio médio de sucessão florestal, Parque Nacional de Itatiaia, Itatiaia - RJ. (A) Linha central da unidade amostral; (B) Dossel contínuo, altura média superior a 10 metros; (C) Declividade acentuada; (D) Estratificação..... 31
- Figura 8.** Características fisionômicas da comunidade vegetal em estágio inicial de sucessão florestal, Parque Nacional de Itatiaia, Itatiaia - RJ. (A) Linha central da unidade amostral; (B) Dossel descontínuo, altura média inferior a 10 metros; (C) Declividade suave e acumulo de serapilheira em toda área de estudo; (D) Predomínio de espécies típicas de estágios iniciais..... 32
- Figura 9.** Representação gráfica da porção da vertente sul do PNI, onde se instalaram as parcelas 33
- Figura 10.** Uso e cobertura do solo atuais do PNI (Santos, 2000) 34
- Figura 11.** Caracterização física da área de estudo: Distribuição das formações vegetais na microbacia do Rio Campo Belo de acordo com as cotas altitudinais e variação geomorfológica local, Parque Nacional de Itatiaia-RJ..... 35
- Figura 12.** Caracterização física da área de estudo: Variação altitudinal, classificação da declividade (SANTOS et al., 2015), determinação das vertentes de exposição e principais linhas de drenagem da microbacia do rio Campo Belo, Itatiaia-RJ 36
- Figura 13.** Abundância natural de isótopos C¹³ nas diferentes profundidades, Parque Nacional de Itatiaia-RJ 79
- Figura 14.** (A) Famílias botânicas mais representativas em relação ao número de espécies (B); Gêneros botânicos mais representativos em relação ao número de espécies e (C); Espécies botânicas mais representativas em relação ao número de indivíduos;(A) distribuição diamétrica dos indivíduos mensurados; (B) número total de indivíduos distribuídos em classes de altura; (C) total de indivíduos nos diferentes estratos. Floresta Ombrófila Densa secundária, Parque Nacional do Itatiaia-RJ..... 108

Figura 15. (A) Famílias botânicas representativas em relação ao número de espécies generalistas; (B) Gêneros botânicos representativos em relação ao número de espécies generalistas; (C) Espécies generalistas representativas em relação ao número de indivíduos, Floresta Ombrófila Densa secundária, Parque Nacional do Itatiaia-RJ...	111
Figura 16. Familas mais representativas em relação ao número de espécies em FEA (A), FEM (D) e FEI (G); Gêneros mais representativos em relação ao número de espécies em FEA (B), FEM (E) e FEI (H); Espécies mais representativas em relação ao número de indivíduos FEA (C), FEM (F) e FEI (I), Parque Nacional do Itatiaia-RJ.....	114
Figura 17. Distribuição dos indivíduos em classes de DAP FEA (A), FEM (D) e FEI (G); Distribuição dos indivíduos em classes de altura FEA (B), FEM (E) e FEI (H); Distribuição dos indivíduos por estratos florestais FEA (C), FEM (F) e FEI (I), Parque Nacional do Itatiaia-RJ	115
Figura 18. (A) Curva de acumulação espécie para amostragem na Floresta Ombrófila Densa secundária; (B) Curva de acumulação espécie área para amostragem no estágio avançado de sucessão; (C) Curva de acumulação espécie para amostragem no estágio médio de sucessão; Curva de acumulação espécie para amostragem no estágio inicial de sucessão, Floresta Ombrófila Densa, PNI-RJ	137
Figura 19. Número de espécies quanto a sua ocorrência nos diferentes estágios sucessionais, Parque Nacional de Itatiaia-RJ.....	138
Figura 20. (A) Material utilizado para instalação dos aparelhos; (B) Aparelho HOBO instalado (Medeiros et al., 2015).....	173
Figura 21. Distribuição das médias mensais de umidade relativa do ar nos diferentesestágios sucessionais, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.....	179
Figura 22. Distribuição das médias mensais de temperatura do ar nos diferentes estágios sucessionais, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.....	179
Figura 23. Gráfico de autovalores indicando o número de componentes retidos na análise, PNI–RJ	185
Figura 24. Gráfico de dispersão das variáveis e suas respectivas correlações com os componentes	188
Figura 25. Gráfico de autovalores indicando o número de componentes retidos na análise, Parque Nacional do Itatiaia– RJ.....	192
Figura 26. Autovalores indicando o número de componentes retidos na análise, Parque Nacional do Itatiaia – RJ.....	195
Figura 27. Gráfico de autovalores indicando o número de componentes retidos na análise, Parque Nacional do Itatiaia– RJ.....	197
Figura 28. Gráfico de dispersão indicando a capacidade de ordenação das variáveis independentes, Parque Nacional do Itatiaia –RJ.....	198
Figura 29. Dispersão indicando a capacidade de ordenação das variáveis independentes, Parque Nacional do Itatiaia –RJ.....	199
Figura 30. Dispersão indicando a capacidade de ordenação das variáveis independentes, Parque Nacional do Itatiaia –RJ.....	200
Figura 31. Coeficientes significativos indicadores do número de segmentações possíveis da base de dados	209

Figura 32. Diferentes grupos formados na base de dados, considerando as localidades, seus componentes e a distancia euclidiana entre os mesmos grupos	210
Figura 33. Gráfico de coeficientes significativos indicadores do número de segmentações possíveis da base de dados	211
Figura 34. Dendrograma indicando os diferentes grupos formados na base de dados, considerando das fisionomias florestais, seus componentes e a distância euclidiana entre os mesmos.....	212

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fisionomias vegetais da Mata Atlântica classificadas conforme as cotas altitudinais e posição geográfica de ocorrência. Fonte: IBGE, 2013.....	6
Tabela 2. Comparação de diferentes métodos usados em estimativas de fitomassa para medição de estoque de carbono florestal	14
Tabela 3. Somatório da área das formações florestais presentes nas unidades de conservação do estado do Rio de Janeiro, e a respectiva área da formação florestal mapeada, considerando o tamanho total da unidade	19
Tabela 4. Estoque de carbono por hectare considerando a área total das unidades com um contínuo florestal.....	21
Tabela 5. Estoque de carbono por hectare considerando apenas a área de cada fisionomia florestal por unidade.....	24
Tabela 6. Textura do solo na vertente sul do Parque Nacional do Itatiaia, RJ, sob diferentes coberturas e usos do solo, em diferentes profundidades (cm).....	53
Tabela 7. Variáveis químicas e carbono do solo na vertente sul do Parque Nacional do Itatiaia-RJ, sob diferentes coberturas e usos do solo, em diferentes profundidades.....	54
Tabela 8. Densidade do solo (Ds) da vertente sul do Parque Nacional do Itatiaia, RJ, sob diferentes coberturas e usos do solo, em diferentes profundidades (cm).	55
Tabela 9. Fracionamento químico e granulométrico da matéria orgânica do solo da vertente sul do Parque Nacional do Itatiaia, RJ, sob diferentes coberturas e usos, em diferentes profundidades (cm).	56
Tabela 10. Fitomassa e estoque de carbono nos diferentes compartimentos florestais e em área de pastagem, Parque Nacional do Itatiaia-RJ	70
Tabela 11. Estoque de carbono no solo e total, sob diferentes coberturas, Parque Nacional do Itatiaia-RJ	70
Tabela 12. Relação de estudos e respectivos estoques de carbono no solo	72
Tabela 13. Relação de estudos e respectivos estoques de carbono na fitomassa.....	75
Tabela 14. Concentração de isótopos $\delta^{13}\text{C}$ e carbono orgânico total (%) nas diferentes profundidades em cada área amostrada, Parque Nacional de Itatiaia-RJ.....	78
Tabela 15. Percentual de substituição de carbono de origem C_3 e C_4 a partir da conversão da cobertura vegetal, em áreas do Parque Nacional de Itatiaia-RJ	81
Tabela 16. Critérios gerais para classificação dos estágios sucessionais na Mata Atlântica (Conama, 2008, Anexo 41 - Parâmetros de classificação dos estágios sucessionais da vegetação, p. 171).	93
Tabela 17. Equações utilizadas para o cálculo dos parâmetros fitossociológicos referentes à Floresta Ombrófila Densa Montana, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.....	95
Tabela 18. Equações utilizadas para o cálculo dos índices de diversidade, uniformidade, dominância e similaridade da Floresta Ombrófila Densa Montana, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.....	96
Tabela 19. Equações utilizadas para o cálculo do intervalo e número de classes de DAP e altura, Floresta Ombrófila Densa Montana, Parque Nacional do Itatiaia-RJ	96

Tabela 20. Equações utilizadas para o processamento do inventário florestal da Floresta Ombrófila Densa Montana, Parque Nacional do Itatiaia-RJ	97
Tabela 21. Número de espécies generalistas, exclusivas e de ocorrência simultânea em dois estágios sucessionais, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.....	99
Tabela 22. Lista florística das espécies arbóreas ocorrentes em três estágios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa Montana, PNI-RJ	100
Tabela 23. Variáveis estruturais calculadas para a Floresta Ombrófila Densa secundária, Parque Nacional do Itatiaia-RJ	107
Tabela 24. Médias das variáveis estruturais dos diferentes estágios sucessionais, comparadas pelos diferentes testes T a 95% de probabilidade para Floresta Ombrófila Densa secundária, Parque Nacional do Itatiaia-RJ	109
Tabela 25. Lista florística das espécies generalistas ocorrentes nos diferentes estágios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa secundária, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.....	110
Tabela 26. Critérios para enquadramento do estágio sucessional da Floresta Ombrófila Densa secundária do Parque Nacional do Itatiaia-RJ	117
Tabela 27. Lista de espécies ocorrentes na vertente sul do PNI em alguma categoria de ameaça, segundo IUCN-BIODIVERSITAS (2001) e INMMA (2008).	118
Tabela 28. Lista de espécies ocorrentes nos diferentes estágios sucessionais do PNI, sob alguma categoria de ameaça, segundo CNCFlora (2014).	118
Tabela 29. Lista de espécies com seu respectivo grupo ecológico, fenologia, dispersão das sementes e estrato florestal em que ocorre na Floresta Ombrófila Densa secundária, PNI-RJ	120
Tabela 30. Parâmetros Fitossociológicos calculados para a Floresta Ombrófila Densa Secundária ocorrente na Vertente Sul do Parque Nacional de Itatiaia-RJ.....	124
Tabela 31. Espécies com maiores IVI ocorrentes em FEA, Parque Nacional de Itatiaia-RJ.	131
Tabela 32. Espécies com maiores IVI ocorrentes em FEM, Parque Nacional de Itatiaia-RJ.	132
Tabela 33. Espécies com maiores IVI ocorrentes em FEI, Parque Nacional de Itatiaia-RJ.....	133
Tabela 34. Índice de diversidade de Shannon-Weaver e índice de uniformidade de Pielou para diferentes estudos realizados em Mata Atlântica no Sudeste do Brasil.....	135
Tabela 35. Espécies dominantes, indicadas pelo índice de dominância de Simpson, na comunidade em geral e nos diferentes estágios sucessionais	139
Tabela 36. Análise da variância da amostragem estratificada do inventário florestal realizado no Parque Nacional do Itatiaia-RJ	140
Tabela 37. Análise estatística e amplitude do volume de madeira das unidades amostrais por estágio de sucessão da Floresta Ombrófila Densa, Parque Nacional do Itatiaia – RJ.....	141
Tabela 38. Amplitude do volume de madeira das unidades amostrais por estágio de sucessão da Floresta Ombrófila Densa, Parque Nacional do Itatiaia – RJ	141
Tabela 39. Espécies ocorrentes na comunidade em geral e nos diferentes estágios sucessionais, Parque Nacional de Itatiaia-RJ.....	142

Tabela 40. Área basal e densidade de indivíduos observadas para diferentes formações Florestais da Mata Atlântica	147
Tabela 41. Parâmetros Fitossociológicos calculados para a Floresta Ombrófila Densa em estágio avançado de sucessão ecológica, PNI-RJ.....	234
Tabela 42. Parâmetros Fitossociológicos calculados para a Floresta Ombrófila Densa em estágio médio de sucessão ecológica, PNI-RJ.....	237
Tabela 43. Parâmetros Fitossociológicos calculados para a Floresta Ombrófila Densa em estágio inicial de sucessão ecológica, PNI-RJ.....	240
Tabela 44. Matriz de variáveis constituintes das funções discriminantes desenvolvidas para classificar potencial de estoque de carbono no solo florestal do Parque Nacional do Itatiaia –RJ e áreas similares	175
Tabela 45. Matriz contendo as variáveis constituintes das funções discriminantes desenvolvidas para classificar potencial de estoque na fitomassa florestal do Parque Nacional do Itatiaia –RJ e áreas similares.....	176
Tabela 46. Variáveis microclimáticas mensuradas em diferentes estágios sucessionais, comparadas pelo teste T de Tukey a 95% de probabilidade, Parque Nacional de Itatiaia-RJ	178
Tabela 47. Matriz de correlações de Pearson, realizada para verificação de correlações significativas, entre variáveis ambientais coletadas no Parque Nacional do Itatiaia –RJ.	180
Tabela 48. Matriz de correlações para verificação de colinearidade e multicolinearidade, entre variáveis ambientais coletadas no PNI –RJ.....	182
Tabela 49. Matriz de cumunalidade entre variáveis ambientais coletadas no PNI – RJ	183
Tabela 50. Tabela de variância explicada por cada variável componente do espaço amostral, coletada no PNI –RJ.....	184
Tabela 51. Matriz de componentes e seus respectivos coeficientes, PNI– RJ	186
Tabela 52. Matriz de componentes rotativas e seus respectivos coeficientes, PNI – RJ.....	187
Tabela 53. Matriz de correlações, realizada para verificação de colinearidade e multicolinearidade, entre variáveis ambientais coletadas no PNI–RJ.....	189
Tabela 54. Matriz de cumunalidade entre variáveis ambientais coletadas no PNI – RJ	190
Tabela 55. Tabela de variância explicada por cada variável componente do espaço amostral, coletada no PNI –RJ.....	191
Tabela 56. Matriz de componentes e seus respectivos coeficientes, PNI – RJ	193
Tabela 57. Matriz de componentes rotativas e seus respectivos coeficientes, PNI – RJ.....	194
Tabela 58. Matriz de correlações para verificação de colinearidade e multicolinearidade, entre variáveis ambientais coletadas no PNI –RJ.....	196
Tabela 59. Matriz de cumunalidade entre variáveis ambientais coletadas no PNI – RJ	196
Tabela 60. Tabela de variância explicada por cada variável componente do espaço amostral, coletada no PNI –RJ.....	196
Tabela 61. Autovalores e correlação canônica das variáveis ordenativas, PNI – RJ	198
Tabela 62. Autovalores e correlação canônica das variáveis ordenativas, PNI – RJ	199

Tabela 63. Autovalores e correlação canônica das variáveis ordenativas, PNI– RJ	200
Tabela 64. Lista de estudos consultados para obtenção da variável índice de valor de importância (IVI), bem como o local de realização dos estudos e formação florestal de Mata Atlântica predominante.....	201
Tabela 65. Tabela de planejamento de aglomeração do cluster hierárquico aglomerativo	209
Tabela 66. Tabela de planejamento de aglomeração do cluster hierárquico aglomerativo	211
Tabela 67. Resumo de processamento de caso de análise para construção das funções discriminantes, PNI -RJ.....	213
Tabela 68. Teste de tolerância a falhas de variáveis.....	213
Tabela 69. Resumo de processamento de classificação	213
Tabela 70. Matriz de verificação da existência de colinearidade e multicolinearidade, também denominada “matrizes dentro de grupo em pool”	214
Tabela 71. Valores próprios e a correlação canônica entre os componentes da função discriminante.....	214
Tabela 72. Lambda de Wilks e significância correspondentes, utilizados para validação da função discriminante	214
Tabela 73. Coeficientes de função discriminante canônica retida.....	215
Tabela 74. Centróides das funções canônica em grupos, utilizados para o cálculo do escore de corte.....	215
Tabela 75. Valores de probabilidades a priori para os grupos utilizados para o cálculo do escore de corte.....	215
Tabela 76. Resultados dos testes de classificação dos grupos (estoque de carbono).	216
Tabela 77. Resumo de processamento de caso de análise para construção das funções discriminantes, Parque Nacional do Itatiaia-RJ	216
Tabela 78. Matriz de verificação da existência de colinearidade e multicolinearidade, também denominada “matrizes dentro de grupo em pool”	217
Tabela 79. Valores próprios e a correlação canônica entre os componentes da função discriminante.....	217
Tabela 80. Lambda de Wilks e significância correspondentes, utilizados para validação da função discriminante	218
Tabela 81. Coeficientes de função discriminante canônica retida.....	218
Tabela 82. Centróides das funções canônica, utilizados para o cálculo do escore de corte	218
Tabela 83. Valores de probabilidades a priori para os grupos utilizados para o cálculo do escore de corte.....	219
Tabela 84. Resultados dos testes de classificação dos grupos (estoque de carbono)	219

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA GERAL	3
Diversidade no Bioma Mata Atlântica	3
Fatores que Determinam a Distribuição de Espécies no Gradiente de Altitude no Bioma Mata Atlântica	4
Gradientes de Altitude e as Alterações na Produção Líquida de Fitomassa no Bioma Mata Atlântica	8
Estoque de C em Gradientes de Altitude e o Papel da Vegetação.....	9
Estudos de Estoque de Carbono em Diferentes Coberturas do Solo e Comportamento da Mos	11
Evolução dos estudos de estoque e origem do carbono	11
Importância dos estudos das frações da matéria orgânica do solo	13
Métodos para estimar e medir taxas de sequestro de carbono em sistemas florestais	13
Demanda por informações de estoque de carbono para fins de valoração ambiental	17
As Unidades de Conservação do estado do Rio de Janeiro e sua contribuição para o estoque de carbono 18	
3. MATERIAL E MÉTODOS	28
Caracterização da Área de Estudo.....	28
Localização, clima, vegetação, relevo e geologia.....	28
Principais classes de solo	33
Formações vegetais no PNI.....	33
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
5. CAPÍTULO I.....	47
INFLUÊNCIA DA COBERTURA DO SOLO SOBRE A MATÉRIA ORGÂNICA E VARIÁVEIS EDÁFICAS NO PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA-RJ.....	47
RESUMO	48
ABSTRACT	49
INTRODUÇÃO.....	50
MATERIAL E MÉTODOS.....	51
RESULTADOS.....	53
DISCUSSÃO.....	57
CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
6. CAPÍTULO II.....	63
ORIGEM E ESTOQUE DE CARBONO EM DIFERENTES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS E PASTAGEM NÃO MANEJADA, PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA-RJ.....	63
RESUMO	64
ABSTRACT	65
INTRODUÇÃO.....	66
MATERIAL E MÉTODOS.....	67
Amostragem e Métodos Analíticos.....	67
RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
Peso Seco e COT da Fitomassa de Floresta e Estoque de Carbono no Solo.....	70
Abundância Natural	77
CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

7. CAPÍTULO III	89
FLORÍSTICA, FITOSSOCIOLOGIA E INVENTÁRIO FLORESTAL DE DIFERENTES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS DE FLORESTA OMBRÓFILA NO PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA-RJ	89
RESUMO	90
ABSTRACT	91
INTRODUÇÃO	92
MATERIAL E MÉTODOS	93
RESULTADOS	99
Aspectos Florísticos e Estruturais da Floresta Secundária no PNI.....	99
Aspectos Florísticos e Estruturais da Comunidade em FEA.....	112
Aspectos Florísticos e Estruturais da Comunidade em FEM	112
Aspectos Florísticos e Estruturais da Comunidade em FEI	113
Enquadramento dos Estágios Sucessionais.....	116
Espécies Ameaçadas de Extinção	118
Classificação Grupo Ecológico e Informações sobre as Espécies.....	119
Fitossociologia	123
Índice de Diversidade de Shannon-Weaver e Uniformidade de Pielou.....	134
Suficiência Amostral.....	137
Similaridade de Jaccard e Dominância de Simpson	138
Inventário Florestal.....	140
DISCUSSÃO	143
Florística	143
Estrutura.....	145
Classificação dos Estágios Sucessionais.....	149
Espécies Ameaçadas de Extinção.....	149
Classificação do Grupo Ecológico e Informações sobre as Espécies	150
Estudo Fitossociológico	151
Índice de Diversidade de Shannon e Pielou	153
Suficiência Amostral.....	153
Índices de Similaridade Florística de Jaccard e de Dominância de Simpson.....	154
Inventário Florestal.....	154
CONCLUSÕES	156
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158
8. CAPÍTULO IV	168
VARIÁVEIS AMBIENTAIS E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES E O ESTOQUE DE CARBONO EM FLORESTAS SECUNDÁRIAS NO PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA-RJ	168
RESUMO	169
ABSTRACT	170
INTRODUÇÃO	171
MATERIAL E MÉTODOS	173
Dados Microclimáticos	173
Análise Multivariada dos Dados.....	173
RESULTADOS	177
Análises Microclimáticas	177
Correlação de Pearson	179
Análise Fatorial Multivariada 1	181
Análise Fatorial 2 – Exclusiva das Variáveis Edáficas.....	188
Análise Fatorial 3	195
Análise de Correlação Canônica 1.....	197
8.5.7. Análise de Correlação Canônica 2	198
Análise de Correlação Canônica 3.....	199
Análise de Agrupamento de Cluster Hierárquico Aglomerativo 1.....	200
Análise de Agrupamento de Cluster Hierárquico Aglomerativo 2.....	210

Análise Discriminante 1 - Modelo Preditor do Potencial de Estoque de Carbono na Fitomassa Florestal	212
Análise Discriminante 2 - Modelo Preditor do Potencial de Estoque de Carbono no Solo Florestal.....	216
DISCUSSÃO	220
CONCLUSÕES	225
CONCLUSÕES GERAIS	226
CONSIDERAÇÕES FINAIS	227
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	228
9. ANEXO.....	234

1. INTRODUÇÃO GERAL

O desenvolvimento humano vem promovendo inúmeras modificações nos ambientes naturais, por meio do desmatamento, atividades agrícolas, urbanização desordenada e industrialização. Estima-se que apenas nos últimos 100 anos a queima de combustíveis fósseis aliada à conversão de áreas naturais, tenha promovido o aumento na concentração de CO₂ na atmosfera de 280 ppm, no período pré-industrial, para cerca de 379 ppm em 2005, com projeções de até 970 ppm em 2100 (IPCC, 2007). Esse aumento na concentração de CO₂ e de outros gases causadores de efeito estufa na atmosfera vem sendo apontado como responsável pelas mudanças no clima do planeta, e possivelmente, geram impactos diretos sobre os sistemas ecológicos, econômicos e sociais (MARENGO, 2006).

No Brasil, a substituição de ecossistemas naturais por áreas de agricultura e pecuária vem reduzindo o estoque de CO₂ e outros gases do efeito estufa (GEE), principalmente na Amazônia e no Cerrado, regiões de expansão agrícola. Cerri&Cerri (2007) estimam que a mudança de uso da terra, na maioria das vezes realizadas de forma predatória, seja responsável por boa parte das emissões de CO₂ do país, promovendo impactos diretos sobre os ecossistemas, reduzindo a prestação dos serviços ecossistêmicos, dentre eles, o sequestro de carbono.

Como exemplo dos impactos negativos da mudança do uso da terra, destaca-se o Bioma Mata Atlântica, onde predominam comunidades vegetais de grande diversidade biológica, com ecossistemas ocorrentes desde o nível do mar até os campos de altitude. Apesar de sua diversidade, o Bioma foi submetido a inúmeros impactos, desde a exploração de recursos florestais até o cultivo de lavouras anuais, como a cana de açúcar e o café (DRUMMOND, 1997; DEAN, 1996).

Com a implantação das primeiras fazendas de café, em 1780, na região de Resende-RJ (DRUMMOND, 1997), a conversão de ecossistemas nativos em áreas agrícolas, principalmente as Florestas Estacionais (IBGE, 2013), promoveu profundas modificações na paisagem (Dean, 1996). A retirada da vegetação associada ao relevo declivoso (Ab' Saber, 1966) e ao emprego de técnicas agrícolas inadequadas, favoreceram a rápida degradação dos solos e o conseqüente declínio da produção em poucas décadas. Tal condição obrigou os produtores a converterem suas lavouras em pastagens ou simplesmente abandoná-las, o que permitiu a regeneração de florestas nativas.

O Bioma encontra-se, atualmente, reduzido a fragmentos florestais descontínuos, de variados tamanhos e estágio de regeneração, com remanescente estimado em apenas 13,1% da cobertura original (SOS Mata Atlântica& INPE, 2019), além de possuir altas taxas de sedimentação e perda de solo. Apenas a região do Médio Vale do Paraíba do Sul, ao sul do estado do Rio de Janeiro, apresenta taxas de sedimentação de 70 mil m³ km² ano⁻¹, com um rebaixamento do solo de 7,5 cm de espessura, resultando na remoção de grande parte, ou a totalidade, do horizonte A das vertentes (DANTAS & COELHO NETO, 2013).

Neste contexto, além de reconhecidas mitigadoras de carbono atmosférico (MCCARTHY et al., 2001; Salomon et al., 2007), estocando anualmente 283 Gt de C apenas na Fitomassa (LIMA, et al., 2012), às florestas, especialmente as secundárias, podem ser consideradas de grande importância para sequestro do CO₂ (MARKEWITZ et al., 2004; NAPSTAD et al., 2001; Sommer et al., 2002) e restabelecimento de outros serviços ecossistêmicos em regiões degradadas, como a regulação climática, controle de inundações e sedimentação.

Moraes et al. (2008), Araújo et al.(2005), Correia & Andrade, (2008), apontam três fatores essenciais para o estabelecimento dessas comunidades: o aporte de matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes e a atividade da fauna do solo, sendo essas variáveis diretamente relacionadas com a dinâmica de matéria orgânica (MACHADO, 2011). Apesar de sua

importância, tais atributos são pouco estudados, especialmente em áreas não contempladas para expansão agrícola (Terré et al., 2001).

Inserido na Região do Médio Vale do Paraíba Sul, o Parque Nacional do Itatiaia (PNI) abriga um importante remanescente da flora regional, com grande diversidade de ecossistemas do Bioma Mata Atlântica, como a Floresta Ombrófila Densa e Mista, a Floresta Estacional Semidecidual e os Campos de Altitude (BARRETO, 2013). A flora primitiva da região foi intensamente afetada pela ação humana, especialmente durante os anos de 1908 a 1918, quando foi instalada na região uma colônia agrícola que devastou as matas até a cota de 1000 metros de altitude, sendo instaladas lavouras e principalmente pastagens (BRADE, 1956). Muitas destas áreas foram gradativamente abandonadas, passando a predominar, nas encostas que atualmente pertencem ao PNI, fragmentos de vegetação secundária em diferentes estágios de sucessão.

Considerando o histórico de uso da terra reconhecido para a região, o PNI, como unidade de conservação, se apresenta como área vital para realização de estudos sobre a dinâmica de carbono e o comportamento da matéria orgânica do solo e na fitomassa. Desta forma, pressupõe-se neste estudo que:

- a) As diferentes coberturas vegetais do solo, especificamente os estágios de regeneração da floresta secundária e pastagem não manejada, influenciam a dinâmica de nutrientes e da matéria orgânica do solo (MOS);
- b) O estoque de carbono no solo e na fitomassa são influenciados pelas diferentes coberturas vegetais;
- c) A estrutura e composição florística das florestas secundárias do PNI, são influenciadas pelo avanço dos estágios sucessionais; e
- d) As variáveis edáficas, estágio sucessional avançado e características geomorfológicas, são os principais fatores influenciadores para o estoque de C no PNI.

A tese foi dividida em quatro capítulos, com o Capítulo I tendo como título: Influência da cobertura do solo sobre a matéria orgânica e variáveis edáficas no Parque Nacional do Itatiaia-RJ, sendo seu objetivo investigar os efeitos das diferentes coberturas sobre a fertilidade, densidade e médias das frações granulométricas do solo, bem como sobre as frações da matéria orgânica. O Capítulo II: Origem e estoque de carbono em diferentes estágios sucessionais e pastagem não manejada, Parque Nacional do Itatiaia-RJ, sendo seus objetivos, quantificar os estoques de carbono no solo e na fitomassa, e identificar a procedência do carbono estocado nos solos das diferentes coberturas utilizando técnicas de abundância natural de ^{13}C . Já o Capítulo III, sob o título: Florística, fitossociologia e inventário florestal de diferentes estágios sucessionais de Floresta Ombrófila no Parque Nacional do Itatiaia-RJ, teve como objetivo verificar a influência dos diferentes estágios sucessionais sobre a composição florística, a estrutura, o volume de madeira e a diversidade de espécies. Finalmente, o Capítulo IV, sob o título: As variáveis ambientais e sua influência sobre a distribuição de espécies e o estoque de carbono em florestas secundárias no Parque Nacional do Itatiaia-RJ, pretendeu empregar técnicas estatísticas multivariadas para correlacionar variáveis edáficas, microclimáticas, estruturais e da diversidade florística, a fim de verificar a influência conjunta dessas variáveis, sobre os estoques de carbono no solo e fitomassa.

2. REVISÃO DE LITERATURA GERAL

Diversidade no Bioma Mata Atlântica

Segundo Stehmann et al. (2009), são reconhecidas para Mata Atlântica 15.782 espécies, distribuídas em 2.257 gêneros e 348 famílias, o que corresponde cerca de 5% da flora mundial, estimada atualmente em 300.000 espécies de plantas (JUDD et al., 2009). A maior parte desta diversidade é composta por plantas vasculares, que somam 14.552 espécies, das quais 6.933 são endêmicas. Myers et al. (2000) estimaram para a Mata Atlântica uma riqueza menor, porém seu estudo constatou um índice de endemismo de 48%. Esse valor é equivalente a quase metade de toda a diversidade de plantas vasculares encontradas nessa formação, e representa 2% das espécies de plantas do planeta.

Após cinco séculos de ocupação territorial, o Bioma que originalmente recobria 12% do território nacional, encontra-se reduzido a fragmentos florestais descontínuos, de variados tamanhos, restando apenas 8% de sua cobertura original (SOS MATA ATLÂNTICA & INPE, 2019). Os altos níveis de riqueza e endemismo destes ecossistemas, associados à destruição promovida por ações antrópicas ao longo da história, incluíram a Mata Atlântica definitivamente no cenário mundial como um dos 34 *hotspots* de biodiversidade (MITTERMEIER et al., 2004).

Dentre as inúmeras subformações reconhecidas para Mata Atlântica (IBGE 2013; OLIVEIRA-FILHO 2000), as predominantes no Médio Vale do Paraíba do Sul são classificadas como Floresta Estacional Semidecidual Submontana e Montana. Porém, podem ser observados nas encostas voltadas para o sul e sudeste da Serra da Mantiqueira fragmentos de Floresta Ombrófila Densa, ocorrentes principalmente pela abrupta variação altitudinal, que se estende, por exemplo, de 400 metros as margens do Rio Paraíba e mais de 1500 metros na vertente Sul do Parque Nacional do Itatiaia (PNI).

Esse tipo de vegetação é caracterizado por fanerófitos, lianas lenhosas e epífitas em abundância, sendo sua principal característica ecológica a condição ombrófila que origina predominantemente uma fisionomia florestal. Assim, a característica ombrotérmica da Floresta Ombrófila Densa está presa a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25 °C) e de alta precipitação, bem distribuída durante o ano (de 0 a 60 dias secos), o que determina uma situação bioecológica praticamente sem período biologicamente seco (IBGE (2013).

Oliveira-Filho (2000) e IBGE, (2013) classificaram cinco subformações de Floresta Ombrófila Densa, de acordo com sua ocorrência nas diferentes faixas altitudinais, (Formação Aluvial, das Terras Baixas, Submontana, Montana e Altomontana) sendo sua distribuição na paisagem exemplificada pelo perfil vegetacional (figura 1).



Figura 1. Distribuição das diferentes sub formações de Floresta Ombrófila densa de acordo com a cota altitudinal (Extraído de IBGE, 2013).

Quanto a Floresta Ombrófila Densa Montana (FODM), alvo no nosso estudo, essa pode ser encontrada desde os altos planaltos e serras situados entre 600 e 2000 metros de altitude, na Amazônia, até formações correspondentes na Região Sul e Sudeste do país, ocorrendo entre 400 a 1000 metros de altitude. Sua estrutura é mantida enquanto os solos forem profundos o suficiente e não influenciarem o tamanho dos indivíduos arbóreos. Seu dossel é uniforme (em torno de 20 m) e representado por ecótipos relativamente finos com casca grossa e rugosa, folhas miúdas e de consistência coriácea, sendo comuns gêneros pertencentes às famílias Myrtaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Melastomataceae, Lauraceae, Sapotaceae, Sapindaceae, Arecaceae dentre outras (IBGE, 2013, STEHMANN et al. 2009).

Fatores que Determinam a Distribuição de Espécies no Gradiente de Altitude no Bioma Mata Atlântica

A diversidade de espécies, também denominada diversidade biológica (LOVEJOY, 1980a; NORSE & MACMANUS, 1980, *apud* MAGURRAN 2011) ou simplesmente biodiversidade (HARPER & HAWKSWORTH, 1995, *apud* MAGURRAN 2011) significa, em geral, riqueza de espécies existentes em um local (ALFA), região (GAMA), habitats específicos (BETA) ou no mundo.

Para fins de análises ecológicas, MANTOVANI (1993) e MAGURRAN (2011) definem a diversidade como a associação de três parâmetros estruturais; frequência, riqueza e abundância, sendo estes parâmetros utilizados para o cálculo dos índices de diversidade das comunidades de espécies. Já para (RICKLEFS, 2011) a biodiversidade é resultado de interações entre espécies e as diferentes condições ambientais, promovidas por variações geográficas (latitude e longitude), climáticas, geológicas, geomorfológica e edáficas, sendo resumida como: “resultado da interação de espécies com o ambiente e responsável pela construção de ecossistemas”.

Desta forma, para compreensão do funcionamento de um ecossistema, é necessário entender e identificar os fatores ambientais que regulam a biodiversidade e a estrutura das comunidades, sendo destacados, entre outros fatores, a variação altitudinal, uma vez que essa pode influenciar a temperatura, umidade, precipitação, tipo de solo e a declividade (JATI, 2012). Conforme a elevação das cotas altitudinais, é observada à redução da temperatura e o aumento da precipitação, sendo estas mudanças no clima capazes de influenciar a composição e a produtividade da vegetação, afetando a massa e o volume da MOS (GARTEN, 1999; QUIDEAU, 2001), além de promover a diminuição das taxas de mineralização (FABIAN et al. 2005; HOLDER, 2003; MARRS et al. 1988).

Ao longo do Bioma Mata Atlântica, pode ser observada grande variação altitudinal, promovida pelo soerguimento das cadeias de montanhas das Serras do Mar e da Mantiqueira,

(CAMINHOS GEOLÓGICOS, 2013), é também pela formação de paisagens mamelonares, como aquelas típicas do domínio morfoclimático Mares de Morros (AB'SABER, 1966). Essas variações altitudinais promoveram a formação de inúmeros ecossistemas com grande diversidade biológica, que variam em sua estrutura e composição florística de acordo com sua faixa altitudinal, sendo inclusive utilizado como critério de classificação das fisionomias vegetais do Bioma por IBGE (2013) e Oliveira-Filho & Fontes (2000). A tabela 1 apresenta as diferentes fisionomias vegetais classificadas por IBGE (2013) para o Bioma Mata Atlântica de acordo com as cotas altitudinais.

Além do microclima local, variações acentuadas de altitude podem promover alterações em outros fatores ambientais, tais como a declividade, a vertente de exposição, a incidência de ventos úmidos, o tipo de solo e as pedoformas diferenciadas. Esses fatores, em associação, originam micro-ambientes capazes de influenciar a composição e a estrutura de comunidades de plantas (PROCTOR et al., 1983; PENDRY & PROCTOR 1996; BRUIJNZEEL & VENEKLAAS, 1998; MONTANA & VALIENTE-BANUET, 1998; RICHTER, 2000 e DAMASCENO-JUNIOR, 2005), dando origem a ecossistemas específicos, que suportam alagamentos e elevados graus de salinidade, como os Maguezais; aqueles presentes em encostas escarpadas, com solos rasos e distróficos, como das florestas Ombrófilas Densa; além de formações campestres, com elevados teores de matéria orgânica, típicas dos campos de Altitude.

Muitos trabalhos vêm indicando a redução da diversidade de espécies e variações na estrutura de comunidades vegetais conforme o aumento das cotas altitudinais. Gairola (2008), em estudo realizado nas florestas do Himalaia, indicou um declínio da densidade total de árvores, da área basal, da altura total e da diversidade de espécies conforme o aumento da altitude, sendo estas variações atribuídas às restrições eco-fisiológicas, baixa temperatura e produtividade líquida Korner (1998).

Resultados similares foram observados por Sheikh (2009), em seus estudos sobre a influência da altitude no estoque de carbono dos solos de florestas do Himalaia Indiano. O autor observou que o aumento das cotas teve um efeito significativo sobre a riqueza de espécies, com diminuição da diversidade florestal a cada 100 m de aumento da altitude. Mesmas observações foram realizadas por Röderstein et al. (2005) nas florestas tropicais do sul do Equador. Em seu estudo sobre produção de serrapilheira e fitomassa de raízes em florestas tropicais, os autores comentam sobre a redução da diversidade de espécies conforme o aumento das cotas altitudinais.

Já Lieberman (1996), em seus trabalhos sobre a estrutura e composição florística ao longo de um gradiente altitudinal da Floresta Tropical na Costa Rica, e Grubb (1977) em seu trabalho sobre o crescimento de florestas tropicais montana, observaram que o gradiente altitudinal pode promover a substituição de espécies típicas de cotas mais baixas por outras comuns em cotas mais elevadas, o que favorece a diminuição do número de espécies em grandes altitudes, além da redução da altura dos indivíduos, e da riqueza de espécies.

Tabela 1. Fisionomias vegetais da Mata Atlântica classificadas conforme as cotas altitudinais e posição geográfica de ocorrência. Fonte: IBGE, 2013.

FISIONOMIA		LAT.	LONG.	ALT.(m.a.n.m)	OCORRÊNCIA
Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas		N 4°	S 16°	5 ATÉ 100	terrenos sedimentares do terciário/quaternário – terraços, planícies e depressões aplanadas não susceptíveis a inundações
		S 16°	S 24°	5 ATÉ 50	
		S 24°	S 32°	5 ATÉ 30	
Floresta Ombrófila Densa Submontana		N 4°	S 16°	100 ATÉ 600	Situada nas encostas dos planaltos e/ou serras
		S 16°	S 24°	50 ATÉ 500	
		S 24°	S 32°	30 ATÉ 400	
Floresta Ombrófila Densa Montana		N 4°	S 16°	600 ATÉ 2000	Situada no alto dos planaltos e/ou serras
		S 16°	S 24°	500 ATÉ 1500	
		S 24°	S 32°	400 ATÉ 1000	
Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana		N 4°	S 16°	> 2000	Cume das altas montanhas sobre solos Neossolos Litólicos
		S 16°	S 24°	> 1500	
		S 24°	S 32°	>1000	
Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas		N 4°	S 16°	5 ATÉ 100	Sul da cidade de Natal (RN) até o norte do estado do Rio de Janeiro sobre tabuleiros da Formação Barreiras e Cabo Frio, em terreno quaternário. Também nas depressões interioranas como as do Pantanal Mato-Grossense, do Araguaia e do Guaporé.
		S 16°	S 24°	5 ATÉ 50	
		S 24°	S 32°	5 ATÉ 30	
Floresta Estacional Semidecidual Montana		N 4°	S 16°	600 ATÉ 2000	Situam-se principalmente na face interiorana da Serra dos Órgãos, no estado do Rio de Janeiro e na Serra da Mantiqueira, nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (Itatiaia) e do Espírito Santo (Caparaó).
		S 16°	S 24°	500 ATÉ 1500	
		S 24°	S 32°	400 ATÉ 1000	

Continua...

Tabela 1. Continuação.

FISIONOMIA			LAT.	LONG.	ALT. (m.a.n.m)	OCORRÊNCIA
Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas			N 4°	S 16°	5 ATÉ 100	Maior expressão na Bacia do Rio Pardo, no sul do estado da Bahia
			S 16°	S 24°	5 ATÉ 50	
Floresta Estacional Decidual Submontana			S 24°	S 32°	5 ATÉ 30	Estreita faixa no Maranhão, Sul da Bahia, vertente interiorana da Serra da Mantiqueira, da vertente sul do Planalto das Missões no rio grande do sul
			N 4°	S 16°	100 ATÉ 600	
			S 16°	S 24°	50 ATÉ 500	
Floresta Estacional Decidual Montana			> S 24°		30 ATÉ 400	situada no hemisfério norte, revestindo o planalto arenítico do estado de Roraima (ao norte de Boa Vista)
			N 4°	S 16°	600 ATÉ 2000	
			S 16°	S 24°	500 ATÉ 1500	
Floresta Estacional Decidual Montana			S 24°	S 32°	400 ATÉ 1000	
			Vegetação com influência marinha (Restingas)			ocorrência aleatória em todo litoral nacional
Vegetação com influência fluviomarina (Manguezal e Campos Salinos)			ocorrência aleatória em todo litoral nacional			
Sistema dos Refúgios Vegetacionais ou Comunidades Relíquias (Campos de Altitude)			ocorrência aleatória em áreas com altitude acima de 1800 m.a.n.m			

Quanto aos ecossistemas do Bioma Mata Atlântica, Rodrigues (2010), verificou que a composição florística e a estrutura das comunidades apresentam nítido aumento inicial da diversidade até uma determinada altitude, e em seguida ocorre uma redução considerável a partir de cotas mais elevadas. Esse mesmo autor identificou em seu estudo comparativo da diversidade entre as cotas altitudinais, na Ilha da Marambaia-RJ, uma redução na diversidade de espécies entre a cota 100 e 500 metros. Contudo, tais diferenças não foram suficientes para determinar a ocorrência de comunidades distintas. O mesmo padrão de redução gradual de diversidade foi observado por Sanchez (2001), em um gradiente altitudinal (2 a 1000m) da Floresta Ombrófila Densa em Ubatuba-SP, e por Damasceno-Júnior (2005) em seu estudo sobre a influência do gradiente altitudinal sobre as Florestas Estacionais Decíduas e Semidecíduas (até 200m de altitude) no Maciço do Urucum-MS.

Já Moreno (2003), utilizando uma abordagem diferenciada, comparou a composição florística de comunidades arbóreas, geograficamente distintas, sendo essas ocorrentes em gradientes altitudinais que variaram entre 50 e 250m. O estudo apontou diferentes graus de similaridade florística entre as áreas, sendo as comunidades mais similares aquelas que ocorreram em cotas altitudinais próximas às amostradas pelo autor. Como conclusão, o estudo atribui à altitude, e suas variáveis ambientais associadas, a responsabilidade pela similaridade florísticas.

De maneira geral, os inúmeros estudos citados identificaram variações na diversidade e estrutura das comunidades florestais avaliadas, sendo observados grupos floristicamente distintos ao longo do gradiente. Este comportamento é atribuído por inúmeros autores ao aumento da precipitação e a redução da temperatura, tanto em Mata Atlântica quanto nas demais formações florestais avaliadas.

Gradientes de Altitude e as Alterações na Produção Líquida de Fitomassa no Bioma Mata Atlântica

Estudos têm mostrado que o montante de carbono armazenado na biosfera pode atingir 2,650 Gt², sendo incluídos os organismos vivos, detritos orgânicos e sedimentos (RICKLEFS, 2003). O carbono estocado está distribuído em cinco grandes compartimentos: atmosfera, terra (vegetação e solos), oceanos, sedimentos e rochas (CHAPIN, 2002), sendo a fotossíntese e a respiração total do ecossistema, responsável pela entrada e saída de C para a atmosfera. Em condições naturais, a entrada e saída de C de ecossistemas florestais pode ser associada à produtividade primária líquida (PPL), definida por Clark et al. (2001) como o resultado da dedução da fotossíntese (ou produtividade primária bruta) da respiração total do ecossistema, sendo o saldo positivo um indicador do incremento da fitomassa (CHAPIN et al. 2002).

Por se tratar de fenômeno resultante da interação de processos fotoquímicos e enzimáticos, a fotossíntese, e conseqüentemente a produção líquida de fitomassa, acabam sendo influenciadas por inúmeros fatores ambientais e fisiológicos, capazes de limitar seu rendimento (LARCHER, 2004). Como exemplo, cita-se a redução da temperatura do ar e do solo, e o aumento da precipitação, ocorrentes ao longo de um gradiente altitudinal. Tais variáveis podem influenciar a produtividade líquida de fitomassa, bem como os fluxos de C e N no solo.

Ao longo de um gradiente altitudinal, pode ocorrer uma redução gradual da temperatura em torno de 1°C a cada 100 metros verticais (IBGE 2013). Nestas condições, ecossistemas como a Floresta Montana e Alto Montana apresentam uma menor produção líquida de fitomassa quando comparadas a formações presentes em cotas mais baixas, como as florestas de terras baixas e submontana. Esse comportamento é decorrente da redução das taxas de transpiração e absorção de nutrientes pelas plantas, conforme o aumento das cotas altitudinais (BRUIJNZEEL & VENEKLAAS 1998; KITAYMA & AIBA 2002; RAICH et al. 2006). Tais variações ambientais e fisiológicas são capazes de promover diferenças florísticas, estruturais, na

produção de fitomassa e na atividade de organismos decompositores (GRUBB 1977; RAICH et al. 1997; TANNER et al. 1998; WAIDE et al. 1998; AIBA & KITAYAMA 1999; MOSER et al. 2007), interferindo diretamente no fluxo de C e N e demais nutrientes.

Segundo Sousa Neto et al. (2011), em seus estudos sobre as perdas de nitrogênio na forma de óxido nítrico (N_2O) em Mata Atlântica, os elementos N e C possuem maior mobilidade em cotas mais baixas, tendo em vista as temperaturas do ar e do solo mais elevadas e maior taxa de respiração, sendo observada uma correlação inversamente proporcional entre o estoque destes elementos e a temperatura anual média do solo.

Resultados similares foram obtidos por Vieira et al. (2011) em seus estudos sobre a influência do gradiente altitudinal no comportamento do C e N do solo e da fitomassa de Mata Atlântica. Tais autores encontraram maiores estoques desses elementos no solo em relação à fitomassa independente da altitude, sendo detectado também o aumento nos estoques destes elementos conforme a elevação das cotas altitudinais. O estudo destaca ainda uma correlação inversa entre os estoques C e N e a temperatura média anual do solo, indicando que formações florestais presentes em cotas elevadas, como as florestas montana e alto montana, tendem a estocar mais estes elementos, tendo em vista a redução da atividade de organismos decompositores e das taxas de respiração.

Corroborando com esta afirmativa, vários trabalhos relataram que a taxa de decomposição é influenciada pela temperatura do solo e do ar (RAICH et al., 2006; WAGAI et al., 2008), e que o aumento da temperatura poderia favorecer perdas de C e N devido à maior taxa de respiração (BIASI et al., 2008). Essa afirmativa permite inferir que formações presentes em cotas mais baixas são mais suscetíveis a perda destes elementos.

Em síntese, o aumento da altitude promove a redução da produção líquida de fitomassa devido às menores médias de temperatura do ar e do solo, o que acarreta menor produção e aporte de fitomassa. Em contrapartida, a diminuição da temperatura também reduz a atividade de organismos decompositores, o que favorece o acúmulo de C e N nos solos de ecossistemas de altitude. Já em formações presentes em cotas próximas ao nível do mar, as temperaturas e umidade relativa elevadas, favorecem o aumento da produção de fitomassa e o desenvolvimento de comunidades de organismos decompositores, aumentando as taxas de respiração e a mobilidade de C e N.

Estoque de C em Gradientes de Altitude e o Papel da Vegetação

Como já citado, para gradientes altitudinais tropicais, a tendência geral é de declínio da estrutura vertical e da fitomassa de florestas, conforme o aumento da altitude (GRUBB 1977; RAICH et al. 1997; TANNER et al. 1998; WAIDE et al. 1998; AIBA & KITAYAMA 1999; MOSER et al. 2007), sendo este padrão explicado pelas restrições climáticas à fotossíntese, transpiração e absorção de nutrientes conforme o aumento das cotas (BRUIJNZEEL & VENEKLAAS 1998; KITAYAMA & AIBA 2002; RAICH et al. 2006).

Além dos fatores climáticos, muitos estudos em florestas tropicais vêm demonstrando que o equilíbrio entre a entrada de carbono em um ecossistema florestal (produtividade primária líquida), a saída (respiração) e o armazenamento no solo, dependem da topografia regional, das características fisiológicas e estruturais das comunidades de plantas, da temperatura e umidade, pH, parâmetros físicos e químicos do solo e até mesmo de distúrbios antrópicos (CLARK & CLARK, 2000; DEWALT & CHAVE, 2004; VIEIRA et al., 2004).

De maneira geral, o efeito de gradientes altitudinais pequenos ou acentuados (menor ou maior que 2000 m) sobre a estrutura e dinâmica do carbono ainda não é bem conhecido (LIEBERMAN et al., 1996; BRUIJNZEEL & VENEKLAAS 1998; WAIDE et al., 1998; TAKYU et al., 2002; LEUSCHNER et al., 2007; ZACH et al., 2010; ALVES et al., 2010). No entanto, alguns trabalhos realizados em florestas subtropicais e de coníferas no Himalaia

(SHEIKH et al., 2009; SIGDEL et al., 2013), florestas tropicais nos Andes Equatorianos (SOETHE et al., 2008) e na Costa Rica (LOOBY et al., 2016), verificaram que, em altitudes acima de 2000 metros, o estoque de C tende a reduzir com o aumento da cota. Em contrapartida, apesar da redução dos estoques, observou-se maior estabilidade das frações de MOS.

Outros autores observaram também, que em florestas de altitude, as taxas de decomposição são reduzidas devido a fatores abióticos, como a diminuição das temperaturas e elevada saturação dos solos, o que promove inevitavelmente a diminuição das taxas de decomposição levando a maiores estoques de C no solo e a elevação da relação C/N (VITOUSEK et al., 1994; RAICH et al., 2006; SOETHE et al., 2008; GIRARDIN et al., 2010; DIELEMAN et al., 2013; WHITAKER et al., 2014).

Fica evidente, portanto, que apesar do ambiente ser propício ao estoque de C e a estabilização da MOS, às restrições fisiológicas impostas pelo ambiente às plantas, reduzem a produção de fitomassa devido à diminuição da produtividade líquida, causando a redução do aporte de matéria orgânica fresca sobre o solo. Desta forma, o volume de material aportado em grandes altitudes acaba sendo menor que em cotas inferiores, promovendo a redução dos valores absolutos de estoque de carbono em cotas superiores a 2000 metros.

Já em altitudes abaixo ou próximas a 1000 metros, diversos autores encontraram resultados diferentes. Hardon (1936), por exemplo, em seus estudos em florestas tropicais na Indonésia, obteve uma relação direta entre a altitude e o teor de C no solo, sendo observado incremento nos estoques a partir das planícies até as cotas mais elevadas. Os mesmos resultados foram discutidos por Vieira et al. (2011), em sua análise do estoque de C no solo e Veiga et al. (2010) na Fitomassa florestal. Ambos os trabalhos foram realizados em um gradiente altitudinal no litoral do estado de São Paulo, sendo observados estoques que se elevaram até as cotas 1000 metros de altitude.

Como possível explicação para esse fenômeno, deve-se observar que nas cotas próximas a 1000 metros, a redução da temperatura e o aumento da precipitação restringem apenas parcialmente a atividade dos microorganismos, além disso, a profundidade do solo geralmente é suficiente para permitir o desenvolvimento de comunidades florestais. Neste contexto, a elevada produção de fitomassa, associada à diversidade de materiais vegetais aportados e a atividade biológica favorecem o incremento de C ao solo.

Em contra partida, nas florestas de terras baixas próximas ao nível do mar, as altas temperaturas, a grande produção de fitomassa, a umidade elevada, e a diversidade materiais vegetais aportados, promovem o desenvolvimento de comunidades complexas de microorganismos. Tais comunidades são formadas por espécies denominadas R-estrategistas, capazes de se desenvolverem rapidamente e consumirem os resíduos vegetais frescos com estrutura molecular simples (baixa relação C/N). Já os outros grupos de organismos que se desenvolve nestas condições são os denominados K-estrategistas, responsáveis, por exemplo, pela decomposição de moléculas complexas como a lignina (FONTEINE et al., 2003).

Nas formações comunidades vegetais de terras baixas, portanto, após o consumo do material de estrutura molecular simples, ocorre a redução natural das populações de R-estrategistas, porém, as populações K-estrategistas são capazes de continuar se desenvolvendo ao consumirem a matéria orgânica complexada no solo, sendo este mecanismo denominado efeito priming, uma possível explicação para os baixos teores de C nos solos de comunidades florestais ao nível do mar.

Em se tratando do Bioma Mata Atlântica, o fator antrópico também deve ser considerado ao se avaliar o estoque de C em um gradiente altitudinal, tendo em vista que, segundo o histórico de uso e ocupação do Bioma, comunidades florestais presentes nas cotas inferiores foram profundamente modificadas, sendo o estoque de C no solo reduzido pela mudança de uso da terra. Em contrapartida, comunidades florestais presentes em cotas elevadas foram

historicamente evitadas, devido ao difícil acesso, sendo a preservação dos ecossistemas florestais em cotas elevadas um fator auxiliar na preservação do estoque de C.

Em resumo, observaram-se mecanismos diferenciados de estoque de C conforme a variação das cotas altitudinais e das variáveis ambientais associadas, sendo verificado que formações próximas a cota 1000 metros (Florestas Montana) são mais eficientes no estoque de C em valores absolutos. Em contrapartida, formações presentes em cotas próximas a 2000 metros promovem maior estabilização do carbono estocado. Já as formações próximas ao nível do mar são pouco eficientes no estoque e estabilização da MOS.

De maneira geral, toda variação de estoque pode ser associada direta ou indiretamente a variáveis ambientais, sendo essas capazes de estimular ou inibir o desenvolvimento de microorganismos decompositores. Logo, faz-se necessário avaliar a interação de organismos decompositores com a produtividade primária e líquida ao longo de gradientes altitudinais. Desta forma será possível verificar o potencial de estoque e estabilização de C em cada faixa altitudinal, identificando aquelas mais eficientes no estoque, e auxiliando na construção de modelos com menor variância associada, permitindo assim o desenvolvimento de políticas públicas que priorizem a conservação, preservação e recuperação das áreas mais eficientes.

Estudos de Estoque de Carbono em Diferentes Coberturas do Solo e Comportamento da MOS

Evolução dos estudos de estoque e origem do carbono

Práticas inadequadas de manejo do solo, após a conversão de áreas naturais para agricultura e pecuária, promovem perda significativa de carbono estocado, acentuando a emissão de GEE e alterando as características físicas do solo (LIMA, 2012). A mudança da cobertura de espécies florestais para espécies temporárias altera o volume e profundidade das raízes, bem como a taxa de decomposição da matéria orgânica, além de favorecer os processos erosivos.

A fim de avaliar os impactos da conversão de áreas naturais em sistemas agrícolas, sobre o estoque de carbono e o comportamento da matéria orgânica nos solos brasileiros, muitos trabalhos foram desenvolvidos nas últimas décadas. Cerri et al. (1985), por exemplo, quantificaram o estoque de carbono orgânico total (COT) e determinaram a origem do carbono estocado através da análise de isótopos de ^{13}C em áreas de floresta secundária e cana de açúcar, exploradas a 12 e 50 anos. Foram encontradas diferenças significativas para o estoque de carbono, na profundidade de 0-70 cm entre as áreas, sendo a floresta secundária detentora de maiores médias de COT, seguida por cana de açúcar com 50 anos e 12 anos. Quanto à conversão do carbono estocado, observou-se em área de floresta secundária, valores equivalentes de ^{13}C na profundidade de 0-30 cm, indicando equilíbrio na concentração de carbono oriundo de plantas de fotossíntese C_3 e C_4 . Já a partir de 40 cm ocorreu aumento significativo na concentração de ^{13}C , indicando que anteriormente, na área de floresta, predominavam plantas de fotossíntese C_4 . Este estudo, pioneiro no país, foi capaz de indicar, através de técnicas relativamente simples, a contribuição das diferentes espécies vegetais (floresta ou pastagem) para o incremento de COT.

Outro trabalho foi realizado em Manaus-AM por Choné et al. (1991), com o objetivo de determinar o estoque de carbono em pastagens recém convertidas e floresta adjacente, na profundidade de 0-20 cm. Como resultados, foram observados valores inferiores de COT em pastagens de até dois anos, sendo, porém, encontrado aumento de quase 100 Mg ha^{-1} em pastagens com oito anos de idade. Esses resultados indicaram, até aquele momento, a tendência de pastagem em superar os valores de COT em áreas de floresta com o passar dos anos, especialmente nas camadas superficiais do solo.

O aumento gradual do COT nas camadas superficiais dos solos de pastagens foi observado também por Feiglet al. (1995), em Rondônia, onde foram avaliadas seis áreas de pastagem com diferentes idades (2, 4, 8, 11, 19 e 80 anos) e comparadas com a floresta adjacente. Segundo os autores, o valor de COT na área de floresta (12 g C kg^{-1}) foi superado após o segundo ano de implantação da pastagem. Tarréet al. (2001), no sul do estado da Bahia, analisou também, nos anos de 1988, 1994 e 1997, o carbono orgânico total em área de pastagem recém convertida. Com base na análise do isótopo ^{13}C , os autores concluíram que quase metade do COT na profundidade de 0-5 cm foi proveniente da pastagem; sendo, porém, desprezível em profundidades maiores que 40 cm.

A análise dos estudos acima citados permite inferir que pastagens apresentam eventualmente valores superiores de COT nas camadas superficiais do solo em relação a florestas, porém, não é possível generalizar tais resultados, uma vez que muitos trabalhos ao compararem áreas de pastagens e florestas, não realizam as correções necessárias baseadas no teor de argila e na massa do solo (densidade do solo). Dessa forma, Alves et al. (2006) classificaram como inconclusivos, por exemplo, estudos realizados por Brossad et al. (1997) e ChapuisLardyet al. (2002). Nesses estudos, ao compararem formações nativas de Cerrado com áreas de pastagem, os autores calcularam o COT em intervalos 10 cm, utilizando valores de densidade do solo, porém, não corrigiram o estoque de COT para mesma massa de solo em ambas as áreas, o que impossibilitou concluir se as pastagens causaram aumento ou decréscimo no estoque de carbono em comparação com a vegetação nativa.

Além da aplicação dos fatores de correção, a capacidade de acúmulo de carbono pela pastagem está relacionada com o manejo empregado, lotação animal, adubação, tipo de solo, clima e outros fatores ambientais. Nesse sentido, Alves (2006) também destaca o estudo de Corazzaet al. (1999), que ao compararem área de pastagem com histórico de plantio convencional de soja e formações nativas de cerrado, encontraram para a profundidade de 0-100 cm valores de carbono superiores em pastagem; porém, além de não realizarem a equivalência da massa do perfil os autores não apresentam informações sobre o manejo empregado.

Em geral, estudos que comparam estoque de carbono entre áreas naturais e pastagens são pontuais, tendo em vista a grande diversidade de variáveis envolvidas no processo. Há de se considerar também que na maioria dos estudos as comparações estão restritas apenas as camadas superficiais do solo, sendo desprezadas a fitomassa da parte aérea e radicular.

Muitos autores, como Brady (2013), Carvalho et al. (1995) e Higuchi (1998) afirmam que apenas a fitomassa seca de florestas pode apresentar de 45 a 50% de carbono, com sistemas radiculares prolongam-se até 18 metros de profundidade (NEPSTADET et al., 1994). Já em áreas de pastagem manejada e degradada, o sistema radicular atinge no máximo oito e 12 metros respectivamente, concentrando maior volume nas camadas superficiais.

Considerando, portanto, o volume de carbono não quantificado para fitomassa e sistema radicular de florestas, a conversão desses ambientes em áreas de culturas anuais, pode promover a liberação de quantias muito superiores de CO_2 às estimadas, sendo este carbono pouco incorporado novamente pela agricultura. Neste sentido, determinar o carbono presente na fitomassa da parte aérea, radicular e também na serrapilheira de florestas, seria um importante parâmetro para verificação do estoque de carbono promovido por cada tipo de vegetação, bem como o valor liberado após sua conversão.

Tal determinação foi realizada por Coutinho (2009), que avaliou o estoque total em diferentes coberturas vegetais em Cruzeiro-SP, sendo quantificada a fitomassa da parte aérea, serrapilheira e sistema radicular de áreas de silvicultura e Floresta Estacional, em diferentes estágios de sucessão. Foi avaliado o estoque de carbono no solo na profundidade de 0-100 cm, nas respectivas áreas, e também em pastagens, onde foi medida a fitomassa aérea e radicular.

O autor não observou diferenças significativas do estoque de carbono no solo entre as áreas, porém, diferenças significativas foram detectadas para o carbono presente na fitomassa.

Importância dos estudos das frações da matéria orgânica do solo

Além do estoque de carbono, e da contribuição das diferentes espécies vegetais para sua incorporação no solo, é necessário conhecer o comportamento das diferentes frações da matéria orgânica do solo (MOS), tendo em vista sua importância para as características químicas e estruturais do solo. Tais frações, segundo Theng (1989), podem ser divididas em frações vivas (raízes, fauna e microorganismos) e mortas, sendo o segundo grupo subdividido em frações leves (Cop e Coam) e frações húmicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina).

A dinâmica dessas frações pode ser um eficiente indicador das alterações provocadas pelo uso e manejo das terras, uma vez que a matéria orgânica é considerada um importante indicador da qualidade do solo. Suas alterações podem influenciar: a capacidade de retenção de água no solo, capacidade de troca catiônica (CTC), formação e estabilidade de agregados, propriedades físicas, fertilidade e, no conjunto, a redução da emissão de gases estufa (MACHADO, 2011).

Machado (2011) verificou ainda, ao avaliar os atributos ambientais indicadores da dinâmica sucessional no Médio Vale do Paraíba do Sul, que a MOS apresenta respostas significativas em relação ao avanço sucessional das áreas avaliadas, principalmente nas camadas superficiais do solo. O autor destaca como atributos indicadores relevantes o COT, carbono orgânico associado aos minerais (Coam), os ácidos fúlvicos e os ácidos húmicos, sendo observado aumento dessas frações conforme o avanço dos estágios sucessionais. Esses resultados indicam que o avanço sucessional de florestas secundárias favorece o estoque de carbono em frações mais estáveis, sendo esta matéria orgânica dificilmente perdida em condições naturais.

Analisar o comportamento da MOS em fragmentos de floresta secundária e pastagens degradadas, apresenta-se, portanto, como uma importante ferramenta para delineamento de ações de manejo do solo, capazes de mitigar a emissão de gases do efeito estufa, principalmente na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, onde a Mata Atlântica foi convertida a uma matriz de fragmentos florestais cercados por pastagens.

Apenas Menezes (2008), no Município de Pinheiral-RJ, comparou, além da COT e do carbono proveniente das diferentes espécies (C_3 e C_4), o comportamento das frações de matéria orgânica entre áreas de pastagem e fragmentos secundários de Floresta Estacional. Os resultados indicam que os valores encontrados para as frações húmicas e granulométricas, em floresta em estágio médio e inicial, superam aqueles descritos para áreas de pastagem, sendo as médias das variáveis citadas crescentes de acordo com a profundidade do solo, em áreas de floresta. Tais resultados indicam o efeito da conversão de florestas naturais em pastagens sobre as frações da MOS e, por conseguinte, sobre os atributos físicos e químicos relacionados.

Diante do exposto, fica evidente a necessidade de ampliar o conhecimento a respeito dos atributos da MOS, a fim de determinar o comportamento do carbono sob diferentes coberturas vegetais, tendo em vista que a variação destas frações está diretamente relacionada com o manejo, propriedades físicas e químicas do solo.

Métodos para estimar e medir taxas de sequestro de carbono em sistemas florestais

O carbono estocado em ecossistemas florestais está dividido entre a fitomassa acima do solo (fuste, casca, galhos e folhas) 45-55%; fitomassa abaixo do solo (raízes) 20-26%, no próprio solo (respiração das raízes e respiração heterotrófica dos micro-organismos edáficos) 20% e na serapilheira (material inerte) 6-8% (MUKKONEN, 2006; QURESHI et al., 2012), sendo estes valores variáveis conforme o estágio de desenvolvimento da floresta. Na figura 2,

a seguir, pode-se verificar os diferentes compartimentos responsáveis pelo estoque florestal, bem como a orientação do fluxo de carbono neste sistema.

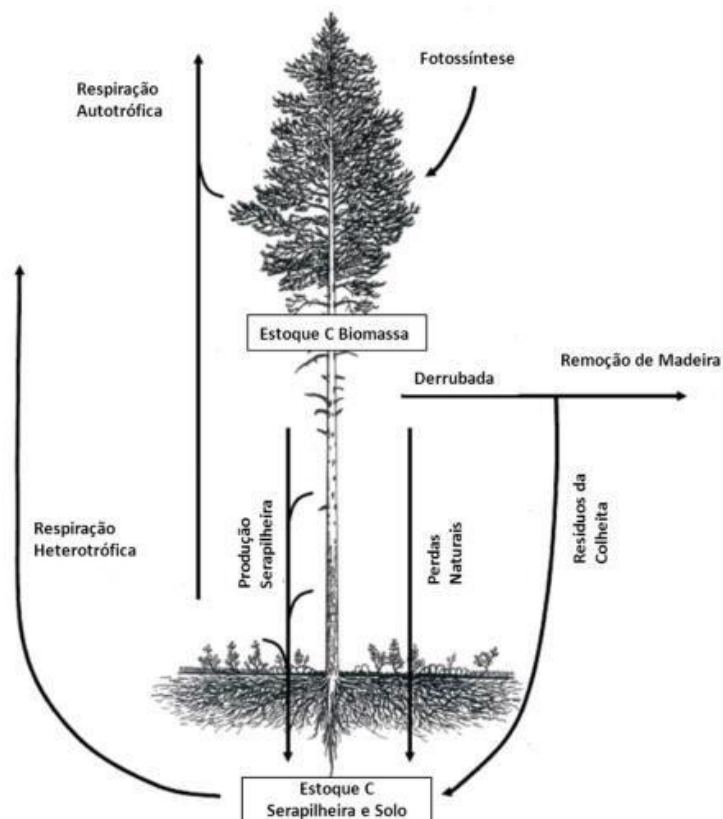


Figura 2. Estoque de carbono e fluxo de materiais e CO₂ em ecossistema florestal (Adaptado de QURESHI et al., 2012).

Para quantificação da fitomassa florestal e posteriormente conversão para estoque de carbono, são descritos atualmente inúmeros métodos, sendo esses resumidos por Qureshi et al. (2012) em: métodos baseados em modelagem de processos fisiológicos das plantas; modelos desenvolvidos por técnicas de sensoriamento remoto; medidas de fluxo de carbono pela técnica de *EddyCovariance*; método destrutivo e método BEF (fator de expansão de volume). Qureshi et al. (2012) destacam ainda que cada um dos métodos possui vantagens e desvantagens, e que essas são dependentes dos objetivos propostos.

A síntese da comparação entre os métodos foi realizada por Qureshi et al. (2012) e adaptada Cassol et al. (2013), sendo esta apresentada na tabela 2.

Tabela 2. Comparação de diferentes métodos usados em estimativas de fitomassa para medição de estoque de carbono florestal.

Método	Operacional	Custo	Precisão	Escala	Eficiência (tempo)	Estratos inferiores
Fisiológico	Complexo	Alto	Baixa	Limitada	Dispendioso	Inclui
Sensores remotos	Simple	Alto	Baixa	Ampla	Eficiente	Exclui
EddyCovariance	Complexo	Alto	Baixa	Variável	Eficiente	Inclui
Destrutivo	Simple	Baixo	Alta	Variável	Dispendioso	Inclui
Fator de expansão	Simple	Baixo	Baixa	Ampla	Eficiente	Exclui

Fonte: Adaptado de Qureshi et al. (2012) por Cassol et al. (2013)

A seguir são apresentados os métodos de estimativa de biomassa:

1° - Métodos baseados em processos fisiológicos

Fundamentam-se na simplificação dos processos de balanço de carbono nas diferentes partes das plantas, mas por envolver uma grande quantidade de variáveis nos modelos (como área foliar, eficiência respiratória, entre outras variáveis fisiológicas), são operacionalmente complexos e limitados a pequenas áreas. Estes métodos são dependentes da produtividade local e da maturidade da planta (MONSERUD et al., 2003).

2° - Métodos que se utilizam de técnicas de sensoriamento remoto

Segundo Donget al. (2003), a fitomassa florestal não pode ser calculada diretamente do espaço, porém, a reflectância da vegetação pode ser relacionada com a quantidade de fitomassa florestal presente, por meio de equações alométricas que descrevam esta relação.

Atazadeh (2011) define alometria (do grego *allos*, “outros” e *metron*, “medida”) como a correlação entre o tamanho ou o número de organismos e seus componentes. Sendo assim, as equações alométricas são criadas para estimar variáveis de difícil mensuração (como a fitomassa e o carbono florestal) com base no uso de outras variáveis de mais fácil obtenção, tais como o diâmetro a altura do peito (DAP) ou dados de satélite. Donget al. (2003) afirma ainda, que as técnicas de sensoriamento remoto são de simples operação e de grande abrangência espacial, porém, seu uso é limitado pela dependência de fontes de dados confiáveis sobre a fitomassa florestal.

Os dados utilizados pelos modelos de sensoriamento são obtidos através de métodos diretos (método destrutivo, item 4°), logo, podem ser influenciados pelas restrições relativas ao método destrutivo, como a dificuldade em coletar informações sobre a fitomassa florestal em extensas áreas e, problemas de ordem estatística, relativos ao número de unidades amostrais necessárias para validar os modelos. Outros fatores limitantes são: o custo elevado para aquisição dos dados espaciais e para calibração em campo destas relações empíricas.

Há de se considerar também, a possível fonte de variação de dados relacionada ao erro de co-registro de informações entre os pixels e a área correspondente em campo, uma vez, que os dados presentes em um pixel consistem em uma média de informações contidas na área relativa à dimensão do pixel, que pode ser de até 900 m², no caso do sensor TM.

3° - Método de mensuração de CO₂ conhecido por *eddy covariance*

Este método avalia o fluxo de CO₂ entre a atmosfera e a superfície das plantas. É medido pela covariância entre a flutuação da velocidade do vento e a proporção de CO₂ (QURESHI et al., 2012). A velocidade de flutuação do vento, bem como, a concentração de CO₂ são medidas por meio de sensores posicionados em diferentes estratos da floresta, sendo necessária a instalação de estruturas complementares, como torres micrometeorológicas para alocar os sensores em diferentes alturas na floresta, o que torna sua instalação de alto custo. Além disso, o método é limitado pelo fato de serem aplicáveis somente em condições ambientais estáveis, devido à sensibilidade dos sensores às variações ambientais (BALDOCCHI, 2003).

Apesar de suas limitações e custo elevado, esse método é o único capaz de realizar observações em tempo real e de forma contínua, além de permitir que as o registro de variações dinâmicas nos fluxos de CO₂ no interior da floresta.

4° - Método destrutivo

O método destrutivo apresenta maior acurácia dentre os métodos avaliados por Qureshiet al. (2012), além de possuir operação relativamente simples. Seus dados podem ser

utilizados para obtenção de estimativa de fitomassa e carbono florestal por meio de outros métodos, como aqueles que utilizam fatores de expansão de volume, de equações alométricas ou dados oriundos de sensores remotos.

Como desvantagem Neeff et al. (2005) e Silveira et al. (2008) apontam os custos operacionais e o tempo de operação elevado, sendo esse método limitado para estimativa de estoque de carbono em áreas extensas. Apesar das desvantagens, os métodos destrutivos podem ser considerados a fonte de dados mais confiável para estimativa de carbono florestal a nível local (LU, 2006), sendo as equações alométricas estabelecidas por esse método, e aquelas obtidas pelo sensoriamento remoto, as mais promissoras para a geração de modelos de fluxo global de carbono florestal (ROSENQVIST et al., 2003; MUUKKONEN & HEISKANEN, 2007).

5° - Método de estimativa de fitomassa e carbono florestal por meio de fatores de expansão de volume de madeira (não destrutivos)

Da fração de fitomassa florestal acima do solo, a madeira apresenta a maior proporção em quantidade de carbono (SANQUETTA & BALBINOT, 2004). Em geral, a madeira é constituída de 50% de carbono, 43% de oxigênio, 6% de hidrogênio, 1% de nitrogênio e uma fração de outros elementos minerais (KLOCK et al., 2005). Conforme Andrae (1978) o maior percentual de C concentra-se no tronco e aumenta à medida que este envelhece. Por isso, mensurações tomadas a partir do diâmetro à altura do peito (DAP) apresentam boas estimativas de fitomassa e de carbono florestal (GIFFORD, 2000a; 2000b apud KÖHL et al., 2006).

Considerando a grande concentração de carbono presente na parte aérea da vegetação florestal, o método de fatores de expansão pode ser considerado o mais simples, com elevada eficiência e baixo custo, visto que muitos países realizam inventários florestais nacionais de forma contínua. Já como desvantagem, Cassol (2013) destaca a baixa precisão de estimativa da fitomassa florestal, uma vez que se utiliza apenas o volume comercial da madeira, não sendo incluídos indivíduos com baixo DAP e os demais componentes arbóreos como, folhas, galhos e raízes.

6° - Método IPCC (2007) para cálculo da estimativa de captura de CO₂ em florestas tropicais naturais da América do Sul

Este método, desenvolvido pelo IPCC (2007), permite quantificar a taxa de sequestro de CO₂, e consequente estoque na parte aérea e sistema radicular de comunidades florestais, de acordo com um intervalo de tempo. Segundo os autores, por ter sido construído com base em análises temporais de 20 anos, ou maiores de 20 anos, conseguem isolar as variações de incremento da floresta e linearizar a velocidade de crescimento das árvores, originando um fator de sequestro mais próximo da realidade. Porém, tanto os relatórios do IPCC, quanto outros estudos (LACERDA et al., 2009), recomendam que sejam desenvolvidos fatores mais específicos para cada região a ser analisada (RODRIGUES et al., 2011).

Para a realização do cálculo, basta multiplicar o fator de sequestro de carbono pela área que se deseja conhecer a taxa de sequestro, em seguida multiplica-se o resultado pelo tempo de implantação do povoamento ou idade da comunidade, logo:

$$S = FSC \times \text{área do povoamento ou comunidade} \times 20 \text{ ou } >20 \text{ anos}$$

Onde:

S = Taxa de sequestro de carbono

FSC= Até 20 anos (25,9942), maior que 20 anos (7,3253)

Idade estimada em anos (20 OU 40)

Já para conversão de Mg de CO₂/ha/ano para Mg C/ha/ano, deve-se considerar que 1 Mg de carbono é equivalente a 3,6 Mg de CO₂.

Demanda por informações de estoque de carbono para fins de valoração ambiental

Considerando o cenário de aumento das temperaturas médias globais e o coincidente aumento das emissões de gases de efeito estufa nos dois últimos séculos, pesquisadores, governantes e a sociedade civil organizada vêm debatendo esta problemática e buscando formas de mitigar esse fenômeno.

As primeiras reuniões para discutir o assunto ocorreram no Canadá em 1988, sendo em 1990, divulgado o primeiro levantamento científico advertindo sobre as mudanças do clima pelo IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática). Já em 1992, foi realizada a 2ª Conferência Mundial para o meio-ambiente, a Eco-92, no Rio de Janeiro, que firmou metas para que os países industrializados mantivessem os índices de emissão de CO₂ na atmosfera, nos anos 2000, próximos aos níveis dos anos 1990, estabelecendo o princípio da “responsabilidade comum e diferenciada” (GONÇALVES et al., 2008).

Considerando as dificuldades em reduzir as taxas de emissões definidas na Eco-92, foi necessária a elaboração de um protocolo, ou instrumento de comprometimento entre os países, a ser apresentado durante a 3ª Conferência das Nações Unidas sobre mudanças do clima, em Kyoto no Japão. O então denominado Protocolo de Kyoto entrou oficialmente em vigor em fevereiro de 2005, com o objetivo inicial de regulamentar a emissão de gases na atmosfera em até 5,2% superiores aos índices de 1990. Além disso, apresentou como inovação três mecanismos de flexibilização:

- 1º Comércio de emissões de gases do efeito estufa (Créditos de Carbono);
- 2º Implementação conjunta de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL);
- 3º Reduções Certificadas de Emissões (RCEs);

Dentre os mecanismos de flexibilização, o MDL é o único que permite a inserção de países em desenvolvimento no mercado de créditos de carbono, criando mecanismos para que potências industriais emissoras possam certificar suas emissões a partir da compra de créditos de carbono de países em desenvolvimento.

Considerando a ocorrência predominante de florestas tropicais nestes países, e sua reconhecida capacidade de estoque de carbono, estudos de quantificação desse estoque na fitomassa florestal tornam-se ferramentas importantes para subsidiar projetos de MDL, permitindo que países em desenvolvimento obtenham recursos de crédito de carbono (CAMPOS, 2001). No entanto, ainda são poucos os trabalhos que estimam, de forma confiável, as taxas de estoque nos diferentes compartimentos das florestas (GONÇALVEZ 2008).

Como exemplo de aplicação de um protocolo metodológico consistente para estimar as taxas de sequestro de carbono em ecossistemas tropicais, destaca-se o trabalho de Stapeet al. (2011), na Reserva Particular do Patrimônio Natural SESC Pantanal. Para realização do estudo, os autores alocaram parcelas permanentes nas fisionomias vegetais da RPPN, onde foram mensurados através de amostragem estratificada, indivíduos lenhosos com diâmetro a 30 cm do solo > 5 cm, sendo também anotadas as alturas de árvores, lianas, palmeiras ou bambus. Ao final do inventário florestal, foram selecionadas dez árvores de cada uma das 17 espécies com maior valor de importância na comunidade, sendo coletadas amostras para determinação da matéria seca do tronco, densidade básica e o teor de carbono na madeira. Após a obtenção destes dados foram desenvolvidas equações alométricas que permitiram estimar a fitomassa de tronco em função do diâmetro e altura (REZENDE et al., 2006; GEHRING et al., 2004; TOREZAN & SILVEIRA, 2000).

Com base nos dados do inventário e utilizando as equações alométricas desenvolvidas, foi calculada a taxa anual média de sequestro (Mg C/ha/ano) para os diferentes períodos e por diferentes métodos de estimativa. Primeiramente, as estimativas diretas foram obtidas entre 1988 a 2000 (12 anos), e 2000 a 2007 (sete anos), a partir da mensuração das parcelas permanentes instaladas, sendo calculado o incremento das árvores, a inclusão de novos indivíduos oriundos do recrutamento e a subtração dos indivíduos mortos. Obteve-se, assim, a variação real do estoque de carbono por parcela, sendo estimada posteriormente a variação de estoque Mg C/ha/ano.

Para o cálculo das taxas de sequestro de carbono na RPPN foram considerados os estoques estimados (nos diferentes anos) para os troncos (>5cm diâmetro) e galhos da vegetação lenhosa, sendo desprezados os compartimentos que representam pouco potencial de sequestro, ou que apresentam elevado sequestro, porém, baixa variação interanual. Dessa forma, para fins de determinação das taxas, não foram utilizados os estoques presentes na fitomassa de folhas, serapilheira, vegetação herbácea, plantas arbóreas com diâmetro menor que cinco centímetros (baixo potencial de estoque), raízes e no solo (alto estoque, porém, baixa variação interanual).

Metodologia similar foi usada por Souza et al. (2012) para estimar variáveis estruturais e as taxas de sequestro de carbono na fitomassa de floresta tropical úmida em Manaus-MA. Após a instalação de parcelas permanentes e mensuração em diferentes ocasiões (2005 a 2007 e 2007 a 2009) os autores coletaram dados de diâmetro e altura comercial dos indivíduos arbóreos, sendo utilizada equação proposta por Higuchi et al. (1997) para determinar o volume de madeira em cada ocasião. Posteriormente, com base nos resultados do inventário florestal, foram empregadas equações de expansão de volume propostas por Silva (2007) para cada período, sendo determinada a fitomassa e calculada a taxa de sequestro de carbono para floresta. Assim como no estudo de Stapeet al. (2011), os autores utilizaram apenas compartimentos florestais de fácil mensuração, e que estocassem quantidades consideráveis de carbono.

Outros estudos, empregando métodos indiretos, também utilizaram para estimar o estoque de carbono em florestas tropicais a fitomassa do tronco e galhos, porém, por realizarem apenas um evento de mensuração, não foram capazes de estimar as taxas de sequestro. Castilho et al. (2006), por exemplo, em estudo em floresta madura na Amazônia central, obtiveram estimativas de fitomassa baseados no diâmetro e altura comercial dos fustes, aplicando a partir daí constantes matemáticas com base no teor de carbono dos tecidos de espécies tropicais, sendo o mesmo critério metodológico encontrado por Saldarriaga et al. (1988), Jordan & Uhl (1978).

As Unidades de Conservação do estado do Rio de Janeiro e sua contribuição para o estoque de carbono

O estado do Rio de Janeiro possui território de 43.780 km², e está totalmente inserido no Bioma da Mata Atlântica. Estima-se que, primitivamente, o Rio de Janeiro apresentava cobertura florestal em 97% do território, sendo os remanescentes florestais estimados atualmente em apenas 8.627 km². A maior parte destes remanescentes está atualmente protegida legalmente por unidades de conservação (UCs) de diferentes categorias, sendo sua área total de aproximadamente 20% do território do estado.

As UCs estaduais abrangem 3.967 km² (9,06% do território estadual) e são administradas pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), órgão vinculado à Secretaria de estado do Ambiente (SEAS). Já as UCs federais se estendem por 4.831 km² (11,03% do território estadual), estando sob tutela do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

No total são 52 unidades estaduais e federais, pertencentes a diferentes categorias de uso, sendo estas: 3 Estações Ecológicas - 2 federais e 1 estadual; 6 Reservas Biológicas - 3 federais e 3 estaduais; 5 Parques Nacionais; 13 Parques Estaduais; 1 Monumento Natural Federal; 18 Áreas de Proteção Ambiental - 5 federais e 13 estaduais; 1 Área de Relevante

Interesse Ecológico Federal; 1 Floresta Nacional; 2 Reservas Extrativistas – 1 federal e 1 estadual; 1 Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual e 1 Reserva Ecológica Estadual.

Existem ainda 296 UCs municipais, perfazendo um total de 348 UCs sob tutela das três instâncias da administração pública, além de 149 Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) e 57 áreas naturais tombadas pela União e pelo estado.

A fim de quantificar a área protegida das diferentes fisionomias florestais do Bioma Mata Atlântica, para cada uma das 52 unidades federais e estaduais, foram coletadas informações nos respectivos planos de manejo, nos Sites do Instituto Chico Mendes (ICMBio) (<http://www.icmbio.gov.br/portal/planosmanejo>), do INEA (<http://200.20.53.3:8081/Portal/Agendas/BIODIVERSIDADEEAREASPROTEGIDAS/UnidadeDesdeConservacao/index.htm&lang=>) e do Atlas de Unidades de Conservação do estado do Rio de Janeiro (2015).

O levantamento identificou a ausência de planos de manejo para nove Ucs, além de três planos sob revisão, portanto indisponíveis, e sete planos que apresentaram apenas o somatório total de vegetação, sem distinguir fisionomias.

No total, o somatório das áreas de UCs que abrigam formações florestais totaliza 1.616.160,38 ha, sendo as áreas específicas de formações florestais, obtidas no levantamento, de apenas 361.816,32 ha, já incluídos neste montante, formações arbóreas de restinga e manguezais. Vale ressaltar que este resultado indica a clara necessidade de mapeamento e quantificação das fisionomias florestais no estado, tanto para o planejamento estratégico quanto para a valoração ambiental destes ecossistemas. A tabela 3 apresenta a área das UCs que possuem as fisionomias florestais mais relevantes do estado, bem como o somatório disponível de suas respectivas áreas.

Tabela 3. Somatório da área das formações florestais presentes nas unidades de conservação do estado do Rio de Janeiro, e a respectiva área da formação florestal mapeada, considerando o tamanho total da unidade.

FORMAÇÕES VEGETAIS	ÁREA DE FORMAÇÃO (ha)	ÁREA TOTAL (ha)
Floresta Estacional Semidecidual Terras Baixas	1189,51	11140
Floresta Ombrófila Densa Alto Montana	SI	22441,78
Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas	49612,35	406065,59
Floresta Ombrófila Densa Montana	94956,39	11362,30
Floresta Ombrófila Densa Sub Montana	175086,95	1123216,58
TOTAL	320845,20	1574226,25

Para estimar o estoque de carbono das fisionomias florestais presentes nas UCs estaduais e federais do Rio de Janeiro, foram utilizados dados obtidos por Medeiros et al. (2015) (sob revisão) e Medeiros et al. (dados não publicados), coletados a partir da instalação de 108 unidades amostrais em fragmento de Floresta Estacional, no Município de Pinheiral-RJ, e 120 unidades, na Floresta Ombrófila Densa do Parque Nacional do Itatiaia – PNI. Tais fisionomias florestais foram consideradas para o cálculo devido a seu predomínio em relação às demais.

Utilizando as médias das variáveis dendrométricas (DAP e Altura total), obtidas nos levantamentos acima citados, foi estimada a fitomassa seca destas comunidades pelo método indireto, sendo utilizado modelo proposto por Brown (1989).

$$Ps (kg) = Exp\{-3,3012+0,9439*Ln(DAP^2*H)\}$$

Onde:

Ps = peso seco (em kg), **Exp** = exponencial, **DAP** = diâmetro a altura do peito (cm), **H** = altura total (m)

Após obter os pesos secos, o estoque total de carbono foi estimado a partir da fitomassa seca por hectare, multiplicada pelo fator de conversão 0,5, conforme a equação a seguir.

$$EC = Fs * 0,5$$

Onde:

EC=estoque de carbono (Mg ha⁻¹), **Fs**=fitomassa seca (Mg)

Para estimativa total do EC foram considerados dois cenários: O primeiro, a área total da unidade de conservação é tomada como contínuo florestal; no segundo, são usadas apenas as áreas específicas de cada fisionomia florestal, com base no levantamento bibliográfico (tabela 2).

Quanto à taxa anual de estoque de carbono foi considerado um incremento médio anual intermediário de 0,25 cm/ano, tendo em vista as médias obtidas por Mendonça et al., (2017) e Schaafet al. (2005), para fisionomias florestais sem manejo, da Mata Atlântica. Foi criado um cenário hipotético onde seis mensurações foram realizadas, a primeira determinando o estoque de carbono atual, e outras cinco onde se observa o incremento médio anual do estoque. A taxa de acúmulo foi calculada em planilha eletrônica através da fórmula:

$$\text{Taxa anual (Mg ha}^{-1}\text{)} = (\text{Estoque final} - \text{Estoque inicial} / \text{n}^{\circ} \text{ de observações}) * 100$$

A seguir são apresentadas as estimativas do estoque de carbono por hectare para as seis observações. Na tabela 4 considera-se área total das unidades como um contínuo florestal, já na tabela 5, considera-se apenas as áreas específicas para cada fisionomia.

Tabela 4. Estoque de carbono por hectare considerando a área total das unidades com um contínuo florestal.

UNIDADES	ÁREA TOTAL (ha)	EC total atual	EC ano1	EC ano2	EC ano3	EC ano4	EC ano5
		64,69(Mg ha ⁻¹)	65,51	66,32	67,14	67,95	68,76
Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João/Mico Leão Dourado	150373	9850575,60	9850575,60	9973263,18	10095746,90	10218032,00	10340123,42
Área de Proteção Ambiental da Bacia dos Frades	7500	485177,46	491307,06	497426,23	503535,22	509634,31	515723,74
Área de Proteção Ambiental da Serra da Mantiqueira	622873	40293858,34	40802920,59	41311115,40	41818465,80	42324993,48	42830718,92
Área de Proteção Ambiental de Cairuçu	34690	2244107,46	2272458,94	2300762,10	2329018,24	2357228,56	2385394,20
Área de Proteção Ambiental de Guapimirim	14000	905664,58	917106,52	928528,95	939932,41	951317,38	962684,31
Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima	35037	2266555,00	2295190,08	2323776,36	2352315,14	2380807,64	2409255,01
Área de Proteção Ambiental de Massambaba	9134	590881,45	598346,50	605798,82	613238,76	620666,64	628082,75
Área de Proteção Ambiental de Petrópolis	59069	3821192,95	3869468,92	3917662,63	3965776,26	4013811,87	4061771,40
Área de Proteção Ambiental do Alto Iguaçu	22109	1430238,45	1448307,71	1466346,19	1484354,69	1502333,99	1520284,82
Área de Proteção Ambiental do Rio Guandú	74272	4804680,00	4865381,09	4925978,75	4986475,72	5046874,59	5107177,80
Área de Proteção Ambiental do Rio Macacú	19500	1261461,39	1277398,36	1293308,19	1309191,57	1325049,20	1340881,72
Área de Proteção Ambiental Gerecinó- Mendanha	8000	517522,62	524060,87	530587,97	537104,24	543609,93	550105,32
Área de Proteção Ambiental Mangaratiba	25000	1617258,19	1637690,21	1658087,42	1678450,74	1698781,03	1719079,13

Continua...

Tabela 4. Continuação

UNIDADES	AREA	EC total atual	EC ano1	EC ano2	EC ano3	EC ano4	EC ano5
	TOTAL (ha)	64,69(Mg ha ⁻¹)	65,51	66,32	67,14	67,95	68,76
Área de Proteção Ambiental Maricá	970	62749,62	63542,38	64333,79	65123,89	65912,70	66700,27
Área de Proteção Ambiental Pau-Brasil	9940	643021,85	651145,63	659255,56	667352,01	675435,34	683505,86
Área de Proteção Ambiental Sepetiba II	171,6	11100,86	11241,11	11381,11	11520,89	11660,43	11799,76
Área de Proteção Ambiental Serra da Sapiatiba	6000	388141,96	393045,65	397940,98	402828,18	407707,45	412578,99
Área de Proteção Ambiental Tamoios	90000	5822129,47	5895684,76	5969114,71	6042422,65	6115611,71	6188684,86
Área de Relevante Interesse Ecológico da Cicuta	131,28	8492,55	8599,84	8706,95	8813,88	8920,64	9027,23
Estação Ecológica da Guanabara	1936	125240,47	126822,73	128402,29	129979,22	131553,60	133125,49
Estação Ecológica de Tamoios	9361	605566,16	613216,72	620854,25	628479,09	636091,57	643691,99
Estação Ecológica Estadual da Joatinga	9700	627496,18	635423,80	643337,92	651238,89	659127,04	667002,70
Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba	1200	77628,39	78609,13	79588,20	80565,64	81541,49	82515,80
Floresta Nacional Mario Xavier	495,99	32085,76	32491,12	32895,79	33299,79	33703,14	34105,84
Monumento Natural das Ilhas Cagarras	105	6792,48	6878,30	6963,97	7049,49	7134,88	7220,13
Parque Estadual da Chacrinha	13	840,97	851,60	862,21	872,79	883,37	893,92
Parque Estadual da Costa do Sol	9837	636358,75	644398,34	652424,24	660436,80	668436,36	676423,25
Parque Estadual da Ilha Grande	12052	779647,83	789497,70	799330,78	809147,53	818948,36	828733,67
Parque Estadual da Lagoa do Açú	8251,45	533789,00	540532,76	547265,02	553986,09	560696,27	567395,82
Parque Estadual da Pedra Branca	12393,84	801761,57	811890,82	822002,81	832097,99	842176,81	852239,67
Parque Estadual da Pedra Selada	8036	519851,47	526419,14	532975,62	539521,20	546056,17	552580,79
Parque Estadual da Serra da Concórdia	804	52011,02	52668,12	53324,09	53978,98	54632,80	55285,58

Continua...

Tabela 4. Continuação.

UNIDADES	AREA	EC total atual	EC ano1	EC ano2	EC ano3	EC ano4	EC ano5
	TOTAL (ha)	64,69(Mg ha ⁻¹)	65,51	66,32	67,14	67,95	68,76
Parque Estadual da Serra da Tiririca	3493	225963,31	228818,08	231667,97	234513,14	237353,69	240189,74
Parque Estadual do Cunhambebe	38053,5	2461693,38	2492793,78	2523841,18	2554837,00	2585782,56	2616679,10
Parque Estadual do Desengano	22400	1449063,34	1467370,43	1485646,33	1503891,86	1522107,80	1540294,90
Parque Estadual do Grajaú	55	3557,97	3602,92	3647,79	3692,59	3737,32	3781,97
Parque Estadual do Mendanha	4398,2	284521,00	288115,56	291704,00	295286,48	298863,15	302434,15
Parque Estadual dos Três Picos	65113,04	4212183,88	4265399,53	4318524,50	4371561,19	4424511,89	4477378,72
Parque Nacional da Serra da Bocaina	104000	6727794,06	6812791,28	6897643,66	6982355,06	7066929,09	7151369,17
Parque Nacional da Serra dos Orgãos	20024	1295359,12	1311724,35	1328061,70	1344371,90	1360655,65	1376913,62
Parque Nacional da Tijuca	3953	255720,86	258951,58	262176,78	265396,63	268611,26	271820,79
Parque Nacional do Itatiaia	28086	1816892,54	1839846,69	1862761,73	1885638,69	1908478,56	1931282,25
Reserva Biológica de Poço das Antas	5052	326815,53	330944,44	335066,31	339181,32	343289,67	347391,51
Parque Nacional de Jurubatiba	16922	1094689,72	1108519,75	1122326,21	1136109,73	1149870,90	1163610,28
Reserva Biológica do Tinguá	26000	1681948,51	1703197,82	1724410,92	1745588,76	1766732,27	1787842,29
Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul	3502	226545,53	229407,64	232264,89	235117,38	237965,25	240808,60
Reserva Biológica Estadual de Araras	3862,3	249853,45	253010,04	256161,24	259307,21	262448,08	265583,97
Reserva Biológica Estadual de Guaratiba	3360,18	217371,14	220117,36	222858,89	225595,86	228328,40	231056,61
Reserva Biológica União	3126	202221,96	204776,78	207327,25	209873,48	212415,58	214953,65
Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Aventureiro	1910	123558,53	125119,53	126677,88	128233,64	129786,87	131337,65
TOTAIS	1616265,38	104679633,69	105877679,63	107196371,70	108512872,63	109827238,72	111139523,14
Taxa= Mg área total unidades ano				Taxa= Mg há⁻¹ano			
	1076648,24	0,67					

Legenda: EC ano 1a EC ano 5= Estoque de carbono nas diferentes mensurações, do ano 1 ao ano 5.

Tabela 5. Estoque de carbono por hectare considerando apenas a área de cada fisionomia florestal por unidade.

UNIDADES	FISIONOMIA VEGETAL	ÁREA (ha)	EC total atual	EC total ano1	EC total ano2	EC total ano3	EC total ano4	EC total ano5
			64,69(Mg ha ⁻¹)	65,50	66,32	67,14	67,95	68,76
Área de Proteção Ambiental de Cairuçú	FODTB	27058,20	1750403,82	1772517,97	1794594,44	1816634,23	1838638,28	1860607,47
	FODAM	464,58	30053,83	30433,52	30812,57	31190,99	31568,79	31945,99
Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima	FODM	23760,71	1537088,11	1556507,29	1575893,37	1595247,25	1614569,74	1633861,62
	FODSM	524,94	33958,54	34387,56	34815,86	35243,44	35670,32	36096,54
Área de Proteção Ambiental de Petrópolis	FODSM	37745,09	2441742,23	2472590,58	2503386,35	2534130,96	2564825,72	2595471,85
Área de Proteção Ambiental Mangaratiba	FODSM	22012,50	1423995,83	1441986,23	1459945,97	1477875,87	1495776,70	1513649,17
Área de Proteção Ambiental Tamoios	FODTB	21400,00	1384373,01	1401862,82	1419322,83	1436753,83	1454156,56	1471531,73
Estação Ecológica de Tamoios	FODTB	314,52	20346,40	20603,45	20860,07	21116,25	21372,02	21627,39
Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba	FESTB	1189,51	76949,79	77921,96	78892,46	79861,36	80828,68	81794,47
Parque Estadual da Chacrinha	FODTB	12,00	776,28	786,09	795,88	805,66	815,41	825,16
Parque Estadual da Ilha Grande	FODM	2582,74	167078,30	169189,12	171296,35	173400,07	175500,39	177597,38
	FODSM	9099,26	588634,11	596070,76	603494,74	610906,39	618306,01	625693,92

Continua...

Tabela 5. Continuação.

UNIDADES	FISIONOMIA VEGETAL	ÁREA (ha)	EC total atual	EC total ano1	EC total ano2	EC total ano3	EC total ano4	EC total ano5
			64,69(Mg ha ⁻¹)	65,51	66,32	67,14	67,95	68,76
Parque Estadual da Pedra Branca	FODM	2084,01	134815,29	136518,51	138218,83	139916,32	141611,07	143303,12
	FODSM	10309,83	666946,28	675372,31	683783,98	692181,67	700565,75	708936,54
Parque Estadual da Pedra Selada	FODM	6027,00	389888,60	394814,36	399731,71	404640,90	409542,13	414435,60
Parque Estadual da Serra da Tiririca	FODSM	2739,48	177217,86	179456,78	181691,89	183923,29	186151,07	188375,32
Parque Estadual do Cunhambebe	FODSM	34000,00	2199471,13	2227258,69	2254998,89	2282693,00	2310342,20	2337947,61
Parque Estadual do Desengano	FESTB	2401,00	155321,48	157283,77	159242,72	161198,41	163150,93	165100,36
	FODSM	16231,00	1049988,71	1063253,99	1076496,68	1089717,36	1102916,60	1116094,93
Parque Nacional da Serra da Bocaina	FODAM	5097,16	329736,95	333902,76	338061,47	342213,28	346358,35	350496,85
	FODM	56033,34	3624815,11	3670610,10	3716327,04	3761968,03	3807535,00	3853029,81
	FODSM	27316,30	1767100,39	1789425,48	1811712,53	1833962,55	1856176,49	1878355,25
Parque Nacional da Serra dos Orgãos	FODSM	10973,15	709856,80	718824,94	727777,81	736715,80	745639,30	754548,66
Parque Nacional de Jurubatiba	FODTB	33,40	2160,66	2187,95	2215,20	2242,41	2269,57	2296,69
Parque Nacional do Itatiaia	FODAM	14090,74	911534,58	923050,68	934547,15	946024,52	957483,27	968923,88
	FODM	3395,59	219661,83	222436,98	225207,40	227973,22	230734,56	233491,52

Continua...

Tabela 5. Continuação.

UNIDADES	FISIONOMIA VEGETAL	ÁREA (ha)	EC total atual	EC total ano1	EC total ano2	EC total ano3	EC total ano4	EC total ano5
			64,69 (Mg ha ⁻¹)	65,51	66,32	67,14	67,95	68,76
Reserva Biológica de Poço das Antas	FODTB	707,28	45754,17	46332,22	46909,28	47485,39	48060,55	48634,81
	FODSM	1212,48	78435,73	79426,67	80415,91	81403,52	82389,52	83373,96
Reserva Biológica Estadual de Araras	FODAM	2789,30	180440,73	182720,37	184996,13	187268,11	189536,40	191801,10
	FODM	1073,00	69412,72	70289,66	71165,11	72039,11	72911,68	73782,88
Reserva Biológica Estadual de Guaratiba	FODTB	86,95	5624,82	5695,89	5766,83	5837,65	5908,36	5978,96
Reserva Biológica União	FODSM	2922,92	189084,65	191473,50	193858,28	196239,09	198616,04	200989,23
TOTAIS		345687,98	22362668,76	22645192,96	22927235,75	23208809,90	23489927,45	23770599,77
Taxa= Mgárea total unidadesano			Taxa= Mg haano					
234655,1694			0,67					

Legenda: EC ano 1a EC ano 5= Estoque de carbono nas diferentes mensurações, do ano 1 ao ano 5, FODTB Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, FODSM Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana, FODM Floresta Ombrófila Densa Montana, FODAM Floresta Ombrófila Densa Alto Montana

Os cálculos dos estoques de carbono realizados a partir das áreas totais das unidades (104.679.633,69 Mg em 1.616.265,38 ha), e utilizando-se apenas a área específica das fisionomias (22.362.668,72 Mg em 345687,98 ha) apresentaram grande variação (82.316.964,97 Mg e 1.270.577,4 ha), indicando a necessidade de quantificação destas fisionomias para determinação mais precisa dos estoques. Quanto à taxa de estoque de carbono obtida, 0,67 Mg/ha/ano, pode ser considerada baixa quando comparada com florestas plantadas, que alcançam valores entre 3,09 Mg/ha/ano em seringais, 4,08 Mg/ha/ano em povoamentos de Pinus, e até 12,38 Mg/ha/ano em povoamentos de Eucalipto (JACOVINE et al., 2006; PAIXÃO et al., 2006). Vale ressaltar que esses povoamentos foram manejados e receberam adubação, tratamentos culturais periódicos e são constituídos de variedades produtivas de alto rendimento.

Já na comparação da taxa obtida (0,67 Mg/ha/ano) com aquelas calculadas por Rodríguez (2015), pelo método do IPCC (2007) para APP's na Mata Atlântica do estado de São Paulo, também obtemos uma taxa de estoque muito superior (7,01 Mg/ha/ano) a obtida com o método não destrutivo, indicando que, por se tratar de um fator de sequestro generalista, existe a tendência da equação em superestimar os estoques. Em outro cenário, ao aplicarmos o método do IPCC (2007) ao conjunto de dados obtidos por mensuração das florestas regionais, obtemos para áreas totais das unidades, mais que o dobro (233.408.475,23 Mgha⁻¹) do estoque estimado pelo método indireto (104.679.633,69 Mg ha⁻¹), com taxa anual quase 12 vezes superior (7,22 Mg/ha/ano), indicando a significativa amplitude de resultados possíveis com o mesmo conjunto de dados, ao se aplicar diferentes métodos.

Tais valores indicam a grande variação de resultados possíveis, de acordo com a metodologia de quantificação aplicada, e o manejo associado ao povoamento florestal, sendo evidenciando a necessidade de coleta de dados locais, com menor amplitude e variância acumulada para obtenção de valores mais próximos a realidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da Área de Estudo

Localização, clima, vegetação, relevo e geologia

O Parque Nacional do Itatiaia (PNI) está circunscrito aos municípios de Resende e Itatiaia, no estado do Rio de Janeiro, e ao sul de Minas Gerais aos municípios de Aiuruoca, Liberdade e Itamonte. Em área de cerca de 30.000 ha, o PNI possui diferentes ecossistemas predominantes em duas porções específicas, campos de altitude, na parte alta, e formações florestais sobre influência altitudinal, na parte baixa (Figura 3) (IBAMA, 1997).

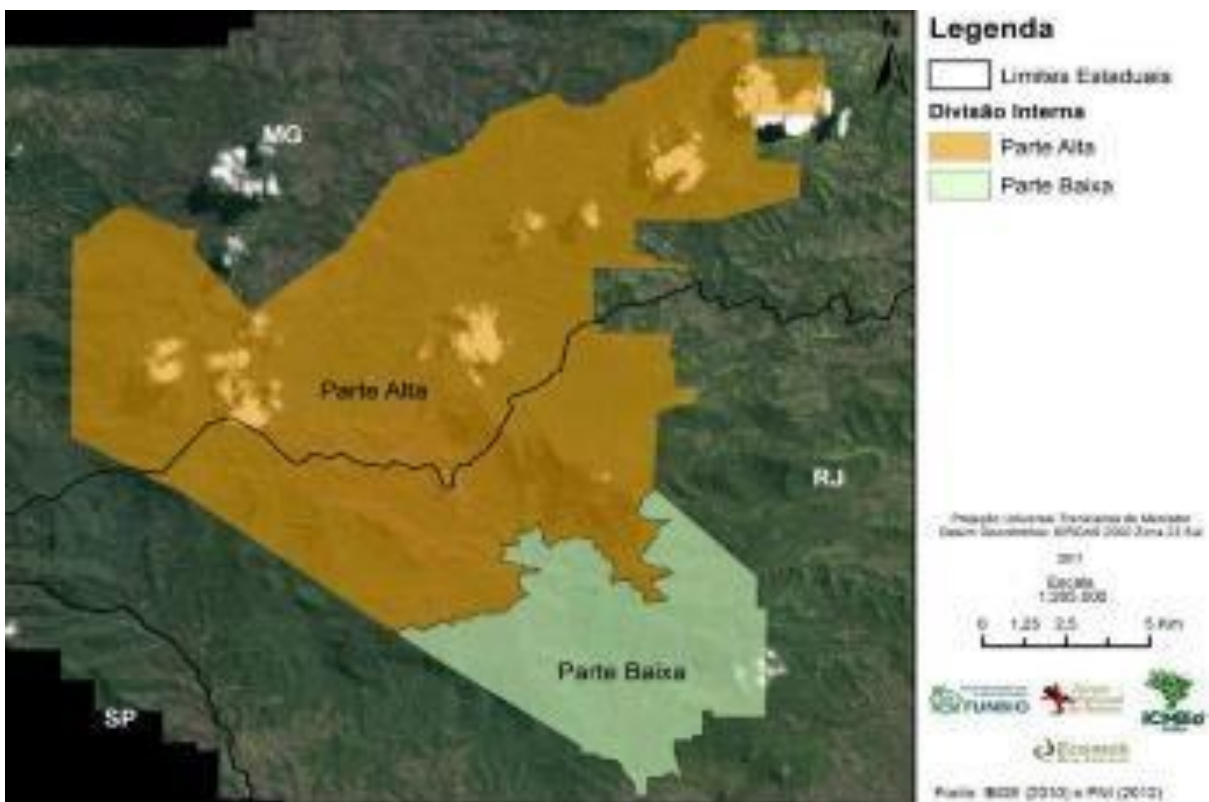


Figura 3. Limites do Parque Nacional do Itatiaia e sua divisão interna baseada na cota altitudinal (Barreto et al., 2013).

Segundo Köppen (1948) o clima do município de Itatiaia pode ser classificado como do tipo Cwa e Cfb, com períodos frios associados a baixas pluviosidades e períodos mais quentes coincidindo com as chuvas. As temperaturas variam de 12,1°C a 24,7°C no inverno e 24,7°C a 30,9°C no verão (PIRES, 2006).

As áreas selecionadas para o estudo localizam-se na parte baixa do PNI (22°30' e 22°33'S; 42°15' e 42°19'W), tratando-se especificamente, de uma pastagem não manejada (P) e de três trechos de Floresta Ombrófila Densa Montana, em estágios inicial (FEI), médio (FEM) e avançado (FEA) de sucessão ecológica (Figura 4,5,6,7 e 8).

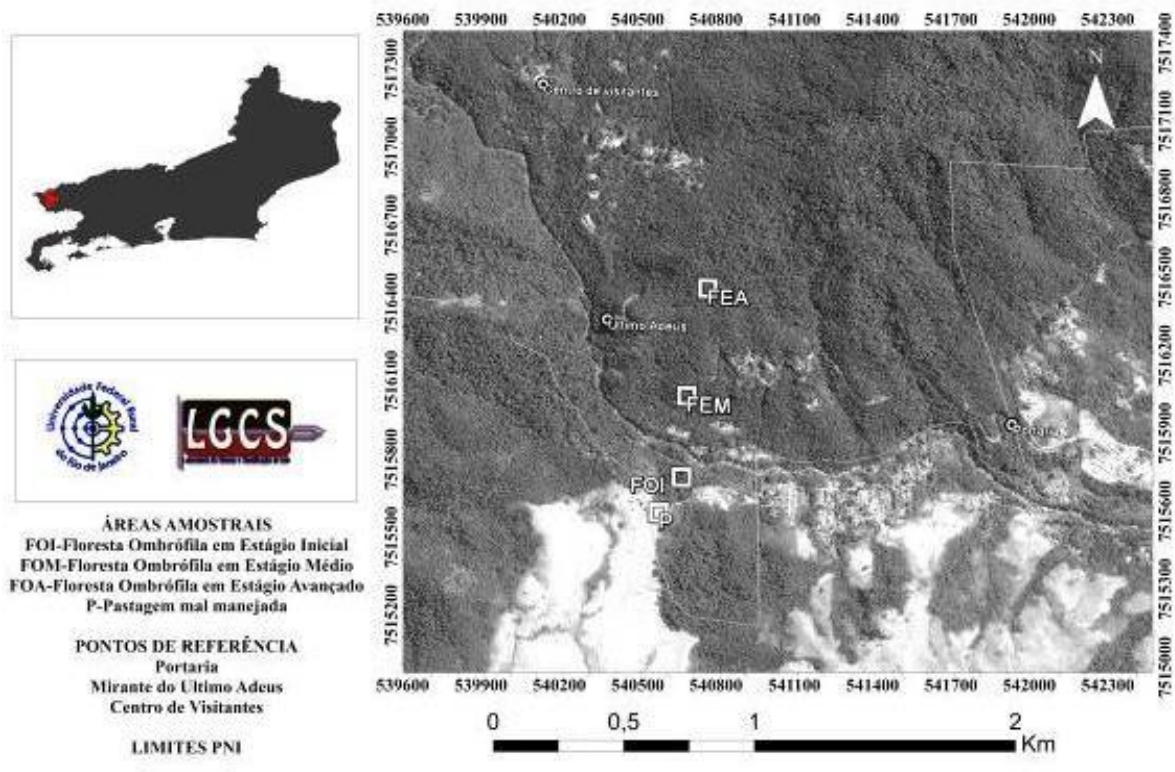


Figura 4. Localização das áreas de estudo na vertente sul do Parque Nacional do Itatiaia, Rio de Janeiro (CNES/ASTRIUM - GOOGLE EARTH, 2016).



Figura 5. Áreas de pastagem não manejada no Parque Nacional de Itatiaia, Itatiaia - RJ. (Figura da esquerda) Visão geral da área de pastagem; (Figura da direita) Visão Geral dos estágios sucessionais a partir da área de pastagem.



Figura 6. Características fisionômicas da comunidade vegetal em estágio avançado de sucessão florestal, Parque Nacional de Itatiaia, Itatiaia - RJ. (A) Linha central da unidade amostral; (B) Dossel contínuo, altura média superior a 10 metros; (C) Declividade suave, estratificação florestal evidente e alta densidade de indivíduos arbóreos; (D) Serapilheira abundante em toda área amostral.



Figura 7. Características fisionômicas da comunidade vegetal em estágio médio de sucessão florestal, Parque Nacional de Itatiaia, Itatiaia - RJ. (A) Linha central da unidade amostral; (B) Dossel contínuo, altura média superior a 10 metros; (C) Declividade acentuada; (D) Estratificação.



Figura 8. Características fisionômicas da comunidade vegetal em estágio inicial de sucessão florestal, Parque Nacional de Itatiaia, Itatiaia - RJ. (A) Linha central da unidade amostral; (B) Dossel descontínuo, altura média inferior a 10 metros; (C) Declividade suave e acúmulo de serapilheira em toda área de estudo; (D) Predomínio de espécies típicas de estágios iniciais.

O relevo do PNI é caracterizado por montanhas e elevações rochosas, com altitudes que variam de 390 m até 2.791,6 m; com vertentes escarpadas típicas da Serra da Mantiqueira (BARRETO, 2013). A figura 9 representa graficamente as variações geomorfológicas da encosta, bem como a declividade, que varia em diferentes pontos entre 15° e >45°.

O município de Itatiaia está associado às formações geomorfológicas do Paraíba do Sul, que por sua vez, estão inseridas no domínio morfoclimático de Mares de Morros (AB'SABER, 1966). Predominam, rochas englobadas nos grupos do embasamento cristalino paleoproterozóico, rochas alcalinas neocretáceas dos maciços do Itatiaia, Passa Quatro e Morro Redondo, além de materiais de origem sedimentares terciários da Bacia de Resende e sedimentos inconsolidados quaternários (RIBEIRO FILHO, 1963; PENALVA, 1963).

Dentre estas rochas, destacam-se, por sua abundância, os granitos homogêneos, sendo caracterizados por uma composição rica em quartzo, feldspato e biotita (CAMINHOS GEOLÓGICOS, 2013). Tais rochas tendem a originar solos de textura arenosa e de baixa fertilidade natural, quando comparadas a aqueles provenientes de rochas alcalinas ricas em sódio e potássio, a exemplo dos Sienitos, muito comuns na região do maciço do Itatiaia.

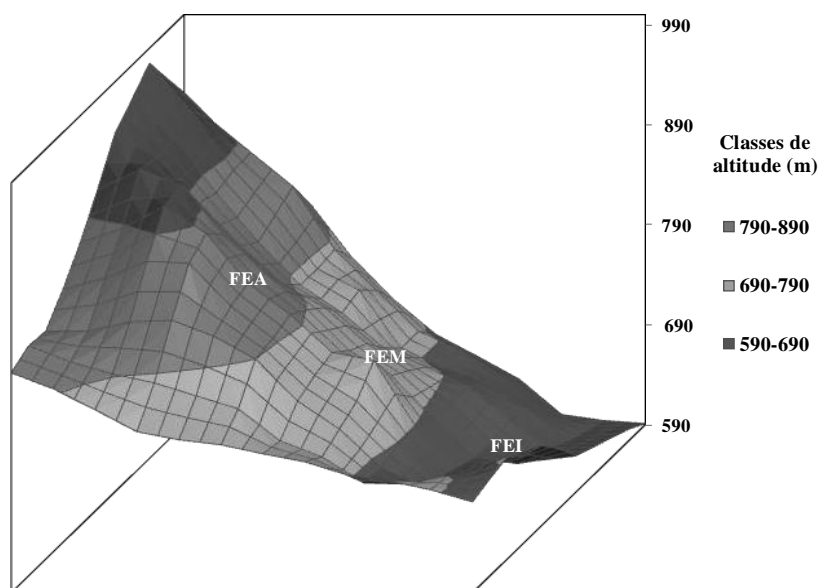


Figura 9. Representação gráfica da porção da vertente sul do PNI, onde se instalaram as parcelas.

Quanto à vertente sul do PNI, se destacam os sedimentos coluvionares, que formam corpos de tálus de grandes dimensões, constituídos predominantemente por blocos e matacões de rochas alcalinas, sendo os de gnaiss menores e menos frequentes. Nestas condições são originados solos argilosos, como o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, ou conglomeráticos, como os Cambissols Hápticos, que predominam na microbacia do Rio Campo Belo, vertente sul do PNI, (SANTOS, 2000).

Principais classes de solo

Por apresentar relevo montanhoso e acidentado, predominam no PNI solos rasos e jovens, sendo as classes mais desenvolvidas ocorrentes principalmente nas áreas de acúmulo de material coluvionar, como sopés de encostas e depósitos de tálus (BARRETO et al., 2013). Esses mesmos autores indicam a predominância de quatro classes de solos principais no Parque: Cambissolo Húmico Distrófico típico, que ocorre amplamente nas encostas da unidade geomorfológica das Montanhas; Neossolo Litólico Distrófico típico, nas áreas mais elevadas, com declividades mais acentuadas e entre afloramentos rochosos; Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, em uma pequena fração da vertente sul do PNI, na microbacia do rio Campo Belo, e Latossolos Vermelho-Amarelos e Amarelos, observados principalmente no topo de morros e morrotes, oriundo dos depósitos de Tálus (SANTOS, 2000).

Formações vegetais no PNI

Quanto às formações vegetais ocorrentes, Brade (1956) descreve para o Parque, de acordo com as cotas altitudinais, a mata higrófila subtropical, sendo esta ocorrente até 1200 m, mata de transição da região mais elevada (1.200-1.800m), região de araucária (1.600-1.800-2.300m), vegetação do planalto (2.200-2.400m) e flora das escarpas e rochedos (acima de 2.400m). Atualmente o sistema de classificação do IBGE (2013) e de Oliveira-Filho (2000) reconhecem para a área do Parque a Floresta Ombrófila Densa Montana (500-1500m), Floresta Ombrófila Alto-Montana (acima de 1.500 m), Floresta Ombrófila Mista Montana onde predomina a espécie *Araucaria angustifolia*, Floresta Estacional Semi Decidual Montana, ocorrentes nas vertentes continentais do Parque e Campos de Altitude encontrados acima de

1800 metros, também denominados por IBGE (2013) e Oliveira Filho (2000) como Refúgio Vegetacional (BARRETO, 2013).

Para o estudo foi adotada a classificação do IBGE (2013), porém, vale citar a classificação de Santos (2000), com base nos estudos de Veloso (1991) e Radam Brasil (Série Vegetação, Salvador 1), que gerou para a área do Parque mapa de uso e ocupação do solo (Figura 10), com as diferentes formações vegetais no PNI, e classes com influência antrópica. Tal classificação ressalta que no extremo sul do PNI, onde estão inseridas as unidades amostrais, predomina a Floresta Ombrófila Densa Montana Alterada, corroborando com os relatos históricos de supressão da vegetação até a cota 1000 metros de altitude (BRADE, 1956).

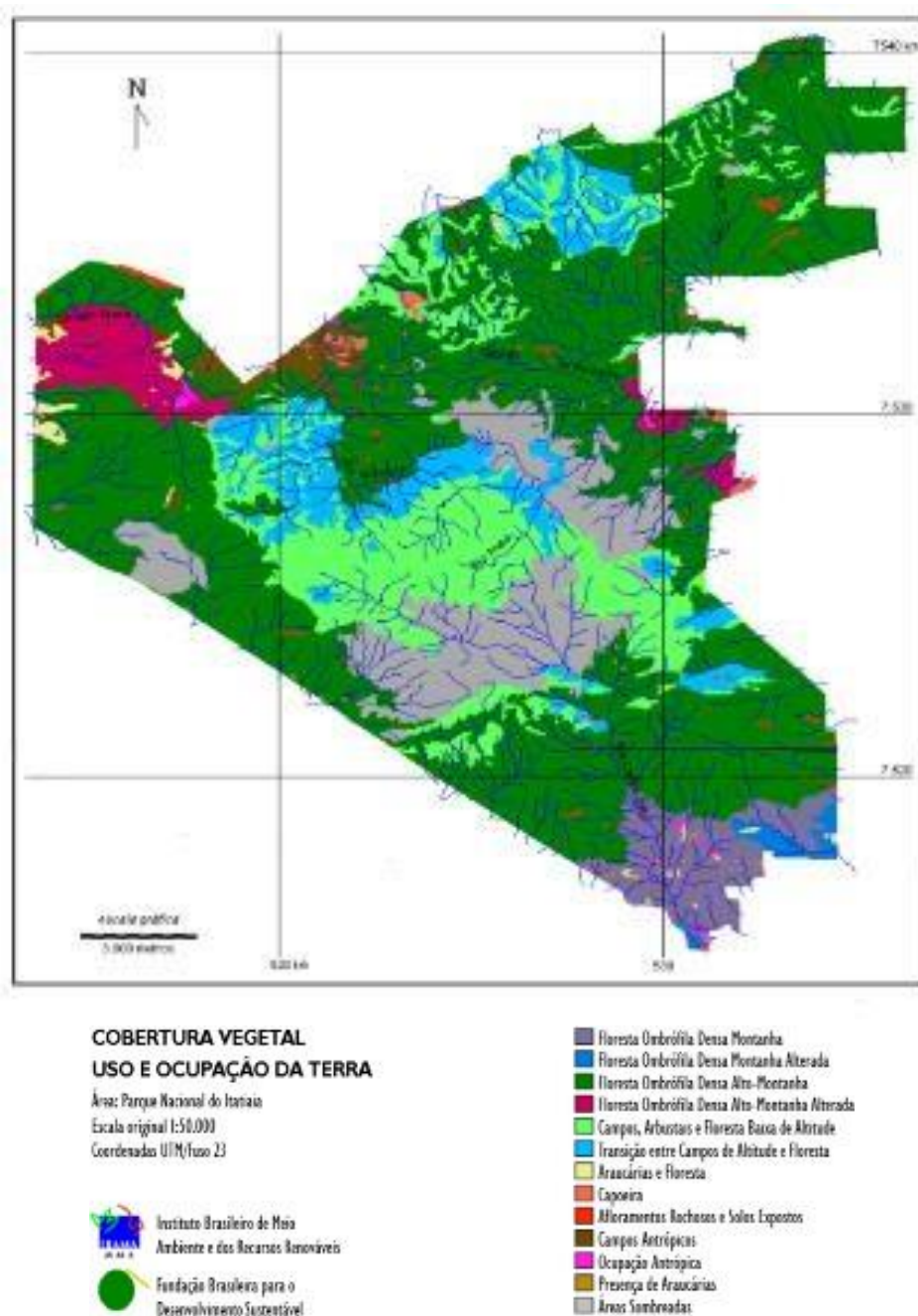


Figura 10. Uso e cobertura do solo atuais do PNI (Santos, 2000)

As parcelas instaladas para o estudo se localizam na vertente sul do PNI, onde predomina a Floresta Ombrófila Densa Montana, ecossistema que corresponde a 12,09% da cobertura florestal do Parque (BARRETO, 2013), e que, nessa região específica, é considerado alterado. A encosta escolhida encontra-se voltada predominantemente para o sul-sudoeste, com influência direta dos ventos úmidos vindos do oceano. As unidades amostrais foram instaladas no extremo sul da microbacia, próximo ao limite do PNI.

A seguir são apresentadas figuras esquemáticas que descrevem as características físicas da microbacia do rio Campo Belo (Figuras 11 e 12). Para a sua confecção foi utilizado o programa ArcGis 10.0 e o modelo digital de elevação (MDE) SRTM, na escala 1:50000, obtidas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016).

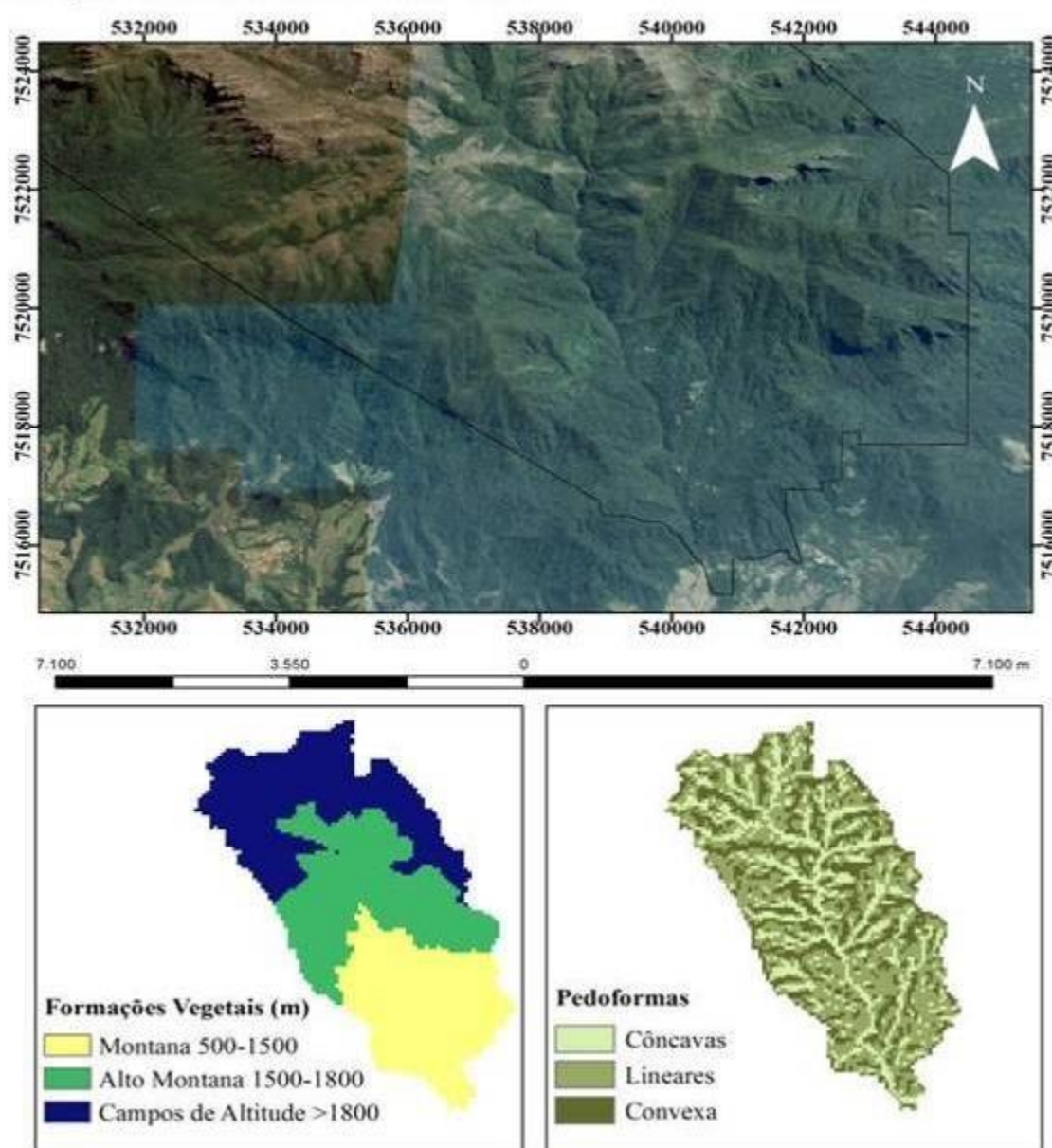


Figura 11. Caracterização física da área de estudo: Distribuição das formações vegetais na microbacia do Rio Campo Belo de acordo com as cotas altitudinais e variação geomorfológica local, Parque Nacional de Itatiaia-RJ.

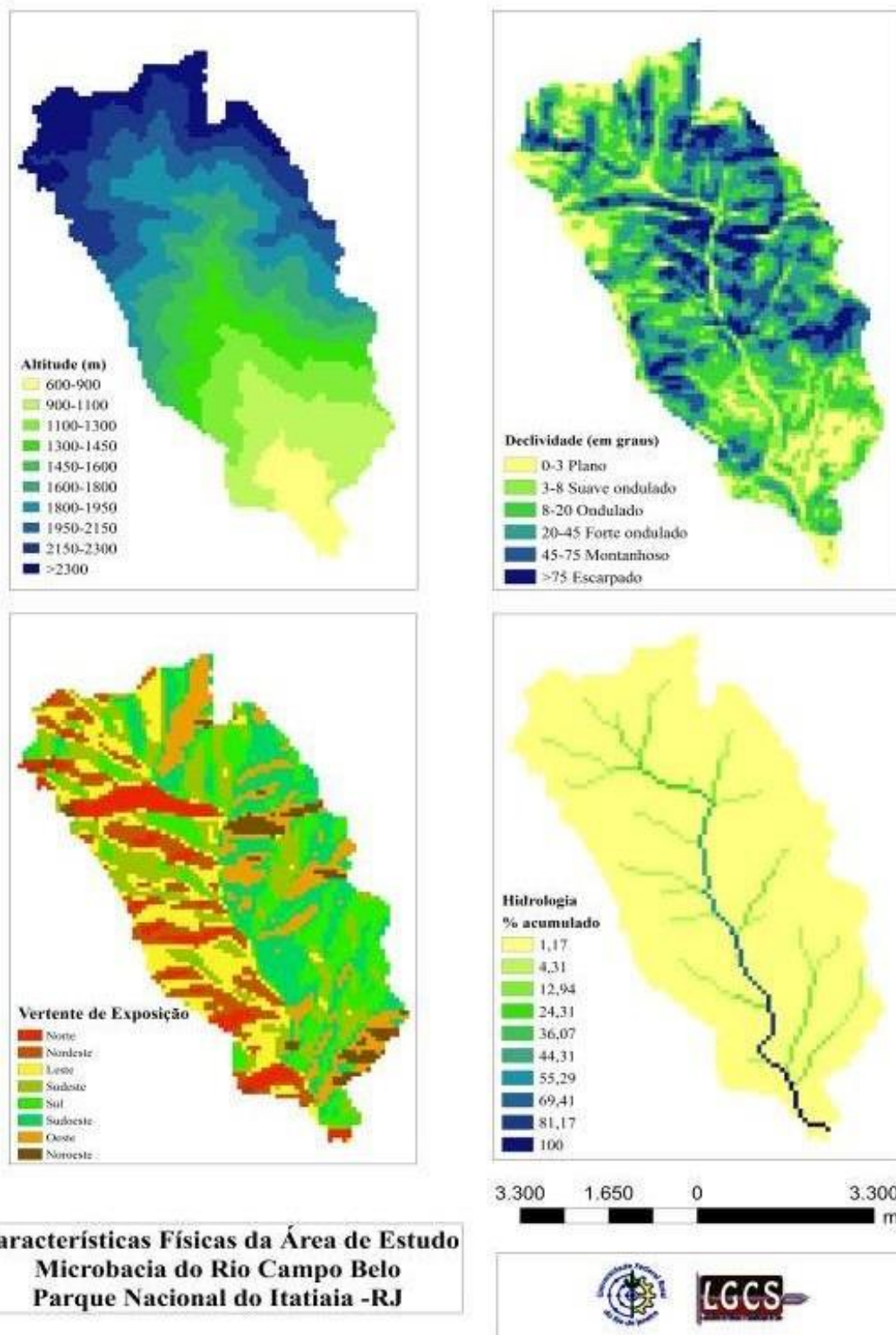


Figura 12. Caracterização física da área de estudo: Variação altitudinal, classificação da declividade (SANTOS et al., 2015), determinação das vertentes de exposição e principais linhas de drenagem da microbacia do rio Campo Belo, Itatiaia-RJ.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB´SABER, A.N. **O domínio dos mares-de-morros no Brasil**. Geomorfologia. v. 2, I ed. São Paulo: IGEOG-USP; 1966.

AIBA, S., KITAYAMA, K. Structure, composition and species diversity in an altitude-substrate matrix of rain forest tree communities on Mount Kinabalu, Borneo. **Plant Ecology**, v. 140, p. 139–157, 1999.

ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. (Editores) **Manejo de sistemas agrícolas: impacto e seqüestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre, 2006, Volume 1, 216p.

ANDRAE, F. **Ecologia florestal**. Santa Maria: UFSM – DCFL, 1978, 278p.

ARAÚJO, R. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; MACHADO, M. R.; PEREIRA, M. G.; FRAZÃO, F. J. Deposição de Serapilheira em Três Modelos de Revegetação na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. **Revista Floresta e Ambiente**, UFRRJ, v.12, n.2, 2005.

ATAZADEH, I. **Biomass and remote sensing of biomass**. Intech: Rljeka, Croatia, 2011, 272p.

BARRETO, C.G., CAMPOS. J.B., ROBERTO, D.M., ROBERTO, D.M., SCHWARZSTEIN, N.T., ALVES, G.S.G., COELHO, C. **Plano de Manejo do Parque Nacional do Itatiaia**. Encarte 2 e 3 - Análise da Unidade de Conservação. Brasília. 2013.

BIASI, C., H. MEYER, O. RUSALIMOVA, R. HAMMERLE, C. KAISER, C. BARANYI, H. DAIMS, N. LASHCHINSKY, P. BARSUKOV, and A. RICHTER. Initial effects of experimental warming on carbon exchange rates, plant growth and microbial dynamics of a lichen-rich dwarf shrub tundra in Siberia. **Plant and Soil**, v. 307, p. 191–205, 2008.

BRADE, A.C. **A Flora do Parque Nacional do Itatiaia**. Boletim nº 5. 1956.

BRADY, N.C. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**; Tradução técnica Igor Lepsch. – 3. ed.-Porto Alegre: Bookman.686 p. 2013.

BRUIJNZEEL, L.A. VENEKLAAS, E.J. Climatic conditions and tropical Montane Forest productivity: the fog has not lifted yet. **Ecology**, v. 79, p. 3–9, 1998.

CAMINHOS GEOLÓGICOS. **Mapa geológico simplificado do estado do Rio de Janeiro**. Projeto Caminhos Geológicos, 2013. Disponível em: <<http://www.caminhosgeologicos.rj.gov.br/sitept/home/>>. Acesso em: setembro de 2013.

CAMPOS, C.P.A. Conservação das florestas no Brasil, mudança do clima e o mecanismo de desenvolvimento limpo do Protocolo de Quioto. **Dissertação**, UFRRJ, área de estudo em Planejamento Energético – COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001. 169p.

- CASSOL, H.L. Estimativa de biomassa e estoque de carbono em um fragmento de floresta ombrófila mista com uso de dados ópticos de sensores remotos. **Dissertação**, UFRGS, área de estudo Sensoriamento Remoto, Porto Alegre, 2013. 143 p
- CASTILHO, C.V. Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian Forest: Effects of soil and topography. **Forest Ecology and Management**, v.234, n.1-3, p.85-96, 2006.
- COUTINHO, R.P. Estoques de carbono e emissão de N²O no sistema solo-planta em região da Mata Atlântica. **Dissertação**, UFRRJ, área de estudo em Agronomia, Seropédica, 2009.
- CARVALHO, A., A de; FAGERIA, N., K.; OLIVEIRA, I. P.; KINJO, T. Resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo em solos dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p.61-67, 1995.
- CERRI, C. C., CERRI, C. E. P. Agricultura e Aquecimento Global. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, n. 1, p. 40-44, 2007.
- CHAPIN III, F.S.; MATSON, P.A.; MOONEY, H.A. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. **Springer**, New York. 2002.
- CLARK, D. B.; CLARK, D. A. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. **Forest and Ecology Manage**, v. 137, p. 185–198, 2000.
- CLARK, D.A.; BROWN, S.; KICKLIGHTER, D.W.; CHAMBERS, J.Q.; THOMLINSON, J.R.; NI, J., HOLLAND, E.A. Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data. **Ecology** , v. 11, p. 371–384, 2001.
- CHAPUIS-LARDY, L.; BROSSARD, D.A.; ASSAD, M.L.; LAURENT, J.Y. Carbon and phosphorus stocks of clayey ferralsols in Cerrado native and agroecosystems, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 92, p. 147-158, 2002.
- CHONÉ, T.; ANDREUX, F.; CORREA, J.C.; VOLKOFF. B.; CERRI, C.C. Changes in organic matter in naoxisol from the central Amazonian Forest during eight years as pasture determined by ¹³C isotopic composition. In: Berthelin, J., ed. **Diversity of Environmental Biogeochemistry**, Amsterdam, Elsevier,. p. 397-405, 1991.
- CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação a vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 425-432, 1999.
- CORREIA, M.E.F.; ANDRADE, A.G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A. de. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2 ed. Rev. e atual. - Porto Alegre: Metrópole. p.137-158, 2008.
- DAMASCENO-JÚNIOR, G.A.D. Estudo florístico e fitossociológico de um gradiente altitudinal no Maciço Urucum – Mato Grosso do Sul – Brasil. **Tese**, UEC, área de estudo, Conservação da Natureza, Campinas, 2005.

DANTAS, M.E.; COELHO NETO, A.L. **Resultantes Geo-hidroecológicas do ciclo cafeeiro (1780-1880) do Médio Vale do Paraíba do Sul: Uma análise quali-quantitativa**. Dispon. em http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01017591996000100006&lng=pt&nrm=iso Acessado em: junho de 2013.

DEAN, W. **Ferro e Fogo, a história e a devastação da Mata Atlântica Brasileira**. São Paulo, ed. Companhia das Letras, v. 1, 1996. 486 p.

DE WALT, S. J.; CHAVE, J. Structure and biomass of four lowland neotropical forests. **Biotropica**, v. 36, p. 7–19, 2004.

DIELEMAN, W. I. J., VENTER, M., RAMACHANDRA, A., KROCKENBERGER, A. K. AND BIRD, M. I. Soil carbon stocks vary predictably with altitude in tropical forests: Implications for soil carbon storage, **Geoderma**, v. 204, n. 205, p. 59–67, 2013.

DONG, J.; KAUFMANN, R.K.; MYNENI, R. B.; TUCKER, C.J.; KAUPPI, P.E.; LISKI, J., BUERMANN, W.; ALEXEYEV, V.; HUGHES, M.K. Remote sensing estimates of boreal and temperate forest woody biomass: Carbon pools, sources, and sinks. **Remote Sensing of Environment**, v. 84, p. 393–410, 2003.

DRUMMOND, J.A. **Devastação e Preservação Ambiental no Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: UFF. 1997.

FABIAN, P.; KOHLPAINTNER, M.; ROLLENBECK, R. Biomass burning in the Amazon – fertilizer for the mountainous rain Forest in Ecuador. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 12, p. 290–296, 2005.

FEIGL, B.J.; MELILLO, J.; CERRI, C. Changes in the origin and quality of soil organic matter after pasture introduction on Rondônia (Brazil). **Plant and Soil**, v.175, p.21-29, 1995.

FONTAINE, S.; MARIOTTI, A.; ABBADIE, L. 'The priming effect of organic matter: a question of microbial competition? **Soil Biology and Biochemistry**, v. 35, p. 837-843, 2003.

GALINDO LEAL & CÂMARA. Atlântic forest hotspots status: an overview. In: Galiando-Leal & I. de G. Câmara eds. **The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook**. Island Press, Washington, DC, p. 3-11, 2003.

GAIROLA, S.; RAWAL, R.S.; TODARIA, N.P. Forest vegetation patterns along an altitudinal gradient in Sub-alpine zone of West Himalaya India. **African Journal of Plant Science**, v.2, n. 6, p. 42-48, 2008.

GARTEN, C.T.; POST, W.M.; HANSON, P.J.; COOPER, L.W. Forest soil carbon inventories and dynamics along an elevation gradient in the southern Appalachian Mountains. **Biogeochemistry**, v.45, p. 115-145, 1999.

GEHRING, C.; PARK, S.; DENICH, M. Liana allometric biomass equations for Amazonian primary and secondary forest. **Forest Ecology and Management**, v. 195, p. 69-83, 2004.

GIFFORD, R. **Carbon Content of Woody Roots: Revised Analysis and a Comparison with Woody Shoot Components (Revision 1)**. NCAS Technical Report No. 7. 10p. Australian Greenhouse Office, Canberra. 2000a.

GIRARDIN, C. A. J.; MALHI, Y.; ARAGÃO, L. Net primary productivity allocation and cycling of carbon along a tropical forest elevational transect in the Peruvian Andes. **Glob. Change Biol.** v. 16, p. 3176–3192, 2010.

GONSALVES, S.L.A.; BATISTA, J.P.; PENA J.G.; BRAGA, V.A. **Créditos de carbono como forma de valoração de ativos ambientais.** Professore do curso de Ciências Contábeis – SUDAMERICA – Cataguases – MG. Dados não publicados. 2008.

GRUBB, P. J. Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains: with special reference to mineral nutrition. **Annu. Rev. Ecol. Syst.**, v. 8, p. 83–107, 1977.

HARPER & HAWKSWORTH, 1995, in MAGURRAN, A.E. **Medindo a diversidade biológica.** Tradução Dana Moiana Viana – Curitiba: Ed da UFPR, 2011. 262p.

HARDON, H.J. Factoren, die het organischestof- en het stikstof-gehalte van tropischegronden beheerschen (Factors, controlling the organic matter and the nitrogen content of tropical soils). **Landbouw**, v. 11, p. 517-540, 1936.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.dos.; RIBEIRO, R.J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea d floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Brasileira. **Acta Botânica**, Manaus, v. 28, p.153-166, 1998.

HOLDER, C. D. Fog precipitation in the Sierra de las Minas Biosphere Reserve, Guatemala. **Hydrological Process**, v. 17, p. 2001–2010, 2003.

IBAMA. **Brasil: Parques Nacionais.** São Paulo: Empresa das Artes, Brasília: Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. 1997.

IBGE. **Manual técnico da Vegetação Brasileira.** 2º ed. 2013.

INSTITUTO CHICO MENDES (ICMBIO). Disponível em :<http://www.icmbio.gov.br/portal/planosmanejo>. Acesso em agosto de 2017.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). Disponível em: <http://200.20.53.3:8081/Portal/Agendas/BIODIVERSIDADEEAREASPROTEGIDAS/UnidadeDesdeConservacao/index.htm&lang>.

IPCC CLIMATE CHANGE. **Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007. 976 p.

JATI, R. **Comparative Study of Carbon Assessment: A Study on Carbon Stock in Kumvakarna Conservation Community Forest.** Department of Environmental Science, Khwopa College, Tribhuwan University. 2012.

JORDAN, C.F.; UHL, C. Biomass of a “terra firme” forest of the Amazon Basin. **Oecologia Plantarum**, v.13, p. 387-400, 1978.

JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E.A.; STEVENS, P.F. & DONOGHUE, M.J. **Sistemática vegetal: um enfoque filogenético.** Artmed, Porto Alegre, 3º ed. 2009. 632 p.

- KLOCK, U.; MUÑIZ, G.I.B.; HERNANDEZ, J.A., 2005. ANDRADE. A. S. **Química da Madeira**. Curitiba, 3ed. 2005. 86p.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: com um estúdio de los climas de tierra**. México. Fonda Cultura Económica. 1948. 488 p.
- LACERDA, J.S.; COUTO, H.T.Z.; HIROTA, M.M.; PASISHNYK, N.; Polizel, J.L. Estimativa da biomassa e carbono em áreas restauradas com plantio de essências nativas. **Metrum**, v. 5, p. 1-23, 2009.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Editora Rima, São Carlos, 2004. 531 p.
- LEUSCHNER, C.; MOSER, G.; BERTSCH, C.; RÖDERSTEIN, M.; HERTEL, D. Large altitudinal increase in tree root/shoot ratio in tropical mountain forests of Ecuador. **Basic Appl. Ecol.**, v. 8, n. 3, p. 219– 230, 2007.
- LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M.; PERALTA, R.; HARTSHORN, G. Tropical forest structure and composition on a large scale altitudinal gradient in Costa Rica. **Journal Ecology**, v. 84, n. 2, p. 137–152, 1996.
- LIMA, M.A.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R.; MACHADO, P.L.O.A.; URQUIAGA, S. **Estoque de carbono e emissões de gases do efeito estufa na agropecuária brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 347p.
- LOOBY, C.I.; MALTZ M.R.; TRESEDER, K.K. 2016. Belowground responses to elevation in a changing cloud Forest. **Ecology and Evolution**, Ed. John Wiley & Sons Ltd, 2016. 14 p.
- LOVEJOY, 1980a, 1980b: *in* MAGURRAN, A.E. **Medindo a diversidade biológica**. Tradução Dana Moiana Viana. – Curitiba, Ed. UFPR, 2011. 262p.
- LU, D. 2006. The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation. international journal of remote sensing. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, n. 7, p. 1297-1328, 2006.
- MAGURRAN, A.E. **Medindo a diversidade biológica**. Tradução Dana Moiana Viana. – Curitiba, Ed. UFPR, 2011. 262p.
- MACHADO, D.L. Atributos indicadores da dinâmica sucessional em fragmento de Mata Atlântica na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, Rio de Janeiro. **Dissertação**, UFRRJ, área de estudo em Ciências Ambientais e Florestais, Seropédica, 2011.
- MARKEWITZ, D.; DAVIDSON, E. A.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D. C. Nutrient loss and redistribution after forest clearing on a highly weathered soil in Amazonia. **Ecological Applications**, Tempe, v.14, p.177-199, 2004.
- MARRS, R. H.; PROCTOR, J.; HEANEY, A.; MOUNTFORD, M. D. Changes in soil nitrogen-mineralization and nitrification along na altitudinal transect in a tropical rain forest in Costa Rica. **Journal of Ecology**, v. 76p. 466–482, 1988.
- MCCARTHY, J.J.; CANZIANI, O.F.; LEARY, N.A.; DOKKEN, D.J.; WHITE, K.S. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the

Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. **Cambridge University Press**, Cambridge, 200. 1032 p.

MEDEIROS, A.S. Influência da pedoforma sobre a composição florística e a estrutura da floresta estacional fluminense, Pinheiral – RJ. **Dissertação**, UFRRJ, área de estudo em Ciências Florestais e Ambientais, Seropédica, 2015.

MENDONÇA-SANTOS, M.L. **Mapeamento Digital de Classes de Solos no estado do Rio de Janeiro**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/ Embrapa Solos, ISSN 1678-0892, n. 119. Rio de Janeiro. 2007.

MENEZES, C.E.G. Integridade de paisagem, manejo e atributos do solo no médio vale do Paraíba do Sul. **Tese**, UFRRJ, área de estudo em Agronomia, Seropédica, 2008. 200p.

MITTERMEIER, R.A.; GIL P.R.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C.G.; LAMOREUX J.; FONSECA G.A.B. **Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Ecoregions**. México City (México): CEMEX. 2004.

MONTANA, C.; VALIENTE-BANUET, A. Floristic and life-form diversity along an altitudinal gradient in intertropical semiarid Mexican region. **The Southwestern Naturalist**, v. 43, n. 1, p. 25-39, 1998.

MONSERUD, R.A. Evaluating forest models in a sustainable forest management context. **Forest Biometry, Modeling and Information Science**. v. 1. p. 35–47, 2003.

MORAES, J.F.L.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. & BERNOUX, M. Soil Properties Under Amazon Forest And Changes Due To Pasture Installation In Rondônia, Brazil. **Geoderma**, v. 70, p. 63-81, 1996.

MORENO, M.R.; NASCIMENTO, M.T.; KURTZ, B.C. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo em duas zonas altitudinais na Mata Atlântica de encosta da região do Imbé, **Acta bot. bras.** v. 17, n. 3, p. 371-386, 2003

MOSER, G.; HERTEL, D.; LEUSCHNER, C. Altitudinal change in LAI and stand leaf biomass in tropical montane forests: a transect study in Ecuador and a pantropical meta-analysis. **Ecosystems**, v. 10, p. 924–935, 2007.

MUUKKONEN, P. Forest inventory-based large-scale forest biomass and carbon budget assessment: new enhanced methods and use of remote sensing for verification. **Dissertation**, University of Helsinki, Helsinki, Finland. 2006. 49p.

MUUKKONEN, P.; HEISKANEN, J., Biomass estimation over a large area based on standwise forest inventory data and ASTER and MODIS satellite data: A possibility to verify carbon inventories. **Remote sensing of Environment**, v.107, p. 617-624, 2007.

MYERS, N.; MITTERMEIER R.A.; C.G. MITTERMEIER, G.A.B.; FONSECA G.A.B.; KENT., J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p 853-858, 2000.

NEEFF, T.; GRAÇA, P.M.A.; DUTRA, L.V.; FREITAS, C.C. Carbon budget estimation in Central Amazônia: Successional Forest modeling from remote sensing data. **Remote Sensing of Environment**, v. 94. p. 508-522, 2005.

NEPSTAD, D.; MOUTINHO, P.R.S.; MARKEWITZ, D. The recovery of biomass, Nutrient stocks and deep soil functions in secondary Forest. In: MC CLAIN, M.E.; Victoria, R.L.; Rich, J. E. (Ed.). **The biogeochemistry of the Amazon basin**. New York: Oxford University Press, p. 139-155, 2001.

NORSE & MACMANUS, 1980, *in* MAGURRAN, A.E. 2011. **Medindo a diversidade biológica**. Tradução Dana Moiana Viana – Curitiba, Ed. UFPR, 262p.

OLIVEIRA-FILHO & FONTES. Patterns of Floristic Differentiation among Atlântic Forest in Southeastern Brazil and the Influence of Climate. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. p 793-810, 2000.

PENALVA, F. Geologia e tectônica da região do Itatiaia (sudeste do Brasil). Boletim **FFCL-USP (302)**, v. 22, p. 95-106, 1963.

PIRES, J.P.A. Biologia reprodutiva de *Pseudopiptadenia contorta* e *P. leptostachya* (Leguminosae: Mimosoideae) no Parque Nacional do Itatiaia, Rio de Janeiro. **Dissertação**, Escola Nacional de Botânica Tropical, área de estudo em Botânica, Rio de Janeiro, 2006.

PROCTOR, J.; ANDERSON, J.M.; CHAI, P.; VALLACK, H.M. Ecological studies in four contrasting lowland rain Forest in GunungMulu National Park, Sarawak. I. Forest environment, structure and floristic. **Journal of Ecology**, v.71, p. 237-260, 1983.

PENDRY, C. A.; PROCTOR, J. The causes of altitudinal zonation of rain forests on BukitBelong, Brunei. **Journal of Ecology**, v. 84, p. 407-418, 1996.

QURESHI, A.; PARIVA, B. R.; HUSSAIN, S.A. A review of protocols used for assessment of carbon stock in forested landscapes. **Environmental Cience& Policy**, v. 16, p. 81-89, 2012.

QUIDEAU, S.A.; CHADWICK, Q.A.; BENESI, A.; GRAHAM, R.C.; ANDERSON, M.A. A direct link between forest vegetation type and soil organic matter composition. **Geoderma**, v. 104, p. 41-60, 2001

RIBEIRO FILHO, E. Geologia e petrologia dos maciços alcalinos do Itatiaia e Passa Quatro. Boletim FFCL-USP(302). **Geologia**, v. 22, p. 5-93, 1963.

RAICH, J.W.; RUSSELL, A.E.; VITOUSEK, P.M. Primary productivity and ecosystem development along an elevational gradient on Mauna Loa, Hawaii. **Ecology**, v. 78, p. 707–721, 1997.

RAICH, J.W.; RUSSELL, A.E.; KITAYAMA, K.; PARTON, W. J.; VITOUSEK, P.M. Temperature influences carbon accumulation in moist tropical forests. **Ecology**, v. 87, p. 76–87, 2006.

RICHTER, M.A. hypothetical framework for testing phytodiversity in mountainous regions: the influence of airstreams and hygrothermic conditions. **Phytocoenologia**, v. 30, n. 3-4, p. 519-541, 2000.

RICKLEFS, R.E. **A Economia da Natureza**. Guanabara Koogan, v. 6, 2011. 503p.

RODERSTEIN, M.; HERTEL, D.; LEUSCHNER, C. Above- and below-ground litter production in three tropical montane forests in southern Ecuador. **Journal of Tropical Ecology**, v. 21, p. 483–492, 2005.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLF, S., NAVE, A.G. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 261, p. 9-13, 2011.

RODRIGUES, G. A., Influência da altitude na estrutura da floresta de encosta na Ilha da Marambaia – RJ. **Monografia**, UFRRJ, Seropédica, 2010.

ROSENQVIST, Å.; MILNE, A.; LUCAS, R.; IMHOFF, M.; DOBSON, C. A review of remote sensing technology in support of the Kyoto protocol. **Environmental Science and Policy**, v.6, p. 441-455, 2003

SALDARRIAGA, J.G. Long-term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. **Journal of Ecology**, v.76, p.938-958, 1988.

SANCHEZ, M. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea num gradiente altitudinal da Mata Atlântica. **Tese**, UEC, Campinas. 2001.

SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R., Metodologias para a determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B. **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba, p. 77-93, 2004.

SANTOS, A.A. **O Parque Nacional do Itatiaia, Cadernos para o desenvolvimento sustentável**. FBDS-Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro, 2000.

SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.; TIGNOR, M.M.B.; MILLER-JR, H.L.; CHEN, Z. **Climate change 2007: the physical science bases**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch>.

SCHAAF, L.B.; FILHO, A.F.; SANQUETTA, C.R.; GALVÃO, F. Incremento diamétrico e em área basal no período 1979-2000 de espécies arbóreas de uma floresta ombrófila mista localizada no sul do Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba, v.35, n. 2, 2005.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H.S; SANQUETTA, C.R.; ARCE, J.E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Revista Floresta**. v. 38, n.1. p.185-206, 2008.

SHEIKH, M.A.; KUMAR, M.; BUSSMANN, R.W. Altitudinal variation in soil organic carbon stock in coniferous subtropical and broadleaf temperate forests in Garhwal Himalaya. **Carbon Balance and Management**, p.4-6, 2009.

SOETHE, N.; LEHMANN, J.; ENGELS, C. Nutrient availability at different altitudes in a tropical montane forest in Ecuador. **Journal Tropical Ecology**, v. 24, n. 04, p. 397–406, 2008.

SOMMER, R.; SÁ, T.D.A.; VIELHAUERA, K.; ARAÚJO, A.C.; FÖLSTERD, H.; VLEKA, P.L.G. Transpiration and canopy conductance of secondary vegetation in the eastern Amazon. **Agriculture and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.112, p.103-121, 2002.

SOUZA, C.R.; AZEVEDO, C.P.; ROSSI, L.M.B.; SILVA, K.E.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Dinâmica e estoque de carbono em floresta primária na região de Manaus/AM. v. 42, n. 4, p. 501 – 506, 2012.

SOUZA NETO, E.; CARMO, J.B.; KELLER, M.; MARTINS, S.C.; ALVES, L.F.; VIEIRA, S.A.; PICCOLO, M.C.; CAMARGO, P.; COUTO, H.T.Z.; JOLY, C.A. Soil-atmosphere

Exchange of nitrous oxide, methane and carbon dioxide in a gradient of elevation in the coastal Brazilian Atlantic Forest. **Biogeosciences**, v. 8, p. 733-742, 2011.

SOS MATA ATLÂNTICA & INPE. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica período 2017-2018**. Relatório Técnico, São Paulo, 2019.

STAPE, J.L.; SOUZA, V.C.; TORRADO, P.V.; VIDAL, P.; RODRIGUEZ, L.C.V. **Estimativas das taxas de sequestro de carbono na Reserva Particular do Patrimônio Natural SESC Pantanal**. Rio de Janeiro - Setembro/ 2011.

STEHMANN, J.R.; FORZZA, R.C.; SALINO, A.; SOBRAL, M.; COSTA, D.P.; KAMINO, L.H.Y. **Plantas da Floresta Atlântica**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2009.

TAKYU, M.; AIBA, S.; KITAYAMA, K. Effects of topography on tropical lower montane forests under different geological conditions on Mount Kinabalu, Borneo. **Plant Ecology**, v. 159, p. 35–49, 2002.

TANNER, L.H.; NIVISON, M.A.; WILCKENS, M.T.; JOHNSON, K.M. Biomass and Soil Carbon Stocks in Wet Montane Forest, Monteverde Region, Costa Rica: Assessments and Challenges for Quantifying Accumulation Rates. **International Journal of Forestry Research**. 2016.

TARRÉ, R.M.; MACEDO, R.; CANTARUTTI, R.B.; REZENDE, C.P.; PEREIRA, J.M.; FERREIRA, E.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA1, S.; BODDEY, R.M. The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under Brachiaria pasture in the Atlantic Forest region of the south of Bahia, Brazil. **Plant and Soil**, v. 234, p. 15-26, 2001.

THENG, B.K.G.; TATE, K.R. & SOLLINS, P. Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. In: **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu: University of Hawaii, v.1, p.5-32, 1989.

TOREZAN, J. M. D.; SILVEIRA, M. The biomass of bamboo (*Guadua weberbaueri* PILGER) in open forest of the southwestern Amazon. **Ecotropica**, v. 6, p. 71-76, 2000.

VEIGA, L.G. Estoque de madeira morta ao longo de um gradiente altitudinal de Mata Atlântica no nordeste do estado de São Paulo. **Dissertação**, UEC, área de estudo em Biologia, Campinas, SP. 2010.

VIEIRA, S.A.; ALVES, F.A.; DUARTE-NETO, P.J.; MARTINS, S.C.; SCARANELLO, M.A.; PICOLLO, M.C.; CAMARGO, P.B.; CARMO, J.B.; SOUSA NETO, E.; SANTOS, F.A.M.; VEIGA, L.G.; JOLY, C.A.; MARTINELLI, L.A. Stocks of carbon and nitrogen and partitioning between above- and belowground pools in the Brazilian coastal Atlantic Forest elevation range. **Ecology and Evolution**, p. 421-434, 2011.

VIEIRA, S.A.; CAMARGO, P.B.; SELHORST, D.; SILVA, R.; HUTYRA, L.; CHAMBERS, J.Q.; BROWN, I.F.; HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; WOFSY, S.C.; TRUMBORE, S.E.; MARTINELLI, L.A. Forest structure and carbon dynamics in Amazonian tropical rainforests. **Oecologia**, v. 140, p. 468–479, 2004.

VITOUSEK, P.M.; TURNER, D.R.; PARTON, W. J.; SANFORD, R. L. Litter decomposition on the Mauna Loa environmental matrix, Hawaii: patterns, mechanisms, and model. **Ecology**, v. 75, p. 418, 1994.

WAGAI, R., MAYER, L. M.; KITAYAMA, K.; KNICKER, H. Climate and parent material controls on organic matter storage in surface soils: a three-pool, density-separation approach. **Geoderma**, v. 147, p. 23–33, 2008.

WAIDE, R. B.; ZIMMERMAN, J. K.; SCATENA, F. N. Controls of Primary Productivity : Lessons from the Luquillo Mountains in Puerto Rico, **Ecology**, v. 79, n. 1, p. 31–37, 1998.

WHITAKER, J.; OSTLE, N.; NOTTINGHAM, A.T. Microbial community composition explains soil respiration responses to changing carbon inputs along an Andes-toAmazon elevation gradient. **Journal the Ecology**, v. 102, p. 1058–1071, 2014.

ZACH, A.; HORNA, V.; LEUSCHNER, C.; ZIMMERMANN, R. Patterns of wood carbon dioxide efflux across a 2000-m elevation transect in an Andean moist forest. **Oecologia**, v. 162, p. 127–137, 2010.

5. CAPÍTULO I

INFLUÊNCIA DA COBERTURA DO SOLO SOBRE A MATÉRIA ORGÂNICA E VARIÁVEIS EDÁFICAS NO PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA-RJ

RESUMO

Os ecossistemas florestais da região do Médio Vale do Paraíba do Sul foram submetidos a modificações ao longo da história. Atualmente, predominam nesta região pastagens degradadas e fragmentos florestais secundários em diferentes estágios sucessionais, responsáveis por inúmeros serviços ecossistêmicos, dentre eles o sequestro do CO₂ atmosférico. Para entender como os processos sucessionais influenciam as variáveis do solo e a matéria orgânica (MOS), foram considerados os diferentes usos da terra e a diversidade geomorfológica, já que a variabilidade ambiental pode influenciar essa dinâmica. Os objetivos do estudo foram avaliar variáveis físicas e químicas e a matéria orgânica de solos na vertente sul do Parque Nacional do Itatiaia (RJ); bem como caracterizar possíveis padrões sob coberturas de floresta ombrófila e pastagens e indicar qual acumularia os maiores teores de C e a MOS em suas formas mais estáveis. As áreas de pastagens apresentaram as maiores médias de C, porém, nos diferentes estágios de sucessão florestal foram verificadas frações mais estáveis da MOS. Também foi observado aumento da estabilidade da MOS em função do avanço dos estágios sucessionais das florestas.

Palavras chave: Sucessão ecológica. Unidades de conservação. Preservação de recursos naturais.

ABSTRACT

The forest ecosystems of the Middle Vale do Paraíba do Sul have undergone profound changes throughout history. Currently, degraded pastures and secondary forest fragments in different successional stages predominate in the region, and they are responsible for many environmental services, among them the sequestration and stabilization of CO₂. In order to understand the succession processes, their influence on soil attributes and soil organic matter (SOM), different land uses and regional geomorphological diversity must be considered, since environmental variability can influence their dynamic. The objectives of this study were to evaluate physical and chemical attributes and organic matter of soils located at the Southern slope of Itatiaia National Park (RJ); as well as to characterize possible patterns under different types of coverage of forest and pasture, and to indicate which coverages accumulated the highest amounts of C and had the most stable forms of soil organic matter. The pasture areas had the highest C averages, but the more stable fractions of the SOM were observed in the different forest succession stages. It was also noticeable an increase in the stability of SOM as a function of the progression of the forest successional stages.

Keywords: Ecological succession. Conservation units. Natural resources preservation.

INTRODUÇÃO

A ocupação das terras do Médio Vale do Paraíba do Sul promoveu profundas modificações na paisagem regional, principalmente durante o ciclo do café no século XIX, apesar da importância dos ecossistemas de Mata Atlântica. Atualmente, predominam na região fragmentos florestais secundários separados por pastagens degradadas, sendo estes ecossistemas responsáveis pela manutenção dos serviços ecossistêmicos. De fato, tais ecossistemas são reconhecidos mitigadores de carbono (C), sendo capazes de estocar anualmente 283 Gt de C apenas na biomassa, além de proporcionarem a preservação de inúmeras espécies da fauna e flora, produção de água e conservação dos solos (LIMA et al., 2012). Desta forma, preservar e ampliar comunidades florestais secundárias pode promover a mitigação do CO₂ atmosférico, além do restabelecimento dos demais serviços ecossistêmicos.

Dentre os processos responsáveis pela estabilização do C e a retomada dos serviços ecossistêmicos em florestas secundárias, podem ser citados a ciclagem de nutrientes, o aporte e qualidade química da serapilheira, a atividade da fauna do solo e todos os demais relacionados à dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) (MORAES et al., 2008). Desta forma, para o entendimento da influência dos processos de sucessão sobre os teores e formas do C, é necessário identificar variáveis indicadoras do grau de conservação e da qualidade dos serviços ecossistêmicos destas florestas.

O Parque Nacional do Itatiaia (PNI), que se localiza na referida região, preserva uma importante área remanescente de Mata Atlântica na Serra da Mantiqueira, que inclui desde formações florestais em estágios sucessionais primários e secundários, até Campos de Altitude (BARRETO, 2013). A existência de inúmeros ecossistemas no referido parque se deve à elevada variação altitudinal. Assim como em todo o Vale do Paraíba do Sul, as áreas do PNI foram submetidas no passado a profundas modificações, as quais, atualmente, se constituem em um importante laboratório para investigação da resiliência dos ecossistemas nativos e do restabelecimento dos serviços ecossistêmicos.

Neste cenário, é apresentada a hipótese de que as variáveis edáficas e as frações da matéria orgânica do solo são influenciadas pelas diferentes coberturas do solo.

Os objetivos deste estudo foram avaliar as variáveis físicas e químicas e a matéria orgânica de solos na vertente sul do Parque Nacional do Itatiaia (RJ); bem como caracterizar possíveis padrões sob diferentes estágios sucessionais de floresta ombrófila e pastagens sem manejo e indicar qual acumularia os maiores teores de C e nas formas mais estáveis da MOS.

MATERIAL E MÉTODOS

As áreas selecionadas para o estudo encontram-se no município de Itatiaia, na vertente sul do Parque (22°30' e 22°33' S; 42°15' e 42°19' W), sendo submetidas à influência direta dos ventos úmidos vindos do oceano, o que permitiu o estabelecimento da Floresta Ombrófila Densa, ecossistema que corresponde a 12,09% da área total do PNI (BARRETO, 2013). Os pontos de amostragem foram distribuídos ao longo da encosta sob diferentes tipos de cobertura vegetal, sendo estes: uma área de pastagem sem manejo (P) (690 metros de altitude) e três trechos de Floresta Ombrófila Densa Montada (IBGE, 2013) em estágios sucessionais inicial (FEI) (640 metros de altitude), médio (FEM) (710 metros de altitude) e avançado (FEA) (880 metros de altitude).

Anteriormente a criação do PNI, na região dos Municípios de Resende e Itatiaia, as florestas presentes nas encostas da Serra da Mantiqueira foram substituídas por culturas agrícolas até aproximadamente a cota de 1.000 m, que incluíram lavouras de café, ainda no século XIX. Com o decorrer dos anos, essas lavouras foram substituídas pastagens extensivas e agricultura de subsistência. Após a criação do PNI, em 1936, iniciaram-se os processos de regeneração natural que originaram áreas de floresta nos estágios - secundário avançado e médio. Já as áreas em estágio inicial e pastagens foram posteriormente incorporadas ao PNI, há aproximadamente 30 anos (BARRETO, 2013).

O relevo do PNI caracteriza-se pela presença de montanhas e elevações rochosas, com altitudes que variam de 390 até 2.791,6 metros, com vertentes escarpadas típicas da Serra da Mantiqueira (BARRETO, 2013). A geologia local se destaca pelo depósito de sedimentos coluvionares, que formam corpos de tálus (fragmentos de vários tamanhos de material rochoso que se deposita no sopé das encostas) de grandes dimensões, constituídos predominantemente por blocos e matacões de rochas alcalinas, principalmente os de sienitos, sendo que os blocos de gnaiss são menores e menos frequentes (BARRETO, 2013). Nestas condições, são originados solos de textura argilosa ou com a presença de conglomerados, tais como Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos e Cambissolos Háplicos, principalmente na vertente sul do PNI, na microbacia do rio Campo Belo (BARRETO, 2013), onde foram coletadas as amostras.

Segundo Alvarez et al. (2013), o clima do município de Itatiaia pode ser classificado como do tipo Cwa e Cfb, com períodos frios associados a baixas pluviosidades, e períodos mais quentes coincidindo com a estação chuvosa. As temperaturas variam de 12,1°C a 24,7°C, no inverno, e 24,7°C a 30,9°C, no verão.

Para a avaliação das variáveis do solo, foram coletadas amostras compostas de terra na profundidade de 0-40 cm, com intervalos fixos de 10 cm. Cada uma das 10 amostras compostas por profundidade foi constituída por cinco amostras simples, totalizando 40 amostras compostas por tipo de cobertura, ou 160 no somatório das áreas.

Após o preparo das amostras de terra, foram realizadas as análises granulométricas e do complexo sortivo (SILVA, 2009). A quantificação do carbono orgânico total do solo (COT) seguiu o método descrito por Embrapa (2011). Para a determinação da densidade do solo (Ds), foram coletadas oito amostras indeformadas nas profundidades de 0-60 cm (com intervalos de 10 cm) e duas amostras na profundidade de 60-100 cm, a cada 20 cm de profundidade, totalizando 96 amostras analisadas (SILVA, 2009). Tais amostras de densidade foram coletadas em profundidades superiores a 40 cm para proporcionar o cálculo de correção dos estoques de carbono, apresentado no Capítulo II.

Para as análises do fracionamento químico e granulométrico da MOS, foram coletadas seis amostras compostas formadas a partir de cinco amostras simples, na profundidade de 0-10, em cada cobertura do solo, totalizando 24 amostras compostas. Para a quantificação das frações húmicas, foi aplicada a técnica de solubilidade diferencial (SWIFT, 1996) adaptada por Benites et al. (2003). Já para a obtenção das frações granulométricas, foi utilizado o método descrito

por Cambardella e Elliot (1992). Foram calculados os teores de C (gkg^{-1}) das frações ácido fúlvico, ácido húmico e humina, carbono orgânico particulado e carbono orgânico associado aos minerais.

Na definição das parcelas e análise dos dados do experimento foi assumido o delineamento em blocos ao acaso. Todos os dados foram submetidos à análise de normalidade da distribuição dos erros (Teste de ShappiroWillk) e homogeneidade de variância dos erros (Cochran e Bartlett), sendo necessária a transformação dos dados das variáveis humina e densidade do solo pela função $\sqrt{y_i}$, em planilha eletrônica.

Para todas as variáveis analisadas, considerou-se a influência de múltiplas variáveis ambientais associadas aos diferentes estágios sucessionais e variação altitudinal, sendo estes tratados como experimentos fatoriais. As coletas foram realizadas em novembro de 2015, durante a primavera, início do período de maior precipitação na região. As médias das variáveis do complexo sortivo, COT e Ds foram comparadas pelo teste T de Tukey a 5% de significância. Já as médias do fracionamento químico e granulométrico foram comparadas pelo teste de Duncan a 5% de significância. Todas as análises foram realizadas com auxílio do programa R x 64 2.15.3.

RESULTADOS

Em todas as áreas avaliadas foram observados elevados teores de argila, sendo a classe de textura correspondente do solo da vertente sul do PNI a muito argilosa (Tabela 6). Este resultado pode ser atribuído a influência do material de origem (BARRETO, 2013). Quanto aos teores de areia, são observadas diferenças significativas no horizonte superficial, em que as áreas de FEM e FEA apresentam o dobro dos valores da pastagem (Tabela 6). Na comparação entre as profundidades foi observada diferença significativa apenas para a fração silte em FEM e FEI.

Tabela 6. Textura do solo na vertente sul do Parque Nacional do Itatiaia, RJ, sob diferentes coberturas e usos do solo, em diferentes profundidades (cm).

VARIÁVEL	Área	Profundidade (cm)			
		0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40
Argila (g kg ⁻¹)	P	731,1 Aa	691,5 Aa	739,1 Aa	665,9 Aa
	FEI	693,3 Aa	632,8 Aa	683,1 Aa	626,3 Aa
	FEM	684,3 Aa	686,8 Aa	660,7 Aa	687,1 Aa
	FEA	653,8 Aa	660,9 Aa	744,9 Aa	746,2 Aa
CV = 16,01%					
Areia (g kg ⁻¹)	P	84,4 Ba	95,9 Aa	91,8 Aa	110,1 Aa
	FEI	116,3 ABa	131,8 Aa	124,3 Aa	116,6 Aa
	FEM	154,9 Aa	138,7 Aa	141 Aa	168,6 Aa
	FEA	167,3 Aa	134,7 Aa	130 Aa	166 Aa
CV = 35,91%					
Silte (g kg ⁻¹)	P	184,5 Aa	165 Aa	254 Aa	198,4 Aa
	FEI	190,4 Aab	185,1 Ab	164,25 Ab	227,66 Aa
	FEM	160,8 Aab	200,6 Aa	171,9 Aab	144,6 Ab
	FEA	178,9 Aa	132,6 Aa	123,8 Ba	166,1 Aa
CV = 41,65%					

Letras maiúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa nas comparações entre áreas, para cada profundidade, e letras minúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa nas comparações entre profundidades, para cada área, pelo teste T de Tukey a 5% de significância. Legenda: CV: Coeficiente de variação; P: Pastagem; FEI: Floresta Ombrófila em estágio sucessional inicial; FEM: Floresta Ombrófila em estágio sucessional médio; FEA: Floresta Ombrófila em estágio sucessional avançado.

Os resultados das análises do complexo sortivo indicaram que os teores C no solo decresceram significativamente com o aumento da profundidade, sendo maiores na área de pastagem. Resultados similares foram observados para P, sendo que os teores desse elemento em solos intemperizados são geralmente associados aos teores de carbono do solo. Quanto aos teores de N, foram observadas diferenças significativas entre as áreas de floresta e pastagem, na profundidade de 0-10 cm, e foi não significativa para as coberturas de floresta entre si. Resultados similares foram observados para Na⁺, K⁺, Mg²⁺, S e V (%), com suas respectivas médias, diferenciando-se significativamente entre coberturas avaliadas e em profundidade, sendo geralmente verificados maiores teores em FEI e FEM, parcelas que se situam nas partes mais baixas da encosta. Apesar dos teores elevados de Al³⁺ em FEI e FEM em relação a FEA, e também teores elevados de H+Al em FEA, não foram observadas diferenças significativas entre as coberturas de floresta para o atributo pH. Essas mesmas variáveis, no entanto, apresentaram diferenças significativas entre profundidades (Tabela 7).

Tabela 7. Variáveis químicas e carbono do solo na vertente sul do Parque Nacional do Itatiaia-RJ, sob diferentes coberturas e usos do solo, em diferentes profundidades.

VARIÁVEL	Área	Profundidade (cm)			
		0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40
C (g kg ⁻¹)	P	37,25 Aa	28,18 Aab	21,36 Ab	17,36 Ab
	FEI	31,02 Aa	23,73 Aab	16,44 Aab	14,22 Ab
	FEM	34,03 Aa	26,50 Aab	17,78 Ab	15,52 Ab
	FEA	32,11 Aa	26,14 Aab	18,26 Aab	11,95 Ab
CV = 33,38%					
N (g kg ⁻¹)	P	2,18 Ba	1,87 Aa	1,46 Aa	0,83 Aa
	FEI	3,09 ABba	2,36 Aab	1,64 Aab	1,14 Ab
	FEM	3,47 ABa	2,14 Aa	1,53 Aa	1,79 Aa
	FEA	3,84 Aa	2,25 Aab	1,36 Ab	1,25 Ab
CV = 42,08%					
P (mg kg ⁻¹)	P	1,97 Aa	1,73 Aa	1,06 Aa	0,87 Aa
	FEI	2,70 Aa	1,68 Aab	1,36 Ab	0,97 Ab
	FEM	2,36 Aa	0,79 Ab	0,48 Ab	0,53 Ab
	FEA	2,66 Aa	1,68 Aab	0,96 Ab	0,82 Ab
CV = 51,08%					
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	P	0,019 Aa	0,017 Aa	0,013 Aa	0,010 Aa
	FEI	0,022 Aab	0,030 Aa	0,014 Ab	0,015 Ab
	FEM	0,024 Aa	0,028 Aa	0,019 Aa	0,019 Aa
	FEA	0,002 Bb	0,003 Bb	0,025 Aa	0,013 Aa
CV = 46,76%					
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	P	0,15 Ba	0,010 Bab	0,06 Bb	0,04 Bb
	FEI	0,25 Aa	0,19 Aa	0,18 Aa	0,19 Aa
	FEM	0,21 Aba	0,12 ABb	0,09 Bb	0,09 Bb
	FEA	0,14 Ba	0,09 Bab	0,06 Bb	0,05 Bb
CV = 50,34%					
pH(H ₂ O)	P	4,76 Aa	4,64 Ab	4,66 Aab	4,62 Ab
	FEI	4,04 Bb	4,07 Bb	4,15 Bab	4,19 Ba
	FEM	4,14 Ba	4,14 Ba	4,20 Ba	4,25 Ba
	FEA	4,11 Bc	4,15 Bbc	4,23 Bab	4,28 Ba
CV = 5,51%					
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	P	1,47 Ca	1,67 Da	1,47 Ca	1,45 Ba
	FEI	2,99 Aa	2,80 Bab	2,63 Bb	2,64 Bb
	FEM	3,07 Aa	3,28 Aa	3,16 Aa	3,00 Aa
	FEA	2,65 Ba	2,40 Cab	2,33 Bd	1,94 Cc
CV = 26,35%					
H+Al(cmol _c dm ⁻³)	P	13,12 Ba	11,90 Aa	8,50 Aa	7,59 Aa
	FEI	17,61 Aba	13,59 Aab	11,63 Ab	10,15 Ab
	FEM	18,45 Aa	13,52 Aab	11,60 Ab	11,25 Ab
	FEA	18,84 Aa	15,35 Aab	11,39 Ab	10,19 Ab
CV = 29,66%					

Continua...

Tabela 7: Continuação.

VARIÁVEL	Área	Profundidade (cm)			
		0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	P	0,98 Aa	0,61 Aa	0,42 Ab	0,54 Ab
	FEI	0,83 ABa	0,50 Aab	0,44 Ab	0,36 Ab
	FEM	0,88 ABa	0,40 Ab	0,43 Ab	0,39 Ab
	FEA	0,55 Ba	0,30 Aa	0,28 Aa	0,30 Aa
CV = 41,10%					
	Área	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40
S (cmol _c dm ⁻³)	P	1,18 Ba	0,73 Ab	0,51 Ab	0,58 Ab
	FEI	1,1 Ba	0,73 Aab	0,63 Ab	0,56 Ab
	FEM	1,61 Aa	0,64 Ab	0,55 Ab	0,51 Ab
	FEA	0,83 Ba	0,40 Ab	0,40 Ab	0,37 Ab
CV = 47,01%					
	Área	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40
T (cmol _c dm ⁻³)	P	14,31 Aa	12,65 Aa	9,06 Aa	8,18 Aa
	FEI	18,72 Aa	14,31 Aab	12,27 Ab	10,52 Ab
	FEM	20,05 Aa	14,16 Aab	12,16 Ab	11,76 Ab
	FEA	19,7 Aa	15,81 Aa	11,8 Ab	10,57 Ab
CV = 29,44%					
	Área	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40
V(%)	P	8,3 Aa	5,8 Ab	5,6 Ab	8,6 Aa
	FEI	6,0 Aba	5,2 Aa	5,5 Aa	5,4 Ba
	FEM	8,1 Aa	4,5 ABb	4,3 Ab	4,6 Bb
	FEA	4,3 Ba	2,8 Ba	3,3 Aa	3,5 Ba
CV = 32,36%					

Letras maiúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa nas comparações entre áreas, para cada profundidade, e letras minúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa nas comparações entre profundidades, para cada área, pelo teste T de Tukey a 5% de significância. Legenda: CV: Coeficiente de variação; P: Pastagem; FEI: Floresta Ombrófila em estágio sucessional inicial; FEM: Floresta Ombrófila em estágio sucessional médio; FEA: Floresta Ombrófila em estágio sucessional avançado.

Foram observadas diferenças significativas para a Ds entre as áreas apenas para a camada superficial do solo (0-10 cm), com diminuição das médias desse atributo conforme o avanço do estágio sucessional da floresta. Quanto às diferenças significativas entre profundidades dentro de cada estágio sucessional, FEA apresentou menor Ds em superfície em relação às demais coberturas (Tabela 8).

Tabela 8. Densidade do solo (Ds) da vertente sul do Parque Nacional do Itatiaia, RJ, sob diferentes coberturas e usos do solo, em diferentes profundidades (cm).

ATRIBUTO	Area	Profundidade (cm)			
		0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40
Ds(Mg m ⁻³)	P	0,99 Aa	0,94 Aa	0,83 Aa	1,04 Aa
	FEI	0,88 Aa	0,88 Aa	0,89 Aa	0,97 Aa
	FEM	0,77 Ba	0,81 Aa	0,84 Aa	0,82 Aa
	FEA	0,68 Bb	0,91 Aa	0,98 Aa	1,00 Aa
CV = 14,03%					

Letras maiúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa nas comparações entre áreas, para cada profundidade, e letras minúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa nas comparações entre profundidades, para cada área, pelo teste T de Tukey a 5% de significância. Legenda: CV: Coeficiente de variação; P: Pastagem; FEI: Floresta Ombrófila em estágio sucessional inicial; FEM: Floresta Ombrófila em estágio sucessional médio; FEA: Floresta Ombrófila em estágio sucessional avançado.

Quanto aos teores de C nas frações da MOS, foram verificadas diferenças significativas apenas para a fração humina entre as coberturas de FEA e pastagem, não sendo observadas diferenças entre as demais frações (ácidos fúlvico e húmico) e granulométricas (carbono

orgânico particulado e carbono orgânico associado aos minerais) da MOS. De maneira geral, os resultados de fracionamento químico da MOS mostram o predomínio da fração humina em todas as áreas, sendo observado aumento da estabilidade da matéria orgânica em função do avanço do estágio sucessional, com menores valores médios na cobertura de pastagem, seguida por FEI, FEM e FEA. Para o fracionamento granulométrico, não foram verificadas diferenças significativas entre as coberturas; porém, os valores de COT e carbono orgânico associado aos minerais são comparativamente maiores na área de pastagem e os de carbono orgânico particulado na área FEA. A tabela 9 apresenta as comparações entre médias para o fracionamento químico e granulométrico.

Tabela 9. Fracionamento químico e granulométrico da matéria orgânica do solo da vertente sul do Parque Nacional do Itatiaia, RJ, sob diferentes coberturas e usos, em diferentes profundidades (cm).

ATRIBUTO	Área	<u>Profundidade (cm)</u>
		0-10
Ácido Fúlvico(g kg ⁻¹)	P	3,97 A
	FEI	4,34 A
	FEM	4,28 A
	FEA	4,46 A
	CV = 14,03%	
Ácido Húmico(g kg ⁻¹)	P	3,70 A
	FEI	4,34 A
	FEM	4,74 A
	FEA	4,48 A
	CV = 21,32%	
Humina(g kg ⁻¹)	P	23,46 B
	FEI	24,57 AB
	FEM	24,67 AB
	FEA	33,83 A
	CV = 31,56%	
Carbono orgânico particulado(g kg ⁻¹)	P	10,72 A
	FEI	8,80 A
	FEM	10,30 A
	FEA	12,27 A
	CV = 43,01%	
Carbono orgânico associado aos minerais(g kg ⁻¹)	P	28,65 A
	FEI	18,82 A
	FEM	21,08 A
	FEA	21,81 A
	CV = 45,97%	

DISCUSSÃO

Valores médios elevados da fração argila nas áreas de pastagens podem ser atribuídos ao aumento relativo de argila em superfície nos solos com essa forma de uso, pela sua perda por erosão no horizonte A e do próprio horizonte superficial com exposição do subsuperficial (BA ou mesmo B). Este padrão foi anteriormente citado para o Médio Vale do Paraíba do Sul, sendo decorrente da associação de fatores como a ausência de cobertura florestal, compactação e declividade acentuada (DANTAS e COELHO NETO, 2013). Nas áreas com cobertura florestal a energia de arraste das águas superficiais é menor, devido à proteção do solo desempenhada pela floresta e pela camada de serapilheira contra o impacto direto da água das chuvas. Nestas condições, o horizonte superficial do solo perde principalmente as partículas mais finas, o que promove o aumento relativo dos teores de areia em superfície.

A diminuição dos teores de C em profundidade, como já esperado, nas áreas de floresta pode ter influenciado a disponibilidade de P, uma vez que em solos intemperizados e sem a adição de fertilizantes a principal fonte de fósforo é a matéria orgânica, sendo assim influenciada pelos teores de carbono orgânico e a atividade de organismos (ARAÚJO, et al., 2011).

Quanto à alteração dos teores de N conforme o avanço dos estágios sucessionais, apesar de não se observar diferença estatística significativa, dado ao fato que são parcelas experimentais em condições naturais com maior coeficiente de variação, é provável que ocorram diferentes estratégias de aquisição, transporte e assimilação de formas inorgânicas de N, conforme observado por Aidar et al. (2003). O mesmo autor cita ainda a maior eficiência dos ecossistemas florestais na incorporação de N na biomassa e posterior mineralização. Resultados similares foram obtidos por Fernandes et al. (2014) em Pinheiral, onde os autores avaliaram variáveis edáficas e da matéria orgânica em diferentes estágios sucessionais de floresta secundária e pastagens, em que os maiores teores de N ocorrem em áreas de floresta sendo atribuído à qualidade e quantidade de material vegetal aportado e concluem pelas melhores condições edáficas nessa cobertura.

Os solos nas áreas das parcelas são caracterizados como ácidos, por apresentarem médias de pH inferiores a seis (EMBRAPA, 2011). Os maiores valores de pH foram observados na pastagem, distinguindo-se significativamente das áreas de florestas em todas as profundidades. Uma vez que a pastagem não é manejada, ou seja, não foi feita a calagem, este resultado é provavelmente associado aos teores de ácidos orgânicos (fúlvicos e húmicos) nas parcelas com cobertura de floresta, que levam a redução dos valores de pH.

De maneira geral, os solos das áreas de floresta e de pastagem apresentam baixos teores de nutrientes quando comparados aos solos avaliados por Fernandes et al. (2014), no Médio Vale do Paraíba do Sul, destacando-se apenas os valores de Na^+ e K^+ , que foram superiores àqueles encontrados no estudo citado. Esse padrão pode ser atribuído à natureza do material de origem dos solos do PNI, sedimentos coluvionares previamente alterados, e a intensa condição de intemperismo favorecida pela vegetação e as condições de umidade predominantes no PNI.

Menores valores médios de Na^+ (0-10 e 10-20 cm) e V% (0-10 e 10-20 cm) foram quantificados na área FEA, em relação às demais coberturas, o que pode ser atribuído ao fato de a referida área estar localizada em cotas superiores da encosta. Nesta condição de declividade acentuada, associada à elevada pluviosidade, a perda de bases é favorecida no sentido da parte superior para a base da encosta. Este padrão foi descrito por Botrelet et al. (2002), que verificaram o aumento da fertilidade dos solos de uma catena do topo para a base da encosta.

Apesar da área de pastagem ocorrer em uma porção da encosta superior em comparação a área de FEI, foi observado um padrão inverso ao notado entre FEA e FEM para o Valor S. Esse padrão está relacionado ao aumento de matéria orgânica, que conduziu à maior CTC e, conseqüentemente, maior retenção de bases.

Verificou-se, também em comparação ao estudo de Fernandes et al. (2014), baixa concentração de Ca^{+2} nas áreas FEA e de pastagem e valores desse nutriente abaixo do limite quantificável pelo método nas áreas FEI e FEM. Este resultado foi atribuído aos baixos teores de Ca^{+2} nos minerais que constituem o material de origem dos solos, predominantemente sedimentos originados de sienitos e gnaisses (BARRETO, 2013).

Os valores de Ds foram relativamente baixos para solos minerais (abaixo de $1,0 \text{ Mg m}^{-3}$) (BRADY, 2013), o que pode estar relacionado à quantidade de material orgânico, que favorece a agregação e aumenta a porosidade, e a presença de muitas raízes nas amostras de solo, em especial na FEA (0-10cm), que apresentou as menores médias de Ds. Quanto à comparação entre as coberturas, Santos et al. (2010) mostram maiores valores de Ds em áreas de pastagem em comparação a floresta secundária, atribuindo o resultado ao pisoteio do solo pelo gado. No entanto, a área de pastagem não vem sendo utilizada com animais, o que permitiu a recomposição parcial da agregação do solo, também favorecida pelas raízes das gramíneas.

Além das diferentes coberturas do solo avaliadas neste estudo, deve-se considerar também a influência altitudinal, uma vez que as comunidades ocorrem ao longo de um gradiente altimétrico que se estende desde 660 em FEI até 880 metros de altitude onde está localizada a área FEA. Segundo Vieira et al. (2011), em seus estudos em Floresta Ombrófila Densa até a cota 1.000 metros, a elevação altitudinal favorece maiores estoques de carbono e a consequente estabilização da MOS, sendo detectada pelos autores uma correlação direta entre a diminuição da temperatura do ar e do solo e aumento do estoque de carbono. Portanto, as formações florestais presentes em cotas elevadas, como as florestas Montana e Altomontana, tendem a estocar mais C e N no solo, devido à diminuição da atividade de organismos decompositores e das taxas de respiração.

Corroborando com os estudos de Vieira et al. (2011), a relação entre o carbono do extrato alcalino (C-EA=carbono ácido fúlvico + carbono ácido húmico) e o carbono da fração humina (C-EA/C-HUM), apresentou resultados inferiores a 0,5. Este resultado indica que as frações mais estáveis predominam sobre as demais (ácidos fúlvico e húmico) em todas as coberturas avaliadas, principalmente em FEA, onde os valores elevados para fração humina indicaram a alta estabilidade da MOS. O que é um aspecto favorável no sentido de reduzir o potencial de perda de C, seja por respiração, erosão ou translocação. Sob temperaturas elevadas, as perdas de carbono e nitrogênio do solo são intensificadas devido ao aumento das taxas de decomposição da matéria orgânica e da respiração microbiana no solo (SOUSA NETO et al., 2011). Logo, em cotas altitudinais elevadas, onde são verificadas menores temperaturas, as taxas de degradação da MOS pela atividade microbiana tendem a ser menores.

Estudos realizados por Vieira et al. (2011) em ecossistemas em cotas elevadas confirmam a tendência de estabilização da MOS. Por outro lado, foi observada a redução dos estoques de C, principalmente em altitudes acima de 2000 metros (LOOBY et al., 2016), devido às restrições fisiológicas impostas às espécies e a diminuição da produção de biomassa dos ecossistemas.

Os menores valores de ácidos fúlvicos e húmicos podem ser devidos à complexação das moléculas orgânicas oriundas da decomposição de material vegetal aportado ao solo, formando estruturas de maior complexidade como a humina. Ou ainda perdas por lixiviação, como indicado pela relação ácido húmico/ácido fúlvico com valores superiores a 1,0 em floresta (FONTANA et al., 2006), favorecidas pela declividade e índice de precipitação pluviométrica acentuados. Outro fator relevante é a mineralização, principalmente nos estágios iniciais de sucessão, em que os teores de nitrogênio da biomassa e as temperaturas elevadas favorecem a atividade microbiana. Já na área de pastagem, os valores da relação ácido húmico/ácido fúlvico (0,93) foram baixos. O que pode ser devido à degradação de humina ou a outro fator no sistema que está desfavorecendo a formação de moléculas complexas (FONTANA et al., 2006).

Apesar dos elevados valores de carbono orgânico associado aos minerais indicarem certa estabilidade da MOS na área de pastagem, os valores médios de humina foram significativamente inferiores em comparação às áreas de floresta, sugerindo menor estabilidade (PEREIRA et al., 2012). Valores elevados de carbono no solo em áreas de pastagem resultam da quantidade e qualidade dos resíduos vegetais adicionados em sistemas com predomínio de gramíneas (LOSS et al., 2014).

Os maiores valores de carbono orgânico particulado e, conseqüentemente os menores valores de carbono orgânico associado aos minerais na área FEA, podem ser decorrentes do maior aporte de serapilheira e da qualidade do material vegetal nessa área. Embora estes parâmetros não tenham sido avaliados, segundo Fernandes et al. (2014), predominam em estágios avançados da sucessão florestal material vegetal com elevada relação C/N, condição que, quando associada às baixas temperaturas observadas em cotas elevadas, favorecem a redução das taxas de mineralização e conseqüente manutenção de material vegetal particulado na MOS.

CONCLUSÕES

As diferentes coberturas, de pastagem e estágios sucessionais de floresta ombrófila, e a posição na encosta das áreas experimentais influenciaram o padrão de distribuição das frações da matéria orgânica do solo e das variáveis físicas e químicas do solo.

A ausência de ação antrópica na área de pastagem, associada às baixas temperaturas e curtos períodos de estiagem na região, favoreceu a elevação dos teores de carbono, que ocorreu na forma de moléculas menos estáveis. Já nas áreas de florestas, além dos elevados teores de carbono, foi observado o aumento da estabilidade das moléculas orgânicas em função do avanço do estágio sucessional, indicando que tais coberturas são mais eficientes que a pastagem no sequestro e estabilização do C.

De maneira geral, as diferentes coberturas avaliadas apresentaram valores de C no solo que indicam sua conservação nos sistemas. Este aspecto é relevante dada à importância da preservação da matéria orgânica do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDAR, M. P. M.; SCHMIDT, S.; MOSS, G.; STEWARD, G. R.; JOLY, C. A. Nitrogen use strategies of neotropical rainforest trees in threatened Atlantic Forest. **Plant, Cell and Environment**, New Jersey, v. 26, n. 3, p. 389–399, 2003.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S.; SILVA, I. R.; OLIVEIRA, E. K. Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 41, n. 1, p.103 – 114, 2011.
- BARRETO, C.G.; CAMPOS, J.B.; ROBERTO, D.M.; ROBERTO, D.M.; SCHWARZSTEIN, N.T.; ALVES, G.S.G.; COELHO, C. **Plano de Manejo do Parque Nacional do Itatiaia**. Encarte 2 e 3 - Análise da Unidade de Conservação. Brasília, 2013.
- BENITES, V.M.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O.A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo**. Comunicado Técnico 16, Ed. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 2003.
- BOTREL, R. T.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RODRIGUES, L. A.; CURI, N. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n.2, p. 195-213, 2002.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da Natureza e propriedades dos solos**. Porto Alegre: Bookman, 3 ed. 2013, 704p.
- CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Carbon and nitrogen distribution in aggregates from cultivated and native grassland soil. **Soil Science Society or America Journal**, Madison, v. 57, p. 1071-1076, 1992.
- DANTAS, M.E. e COELHO NETO, A.L., 2013. **Resultantes Geo-hidroecológicas do ciclo cafeeiro (1780-1880) do MédioVale do Paraíba do Sul: Uma análise quali-quantitativa**. Disponível em:<http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01017591996000100006&lng=pt&nrm=iso> Acesso em: 27/06/2013.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: CNPS/Embrapa, 2 ed. 2011, 230p.
- FERNANDES, G.R.; PEREIRA, M.G.; MENEZES, C.E.G.; ANJOS, L. H. C.; CORREIA, M.E.F.C. Atributos químicos e físicos do solo sob pastagem e estádios sucessionais de floresta estacional. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 113, n. 1, p. 47-56, 2014.
- FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; SALTON, J.C.; CUNHA, T.J.F. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 847-853, 2006.

- IBGE. **Manual técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2 ed. 2013, 271 p.
- LIMA, M.A., BODDEY, R.M., ALVES, B.J.R., MACHADO, P.L.O.A., URQUIAGA, S. 2012: **Estoque de carbono e emissões de gases do efeito estufa na agropecuária brasileira**. Brasília: Embrapa, 1 ed. 2012, 347p.
- LOOBY, C.I.; MALTZ, M.R.; TRESEDER, K.K. 2016. Belowground responses to elevation in a changing cloud Forest. **Ecology and Evolution**, United Kingdom, v. 6, n. 7, p. 1996-2009, 2016.
- LOSS, A.; RIBEIRO, E.C.; PEREIRA, M.G.; COSTA, E.M. 2014. Atributos físicos e químicos do solo em sistemas de consórcio e sucessão de lavoura, pastagem e silvipastoril em Santa Teresa, ES. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 5, p. 1347-1357, 2014.
- MORAES, L. F. D.; CAMPELLO, E. F. C.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A. Características do solo na reestruturação de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 193-206, 2008.
- PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Granulometric and humic fractions carbon stocks of soil organic matter under no-tillage system in Uberaba, Brazil. **Tropical and subtropical Agroecosystems**, Mérida, v. 15, n. 1, p. 1-13, 2012.
- SANTOS, A. DO C.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. DOS; BERNINI, T. DE A.; COOPER, M.; NUMMER, A. R.; FRANCELINO, M. R. Gênese e classificação de solos numa toposequência no ambiente de mar de morros do Médio Vale Do Paraíba Do Sul, RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p.1297-1314, 2010.
- SOUSA NETO, E.; CARMO, J. B.; KELLER, M.; MARTINS, S. C.; ALVES, L. F.; VIEIRA, S. A.; PICCOLO, M. C.; CAMARGO, P.; COUTO, H. T. Z.; JOLY, C. A., Soil-atmosphere Exchange of nitrous oxide, methane and dioxide in a gradient of elevation in the coastal Brazilian Atlantic Forest. **Revista Biogeosciences**, Katlenburg-Lindau, v. 8, n. 3, p. 733-742, 2011.
- SILVA, F. C. **Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Ed. Embrapa informação tecnológica, 2009, 627p.
- SWIFT, R. S. Organicmattercharacterization. In: SPARKS, D. L.; PAGE, A. L.; HELMKE, P. A.; LOEPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.; TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C. T.; SUMNER, M. E. **Methods of soil analysis**. Madison: Ed. SSSA: ASA, 1996, p.1011-1020.
- VIEIRA, S.A.; ALVES, F.A.; DUARTE-NETO, P.J.; MARTINS, S.C.; SCARANELLO, M.A.; PICCOLLO, M.C.; CAMARGO, P.B.; CARMO, J.B.; SOUSA NETO, E.; SANTOS, F.A.M.; VEIGA, L.G.; JOLY, C.A.; MARTINELLI, L.A. Stocks of carbon and nitrogen and partitioning between above- and belowground pools in the Brazilian coastal Atlantic Forest elevation range. **Ecology and Evolution**, New Jersey, v. 1, n. 3, p. 421-434, 2011.

6. CAPÍTULO II

ORIGEM E ESTOQUE DE CARBONO EM DIFERENTES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS E PASTAGEM NÃO MANEJADA, PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA-RJ

RESUMO

ecossistêmicos, especialmente o sequestro de carbono (C) no solo e na fitomassa. Tal estado de degradação decorre de profundas modificações da paisagem, provocadas pela aplicação de técnicas agrícolas inadequadas, sendo predominantes, atualmente, fragmentos secundários em diferentes estágios de sucessão, cercados por pastagens não manejadas. Considerando esse cenário, faz-se necessária a realização de estudos que indiquem: qual o papel destas diferentes coberturas para o estoque de C no solo e na fitomassa? Pastagens são realmente eficientes no estoque de C? Medidas preservacionistas podem favorecer o estoque nessas coberturas? Para responder a essas questões foram selecionadas áreas no Parque Nacional do Itatiaia (PNI), que possuem histórico de uso e ocupação dos solos similar ao restante da região, sendo essas: um trecho de pastagens não manejadas (P) e diferentes estágios de sucessão (FEA – avançado, FEM – médio e FEI – inicial) de Floresta Ombrófila Densa. Foram coletadas amostras de solo para determinação dos estoques e origem do carbono, bem como, amostras da fitomassa de pastagens e de compartimentos florestais (serrapilheira, sub-bosque com $DAP \leq 5\text{cm}$). Já o estoque na fitomassa florestal foi calculado por métodos indiretos não destrutivos. As análises indicaram que, apesar de pastagem apresentar média de estoque de C no solo superior na camada superficial, predomina em profundidade, carbono de origem florestal acumulado no passado. Cabe também ressaltar a elevada capacidade de conversão de carbono origem C_3 em C_4 em superfície (0-10 cm) de pastagem. Quanto ao estoque na fitomassa, os diferentes estágios sucessionais foram superiores a pastagem, bem como no estoque de C total (solo+fitomassa). Já quando comparado a outras formações florestais regionais, às médias elevadas de estoque obtidas para os estágios sucessionais indicam que, provavelmente, as medidas preservacionistas adotadas pelo PNI, associadas às condições climáticas e altitudinais, favoreceram o estoque de C nas formações avaliadas.

Palavra chave: Mudanças do uso da terra. Floresta secundária. Emissões de carbono

ABSTRACT

The secondary forests of the Middle Valley of Paraíba do Sul represent only a fraction of the cover they originally had, but they are responsible for numerous environmental services, especially carbon sequestration (C) in soil and phytomass. This state of degradation results from profound landscape modifications, caused by the application of inadequate agricultural techniques, and secondary fragments in different stages of succession, surrounded by unmanaged pastures, predominate today. Considering this scenario, it is necessary to carry out studies that indicate: what is the role of these different coverings for the soil and phytomass C stock? Are pastures really efficient in stocking C? Can preservationist measures favor stockpiling on these coverages? To answer these questions, areas in the Itatiaia National Park (PNI) were selected, which have a history of land use and occupation similar to the rest of the region, namely: a stretch of unmanaged pasture (P) and different stages of succession (FEA - advanced, FEM - medium and initial FEI) of Dense Ombrophyllous Forest. Soil samples were collected to determine carbon stocks and origin, as well as samples of pasture and forest compartments (litter, understory with $DBH \leq 5\text{cm}$). The stock in the forest phytomass was calculated by indirect non-destructive methods. The analysis indicated that, although pasture presents average C stock in the upper soil in the superficial layer, it predominates in depth, carbon of forest origin accumulated in the past. It is also worth mentioning the high conversion capacity of carbon source C3 to C4 in pasture surface (0 -10 cm). Regarding the stock in the phytomass, the different successional stages were higher than pasture, as well as the total C stock (soil + phytomass). When compared to other regional forest formations, the high stock averages obtained for successional stages indicate that, probably, the preservation measures adopted by the PNI, associated with climatic and altitudinal conditions, favored the C stock in the evaluated formations.

Key words: Land use change. Secondary forest. Carbon emissions

INTRODUÇÃO

As florestas tropicais são responsáveis, dentre outros serviços ecossistêmicos, por aproximadamente 36% da troca líquida de carbono entre a atmosfera e a vegetação terrestre (MELILLO et al., 1993), além de contribuírem significativamente para os estoques de carbono e nitrogênio na fitomassa e no solo (BROWN & LUGO 1984; DIXON et al., 1994; BROWN et al., 1995; PHILLIPS et al., 1998; HOUGHTON 2005; HOUGHTON et al., 2009). Apesar de sua relevância, no Brasil, o desflorestamento vem reduzindo os serviços ecossistêmicos prestados, e em associação com as conversões de formações savânicas, respondem por elevada quantidade de CO₂ emitido pelo país (CERRI & CERRI, 2007).

Outros impactos negativos, promovidos pela mudança do uso da terra, podem ser observados nas regiões inseridas no Bioma Mata Atlântica, especialmente no Médio Vale do Paraíba do Sul, onde a implantação de fazendas de café a partir de 1780 (DRUMMOND, 1997), promoveu profundas modificações na paisagem (DEAN, 1996), resultando na emissão de milhões de toneladas de carbono estocado na fitomassa e no solo.

Nesta região, a retirada da vegetação, associada ao relevo declivoso e ao emprego de técnicas agrícolas inadequadas, favoreceram a rápida degradação dos solos e o conseqüente declínio da produção, obrigando os produtores a converterem suas lavouras em pastagens ou simplesmente abandoná-las. Esse processo permitiu o desenvolvimento de florestas secundárias, que atualmente encontram-se descontínuas e em diferentes estágios de regeneração. Além de se tratarem de reconhecidos sumidouros de carbono (MCCARTHY et al., 2001; SALOMON et al., 2007; LIMA, et al., 2012; MARKEWITZ et al., 2004; NAPSTAD et al., 2001; SOMMER et al., 2002), os fragmentos florestais secundários realizam, também, outros serviços ecossistêmicos como a preservação da diversidade florística regional, a manutenção do ciclo hidrológico, proteção dos solos e a regulação climática local, sendo as populações humanas beneficiadas diretamente por tais serviços.

Considerando a relevância destas formações, faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas que caracterizem sua estrutura e funcionamento (DOMINGOS et al., 1998; MORAES et al., 1999; VILLELA et al., 2006; JOLY et al., 2008; VIEIRA et al., 2008), sobretudo frente à grande heterogeneidade ambiental a que estão submetidas, permitindo assim o desenvolvimento de estratégias de manejo e preservação.

Nesse contexto, foram selecionados para estudo, trecho de pastagem não manejada e de floresta secundária, em diferentes estágios de sucessão, ocorrentes na vertente sul do Parque Nacional do Itatiaia (PNI). As premissas do trabalho são de que: i) O carbono presente nos solos é proveniente, predominantemente, de formações florestais; e ii) São realmente efetivas às medidas preservacionistas adotadas pelo PNI para aumentar o estoque de carbono no solo.

O objetivo do estudo foi o de verificar se as diferentes coberturas contribuem positivamente para aumentar o estoque de carbono no solo e na fitomassa, bem como determinar a origem do carbono presente no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O Parque Nacional do Itatiaia (PNI), na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, possui cerca de 30.000 ha e se estende pelos municípios de Resende e Itatiaia, no estado do Rio de Janeiro, e Aiuruoca, Liberdade e Itamonte ao sul de Minas Gerais. Sua variação altitudinal favorece a ocorrência de inúmeros ecossistemas, que variam desde campos de altitude, na parte alta, a diferentes formações florestais na parte baixa (IBAMA, 1997).

As áreas selecionadas para o estudo encontram-se no município de Itatiaia, na vertente Sul do Parque (22°30' e 22°33'S; 42°15' e 42°19'W). Tais vertentes recebem diretamente os ventos úmidos oriundos do oceano, o que favoreceu a ocorrência da Floresta Ombrófila Densa em aproximadamente 12% da área total do PNI (BARRETO, 2013).

O relevo do PNI caracteriza-se pela presença de montanhas e elevações rochosas, com elevações que variam de 390 até 2.791,6 metros, com vertentes escarpadas típicas da Serra da Mantiqueira (BARRETO, 2013). A geologia, na parte do Parque abaixo de 1000 metros, se destaca por depósito sedimentares coluvionares, que formam corpos de tálus de grandes dimensões, constituídos predominantemente por blocos e matações de rochas alcalinas, principalmente os de sienitos, sendo os de gnaiss menores e menos frequentes (SANTOS, 2000). Nessas condições, são originados solos argilosos, como o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, ou conglomeráticos, como os Cambissols Háplicos, que predominam na microbacia do Rio Campo Belo, vertente sul do PNI, (SANTOS, 2000).

Segundo Alvares (2014) o clima do município de Itatiaia pode ser classificado como do tipo Cwa e Cfb, com períodos frios associados a baixas pluviosidades e períodos mais quentes coincidindo com as chuvas. As temperaturas variam de 12,1°C a 24,7°C no inverno e 24,7°C a 30,9°C no verão (PIRES, 2006).

6.4.1 Amostragem e Métodos Analíticos

Os pontos amostrais foram distribuídos ao longo de trechos de encosta com diferentes coberturas vegetais, sendo essas: um trecho de pastagem não manejada (P) (690 metros de elevação) e três trechos de Floresta Ombrófila Densa Montana (IBGE, 2013) em estágios inicial (FEI) (640m), médio (FEM) (710m) e avançado (FEA) (880m) de sucessão ecológica (GANDOLFI et al., 1995).

Para coleta das amostras de solo e determinação da densidade, estoque e origem do carbono, foram abertas em cada cobertura vegetal, três trincheiras de 1 x 1 x 1 m, essas subdivididas em intervalos regulares de 10 cm, até 60 cm de profundidade, outras duas outras amostras foram coletadas a cada 20 cm, entre 60-100 cm, totalizando 24 amostras por área. Para determinação da densidade do solo, foi utilizada metodologia descrita por Embrapa (2009), sendo esses resultados utilizados para correção entre as massas de amostras de solo sob pastagem e estágios de regeneração natural. Já a quantificação do carbono orgânico total (COT), seguiu o método da digestão ácida, descrito por Yeomans&Bremmer (1988), sendo o cálculo do estoque de carbono realizado com auxílio do modelo descrito por Freixo et al. (2002).

$$\text{COT (Mg ha}^{-1}\text{)} = (\text{C} \cdot \text{Ds} \cdot \text{e}) / 10 \text{ (em g kg}^{-1}\text{)}$$

Onde:

COT= Carbono orgânico total (Mg ha⁻¹), **C**= teor de carbono na camada (g kg⁻¹), **Ds**= densidade do solo (Mg m³), **e** = espessura da camada em análise (cm)

Para quantificação da fitomassa seca da parte aérea de pastagens, foram coletadas 10 amostras, sistematicamente distribuídas na encosta, com auxílio de gabarito de madeira 1 m x 1 m. Posteriormente, as plantas presentes em seu interior foram cortadas na altura do coleto, acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório para determinação de peso úmido. Após a pesagem, foi retirada uma sub amostra de 200 g, que foi seca em estufa a 65°C até

atingir peso constante, sendo o peso seco médio utilizado para o cálculo de estoque de carbono e, posteriormente, extrapolado para 1 ha.

Já para a quantificação da fitomassa seca da parte aérea, dos diferentes estágios sucessionais ($\text{ind} > 5$ cm de DAP), foram utilizadas médias das variáveis dendrométricas (DAP e Altura total), obtidas pelo estudo fitossociológico (0,4 ha de amostragem em cada estágio sucessional), sendo empregado o método indireto de estimativa da fitomassa seca, com auxílio do modelo proposto por Brown (1989). Modelo esse, construído com base em indivíduos com DAP de inclusão a partir de cinco centímetros.

$$\text{Ps(kg)} = \text{Exp}\{-3,3012 + 0,9439 * \text{Ln}(\text{DAP}^2 * \text{H})\}$$

Onde:

Ps= peso seco (kg), **DAP** = diâmetro à altura do peito (>5cm), **H** = altura total (m)

Quanto a determinação da fitomassa do extrato florestal com $\text{DAP} < 5$ cm (sub bosque), bem como da serrapilheira, foram instaladas 10 sub parcelas de 1 x 1 metros em cada estágio sucessional. Cada indivíduo foi cortado ao nível do solo, armazenado em sacos plásticos e levados ao laboratório para obtenção do peso úmido, sendo, então, retirada uma subamostra de 200 g. A serrapilheira presente no interior das subparcelas também foi coletada, seguindo os mesmos procedimentos metodológicos.

Todo material foi posteriormente seco em estufa, a 65°C , até atingir peso constante. Após obtenção do peso seco, foi realizado o cálculo do estoque de carbono na fitomassa do sub-bosque e da serrapilheira, sendo suas médias extrapoladas para 1 ha.

Quanto à estimativa da fitomassa do sistema radicular de pastagem, foram utilizadas as trincheiras previamente construídas para coleta de seis amostras indeformadas, com auxílio do monólito de $0,5 \text{ dm}^{-3}$. O material radicular foi separado do solo e posteriormente levado a estufa a 65°C , para obtenção do peso seco. Já para estimativa da fitomassa do sistema radicular das áreas de floresta, foi utilizada a proporção média de 30% da fitomassa da parte aérea estimada por Cairns et al. (1997) e Lima et al. (2006), para florestas tropicais.

Para a estimativa do estoque total de carbono na fitomassa, foi somado o estoque de carbono por hectare de cada compartimento (serrapilheira, floresta $\text{dap} > 5\text{cm}$ + sistema radicular, sub bosque $\text{dap} < 5\text{cm}$ + sistema radicular) após conversão pela equação:

$$\text{EC} = \text{Fs} * 0,5$$

Onde:

EC = estoque de carbono, **Fs**= fitomassa seca (Mg ha^{-1}), **0,5** = fator de conversão, equivalente ao teor médio de lignina no tecido vegetal de espécies tropicais (COOPER, 1983; BROW & LUGO, 1984; BROW et al., 1986; SCHROEDER et al., 1992; In SOARES & OLIVEIRA, 2002)

O estoque de carbono foi calculado para pastagens (sistema radicular e parte aérea de pastagem) a partir da quantificação do C nas amostras, pelo método da digestão ácida, descrito por Yeomans & Bremmer (1988).

Para verificação da procedência do carbono estocado no solo e da substituição do carbono conforme as diferentes coberturas vegetais foi empregada a técnica de análise isotópica que avalia a abundância natural do isótopo ^{13}C nas amostras de solo. A análise baseia-se no processo de discriminação do isótopo ^{13}C em detrimento do isótopo ^{12}C conforme os processos fotossintéticos diferenciados para cada grupo de espécies. Nesses processos, espécies C_3 apresentam maior proporção de ^{12}C em relação à ^{13}C em seus tecidos, enquanto plantas C_4 apresentam maiores concentrações de ^{13}C . Essa discriminação isotópica ocorre devido

à diferença de massa molecular entre ^{12}C e ^{13}C , e pelo grau de discriminação de ^{13}C promovido pela enzima rubisco, durante processo de carboxilação, em plantas C_3 . Contrariamente, em plantas C_4 , o efeito da discriminação isotópica é menor durante a fixação de carbono pela enzima PEP carboxilase, promovendo assim, diferenças na fixação de isótopos ^{13}C conforme o ciclo fotossintético (TAIZ & ZEIGER, 1998).

Neste sentido, o material coletado em cada uma das trincheiras foi seco ao ar, destorroado, macerado e enviado para o Laboratório de Isótopos Estáveis do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), sendo quantificadas as concentrações do isótopo ^{13}C e apresentada na forma de $\delta^{13}\text{C}$, que variam de aproximadamente -12‰, para carbono originário de plantas C_4 , até -28‰, para carbono proveniente de plantas C_3 (SMITH & EPSTEIN, 1971).

Já a quantificação da proporção de carbono original (C_3) substituído pela nova vegetação (C_4), foi calculada pela equação proposta por Balesdent et al. (1988).

$$\% \text{MOSf} = [(\delta^{13}\text{C}_B - \delta^{13}\text{C}_A) / (\delta^{13}\text{C}_F - \delta^{13}\text{C}_A)] * 100$$
$$\% \text{MOSA} = 100 - \% \text{MOSf}$$

Onde:

%MOS_F - proporção da matéria orgânica do solo derivada da vegetação nativa (C_3), que possui uma marcação natural $\delta^{13}\text{C}_F$.

%MOS_A - proporção da matéria orgânica do solo derivada da vegetação secundária (C_4), que possui uma marcação natural $\delta^{13}\text{C}_A$.

$\delta^{13}\text{C}_A$ - marcação natural da vegetação C_4

$\delta^{13}\text{C}_B$ - marcação natural do C do solo sob a nova vegetação

Fonte: Alvez et al. (2006)

Todos os dados foram submetidos à análise de normalidade da distribuição dos erros (Teste de Shapiro-Wilk / R x 64 2.15.3) e homogeneidade de variância (Cochran e Bartlett / R x 64 2.15.3). Já às médias das variáveis foram comparadas pelo teste t de Tukey, para amostras independentes, ao nível de 95% de probabilidade, com auxílio do programa R x 64 2.15.3).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Peso Seco e COT da Fitomassa de Floresta e Estoque de Carbono no Solo

A quantificação do peso seco e do estoque de carbono na fitomassa, nas diferentes coberturas do solo, indicou que estágios sucessionais de Floresta possuem maiores médias destas variáveis em relação à pastagem, sendo que o estágio avançado teve as maiores médias em relação aos demais (Tabela 10).

Tabela 10. Fitomassa e estoque de carbono nos diferentes compartimentos florestais e em área de pastagem, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

VARIÁVEL	ÁREA	PS (Mg ha ⁻¹)	EC (Mg ha ⁻¹)
Serrapilheira	FEA	5,364 A	0,94 A
	FEM	6,002 A	1,13 A
	FEI	5,050 A	0,86 A
		CV = 38,28%	CV = 42,52%
Sub-bosque + raiz	FEA	2,51 A	0,503 A
	FEM	1,08 B	0,202 B
	FEI	0,95 B	0,177 B
		CV = 65,75 %	CV = 71,86%
Floresta + raiz	FEA	223,192 A	111,59 A
	FEM	185,018 A	92,50 A
	FEI	102,493 B	51,24 B
		CV = 81,96%	CV = 81,96 %
Totais	FEA	231,073 A	113,04 A
	FEM	192,09 B	93,84 B
	FEI	108,493 C	52,29 C
	P	8,173 D	1,51 D
		CV = 64,21 %	CV = 66,52 %

Legenda: FEA: Floresta Estacional de Estágio Avançado, FEM: Floresta Estacional de Estágio Médio, FEI: Floresta Estacional de Estágio Inicial de Regeneração, P: Pastagem, Ps: Peso Seco, EC: Estoque de Carbono, CV: Coeficiente de variação, N SIG: Nível de Significância.

Quanto ao estoque de carbono no solo, pastagem, FEM e FEI apresentaram médias significativamente superiores a FEA na profundidade 0-10 cm, sendo observado decréscimo nas demais profundidades, enquanto FEA apresentou ligeiro incremento na profundidade de 0-20 cm (Tabela 11). Já na comparação global dos estoques de C presentes no solo e na fitomassa, é observada média significativamente superior em floresta, com valores totais em FEA equivalentes ao dobro do estoque em pastagem (Tabela 10).

Tabela 11. Estoque de carbono no solo e total, sob diferentes coberturas, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

AREA	EC Solo (Mg ha ⁻¹)				EC total(Fitomassa + solo)
	0-10	0-20	20-30	30-40	0-40
FEA	21,83 Bab	23,73 Aa	17,89 Aab	11,98 Ab	188,62 A
FEM	26,10 Aba	21,33 Aab	14,89 Aab	12,78 Ab	168,97 B
FEI	27,32 Aba	20,97 Aab	14,55 Ab	13,84 Ab	128,98 C
P	34,30 Aa	26,54 Aab	17,66 Ab	17,99 Ab	98,035 D

CV = 30,5%

CV = 24,33 %

Legenda: FEA: Floresta Estacional de Estágio Avançado, FEM: Floresta Estacional de Estágio Médio, FEI: Floresta Estacional de Estágio Inicial de Regeneração, P: Pastagem, EC: Estoque de Carbono, CV: Coeficiente de variação, N SIG: Nível de Significância. Letras maiúsculas: Comparação entre áreas e letras minúsculas comparação entre profundidades.

As médias das variáveis, peso seco e estoque de carbono, comparadas pelo teste t de Tukey, não apresentaram diferenças significativas para o compartimento florestal serrapilheira. Contudo, verificou-se um aumento gradual das médias nos demais compartimentos conforme o avanço do estágio sucessional, com diferenças significativas entre as médias de FEI e as observadas em FEA e FEM.

Valores elevados de peso seco e de estoque de carbono na fitomassa de estágios avançados podem estar relacionados ao incremento de lignina e elevada relação C/N do tecido vegetal. Tal incremento pode ser decorrente da elevação da altitude, como verificado por Veiga et al. (2010), ou pelo avanço dos estágios de sucessão, como observado por Pereira-Silva (2011). Contudo, no contexto das coberturas vegetais avaliadas, é provável que o avanço do estágio sucessional seja o fator principal para o aumento dos teores de lignina e relação C/N, tornando FEA detentora das maiores médias. Tal afirmativa decorre da baixa variação altitudinal entre estágio inicial e avançado (menos de 200 metros), sendo provável a ausência de variações microclimáticas decorrentes da altitude.

Corroborando com essa afirmativa, vale ressaltar o predomínio em FEA de espécies classificadas como clímax e secundárias tardias, sendo esses grupos ecológicos detentores de elevadas concentrações de carbono em seus tecidos (LORENZZI, 2002). Já indivíduos secundários iniciais, comuns em FEM, e pioneiros, abundantes em FEI, apresentam maiores teores de nitrogênio em sua estrutura (PEREIRA-SILVA, 2011), o que resulta em médias inferiores de peso seco e carbono na fitomassa.

Outro fator relevante observado em FEA, e que provavelmente influenciou o estoque de carbono e peso seco no compartimento sub-bosque + raiz, é a abundância de indivíduos arbóreos com Dap>5 cm na regeneração natural. Quanto às médias de peso seco e estoque de carbono na fitomassa de raízes foram realizados comparações apenas para os valores totais, já que as médias de floresta são explicitamente superiores às de pastagem, e a aplicação do teste em dados com tamanha amplitude originaram coeficiente de variação superior a 400%.

Com relação à variável estoque de carbono no solo, foram observados após as correções de densidade, valores estatisticamente superiores na camada 0-10 cm em pastagens (34,30 Mg ha⁻¹) em relação às áreas de florestas (FEI 27,32 Mg ha⁻¹, FEM 26,10 Mg ha⁻¹ e FEA 21,83 Mg ha⁻¹). Já entre os estágios sucessionais, os maiores estoques foram encontrados em FEI (76,78 Mg ha⁻¹), FEA (75,43 Mg ha⁻¹) e, por último FEM (75,10 Mg ha⁻¹).

Quanto aos valores elevados de carbono nos solos sob pastagens, esses podem ser atribuídos a ausência de pastejo e demais atividades antrópicas, uma vez que se encontra em uma unidade de conservação. Tais condições, associadas ao clima regional, podem ter

favorecido o desenvolvimento da *Brachiaria* sp., originando uma condição equivalente a de pastagens manejadas, reconhecidamente capazes de incorporar carbono nas camadas superficiais do solo (ALVES 2006, CORAZA 1999)

Apesar dos valores elevados do estoque de carbono em pastagens, deve-se considerar o menor grau de estabilidade da MOS nesse sistema, como observado por Medeiros et al. (dados sob revisão). Sendo as médias de humina, inferiores em pastagem, e gradativamente elevadas conforme o avanço do estágio sucessional. Ao se considerar a soma do estoque de carbono em todo o sistema (solo+fitomassa) (Tabela 11), fica evidente a maior capacidade de estoque em florestas, sendo os estoques em todos os estágios superiores estatisticamente à pastagem.

Outros estudos avaliaram também os estoques de carbono no solo e na fitomassa, bem como o peso seco da fitomassa em diferentes coberturas vegetais, sendo observados valores similares aos descritos no presente trabalho (Tabelas 12 e 13).

Dentre os estudos avaliados destacam-se, pelo elevado estoque de carbono no solo, as formações florestais de Cerrado avaliadas por Alves et al. (2006), que encontraram uma média de 126 Mg ha⁻¹ na profundidade de 0-70 cm e Junior et al. (2011), com 92,63 Mg ha⁻¹ apenas no primeiros 20 cm do perfil, sendo apresentado pelo segundo autor médias elevadas para pastagem (79,56 Mg ha⁻¹) na mesma profundidade. Em ambos os estudos os estoques encontrados superam consideravelmente as médias obtidas na vertente sul do PNI, mas vale ressaltar que se tratam de pastagem manejada e formações florestais de Cerrado preservadas.

Valores elevados do estoque são descritos também por Conceição et al. (2007), para pastagens naturais dos Pampas Gaúchos, que acumularam apenas nos primeiros 40 cm do perfil 140 Mg ha⁻¹. Esses valores, apesar de superarem a média encontrada em pastagem do PNI, permitem considerar elevado o estoque no Parque, uma vez que, o Bioma Pampa possui temperaturas médias baixas e predomínio de vegetação gramíneo lenhosa (IBGE, 2013), condições que favorecem o estoque de carbono.

Médias elevadas também foram apresentadas por Machado et al. (2011) para a Floresta Estacional Semi Decidual em diferentes estágios de sucessão, com médias acumuladas na profundidade de 0-20 cm de 77,04 Mg ha⁻¹ no estágio avançado, 82,6 Mg ha⁻¹ estágio médio e 66,48 Mg ha⁻¹ no estágio inicial. Valores muito similares aos encontrados no presente estudo.

Todos os demais trabalhos apresentaram valores de estoque similares ou inferiores aos descritos para as formações avaliadas no PNI, sendo as médias descritas por Lima et al. (2012) para Mata Atlântica primária (52,9 Mg ha⁻¹) e Mata Atlântica antropizada (44,9 Mg ha⁻¹) consideravelmente inferiores.

Quanto à fitomassa florestal, destacam-se o estudo de Vieira et al. (2011), que apresentou valores de 315,27 Mg ha⁻¹ em Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, 384,14 Mg ha⁻¹ em Floresta Ombrófila Densa Sub Montana e 457,77 Mg ha⁻¹ em Floresta Ombrófila Densa Montana, valores consideravelmente superiores aos encontrados para o PNI, e provavelmente decorrentes do grau de preservação destas formações, ocorrentes no Parque Nacional da Serra do Mar. Médias elevadas de fitomassa são descritas também por Matos et al. (2008), que avaliaram essa variável em Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme na Amazônia, apresentando valores de fitomassa de 343,06 Mg ha⁻¹, também, consideravelmente superiores aos descritos para o PNI. Já Lawrence et al. (2016), em seu estudo na Floresta Ombrófila Densa, obtiveram médias de 302,6 Mg ha⁻¹ e 242,1 Mg ha⁻¹ para floresta madura, e 165,0 Mg ha⁻¹ e 156,4 Mg ha⁻¹ para florestas secundárias, enquanto Watzlawicket al. (2003), encontraram para Floresta Ombrófila Mista secundária, em estágio médio e avançado, 217,76 Mg ha⁻¹ e 397,79 Mg ha⁻¹ respectivamente.

Tabela 12. Relação de estudos e respectivos estoques de carbono no solo.

AUTOR	COBERTURA DO SOLO	PROF. (cm)	EC NO SOLO (Mg ha⁻¹)
Lima <i>et al.</i> , 2012	Floresta atlântica primária	-	52,9
	Floresta atlântica antropizada	-	44,9
Alves <i>et al.</i> , 2006	Formações florestais de cerrado	0-70	126
Cerriet <i>et al.</i> , 1992	Pastagem (convertida de fod 20 anos)	0-20	14
Choneet <i>et al.</i> , 1991	Pastagem (convertida de fod 8 anos)	0-30	28
Conceição <i>et al.</i> , 2007	Pampas gaúchos	0-40	140
	Pampas gaúchos	0-40	103
Torres <i>et al.</i> , 2011	FOD degradada	0-60	40
	FOD preservada	0-60	42
	Pastagem	0-60	34
Machado <i>et al.</i> , 2011	FESD - estágio avançado	0-20	77,04
	FESD - estágio médio	0-20	82,6
	FESD - estágio inicial	0-20	66,48
Menezes <i>et al.</i> , 2008	FESD - estágio avançado	0-100	111,07
	FESD - estágio médio	0-100	127,5
	FESD - estágio inicial	0-100	132,47
	Pastagem	0-100	100,53
Coutinho <i>et al.</i> , 2009	FESD	0-100	101,3
	Eucalipto	0-100	97,7
	Pastagem	0-100	110,7
Bernouxet <i>et al.</i> , 2005	FESD	0-30	45,5
	Pastagem	0-30	39
Lima <i>et al.</i> , 2006	Eucalipto	0-30	15,7
	Pastagem	0-30	63,2
	Eucalipto	0-30	25,3
Leite <i>et al.</i> , 2003	FESD	0-20	42,49
Pegoranoet <i>et al.</i> , 2014	FODTB	0-100	100
	Eucalipto 24 anos	0-100	80
	Eucalipto 7 anos	0-100	76
	Acaciamangium	0-100	99
Corazzaet <i>et al.</i> , 1999	Cerrado senso strito	0-100	135,51
	Eucalypto	0-100	148,16
	Pastagem	0-100	150,84
	Cultivo grade	0-100	125,27
	Cultivo arado	0-100	128,82
	Plantio direto	0-100	154,97

Continua...

Tabela 12. Continuação.

AUTOR	COBERTURA DO SOLO	PROF. (cm)	EC NO SOLO (Mg ha⁻¹)
Akalaet al. 2001	Floresta temperada 0 anos	0-30	22,3
	Floresta temperada 4 anos	0-30	19,5
	Floresta temperada 10 anos	0-30	31,3
	Floresta temperada 15 anos	0-30	46
	Floresta temperada 21 anos	0-30	62,9
	Floresta temperada 75 anos	0-30	62,8
	Pastagem	0-30	44,9
Santana et al. 2013	Floresta de araucaria	0-5	37,9
	Pastagem nativa sem queima 41 anos	0-5	30,3
	Pastagem nativa sem queima 8 anos	0-5	26,7
Jenaet al. 2008	Floresta de pinnus no Hymalaia degradada	-	1,07
	Floresta de pinnus no Hymalaia	-	6,66
Sigdelet al., 2013	Floresta de pinnus no Hymalaia vertente sul	-	112,34
	Floresta de pinnus no Hymalaia vertente norte	-	58,04
Tanner et al. 2016	FOD na costa rica madura 1	-	219,4
	FOD na costa rica madura 2	-	76,3
	FOD na costa rica secundária 1	-	2,5
	FOD na costa rica secundária 2	-	11,2
Olszevskiet al., 2007	Maciço do Itatiaia/alto rio preto	Altitude elevada/	106
	Planalto soerguido do alto rio preto	baixo antropismo	96
	Maciço montanhoso em pterozoico metassedimentares	-	71
	Planalto deprimido do médio baixo rio preto	-	55
Araujoet al., 2011	Amazônia ocidental floresta	0-40	33,9
	Amazônia ocidental pasto 3 anos	0-40	39,9
	Amazônia ocidental pasto 10 anos	0-40	52
	Leste do acre floresta	0-40	55
	Leste do acre pastagem 20 anos	0-40	77
Junior et al., 2011	Cerradão	0-20	92,63
	Pastagem	0-20	79,56
Smith et al., 2014	Pastagem	0-30	136,6
	Floresta secundária	0-30	300,3
	Floresta madura	0-30	364,8

Legenda: FODTB: Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, FESD: Floresta Estacional Semi Decidual, FOD: Floresta Ombrófila Densa.

Tabela 13. Relação de estudos e respectivos estoques de carbono na fitomassa.

AUTOR	COBERTURA DO SOLO	ESTOQUE DE CARBONO (Mg ha ⁻¹)	PESO SECO (Mg ha ⁻¹)
Vieira <i>et al.</i> , 2011	FODTB	-	315,27
	FODSM	-	384,14
	FODM	-	457,77
Witschorechet <i>et al.</i> , (DNP)	Serrapilheira de <i>Eucalypto</i> (2 ano)	1,65	4,05
	Serrapilheira de <i>Eucalypto</i> (4 ano)	2,63	5,98
	Serrapilheira de <i>Eucalypto</i> (6 ano)	4,78	11,8
	Serrapilheira de <i>Eucalypto</i> (8 ano)	5,5	12,28
Souza <i>et al.</i> 2013	<i>Eucaliptusgrandis</i> (11 anos) 1111 arv. Há	63,5	-
	<i>Acaciamaernsü</i> (11 anos) 1643 arv./há	36,1	-
Schumacher <i>et al.</i> , 1998	<i>Eucaliptusglobulus</i> (4 anos) 1667 arv./há	63,3	-
Vieira <i>et al.</i> , 2012	<i>Eucaliptusurograndis</i> (1,6 anos)	18,5	-
Matos <i>et al.</i> , 2008	Fodtf (amazônia)		343,06
Watzlawicket <i>et al.</i> , 2003	Floresta de araucaria	132,8	307,1
	Floresta ombrófila mista estágio médio	-	217,76
	Floresta ombrófila mista estágio avançado	-	397,79
Cassol <i>et al.</i> , 2013	Floresta ombrófila mista	-	219,51
Castilho <i>et al.</i> , 2006	Floresta Amazônica	-	327,8
Saldarriagaet <i>al.</i> , 1988	Floresta Amazônica	-	107-145
Jordan &Uhl 1978	São Carlos do Rio Negro - Venezuela	-	315,66
Smith <i>et al.</i> , 2014	Pastagem	-	136,6
	Floresta secundária	-	300,3
	Floresta madura	-	364,8
Stapeet <i>et al.</i> , 2004	14 sítios com diferentes espécies de <i>Eucalypto</i> + produtivos	-	16
Saldarriagaet <i>al.</i> , 1988	14 sítios com diferentes espécies de <i>Eucalypto</i> - produtivos	-	11,9

Legenda: FODTB: Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, FODM: Floresta Ombrófila Densa Montana, FODSM: Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana.

Vale ressaltar que as fitofisionomias avaliadas possuem reconhecida capacidade de produção de fitomassa, além de apresentarem avançado grau de preservação. Já os estágios sucessionais avaliados no PNI têm histórico de preservação recente, com desenvolvimento de FEA no início dos anos 60, FEM nos anos 70 e pastagem e FEI apenas a partir de 1980, quando foram incorporadas ao PNI. Além destes fatores, devem-se considerar as características topográficas desfavoráveis e a baixa fertilidade natural dos solos quando comparadas a estudos realizados na região (MACHADO, 2011; FERNANDES, 2014).

Apesar das características desfavoráveis, às médias de fitomassa encontradas nos estágios avaliados (FEA 231,07 Mg ha⁻¹, FEM 192,09 Mg ha⁻¹, e FEI 108,49 Mg ha⁻¹), superam as médias obtidas por Saldarriaga et al. (1988) em Floresta Ombrófila com influência antrópica na Amazônia (107-145 Mg ha⁻¹), e por Cassol et al. (2013) em formações secundárias de Floresta Ombrófila Mista (219,51 Mg ha⁻¹), no estado do Paraná. Tais resultados permitem supor que, apesar das restrições ambientais e período curto de regeneração, as florestas secundárias do PNI possuem grande potencial de sequestro de carbono.

Outros estudos em regiões próximas ao PNI avaliaram o estoque de carbono no solo e na fitomassa de diferentes coberturas, confirmando a importância das florestas secundárias do Parque para preservação e mitigação do carbono. Coutinho (2009), por exemplo, na região de Cruzeiro-SP, quantificou o estoque de carbono no solo e na fitomassa de pastagem e diferentes estágios de sucessão de Floresta Estacional, sendo verificado uma média de 45,4 Mg ha⁻¹ para fitomassa dos diferentes estágios sucessionais e 2,2 Mg ha⁻¹ para pastagem, não sendo identificadas diferenças significativas para as médias de estoque no solo.

Resultados similares também foram obtidos por Lima et al. (2006), em Oratórios-MG, ao quantificar a fitomassa em fragmentos secundários de Mata Atlântica com diferentes idades de regeneração (34 e 80 anos), sendo observadas às médias 64,0 e 172,7 Mg ha⁻¹ respectivamente, para fitomassa da parte aérea, e 102,0 Mg ha⁻¹ para o somatório da parte aérea e sistema radicular, no fragmento de 34 anos. Tal fragmento foi considerado pelo autor como de estágio inicial para médio, sendo estes valores semelhantes aos encontrados em FEI para fitomassa de floresta + raiz (102,49 Mg ha⁻¹).

Assim como observadas nos estudos acima, que indicam o aumento das médias de peso seco e estoque de carbono conforme o avanço dos estágios sucessionais, às médias totais para as variáveis citadas apresentaram incremento significativo conforme o avanço sucessional, mesmo com a maior declividade das encostas e menor profundidade do solo. Esse padrão foi verificado também por Brites (2006) que estimou a fitomassa da parte aérea de diferentes estágios de sucessão da Mata Atlântica no Sul do Brasil, obtendo 52 Mg ha⁻¹, 164 Mg ha⁻¹ e 238 Mg ha⁻¹ para os estágios inicial, médio e avançado de sucessão.

Quanto às médias obtidas para peso seco de serrapilheira (FEA 5,36 Mg ha⁻¹, FEM 6,00 Mg ha⁻¹ e FEI 5,02 Mg ha⁻¹), essas podem ser consideradas ligeiramente superiores a aquelas observadas por Kindelet al. (2006), em trabalho realizado nos mesmos fragmentos estudados por Lima (2006), em Oratório-MG, com valores variando 3,8 e 5,0 Mg ha⁻¹.

Já no trabalho de Coutinho (2009), as médias foram inferiores (8,22 Mg ha⁻¹), provavelmente devido a grande produção de serrapilheira ocorrente em florestas estacionais, especialmente no período de inverno, tendo em vista o percentual de espécies caducifólias presentes nessas fisionomias.

Essa amplitude de resultados observados na bibliografia pode ser explicada por Gomes (2006), que compilou inúmeras avaliações de aporte de serrapilheira em Mata Atlântica. O autor observou valores que variaram de 4,7 a 25 Mg ha⁻¹, sendo essas diferenças na quantidade de serrapilheira frequentes, mesmo se tratando de uma mesma fitofisionomia. Esse comportamento, segundo Kindel (2001), é relativo a fatores edafoclimáticos, fisiográficos e fisiológicos, peculiares de cada área em estudo.

De maneira geral, fica evidente a maior capacidade das florestas secundárias do PNI em mitigar o CO₂ atmosférico, independentemente do estágio sucessional ou do manejo aplicado às pastagens. Sendo importante ressaltar, também, o grau de estabilidade do carbono estocado, tanto no solo quanto na fitomassa florestal, mesmo com as restrições ambientais descritas. Nesse contexto, medidas conservacionistas devem ser adotadas para preservar e ampliar remanescentes florestais secundários, tendo em vista seu potencial de sequestro e estoque de carbono, especialmente na região do Médio Vale do Paraíba do Sul.

Abundância Natural

A abundância natural indicou a origem do carbono estocado nos solos das áreas em estudo, bem como a contribuição das espécies C₃ e C₄ para o estoque de carbono, além de permitir inferências sobre o histórico de uso da terra e variações no estoque de carbono conforme o avanço do estágio sucessional. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e o percentual de COT em profundidade, para cada área, são apresentados na Tabela 14.

Os valores percentuais de COT, nas respectivas profundidades, são similares às médias de carbono obtidas por Medeiros et al. (sob revisão) usando o método de Yeomans&Bremmer (1988). O carbono de origem C₃ predomina nas áreas de floresta em todas as profundidades, enquanto na área de pastagem, maiores proporções de C₄ ocorrem apenas em superfície (Figura 13).

Segundo Vogel (1993), predominam em ecossistemas terrestres plantas do tipo C₃, sendo a matéria orgânica proveniente detentora de valores de $\delta^{13}\text{C}$ variando entre -30‰ e -24‰. Tais valores de referência indicam o predomínio de carbono originado de espécies florestais (C₃) em todos os estágios de sucessão, como observado na figura A (FEA) para todas as profundidades avaliadas, tendo em vista os valores de $\delta^{13}\text{C}$ não superiores -25,5‰ (80-100 cm). Essas médias observadas são similares a aqueles encontrados por Torres et al. (2011) em floresta Ombrófila em Angra dos Reis, por Tarré et al. (2001) no Sul da Bahia e em outras áreas florestais convertidas para pastagens na amazônica (MORAES et al., 1996; BERNOUX et al., 1999; DESJARDINS et al., 2004). Tal comportamento é descrito por MARTINELLI et al. (2009) como indício da ausência de mudanças no tipo de vegetação por longos períodos, já que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ da MOS passam por redução em direção as camadas mais profundas do solo, geralmente com amplitude de 3 a 4‰.

O predomínio de carbono de origem de plantas com rota metabólica C₃ pode ser associado ao histórico de uso da área de estudo, tendo em vista a cota altitudinal em que ocorre. Nessas altitudes, a pressão antrópica foi menor quando comparada às cotas inferiores do PNI, o que favoreceu o avanço do estágio sucessional. Nessa condição, é provável que organismos decompositores também utilizem o carbono de origem C₄ durante as fases iniciais de regeneração e posteriormente passaram a degradar material de origem florestal, promovendo aumento relativo do estoque de carbono C₃. O rápido turnover foi constatado por Lima et al. (2006), que verificaram um rápido incremento de C₄ após a conversão de pastagens para *Eucalyptus* spp., devido à decomposição de raízes finas, remanescentes no solo. Porém, após a decomposição do material, a proporção de C₄ decaiu linearmente até 21 anos de cultivo, restando menos de 10% do C₄ original.

Outro fator, citado por Loss 2014, que permite explicar o aumento dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ em profundidade, nas áreas de floresta, decorre do próprio processo de decomposição e humificação da matéria orgânica, uma vez que ocorre maior liberação de isótopos $\delta^{12}\text{C}$ provenientes da degradação MOS, ficando a matéria orgânica “velha” do solo enriquecida em $\delta^{13}\text{C}$ em relação matéria orgânica recém incorporada (O'BRIEN; STOUT, 1978; VITORELLO et al. 1989; MARTIN et al. 1990). Outros trabalhos relatam o aumento do $\delta^{13}\text{C}$ em profundidade correspondendo ao aumento da idade da matéria orgânica (VITORELLO et al., 1989; OLIVEIRA, 2000; JANTALIA et al., 2006). Vale ressaltar que os elevados teores de humina

em FEA, descritos por Medeiros et al. (sob revisão), indicam alta estabilidade do carbono estocado (CUNHA, 2009) e a eficiência de estágios sucessionais avançados de florestas secundária na estabilização do carbono.

Tabela 14. Concentração de isótopos $\delta^{13}\text{C}$ carbono orgânico total (%) nas diferentes profundidades em cada área amostrada, Parque Nacional de Itatiaia-RJ.

Area	Prof. (cm)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$
FEA	0-10	5,63	-27,27
	10-20	3,73	-26,95
	20-30	2,12	-26,31
	30-40	1,66	-25,99
	40-50	1,57	-25,77
	50-60	1,16	-25,66
	60-80	1,09	-25,68
	80-100	0,96	-25,61
FEM	0-10	3,90	-27,41
	10-20	1,67	-26,51
	20-30	1,31	-26,21
	30-40	0,97	-25,91
	40-50	1,00	-25,83
	50-60	1,17	-26,36
	60-80	1,11	-26,06
	80-100	1,04	-25,92
FEI	0-10	4,63	-27,95
	10-20	4,14	-26,95
	20-30	1,53	-26,38
	30-40	1,42	-26,06
	40-50	1,25	-26,32
	50-60	1,13	-26,06
	60-80	0,82	-25,95
	80-100	0,77	-25,97
P	0-10	3,77	-18,18
	10-20	1,84	-22,79
	20-30	1,64	-22,50
	30-40	1,47	-22,85
	40-50	1,52	-23,81
	50-60	1,06	-24,13
	60-80	0,81	-24,33
	80-100	0,78	-24,63

Legenda: FEA: Floresta Estacional de Estágio Avançado, FEM: Floresta Estacional de Estágio Médio, FEI: Floresta Estacional de Estágio Inicial de Regeneração, P: Pastagem, COT: Carbono Orgânico Total.

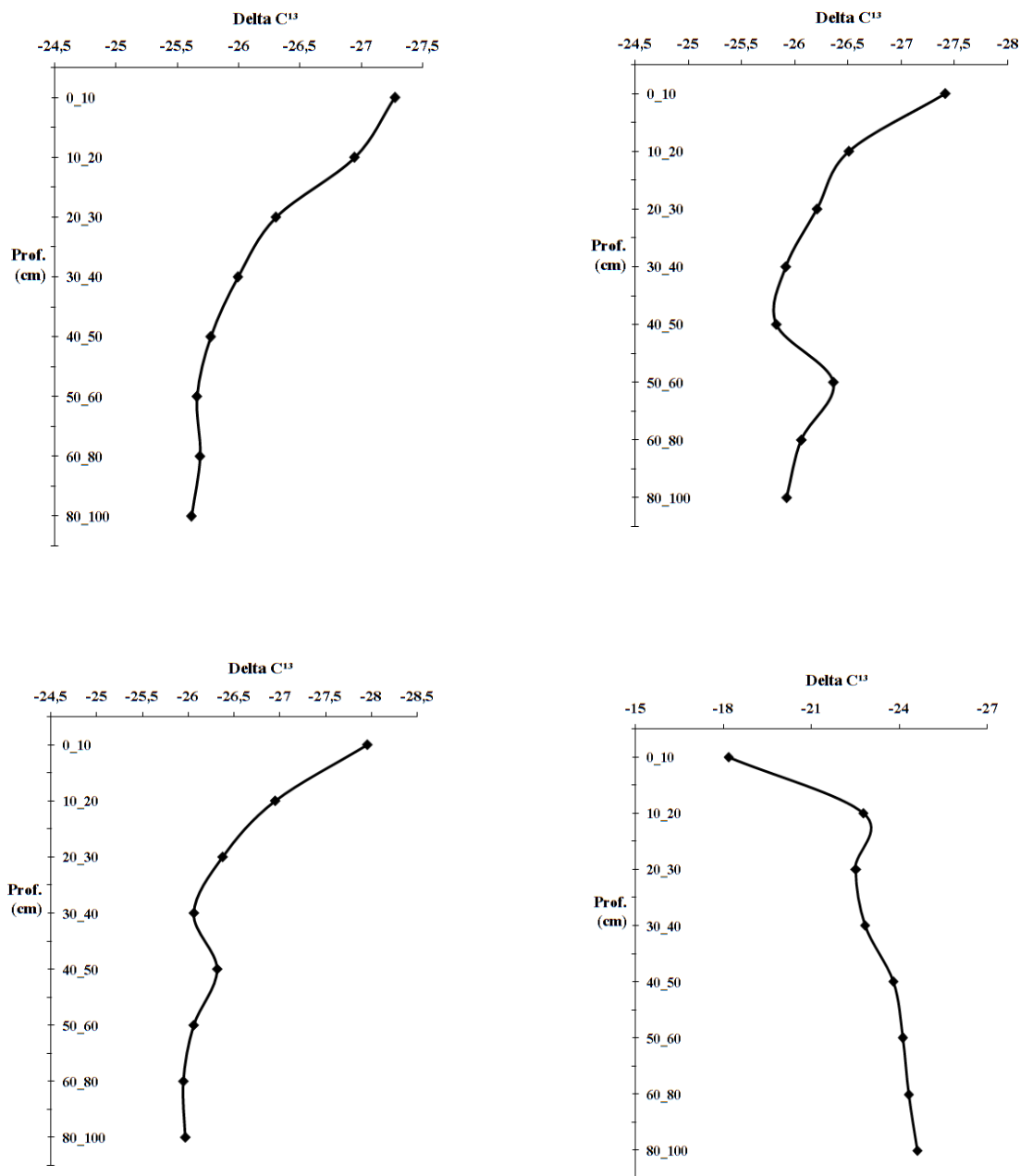


Figura 13. Abundância natural de isótopos C^{13} nas diferentes profundidades, Parque Nacional de Itatiaia-RJ.

Legenda: (A) FEA: Floresta Estacional de Estágio Avançado, (B) FEM: Floresta Estacional de Estágio Médio, (C) FEI: Floresta Estacional de Estágio Inicial de Regeneração e (D) P: Pastagem.

Apesar de um menor período de regeneração florestal em FEM e FEI, os valores de $\delta^{13}C$ são baixos, mesmo em profundidade, indicando um predomínio de carbono de origem florestal, sendo observado um provável período de mudança na cobertura, indicado pelo declínio de C_3 de -27,27% até -25,83%, na profundidade de 0-50 cm, e posteriormente, um ligeiro aumento de -25,83% até -26,36% na profundidade de 50-60 cm, com uma nova queda de -26,36% até -25,92% na profundidade de 60-100. Essas variações pontuais podem ser associadas a distúrbios de origem antrópica ou mudanças na composição populacional da comunidade vegetal. Esses

fatores podem alterar as condições ambientais e influenciar a composição de espécies decompositoras, bem como a qualidade do material orgânico depositado na serapilheira (GHOLZ et al., 2000; GIEBELMANN et al., 2011). Vale ressaltar o predomínio de substâncias húmicas menos estáveis nestes estágios sucessionais, (MACHADO, 2011) o que pode favorecer a decomposição da MOS frente a possíveis distúrbios ambientais.

Já em áreas de pastagem do PNI, observa-se um comportamento similar aos demais estudos comparados, conforme o aumento da profundidade. A Figura 12D, indica uma queda abrupta dos valores de $\delta^{13}\text{C}$, indicando redução significativa de carbono proveniente de espécies C_4 após os 10 cm de profundidade. Comportamento similar foi observado por Loss et al. (2014) para áreas cultivadas, e Junior et al., 2011 em áreas de Cerrado, que observaram redução dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ ao longo do perfil, indicando a ausência de substituição do carbono originário de plantas C_3 em profundidade. Esse comportamento pode ser associado à menor profundidade dos sistemas radiculares de pastagens e culturas em relação a espécies florestais. Resultados similares foram obtidos por Cerri et al. (1985) em áreas de floresta natural em estágio sucessional secundário e com cana de açúcar, exploradas a 12 e 50 anos, sendo observadas médias equivalentes de carbono proveniente de plantas C_3 e C_4 na profundidade de 0-30 cm. Porém, a partir de 40 cm de profundidade, observou-se redução significativa da concentração de $\delta^{13}\text{C}$, indicando o predomínio de espécies florestais no passado.

Quanto à conversão de carbono de origem C_3 e C_4 em cada cobertura, os resultados da aplicação da equação de Balesdent (1988) são apresentadas na Tabela 15. Observa-se que para áreas de floresta predomina carbono de origem C_3 mesmo em profundidade, com valores de matéria orgânica de origem florestal (MOSf), nas camadas superficiais (0 -20 cm), acima de 80% em todas os estágios. Observam-se também, percentuais ligeiramente superiores de MOSf em FEI (88,63%), para camada de 0-10 cm, em relação às demais (FEM 85,61%, FEA 84,85%). Tal comportamento está provavelmente associado aos valores elevados de produção de fitomassa em FEI ($108,493 \text{ Mg ha}^{-1}$) e a qualidade da MOS aportada nesse estágios de sucessão, com elevada concentração de nitrogênio (PEREIRA-SILVA, 2011), o que favorece a atuação de microorganismos decompositores e maior taxa de mineralização. Cabe ressaltar os valores absolutos de estoque de carbono, na profundidade 0-40, em cada estágio sucessional, que variou em FEI de $61,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ de origem C_3 e $13,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ de origem C_4 , em FEM variou de $61,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ de origem C_3 e $13,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ de origem C_4 e FEI variou de $64,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ de origem C_3 e $12,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ de origem C_4 .

Quanto aos percentuais observados na pastagem, nota-se comportamento inverso das áreas de floresta, na camada de 0-10 cm, onde o percentual de matéria orgânica de origem C_4 atinge sua maior proporção (65,69%). Contudo, a partir de 10 cm de profundidade, há redução na proporção de MOSa e o predomínio de MOSf em todas as profundidades, com percentuais de carbono de origem C_3 , a partir de 30 cm profundidade, superiores a 60%. Contudo, vale citar os valores absolutos de estoque de carbono de origem C_4 na profundidade de 0-40 cm ($47,67 \text{ Mg ha}^{-1}$), destacando-se a profundidade de 0-10 cm ($22,53 \text{ Mg ha}^{-1}$), indicando uma considerável substituição de carbono de origem C_3 em um período relativamente curto, de aproximadamente 35 anos, desde que a área de pastagem passou a integrar o PNI.

A elevada conversão de carbono de origem C_3 em C_4 em pastagem dá-se provavelmente pela redução de ações antrópicas como incêndios criminosos e lotação animal, tendo em vista sua incorporação ao PNI. Esse comportamento é citado por Schedlbauer & Kavanagh (2008), como esperado em áreas de pastagem abandonada sendo os percentuais elevado de MOSa em superfície, decorrentes da maior concentração de fitomassa radicular de *Brachiaria* sp. nessa profundidade.

Tabela 15. Percentual de substituição de carbono de origem C₃e C₄a partir da conversão da cobertura vegetal, em áreas do Parque Nacional de Itatiaia-RJ.

Área	Prof. (cm)	$\delta^{13}\text{C}$	MOSf(%)	MOSa(%)
FEA	0-10	-27,27	84,85	15,15
	10-20	-26,95	83,04	16,96
	20-30	-26,31	79,47	20,53
	30-40	-25,99	77,74	22,26
	40-50	-25,77	76,51	23,49
	50-60	-25,66	75,88	24,12
	60-80	-25,68	76,02	23,98
	80-100	-25,61	75,63	24,37
FEM	0-10	-27,41	85,61	14,39
	10-20	-26,51	80,59	19,41
	20-30	-26,21	78,93	21,07
	30-40	-25,91	77,3	22,7
	40-50	-25,83	76,81	23,19
	50-60	-26,36	79,78	20,22
	60-80	-26,06	78,11	21,89
	80-100	-25,92	77,34	22,66
FEI	0-10	-27,95	88,63	11,37
	10-20	-26,95	83,04	16,96
	20-30	-26,38	79,86	20,14
	30-40	-26,06	78,12	21,88
	40-50	-26,32	79,54	20,46
	50-60	-26,06	78,11	21,89
	60-80	-25,95	77,49	22,51
	80-100	-25,97	77,61	22,39
P	0-10	-18,18	34,31	65,69
	10-20	-22,79	59,93	40,07
	20-30	-22,5	58,34	41,66
	30-40	-22,85	60,27	39,73
	40-50	-23,81	65,58	34,42
	50-60	-24,13	67,4	32,6
	60-80	-24,33	68,49	31,51
	80-100	-24,63	70,14	29,86

Legenda: FEA: Floresta Estacional de Estágio Avançado, FEM: Floresta Estacional de Estágio Médio, FEI: Floresta Estacional de Estágio Inicial de Regeneração, P: Pastagem, %MOS_F: proporção da matéria orgânica do solo derivada da vegetação nativa (C₃), que possui uma marcação natural $\delta^{13}\text{C}_F$, %MOS_A: proporção da matéria orgânica do solo derivada da vegetação secundária (C₄), que possui uma marcação natural $\delta^{13}\text{C}_A$.

A mesma distribuição foi observada por Menezes et al. (2008), para áreas de pastagem em Pinheiral-RJ, onde o autor observou maiores percentuais de MOSa na profundidade de 0 - 10 cm, sendo imediatamente superada pelos percentuais de MOSf a partir de 20 cm. Menezes destacou ainda os resultados apresentados por Bernoux et al. (1998), que também atribuiu ao tempo de conversão a diminuição progressiva do carbono remanescente da floresta, considerando o fim da entrada de MOSf no sistema e o aumento gradual de carbono proveniente de pastagem, especialmente nas camadas superficiais.

CONCLUSÕES

Os diferentes estágios de sucessão da floresta secundária do PNI mostraram-se eficientes no estoque de carbono no solo e nos diferentes compartimentos florestais, apesar do curto período de regeneração, das condições topográficas e da baixa fertilidade dos solos.

Na área de pastagem, as análises isotópicas indicaram que apesar de ter apresentado médias elevadas de estoque de carbono no solo em relação aos estágios sucessionais, predomina nessa cobertura o carbono proveniente de plantas florestais em profundidade. Contudo, cabe ressaltar a eficiência de pastagens na incorporação de carbono no solo em um curto período de tempo, especialmente em na camada de 0-10.

É provável que as restrições de acesso e uso antrópico impostas PNI favoreceram o desenvolvimento da Floresta Ombrófila Densa secundária e de pastagens, favorecendo a incorporação de carbono nos solos e na fitomassa florestais. Tais medidas são essenciais para o restabelecimento do sequestro de CO₂ atmosférico na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB´SABER, A.N. **O domínio dos mares-de-morros no Brasil**. Geomorfologia. V. 2, I ed. São Paulo: IGEOG-USP; 1966.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, L. DE M.; SPAROVEK, G. KÖPPEN'S climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.

ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. (Editores) **Manejo de sistemas agrícolas: impacto e seqüestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre, 2006, Volume 1, 216 p.

BALESDENT, J.; WAGNER, G. H.; MARIOTTI, A. Soil organic matter turnover in long-term field experiments as revealed by carbon-13 natural abundance. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 52, p. 118-124, 1988.

BARRETO, C.G., CAMPOS, J.B., ROBERTO, D.M., ROBERTO, D.M., SCHWARZSTEIN, N.T., ALVES, G.S.G., COELHO, C. **Plano de Manejo do Parque Nacional do Itatiaia**. Encarte 2 e 3 - Análise da Unidade de Conservação. Brasília. 2013.

BERNOUX, M.; ARROUAYS, D.; CERRI, C.C.; GRAÇA, P.M.A.; VOLKOFF, B.; TRICHET, J. Estimation des stocks de carbone des sols du Rondônia (Amazonie brésilienne). **Études Gestion Sols**, v.5, p. 31-42, 1999.

BERNOUX, M.; CERRI, C.C.; NEILL, C.; MORAES, J.F.L. The use of stable carbon isotopes for estimating soil organic matter turnover rates. **Geoderma**, v. 82, p. 43-58, 1998.

BRITEZ, R.M.; BORGIO, M.; FERRETTI, A.; CALMON, M.; HIGA, R. **Estoques e incremento de carbono em florestas e povoamentos de espécies arbóreas com ênfase na Floresta Atlântica do Sul do Brasil**. Colombo, ed: Embrapa Florestas, 2006, Vol. 1, 165p.

BROWN, J.H. **Macroecology**, Chicago, ed. The University Chicago Press, 1995, 250 p.

BROWN, S.; GILLESPIE, A.J.R.; LUGO, A.E. Biomass estimation method for tropical Forest with applications to Forest inventory data. **Forest Science**, Washington, DC, v. 35, p.881-902, 1989.

BROWN, I.F.; MARTINELLI, L.A.; THOMAS, W.W.; MOREIRA, M.Z.; FERREIRA, C.A.; VICTORIA, R. L. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: an example from Rondonia. **For. Ecol. Manage**, v. 75, p. 175–189, 1995

CAIRNS, M.A.; BROWN, M.; HELMER, G.A. Root biomass allocation in the world's upland forests. **Oecologia**, v. 111, p. 1-11, 1997.

CASSOL, H. L. Estimativa de biomassa e estoque de carbono em um fragmento de floresta ombrófila mista com uso de dados ópticos de sensores remotos. **Dissertação**, UFRGS, área de estudo em Sensoriamento Remoto, Porto Alegre, 2013. 143 p.

CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P. Agricultura e Aquecimento Global. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 40-44, 2007.

CERRI, C.C.; FELLER, C.; BALESSENT, J.; VICTORIA, R. Application du traçage isotopique naturel en ^{13}C , à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols. C.R. **Académie des Sciences**, Paris, v.11, n.9, p.423-428, 1985.

CONCEIÇÃO P.C.; BAYER C.; CASTILHOS Z.M.S.; MIELNICZUK J.; GUTERRES D.B. **Estoque de carbono orgânico num Chernossolo Argilúvico manejado sob diferentes ofertas de forragem no Bioma Pampa Sul-Riograndense**. In Anais do 31nd Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Gramado, Rio Grande do Sul. 2007.

COUTINHO, R. P. Estoques de carbono e emissão de N_2O no sistema solo-planta em região da Mata Atlântica. **Dissertação**, UFRRJ, área de estudo em Ciência do Solo, Seropédica, 2009.

CUNHA, G. M.; GAMA-RODRIGUES A. C.; GAMA-RODRIGUES E. F.; VELLOSO A. C. X. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em Florestas Montanas da Mata Atlantica da região norte do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p. 1175–1185, 2009.

DEAN, W. **Ferro e Fogo, a história e a devastação da Mata Atlântica Brasileira**. São Paulo, ed. Companhia das Letras, V. 1, 1996. 486 p.

DIXON, R. K.; BROWN, S.; HOUGHTON, R. A.; SOLOMON, A. M.; TREXLER, M. C.; WISNIEWSKI, J. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. **Science**, v. 263, p.185-190, 1994.

DOMINGOS, M.; KLUMPP A.; KLUMPP G. Air pollution impact on the Atlantic forest the Cubatão region, SP, Brazil. **Ciência e Cultura**, v. 50, p. 230–236, 1998.

DRUMMOND, J.A. Devastação e Preservação Ambiental no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFF. 1997.

EMBRAPA. **Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF, ed. Embrapa Informação Tecnológica, V. II .2009, 627p.

FREIXO, A. F.; MACHADO, P. L. O. A.; SANTOS, H. P.; SILVA, C. A.; FADIGAS, F. S. Soil organic carbon and fractions of a Rhodic Ferralsol under the influence of tillage and crop rotation in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 64, p.221-230, 2002.

GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H. F.; BEZERRA, C. L. F. Estudo florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo arbóreas de uma floresta mesófila semidecidual no Município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, n. 4, p. 753-767, 1995.

GHOLZ, H. L.; WEDIN, S.M. Long-term dynamics of pine and hardwood litter in contrasting environments: Toward a global model of decomposition. **Global Change Biology**, v. 6, p. 751–765, 2000.

GIEBELMANN U.C.; MARTINS K.G.; BRÄNDLE M.; SCHÄDLER M.; MARQUES R.; BRANDL R. **Lack of home-field advantage in the decomposition of leaf litter in the**

Atlantic Rainforest of Brazil. Applied Soil Ecology journal homepage: www.elsevier.com/locate/apsoil.

GOMES, J. M. Aporte de serrapilheira e nutrientes em fragmentos florestais da Mata Atlântica, Rio de Janeiro. **Monografia**, UFRRJ, Seropédica, 2006. 55 p.

HOUGHTON, R. A. Aboveground forest biomass and the global carbon balance. **Global Change Biology**. v. 11, p. 945–958, 2005.

IBAMA. **Brasil: Parques Nacionais. São Paulo: Empresa das Artes, Brasília: Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal.** 1997.

IBGE. **Manual técnico da Vegetação Brasileira.** 2º ed. 2013.

JANTALIA, C. P.; ZOTARELLI, L.; SANTOS, H. P.; TORRES, E.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. Em busca da mitigação da produção de óxido nitroso em sistemas agrícolas: avaliação das práticas usadas na produção de grãos no Sul do país. In: ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C. BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. O. (Eds). **Manejo de sistemas agrícolas: impacto no sequestro de carbono e nas emissões de gases de efeito estufa.** Genesis, Porto Alegre, 216p. 2006.

JOLY, C. A.; MARTINELLI, L. A.; ALVES, L. F.; VIEIRA, S. A.; TAMASHIRO, J. Y.; AIDAR, M. P. M.; CAMARGO, P. B.; ASSIS, M. A.; BERNACCI, L. C. As Parcelas Permanentes do Projeto Temático Biota Gradiente Funcional: Composição Florística, Estrutura e Funcionamento da Floresta Ombrófila Densa dos Núcleos Picinguaba e Santa Virgínia do Parque Estadual da Serra do Mar, estado de São Paulo, Brasil. RedeMAP: **Rede de Parcelas Permanentes dos Biomas Mata Atlântica e Pampa & Funpar**, Curitiba. 2008

JUNIOR C. C.; PICCOLO M. C.; CÁSSIA M.; NETO M. S.; PLÍNIO B. C.; CERRI C. C. MARTIAL BERNOUX. Carbono total e $\delta^{13}\text{C}$ em agregados do solo sob vegetação nativa e pastagem no Bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1241-1252, 2011.

KINDEL, A. A fragmentação real: heterogeneidade de remanescentes florestais e valor indicador das formas de húmus. **Tese**, UFRJ, Rio de Janeiro, 2001. 188 p.

KINDEL, A.; CARMO, C.A.F.S.; LIMA, J.A.S.; SIMÕES, B.; ALVARENGA, A.P.; PÉREZ, D.V. Ciclagem de nutrientes e estoques de carbono na serrapilheira de seringueira e fragmentos da Mata Atlântica. In: ALVARENGA, A.P.; CARMO, C.A.F. de S. (Eds.). **Sequestro de carbono: quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural.** UFV, Viçosa, p.135-158. 2006.

LIMA, J. A. S.; KINDEL, A.; CARMO, C. A. F. S.; MOTTA, P. E. F. **Composição, estrutura e biomassa de fragmentos florestais. Sequestro de carbono: quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural.** Viçosa, Ed. UFV, 2006. 352 p.

LIMA, M. A.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; MACHADO, P. L. O. A.; URQUIAGA, S. **Estoque de carbono e emissões de gases do efeito estufa na agropecuária brasileira.** Brasília, DF, Ed. Embrapa, 2012. 347p.

LORENZI H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa, Ed. Instituto Plantarum, 4 ed., V. 1, 2002. 368p.

LOSS, A.; RIBEIRO, E. C.; PEREIRA, M. G.; COSTA, E. M. Atributos físicos e químicos do solo em sistemas de consórcio e sucessão de lavoura, pastagem e silvipastoril em Santa Teresa, ES. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 5, p. 1347-1357, 2014.

MACHADO, D. L. Atributos indicadores da dinâmica sucessional em fragmento de Mata Atlântica na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, Rio de Janeiro. **Dissertação**, UFRRJ, área de estudo em Ciências Ambientais e Florestais, Seropédica, 2011.

MARKEWITZ, D.; DAVIDSON, E. A.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D. C. Nutrient loss and redistribution after forest clearing on a highly weathered soil in Amazonia. **Ecological Applications**, v.14, p.177-199, 2004.

MARTINELLI, L. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERRAZ, E. S. B.; VICTORIA, R. L.; CAMARGO, P. B.; MOREIRA, M. Z. **Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis**. São Paulo, Ed. Oficina de Textos, 1 ed., 2009, 143 p.

MARTINS, S. C.; PICCOLO, M. C.; CAMARGO, P. B.; VIEIRA, S. A.; ALVES, L. F.; JOLY, C. A.; CARMO, J. B.; MARTINELLI, L. A. IN Review. Nutrient, carbon and clay contents of soils throughout an altitudinal gradient in the coastal Atlantic Forest of southeast Brazil (Ubatuba, SP). **Geoderma**. 1990.

MATOS, C. C. L. Boletim agro meteorológico. **Revista Floresta e Ambiente**, v.5, n.1, p. 208-215, 1998.

MCCARTHY, J. J.; CANZIANI, O. F.; LEARY, N. A.; DOKKEN, D. J.; WHITE, K. **S.Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, Ed. Cambridge University Press, 2001. 1032 p.

MEDEIROS, A. S. Influência da pedofoma sobre a composição florística e a estrutura da floresta estacional fluminense, Pinheiral – RJ. **Dissertação**, UFRRJ, área de estudo em Ciências Florestais e Ambientais, Seropédica, 2015.

MELILLO, J. M.; MCGUIRE, A. D.; KICKLIGHTER, D. W.; MOORE III, B.; VOROSMARTY, C. J.; SCHLOSS, A. L. Global climate change and terrestrial net primary production. **Nature**, London, v.363, n.6426, p.234-240, 1993.

MENEZES, C. E. G. Integridade De Paisagem, Manejo E Atributos Do Solo No Médio Vale Do Paraíba Do Sul. **Tese**, UFRRJ, área de estudo em Agronomia, Seropédica, 2008. 151p.

MORAES, J. F. L.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Soil properties under Amazon Forest and changes due to pasture installation In Rondônia, Brazil. **Geoderma**, v. 70, p. 63-81, 1996.

MORAES, R. M.; DELITTI, W. B. C.; STRUFFALDI-DE-VUONO Y.. Litterfall and nutrient return in two Brazilian tropical forests. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, p. 9–16, 1999.

NEPSTAD, D.; MOUTINHO, P. R. S.; MARKEWITZ, D. The recovery of biomass, Nutrient stocks and deep soil functions in secondary Forest. In: MC CLAIN, M.E.; VICTORIA, R.L.; Rich, J. E. **The biogeochemistry of the Amazon basin**. New York, Ed. Oxford University Press, p. 139-155. 2001.

O'BRIEN, B. J.; STOUT, J. D. Movement and turnover of soil organic matter as indicated by carbon isotope measurements. **Soil Biology and Biochemistry**, Wageningen, v. 10, n. 4, p. 309- 317, 1978.

OLIVEIRA, F.C. Disposição de lodo de esgoto e composto de lixo urbano num Latossolos vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Tese**, ESALQ, Piracicaba, 2000. 247 p.

PEREIRA-SILVA E. F. L.; HARDT, E.; JOLY, C. A.; AIDAR, M. P. M. Sucessão Ecológica e o uso de nitrogênio em florestas tropicais. **Interciência & Sociedade**, p. 149-159, 2011.

PHILLIPS, O. L.Y.; MALHI, N.; HIGUCHI, W. F.; LAURANCE, P. V.; NUÑEZ, R. M. V.; ASQUEZ, S. G.; LAURANCE, L. V.; FERREIRA, M.; STERN, S.; BROWN, S. Changes in the carbon balance of tropical forests: evidence from long-term plots. **Science**, v. 282, p. 439–442, 1998.

PIRES, J.P.A. Biologia reprodutiva de *Pseudopiptadenia contorta* e *P. leptostachya* (Leguminosae: Mimosoideae) no Parque Nacional do Itatiaia, Rio de Janeiro. **Dissertação**, Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, 2006.

SALDARRIAGA, J. G. Long-term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. **Journal of Ecology**, v.76, p. 938-958, 1988.

SCHEDLBAUER, J. L.; KAVANAGH, K. L. Soil carbon dynamics in a chronosequence of secondary forests in northeastern Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 1326-1335, 2008.

SMITH, B. N.; EPSTEIN, S. Two categories of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios for higher plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 47, p. 380-384, 1971.

SOLOMON S. **Climate change 2007: the physical science bases**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch>.

SOMMER R.; SÁ T. D. A.; VIELHAUERA K.; ARAÚJO A.C.; FÖLSTERD H.; VLEKA P. L. G. Transpiration and canopy conductance of secondary vegetation in the eastern Amazon. **Agriculture and Forest Meteorology**, Amsterdam, NL, v.112, p.103-121, 2002.

TANNER L. H.; NIVISON M. A.; WILCKENS M. T.; JOHNSON, K. M. Biomass and Soil Carbon Stocks in Wet Montane Forest, Monteverde Region, Costa Rica: Assessments and Challenges for Quantifying Accumulation Rates. **International Journal of Forestry Research**. 2016.

TARRÉ, R. M.; MACEDO R.; CANTARUTTI, R.B.; REZENDE, C.P.; PEREIRA, J.M.; FERREIRA, E.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under *Brachiaria* pasture in the Atlantic Forest region of the south of Bahia, Brazil. **Plant and Soil**, v. 234, p. 15-26, 2001.

TORRES A. Q. A. Dinâmica da matéria orgânica do solo em área degradada em recuperação com plantio de leguminosas arbóreas, no Município de Angra dos Reis-RJ. **Dissertação**, UFRRJ, área de estudo em Agronomia, Seropédica, 2012. 42 p.

VEIGA L. G. Estoque de madeira morta ao longo de um gradiente altitudinal de Mata Atlântica no nordeste do estado de São Paulo. **Dissertação**, UNICAMP, área de estudo em Biologia Vegetal, Campinas, 2010.

VIEIRA, S. A.; ALVES, F. A.; DUARTE-NETO, P. J.; MARTINS, S. C.; SCARANELLO, M. A.; PICOLLO, M. C.; CAMARGO, P. B.; CARMO, J. B.; SOUSA NETO, E.; SANTOS, F. A. M.; VEIGA, L.G.; JOLY, C.A.; MARTINELLI, L.A. Stocks of carbon and nitrogen and partitioning between above and below ground pools in the Brazilian coastal Atlantic Forest elevation range. **Ecology and Evolution**, p. 421-434, 2011.

VILLELA, D. M.; NASCIMENTO, M. T.; ARAGÃO, L. E. O. C.; GAMA, D. M. Effect of selective logging on forest structure and nutrient cycling in a seasonally dry Brazilian Atlantic forest. **Journal Biogeographic**, v.33, p. 506–516, 2006.

VITORELLO, V. A.; CERRI, C. C.; ANDERSON, F.; FELLER, C.; VICTORIA, R.L. Organic matter and natural carbon-13 distribution in forested and cultivated oxisols. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 53, n. 3, p. 773-778, 1989.

VOGEL, J. C; Variability of carbon isotope fractionation during photosynthesis. IN: EHLERINGER, J. R.; HALL, A.E. FARQUHAR, G.D. (ed.). **Stable isotopes and plant carbon – Water relations**. San Diego, Ed. Academic Press, 1993. p.29-38.

WATZLAWICK, L.F.; SANQUETTA, C.R.; ARCE, J.E.; BALBINOT, R. Quantificação de biomassa total e carbono orgânico em povoamentos de *Araucária angustifolia* (BERT.) O. Kuntze no Sul do estado do Paraná, Brasil. **Revista Acadêmica**, v.1, n.2, p.63-68, 2003.

7.

CAPÍTULO III

FLORÍSTICA, FITOSSOCIOLOGIA E INVENTÁRIO FLORESTAL DE DIFERENTES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS DE FLORESTA OMBRÓFILA NO PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA-RJ

RESUMO

Após séculos de profundas modificações da paisagem, às florestas secundárias são as atuais responsáveis pelos serviços ecossistêmicos na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, ao Sul do estado do Rio de Janeiro, destacando-se dentre esses serviços, a proteção dos solos, produção de água, preservação da fauna, flora e sequestro de CO₂. Inserido na referida região, e com histórico de uso da terra semelhante, o Parque Nacional do Itatiaia (PNI) abriga, atualmente, fragmentos de florestas secundárias em diferentes estágios de sucessão, o que o torna um local relevante para estudos que abordem os impactos promovidos por mudanças do uso da terra sobre variáveis ecológicas, como a diversidade, composição florística, estrutura e volume de madeira em florestas secundárias. A fim de caracterizar possíveis variações sofridas pelas referidas variáveis, foram instaladas na floresta secundária do PNI 120 parcelas, distribuídas em seis módulos constituídos de 20 subparcelas contínuas de 10x10 metros, totalizando 4000 m² de amostragem em cada estágio de sucessão (FEA – avançado, FEM – médio e FEI – inicial). Foram mensurados 2011 fustes com DAP \geq 5 cm, sendo a maior densidade de indivíduos encontrada em FEA, seguida por FEI e FEM, com distribuição diamétrica, e das alturas, na forma de “J” invertido, como esperado para florestas secundárias. O inventário florestal estratificado apresentou erro total inferior ao pretendido (13,25 %), indicando para FEI o menor volume de madeira (161,33 m³/ha⁻¹), seguido por FEM (299,24 m³/ha⁻¹) e FEA (360,31 m³/ha⁻¹). Quanto à riqueza e diversidade de espécies, essas podem ser consideradas elevadas (172 espécies, H'⁷=4,02), sendo, provavelmente, as medidas restritivas impostas pela unidade de conservação e a proximidade de florestas preservadas, os principais fatores da elevada diversidade.

Palavras chave: Fitossociologia. Sucessão ecológica. Florestas secundárias. Unidades de Conservação.

ABSTRACT

After centuries of land occupation, and deep changes in the landscape, secondary forests are currently responsible for environmental services in the region of the Middle Paraíba do Sul, in the south of the state of Rio de Janeiro. Among these services, we highlight the protection of soils, water production, preservation of fauna and flora and CO₂ stock. The Itatiaia National Park (PNI), in addition to preserved forest formations, is a part of this region, with secondary forests in different stages of succession, making it of great relevance for studies that address the impacts promoted by soil cover on: the diversity, floristic composition, structure and volume of wood from the secondary forest fragments of the region. Therefore, in order to verify the variations on these variables, 120 parcels, distributed in six modules, consisting of 20 contiguous subplots of 10x10 meters, were installed in the secondary forest of the PNI, totaling 4000 m² of sampling in each stage of succession (FEA - advanced, FEM - medium and FEI - initial). A total of 2019 stems with DBH \geq 5 cm were measured, the highest density of individuals being found in FEA, followed by FEI and FEM, with diametric distribution, and the heights, in the inverted "J" shape, as expected for secondary forests. On the other hand, the stratified forest inventory presented a lower total error than the intended one (13.25%), and indicated for FEI the lowest volume of wood (161.33 m³ / ha-1), followed by FEM (299.24 m³ / ha-1) and FEA (360.31 m³ / ha-1). As for species richness and diversity, these may be considered high (172 species, H' = 4.02), probably the restrictive measures imposed by the conservation unit and the proximity of preserved forests, the main factors of high diversity.

Keywords:Phytosociology. Ecological succession. Secondary forests.ConservationUnits.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas florestais nativos do Médio Vale do Paraíba do Sul foram fortemente modificados nos diferentes ciclos de produção regionais, especialmente após a introdução da cultura do café, em 1780, em propriedades próximas a Resende-RJ (DRUMMOND, 1997). Com o declínio da produção de café, passou a predominar a pecuária leiteira extensiva, sendo os antigos cafezais substituídos por pastagens ou simplesmente abandonados, dando origem a florestas secundárias em diferentes estágios de sucessão ecológica. Predominam na região, atualmente, fragmentos florestais secundários, descontínuos e de variados tamanhos (SOS MATA ATLÂNTICA & INPE, 2019), geralmente circundados por pastagens não manejadas. Esses são responsáveis por vários serviços ecossistêmicos, dentre eles: a proteção dos solos, produção de água, preservação da flora e fauna e mitigação de CO₂ atmosférico.

Inserido nesse contexto, o Parque Nacional do Itatiaia (PNI), abriga um importante remanescente da flora regional, com grande diversidade de ecossistemas do Bioma Mata Atlântica, como a Floresta Ombrófila Densa e Mista, a Floresta Estacional Semidecidual e os Campos de Altitude (BARRETO, 2013). Estima-se que a flora local foi intensamente afetada pela ação humana, especialmente durante os anos de 1908 a 1918, quando foi instalada na região uma colônia agrícola, que devastou as matas até a cota de 1000 metros de altitude, sendo instaladas lavouras e principalmente pastagens (BRADE, 1956). Muitas dessas áreas foram gradativamente abandonadas, passando a predominar nas encostas, que atualmente pertencem ao PNI, fragmentos de vegetação secundária em diferentes estágios de sucessão. Apesar dos impactos, a exuberância da flora e fauna da região do Maciço do Itatiaia chama a atenção de pesquisadores desde o século XIX. Botânicos europeus como A.F.M. Glaziou e H. Wawra Ritter Von Fernsee constataram a grande diversidade de espécies vegetais e habitats diferenciados, sendo este reconhecimento internacional um estímulo para criação do PNI (MARTINELLI et al., 1989; MORIM 2006; BARBARENA et al., 2008).

Outros trabalhos foram realizados no PNI desde então, com destaque para os de Brade (1956), que descreve as fisionomias vegetais regionais; Morim (2006/2007), Lima & Guedes-Bruni (2004), Gianneriniet al. (2007) e Barberena et al. (2008), que realizaram trabalhos com grupos taxonômicos; e Martinelli & Vaz (1988), Guedes-Bruni (1998) e Silva Neto (2012) que realizaram os primeiros estudos fitossociológicos nas comunidades arbóreas do Parque.

Contudo, estudos que correlacionem variáveis ambientais e ecológicas de comunidades secundárias do Parque são inexistentes, apesar de sua importância para o entendimento da dinâmica ecológica de florestas secundárias.

Pretende-se, ainda, confirmar as seguintes hipóteses: às características dos diferentes estágios sucessionais correspondem aquelas descritas pela resolução CONAMA nº 6, de 4 de maio de 1994. A diversidade florística de cada estágio de sucessão corresponde aos padrões comumente descritos para a Floresta Ombrófila da Mata Atlântica. A estrutura fitossociológica referente a cada estágio de sucessão corresponde aquela descrita para Floresta Ombrófila da Mata Atlântica. O volume de madeira para cada estágio sucessionais e para as principais espécies é diferenciado. As medidas preservacionistas adotadas pelo PNI são relevantes para o desenvolvimento das florestas secundárias e sua diversidade.

Desta forma, o presente estudo teve como objetivo caracterizar os diferentes estágios de sucessão florestal na vertente sul do PNI, obtendo dados ecológicos e estruturais, passíveis de correlação com variáveis ambientais.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o levantamento florístico, fitossociológico e o inventário florestal, foi considerada a heterogeneidade das condições experimentais, sendo empregado o controle local por meio de uma amostragem estratificada (FELFILI, 2011) ou em blocos ao acaso (GOMES & GARCIA, 2002), a fim de isolar as fontes de variações permitindo uma resposta mais precisa dos tratamentos. Foram alocados dois blocos com 20 parcelas de 100m², em três estágios sucessionais (inicial, médio e avançado) de Floresta Ombrófila Densa Montana, totalizando 40 parcelas por estágio de regeneração, 120 no total.

O critério para enquadramento dos estágios sucessionais seguiu a RESOLUÇÃO CONAMA nº 6 de 1994 - BIOMAS – Estágios sucessionais da vegetação da Mata Atlântica RESOLUÇÃO CONAMA nº 6, de 4 de maio de 1994. Publicada no DOU nº 101, de 30 de maio de 1994, Seção 1, páginas 7913-7914 Correlações: Em cumprimento ao art. 6º do Decreto nº 750/93 e art. 1º, § 1º da Resolução CONAMA nº 10/93, convalidada pela Resolução CONAMA nº 388/07 para fins do disposto na Lei 11.428, de 22 de dezembro de 2006 - Estabelece definições e parâmetros mensuráveis para análise de sucessão ecológica da Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro (Tabela 16).

Tabela 16. Critérios gerais para classificação dos estágios sucessionais na Mata Atlântica (Conama, 2008, Anexo 41 - Parâmetros de classificação dos estágios sucessionais da vegetação, p.171).

PARÂMETROS	INICIAL	SECUNDÁRIA INTERMEDIÁRIA	AVANÇADA
Nº de estratos	1	1 a 2	≥ 2
Nº de espécies lenhosas	1 a 10	5 a 30	≥ 30
Área basal (m ² /ha)	8 a 20	15 a 35	≥ 30
Altura das espécies lenhosas do dossel (m)	Até 10	8 a 17	≥ 30
Média de amplitude dos diâmetros - DAP (cm)	10	25	40
Distribuição diamétrica (cm)	5 a 15	10 a 40	20 a 60
Crescimento das árvores do dossel	Rápido	Moderado	Lento
Vida média das árvores	Curta	Média	Longa
Amplitude diamétrica	Pequena	Média	Grande
Amplitude da altura	Pequena	Média	Grande
Epífitas	Raras	Poucas	Abundante
Lianas herbáceas	Abundantes	Poucas	Raras
Lianas lenhosas	Ausente	Rara	Presente
Gramíneas	Abundantes	Poucas	Raras
Regeneração das árvores do dossel	Ausente	Pouca	Intensa

Fonte: Extraída de Conama, 2008

O levantamento arbustivo e arbóreo incluiu indivíduos com $DAP \geq$ cinco cm, ocorrentes em cada parcela. As determinações taxonômicas foram realizadas com auxílio de bibliografia especializada, comparação com o acervo do herbário RBR e consulta a especialistas. Todo material coletado foi herborizado segundo as técnicas usuais em botânica (IBGE, 2013) e depositado no Herbário do Departamento de Botânica (RBR) da UFRRJ. O sistema de classificação botânica adotado seguiu o APG III (2009) e a nomenclatura foi atualizada através da Lista de espécies da Flora do Brasil.

Quanto às informações referentes a nome popular, grupo ecológico, fenologia, forma de dispersão das sementes e utilidades das espécies, foram obtidas com o auxílio da bibliografia especializada (Lorenzi, 2002; Carvalho, 2003; Gandolfiet al. 1995, Lima & Guedes-Bruni, 1996; Morim, 2006) e consulta aos sites Flora do Brasil (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2019/>) e (<http://www.tropicos.org/>) do Missouri Botanical Garden – Mobot. Quando a classificação das espécies em alguma categoria de Ameaçadas, foram considerando as lista IUCN-Biodiversitas (2001) e INMMA (2008) e CNCFlora (2014).

Os parâmetros fitossociológicos (média das alturas e diâmetros, área basal, densidade absoluta, densidade relativa, frequência absoluta, frequência relativa, dominância absoluta, dominância relativa, valor de cobertura e valor de importância) foram calculados segundo formulário proposto por Felfili (2011), sendo utilizado para tal o programa MS Excel (2010). A tabela 17 apresenta as equações para o cálculo dos parâmetros fitossociológicos.

Quanto à comparação das médias das variáveis estruturais, entre os estágios sucessionais: área basal; volume total; altura total, diâmetro à altura do peito e total de indivíduos amostrados por parcela, foram empregados o teste t de Tukey, teste t de Student Newman Keuls (SNK) e teste t de Duncan, todos a 95% de probabilidade, com auxílio do programa R x 64 2.15.3.

Quanto à suficiência amostral, foi gerada uma curva do coletor para avaliar o incremento da riqueza de espécies segundo o esforço amostral empregado, permitindo a verificação da eficiência do esforço amostral pela análise gráfica da curva e sua tendência a uma assíntota (MAGURRAN, 2004).

A diversidade florística foi expressa pelo índice de Shannon-Weaver (MAGURRAN, 1988) e comparada posteriormente com resultados encontrados em formações similares de reconhecida diversidade biológica. Visando corroborar com os resultados apresentados pelo cálculo de diversidade Shannon-Weaver, foram apresentados também, o índice de uniformidade de Pielou (PIELOU, 1984) e o índice de dominância de Simpson (BROWER, 1984).

Tabela 17. Equações utilizadas para o cálculo dos parâmetros fitossociológicos referentes à Floresta Ombrófila Densa Montana, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

Médias das alturas	Médias dos diâmetros	Área Basal
$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^n h}{n}$ <p>onde: hi = altura estimada das árvores presentes na parcela e n = número total de árvores amostradas</p>	$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d}{n}$ <p>onde: di = diâmetro medido das árvores presentes na parcela e n = número total de árvores amostradas</p>	$g = \frac{\pi d^2}{4} \quad G = \frac{\sum_{i=1}^n g}{A}$ <p>gi = área basal da i-ésima espécie presente na área e A = unidade de área</p>
Densidade absoluta por unidade de área	Frequência absoluta por unidade de área	Dominância absoluta por unidade de área
$D_i = \frac{n}{a}$ <p>onde: n = número de indivíduos da espécie e a = unidade de área</p>	$F_i = \frac{u_i}{u_t}$ <p>onde: ui = número de unidades amostrais em que a i-ésima espécie ocorre e ut = número total de unidades amostrais</p>	$D_{o_i} = \frac{\sum g_i}{A}$ <p>onde: gi = área basal da i-ésima espécie presente na área e A = unidade de área</p>
Densidade relativa	Frequência relativa	Dominância relativa
$Dr = \frac{D_i}{\sum_{i=1}^n D_i} \times 100$ <p>onde: Di = densidade absoluta de uma espécie e $\sum D_i$ = somatório das densidades absolutas de todas as espécies</p>	$Fr = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^n F_i} \times 100$ <p>onde: Fi = frequência absoluta de uma espécie e $\sum F_i$ = somatório das frequências absolutas de todas as espécies amostradas</p>	$D_{or} = \frac{D_{o_i}}{\sum_{i=1}^n D_{o_i}} \times 100$ <p>onde: Di = dominância absoluta de uma espécie e $\sum D_i$ = somatório das dominâncias absolutas de todas as espécies</p>
Valor de Cobertura		
$VC = Dr + Dor$		
onde: DR = Densidade relativa e Dor = Dominância relativa		
Valor de Importância		
$VI = Dr + Dor + Fr$		
onde: DR = Densidade relativa; Dor = Dominância relativa e Fr = Frequência relativa		

A similaridade florística entre os tratamentos foi calculada pela análise de similaridade florística de Jaccard (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG; 1974, MAGURRAN, 2004). Já o índice de dominância de Simpson, para verificação das espécies dominantes, bem como os índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') e uniformidade de Pielou (J), são apresentados na tabela 18.

Tabela 18. Equações utilizadas para o cálculo dos índices de diversidade, uniformidade, dominância e similaridade da Floresta Ombrófila Densa Montana, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

Índice de uniformidade de Pielou	Índice de Simpson
$C = \frac{H'}{H_{max}}$ <p>onde: C = índice de uniformidade de Pielou; Hmax = Ln(S) = diversidade máxima; S = número de espécies amostradas</p>	$J = \sum_{i=1}^s n_i(n_i - 1) / [N(N - 1)]$ <p>onde: J = índice de dominância de Simpson; ni = número de indivíduos cadastrados da i-ésima espécie; N = número total de indivíduos cadastrados</p>
Índice de Shannon-Weaver	Similaridade Florística de Jaccard
$H' = \frac{\left(N \log N - \sum_{i=1}^s n_i \times \log n_i \right)}{N}$ <p>onde: N = número total de indivíduos amostrados; ni = número total de indivíduos amostrados da i-ésima espécie; S = número de espécies amostrado; log = logaritmo de base 10;</p>	$ISJ = c / (a + b + c) \times 100$ <p>Sendo: c = nº de espécies comuns as áreas a = nº de espécies exclusivas da área x1 b = nº de espécies exclusivas x2</p>

Já para construção dos histogramas de distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro e altura, foi calculado o intervalo de classe ideal (IC) conforme as fórmulas (SPIEGEL, 1970, apud FELFILI & SILVA-JÚNIOR, 1988) (tabela 19):

Tabela 19. Equações utilizadas para o cálculo do intervalo e número de classes de DAP e altura, Floresta Ombrófila Densa Montana, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

	a) IC = A/NC
	NC = 1 + 3,3.logN
b)	onde: IC = intervalo de classe A = amplitude de diâmetros; NC = número de classes; e N = número de indivíduos.

Para o inventário florestal utilizou os dados dendrométricos coletados durante o estudo fitossociológico, sendo toda metodologia e planejamento da coleta apresentada anteriormente. Para o cálculo dos volumes individuais das árvores foi utilizado o modelo alométrico propostos por CETEC (2005), sendo obtido o volume com casca dos indivíduos, uma vez que o estudo determinou também, o estoque total de carbono na fitomassa. (apresentado no Capítulo2)

O planejamento do inventário buscou atingir erro máximo não superior a 20% de probabilidade, valor geralmente requerido por órgãos ambientais em processos de licenciamento ambiental. Quanto à suficiência amostral, as 120 parcelas instaladas corresponderam a 1,26% do total de área em estudo.

Após mensuração dos estágios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa ao longo da encosta Sul do Parque Nacional do Itatiaia, foi necessário o emprego do método de amostragem estratificada,

verificado a partir da ANOVA e posterior Teste F de Snedecor. O processamento do inventário se deu em planilhas eletrônicas, onde foi aplicado o seguinte formulário (tabela 20).

Tabela 20. Equações utilizadas para o processamento do inventário florestal da Floresta Ombrófila Densa Montana, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

Média por estrato	Média estratificada	Intensidade amostral
$\bar{x}_h = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} x_{ih}}{n_h}$	$\bar{x}_{st} = \frac{\sum_{h=1}^L N_h \cdot \bar{x}_h}{N} = \sum_{h=1}^L W_h \cdot \bar{x}_h$	$f_h = \frac{n_h}{N_h} = \frac{\sum_{h=1}^L n_h}{N}$
Variância por estrato	Variância estratificada	Variância da média estratificada
$E_a = \pm t \cdot s_{x_{st}}$	$s_{st}^2 = \sum_{h=1}^L W_h \cdot s_h^2$	$s_{x_{st}}^2 = \sum_{h=1}^L W_h \cdot \left(\frac{s_h^2}{n_h} \right) \cdot f_h$
Erro padrão relativo	Erro padrão absoluto	Erro de amostragem
$S_{x_{st}} = \sqrt{s_{x_{st}}^2} = \sqrt{\sum_{h=1}^L W_h \cdot \frac{s_h^2}{n_h} (1-f_h)}$	$X_h = N_h \cdot \bar{x}_h$	$X_h = N_h \cdot \bar{x}_{st}$
Graus de liberdade	Alocação proporcional	Alocação ótima
$n_{\theta} = \frac{\left(\sum_{h=1}^L g_h \cdot s_h^2 \right)^2}{\sum_{h=1}^L \frac{g_h^2 s_h^4}{n_h - 1}}$	$n = \frac{t^2 \cdot \sum_{h=1}^L W_h \cdot s_h^2}{E^2}$	$n = \frac{t^2 \cdot \left(\sum_{h=1}^L W_h \cdot s_h \right)^2}{E^2}$
Intervalo de Confiança	Total da população por estrato	Total da população geral
$X_h - N_h \cdot t \cdot s_{x_{st}} \leq X \leq X_h + N_h \cdot t \cdot s_{x_{st}}$	$X_h = N_h \cdot \bar{x}_h$	$X_h = N_h \cdot \bar{x}_{st}$

Onde:

X_{ih} = variável de interesse;

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \text{estimativa da média};$$

$$s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \text{estimativa da variância};$$

$$N = \sum_{h=1}^L N_h$$

N = número total potencial de unidades da população;

L = número de estratos;

N_h = número potencial de unidades do Estrato (h);

n_h = número de unidades amostrais no estrato (h);

$$W_h = \frac{N_h}{N} = \frac{A_h}{A} = \text{proporção do estrato (h) na amostra total};$$

$$W_h = \frac{n_h}{n} \quad = \text{proporção do estrato (h) na amostra total;}$$

$$A = \sum_{h=1}^L A_h \quad = \text{área total da população;}$$

Onde:

A_h = área do estrato (h);

$$f_h = \frac{n_h}{N_h} \quad = \text{fração amostral do estrato (h);}$$

$$f = \frac{n}{N} \quad = \text{fração amostral da população.}$$

Para o cálculo do volume total individual de madeira com casca, foi utilizada a equação proposta por CETEC (2005/1), desenvolvida para estimativa volumétrica por métodos não destrutivos, para florestas nativas no estado de Minas Gerais.

$$\mathbf{VTCC} = \mathbf{0,00007423} \times \mathbf{Dap}^{1,707348} \times \mathbf{HT}^{1,16873}$$

Onde:

VTCC = volume total com casca

Dap = diâmetro a altura do peito

HT = altura total

RESULTADOS

Aspectos Florísticos e Estruturais da Floresta Secundária no PNI

A análise florística conjunta dos diferentes estágios sucessionais da Floresta Ombrófila Densa, presente na vertente sul do PNI, indicou a ocorrência de 172 espécies, dentre as quais: 52 de ocorrência simultânea em todos os estágios sucessionais avaliados, sendo essas tratadas como generalistas; 81 espécies de ocorrência exclusiva em um dos estágios sucessionais, sendo denominadas como exclusivas; e outras 80 espécies ocorreram em ao menos dois estágios sucessionais simultaneamente. A Tabela 21 apresenta o número de espécies totais, generalistas, exclusivas e de ocorrência simultânea.

Tabela 21. Número de espécies generalistas, exclusivas e de ocorrência simultânea em dois estágios sucessionais, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

OCORRÊNCIA	FE			Total de espécies por classes de ocorrência
	A	M	I	
Generalistas	52	52	52	52
Exclusivas	28	21	32	81
Ocorrência em dois estágios	29	31	20	80
Total de espécies por estágio	109	104	104	-
Total de espécies	172			-

Legenda: FEA: Floresta Ombrófila em estágio Avançado, FEM: Floresta Ombrófila em estágio Médio, FEI: Floresta Ombrófila em estágio Inicial.

A lista florística das espécies amostradas, bem como sua ocorrência em cada estágio sucessional e respectivos números totais de indivíduos mensurados, é apresentada na tabela 22.

As espécies ocorrentes nos diferentes estágios sucessionais da Floresta Ombrófila do PNI são distribuídas em ao menos 43 famílias botânicas, com destaque para: Fabaceae (24), Myrtaceae (16), Lauraceae (10), Euphorbiaceae (9), Rubiaceae (9), Annonaceae (8), Sapindaceae (7), Moraceae (6), Melastomataceae (6), Sapotaceae (5), Apocynaceae (5) e Meliaceae (5), correspondendo a 63,95% (110) das espécies amostradas. Outras 62 espécies são distribuídas nas 31 famílias restantes, sendo o número de espécies pelas principais famílias (Figura 15 A).

Quanto ao número de gêneros, foram encontrados 112 táxons, com destaque para *Miconia* (5), *Ocotea*(4), *Inga*(4), *Eugenia* (4), *Myrcia*(3), *Vockysia*(3), *Dalbergia*(3), *Aspidosperma*(3), *Pouteria*(3), *Nectandra*(3), *Protium*(3) e *Cupania*(3), que concentraram 36,6% (41) das espécies ocorrentes. Outras 131 espécies são distribuídas em 100 gêneros. Os principais gêneros e o respectivo número de espécies são apresentados na Figura 15 (B).

Já em relação ao número de indivíduos por espécies, se destacam *Euterpe edulis* (303), *Cupania oblongifolia*(96), *Guapira opposita*(88), *Ocotea dyospirifolia*(82), *Soroceaguilleminiana*(75), *Malouetia arborea*(74), *Brosimum guianense* (70), *Rudgea jasminoides*(56), *Protium heptaphyllum*(58), *Bathysa australis*(53), *Pseudopiptadenia contorta* (34) e *Cabralea canjerana* (33), que concentram 48,55% (1025) do total de indivíduos mensurados. Outros 1086 indivíduos pertencem às 160 espécies restantes, sendo importante ressaltar o elevado número de espécies raras (apenas uma ocorrência), que supera 25,71% (45) do total de espécies amostradas. A Figura 15 (C) apresenta as principais espécies quanto ao número de indivíduos.

Tabela 22. Lista florística das espécies arbóreas ocorrentes em três estágios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa Montana, PNI-RJ.

FAMÍLIA	ESPÉCIES	NOME POPULAR	FEA	FEI	FEM	n
ANACARDIACEAE	<i>Tapiriraguianensis</i> Aubl.	pau-pombo	17	6	5	28
ANNONACEAE	<i>Annona glabra</i> L.	envira-branca		1	2	3
	<i>Annona</i> sp.1	anona			1	1
	<i>Annona sylvatica</i> (A. St. Hill.) Mart.	envira-preta	3	3	2	8
	<i>Duguetiasalicifolia</i> R.E.Fries	envira-miuda	10	1	1	12
	<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	envira-roxa	6	1	1	8
	<i>Guatteria nigrescens</i> Mart.	envira-amarela	5	1	1	7
	<i>Xylopia brasiliensis</i> Sprengel	vassourinha-vermelha	3	2	8	13
	<i>Xylopiasericea</i> A.St.-Hil.	vassourinha	1			1
APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma parvifolium</i> A. DC.	peroba	2			2
	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll. Arg.	peroba-rosa	2			2
	<i>Aspidosperma</i> sp.1	quina-quina	1			1
	<i>Malouetia arborea</i> (Vell.) Miers	pau-chiclete	11	24	39	74
	<i>Tabernaemontana hystrix</i> Steud	leiteira	5			5
ARALIACEAE	<i>Oreopanax capitatus</i> (Jacq.) Decne. & Planch	pau-jacu	8		7	15
	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	morototo	9		3	12
ARECACEAE	<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret	tucum	11	13	2	26
	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	juçara	156	6	141	303
ASTERACEAE	<i>Piptocarphum macropoda</i> (DC.) Baker	vassourão		1		1
BIGNONIACEAE	<i>Jacaranda macrantha</i> Cham.	caroba	1			1
	<i>Sparattospermaleucanthum</i> (Vell.) K. Schum.	cinco-chagas		1		1
	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	ipe-branco	4			4
BORAGINACEAE	<i>Cordiasellowiana</i> Cham.	louro		1		1
BURSERACEAE	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	breu	13	29	16	58
	<i>Protium</i> sp.1	breu-grosso		8		8
	<i>Protium widgrenii</i> Engl.	breu-vermelho	1	1		2

Continua...

Tabela 22. Continuação.

FAMÍLIA	ESPÉCIES	NOME POPULAR	FEA	FEI	FEM	n
CARICACEAE	<i>Jacaratiaspinosa</i> (Aubl.) A.DC.	mamão-bravo	4			4
CHRYSOBALANACEAE	<i>Hirtellahebeclada</i> Moric. ex DC.	oiti-graudo	6		1	7
	<i>Licaniakunthiana</i> Hook. f.	oiti	14	4	4	22
	<i>Licania</i> sp.1	caripe		1	1	2
CLUSIACEAE	<i>Kielmeyera excelsa</i> Cambess	pau-santo	2	3		5
DICKSONIACEAE	<i>Dicksoniasellowiana</i> Hook.	xaxim	5		1	6
EBENACEAE	<i>Diospyros</i> sp.1	fruta-de-urubu	3	1	1	5
ELEOCARPACEAE	<i>Sloanea monosperma</i> Vell.	sapopema-branca		1		1
	<i>Sloanearetusa</i> Uittien	sapopema	1	2	1	4
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylumpulchrum</i> A.St.-Hil.	arco-de-pipa			1	1
EUPHORBIACEAE	<i>Actinostemonverticillatus</i> (Klotzsch) Baill.	chulé	8	2	5	15
	<i>Alchorneatriplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	tapia	7		1	8
	<i>Aparisthiumcordatum</i> (Juss.) Bail.	pau-de-facho		12	2	14
	<i>Crotonechnocarpus</i> Müll. Arg	tapia-ferrugem	4	1	2	7
	<i>Crotonfloribundus</i> Spreng.	tapia-branco	1	2	2	5
	<i>Maprouneaguianensis</i> aubl	marmelinho			1	1
	<i>Pachystromalongifolium</i> (Nees) Johnston	espinheira-santa		3	3	6
	<i>Sapiumglandulatum</i> (Vell.) Pax	burra-leitera		2		2
	<i>Sebastianiacommersoniana</i> (Baill) L.B. Sm& Downs	sebastiana	1			1
FABACEAE	<i>Abaremacochliacarpus</i> (Gomes) Barneby&J.W.Grimes	orelha-de-onça	3	2	1	6
	<i>Albiziapolycephala</i> (Benth.) Killipex Record	monjolo			3	3
	<i>Andirafraxinifolia</i> Benth.	angelim-morcego		1		1
	<i>Apuleialeiocarpa</i> (vogel) J.F.Macbr.	garapa		1		1
	<i>Bauhiniaforficata</i> Link	pata-de-vaca	1	3	25	29
	<i>Dalbergiafoliolosa</i> Benth	jacaranda	2			2

Continua....

Tabela 22. Continuação.

FAMÍLIA	ESPÉCIES	NOME POPULAR	FEA	FEI	FEM	n
FABACEAE	<i>Dalbergiafrutescens</i> (Vell.) Britt	jacarandazinho	1	3	1	5
	<i>Dalbergianigra</i> (Vell.) AllemãoexBenth.	jacaranda-da-bahia			17	17
	<i>Fabaceae</i> sp.1	amendoin-roxo		2	2	2
	<i>Fabaceae</i> sp.2	amendoim		1		1
	<i>Ingacylindrica</i> (Vell.) Mart. exBenth	inga-rosa		2		2
	<i>Ingaedulis</i> Mart.	inga-de-metro		8	1	9
	<i>Ingalaurina</i> (Sw.) Willd.	inga-miudo		1		1
	<i>Ingalenticelata</i> Benth.	inga-branco	2	2	1	5
	<i>Machaeriumnyctitans</i> (Vell.) Benth	bico-de-pato	1			1
	<i>Myrocarpusfrondosus</i> Allemão	cabreúva	1			1
	<i>Ormosiaarborea</i> (Vell.) Harms	olho-de-cabra		7		7
	<i>Plathymeniareticulata</i> Benth.	vinhatico	1		1	2
	<i>Pseudopiptadenia</i> contorta (DC.) G.P. Lewis &M.P.Lima	angico-cabelo	4	20	10	34
	<i>Pterocarpusrohrii</i> Vahl	pau-sangue	7		3	10
	<i>Sennamultijuga</i> (Rich.) H.S. Irwin &Barneby	pau-cigarra			1	1
	<i>Swartziaflaemingii</i> Raddi	muirajiboia	9	11	7	27
	<i>Swartzialangsdorffii</i> Raddi	folha-de-lança	2			2
<i>Zollerniaailicifolia</i> (Brongn.) Vogel	zolernia			2	2	
HUMIRIACEAE	<i>Humiriaceae</i> sp.1	uchi	1		2	3
INDETERMINADA	Indeterminada sp.1	casca-seca	9	1		10
	Indeterminada sp.2	casca-rosa	4		2	6
	Indeterminada sp.3	casca-rajada	1			1
	Indeterminada sp.4	bolacha-vermelha		8		8
	Indeterminada sp.5	casca-verde			1	1
	Indeterminada sp.6	folha-de-serra	2			2
	Indeterminada sp.7	verruguenta		1		1

Continua...

Tabela 22. Continuação.

FAMÍLIA	ESPÉCIES	NOME POPULAR	FEA	FEI	FEM	n
LACISTEMATACEAE	<i>Lacistemapubescens</i> Mart.	vela-branca			2	2
TAMIACEAE	<i>Aegiphilaselowiana</i> Cham.	papagaio		1		1
	<i>Vitexpolygama</i> Cham.	taruma	1			1
LAURACEAE	<i>Anibafirmula</i> (Ness& Mart) Mez	canela-rosa	5	13	5	23
	<i>Endlicheriapaniculata</i> (Spreng.) J.F. Macbr	canela-peluda	5	6		11
	<i>Lauraceae</i> sp.1	canela-vermelha			4	4
	<i>Nectandramembranacea</i> (Sw.) Griseb	canela-branca	4		4	8
	<i>Nectandraoppositifolia</i> Ness& Mart.	canela-fedorenta	8	3	8	19
	<i>Nectandrapuberula</i> (Schott)	canela	3			3
	<i>Ocoteabrachybotra</i> (Meisn.) Mês	canela-redonda	2			2
	<i>Ocoteadyospirifolia</i> (Meisn.) Mez	canela-miuda	66	11	5	82
	<i>Ocotealongifolia</i> Kunth	canela-preta	10	8	11	29
LECYTHIDACEAE	<i>Carinianaestrellensis</i> (Raddi) Kuntze	jequitiba	1			1
	<i>Lecythispisonis</i> Cambess.	sapucaia		2		2
MALPIGHIACEAE	<i>Byrsonimasericea</i> DC.	murici	1		1	2
MALVACEAE	<i>Eriothecapentaphylla</i> (Vell.) A. Royns	paina	2	1	7	10
	<i>Lueheadivaricata</i> Mart. &Zucc.	çoita-cavalo		1		1
	<i>Pseudobombaxgrandeflorum</i> (Cav.) A. Robyns	embiruçu	2	2	1	5
MELASTOMATAACEAE	<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	jacatirao	2		1	3
	<i>Miconia discolor</i> DC.	goiabada		4		4
	<i>Miconiaprassina</i> (Sw.) DC.	pixirica		2		2
	<i>Miconiapusiliflora</i> (DC.) Naudin	buxuxu-miudo	2		4	6
	<i>Miconia</i> sp.1	buxuxu		2		2
	<i>Tibouchina granulosa</i> Cogn.	quaresmeira	1			1
MELIACEAE	<i>Cabraleacangerana</i> (Vell.) Mart.	canjerana	14	9	10	33
	<i>Guareamacrophylla</i> Vahl.	carrapeta	6	3	1	10
	<i>Trichiliacatigua</i> A. Juss.	catigua		2	4	6
	<i>Trichilia lepidota</i> Mart.	catigua-graudo	5	2		7

Continua..

Tabela 22. Continuação.

FAMÍLIA	ESPÉCIES	NOME POPULAR	FEA	FEI	FEM	n
MORACEAE	<i>Trichiliacasaretti</i> C.DC	catiguá-miudo	4	16		20
	<i>Brosimumguianense</i> (Aubl.) Huber	amapa	1	59	10	70
	<i>Ficusenormis</i> (Mart. ExMiq.)	apuí	4		1	5
	<i>Ficus104nsípida</i> Willd.	figueira-d'agua			2	2
	<i>Macluratinctoria</i> (L.) D.DonexSteud.	amora-brava		1		1
	<i>Soroceaguilleminiana</i> (Baill.) W. C. Burguer	espinho-de-judeu	15	47	13	75
MYRISTICACEAE	<i>Virolagardneri</i> (A. DC.) Warb	bicuiba-verdadeira			1	1
	<i>Virolaoleifera</i> (Schott) A.C. Sm.	Bicuiba	2	5	3	10
	<i>Virolabicuhyba</i> (Schott ex Spreng.) Warb.	ucuuba-espelho		1		1
MYRTACEAE	<i>Calyptranthesgrandifolia</i> O.Berg.	orelha-de-coelho	2	3		5
	<i>Campomanesiaxanthocarpa</i> O.Berg	guabiroba	4	2	4	10
	<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam	goiaba-parda		1	3	4
	<i>Eugenia candolleana</i> DC.	folha-de-papel	15	2	1	18
	<i>Eugenia multicostata</i> D. Legrand	guamirim-peludo			1	1
	<i>Eugenia</i> sp.1	piuna-vermelha	1			1
	<i>Marliereaexcoriata</i> Mart.	Piuna-lisa	3	3	5	11
	<i>Myrcia</i> sp.1	canela-de-ema		2	1	3
	<i>Myrcia</i> sp.2	piuna-parda		2		2
	<i>Myrciasplendens</i> (Swart) DC.	guamirim	8	17	3	28
	<i>Myrciariafloribunda</i> (West) O.Berg	jabuticaba	2	2	1	5
	<i>Myrciaria</i> sp.1	piuna-amarela	11	2	7	20
	<i>Myrtaceae</i> sp.2	casca-fina	1	1	1	3
	<i>Myrtaceae</i> sp.3	pepino-de-rodinha		1		1
	<i>Pliniaedulis</i> (Vell.) Sobral	tatuzinho	2		1	3
	<i>Psidiumrufum</i> DC.	cabeludinha	2		3	5

Continua...

Tabela 22. Continuação.

FAMÍLIA	ESPÉCIES	NOME POPULAR	FEA	FEI	FEM	n
NYCTAGINACEAE	<i>Guapirahirsuta</i> (Choisy) Lundell	maria-mole	11		2	13
	<i>Guapiraopposita</i> (Vell.) Reitz	joao-mole	46	32	10	88
PERACEAE	<i>Peraglabrata</i> Baill	pera	13	4	1	18
	<i>Peraheteranthera</i> Poit. ex Baill	pera-brava	3	5		8
POLYGONACEAE	<i>Coccolobamollis</i> Casar	folha-de-bolo	5			5
	<i>Coccoloba</i> sp.1	casca-preta	1			1
	<i>Coccoloba</i> sp.2	pau-formiga			2	2
PROTEACEAE	<i>Roupalamontana</i> Aubl.	carne-de-vaca			1	1
RUBIACEAE	<i>Alseisfloribunda</i> Schott	quina-de-são-paulo	2	1	2	5
	<i>Amaiouaguianensis</i> Aubl.	canela-de-velho	6	3	1	10
	<i>Bathysa australis</i> (A.St.-Hil.) Benth. & Hook. f.	erva-rata	6	7	40	53
	<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum	caferana	1			1
	<i>Genipa americana</i> L.	genipapo		4		4
	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schtdl.	café-peludo	2			2
	<i>Posoqueria latifolia</i> (Rudge) Roem. & Schult.	posoqueria	1		6	7
	<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq	cafezinho			2	2
	<i>Rudgea jasminoides</i> (Cham.) Müll. Arg.	café-do-mato	52	5	2	59
RUTACEAE	<i>Esenbeckia grandiflora</i> Mart.	osso-de-burro			1	1
SALICACEAE	<i>Casearia obliqua</i> Spreng.	pau-de-espeto	3	5	1	9
	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	pau-lagarto	1	5	7	13
SAPINDACEAE	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil.) Radlk.	vacum	1	3	4	8
	<i>Allophylus melanophloeus</i> Radlk.	vacum-graudo	2			2
	<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	camboata	23	8	65	96
	<i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk.	camboata-miudo		1		1
	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	camboata-de-serra			7	7
	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk	miguel-pintado		9	6	15
	<i>Talisia</i> sp.1	talisia			1	1

Continua...

Tabela 22. Continuação.

FAMÍLIA	ESPÉCIES	NOME POPULAR	FEA	FEI	FEM	n
SAPOTACEAE	<i>Diplooncuspidatum</i> (Hoehne) Cronquist	abiurana-amarela			1	1
	<i>Micropholisgardneriana</i> (A.DC.) Pierre	bacubixa		1		1
	<i>Pouteriacaimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	abiurana-branca		1		1
	<i>Pouteriafilipes</i> Eyma	abiu-folha-grande		1		1
	<i>Pouteria</i> sp.2	abiurana-vermelha	3	1		4
SIPARUNACEAE	<i>Siparunaguianensis</i> Aubl.	negamina		8	1	9
SOLANACEAE	<i>Aurelianafasciculata</i> (Vell.) Sendtn	fumo-doce			1	1
URTICACEAE	<i>Cecropiaglaziovii</i> Sneathl.	embauba-vermelha		3	1	4
	<i>Cecropiahololeuca</i> Miq.	embauba-branca	2			2
VOCHYSIACEAE	<i>Qualea</i> sp.1	qualea	2			2
	<i>Vockysiabifalcata</i> Warm	pau-terra-miúdo	12	4	9	25
	<i>Vockysia</i> sp.1	pau-terra	3		1	4
	<i>Vockysiatucanorum</i> Warm	pau-terra-amarelo		1		1

Legenda: FEA: Floresta Ombrófila em estágio Avançado, FEM: Floresta Ombrófila em estágio Médio, FEI: Floresta Ombrófila em estágio Inicial

Quanto à estrutura horizontal e vertical da comunidade em geral, foram mensurados 2011 fustes nas 120 parcelas alocadas, dentre os quais 117 encontravam-se mortos e ainda em pé. A maior densidade de indivíduos foi observada em FEA (838), seguida por FEM (680) e FEI (593). A Tabela 23, a seguir, apresenta o número total de fustes vivos e mortos em pé para cada estágio sucessional e para a comunidade em geral.

Tabela 23. Variáveis estruturais calculadas para a Floresta Ombrófila Densa secundária, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

Área	Indivíduos		Indivíduos ha		G (m ² ha ⁻¹)	V (m ³ ha ⁻¹)	HT (m)	DAP (cm)	n	n ha ⁻¹
	vivos	mortos	vivos	mortos						
FEA	797	41	1992	102,5	15,73	143,95	10,10	12,91	838	2080
FEM	639	41	1597	102,5	13,33	118,92	10,37	13,13	680	1700
FEI	558	35	1395	87,5	8,48	64,53	8,09	11,32	593	1482
GERAL	1994	117	1661	97,5	37,54	327,41	9,5	12,53	2111	1759

Legenda: Geral: Floresta Ombrófila Densa secundária; FEA: Floresta Ombrófila em estágio Avançado, FEM: Floresta Ombrófila em estágio Médio, FEI: Floresta Ombrófila em estágio Inicial; G: área basal; V: volume total; HT: altura total; DAP diâmetro à altura do peito; n; total de indivíduos amostrados por área.

Quanto à distribuição dos diâmetros, verificou-se o mesmo padrão observado na análise conjunta dos três estágios sucessionais, na forma de “J” invertido, sendo a maioria dos indivíduos ocorrentes nas classes inferiores de Dap (0-15 cm), totalizando 74,27% (1578) dos indivíduos amostrados. Já para a altura total, 51,4% (1085) dos indivíduos mensurados pertencem ao sub-bosque (até 10 m), sendo observado para o dossel (10-20 m) número similar de 44,2% (933).

A figura 14 apresenta às variáveis florísticas e estruturais da Floresta Ombrófila Densa secundária do PNI. As diferenças estruturais, existentes entre os estágios sucessionais, são apresentadas na Tabela 24, através das médias das variáveis estruturais comparadas pelos diferentes teste t.

Considerando a importância ecológica das espécies generalistas na comunidade, foram avaliadas as características florísticas do grupo, sendo verificada a ocorrência de 22 famílias botânicas, com destaque para Myrtaceae (7), Fabaceae (6), Annonaceae (5), Rubiaceae (4), Lauraceae (4) e Euphorbiaceae (3), correspondendo a 55,76% (29) do total de espécies referente ao grupo. Outras 23 espécies são distribuídas em 16 famílias, sendo o número total de táxons para as seis principais famílias apresentado na figura 15 (A).

Quanto ao número de gêneros generalistas, foram encontrados 40 táxons, com destaque para *Guatteria*(2), *Croton*(2), *Myrciaria*(2), *Casearia* (2) e *Ocotea* (2), que concentraram 19,23% (10) das espécies ocorrentes. Outras 42 espécies são distribuídas em 35 gêneros, sendo os principais gêneros, e o respectivo número de espécies, apresentado na figura 15 (B).

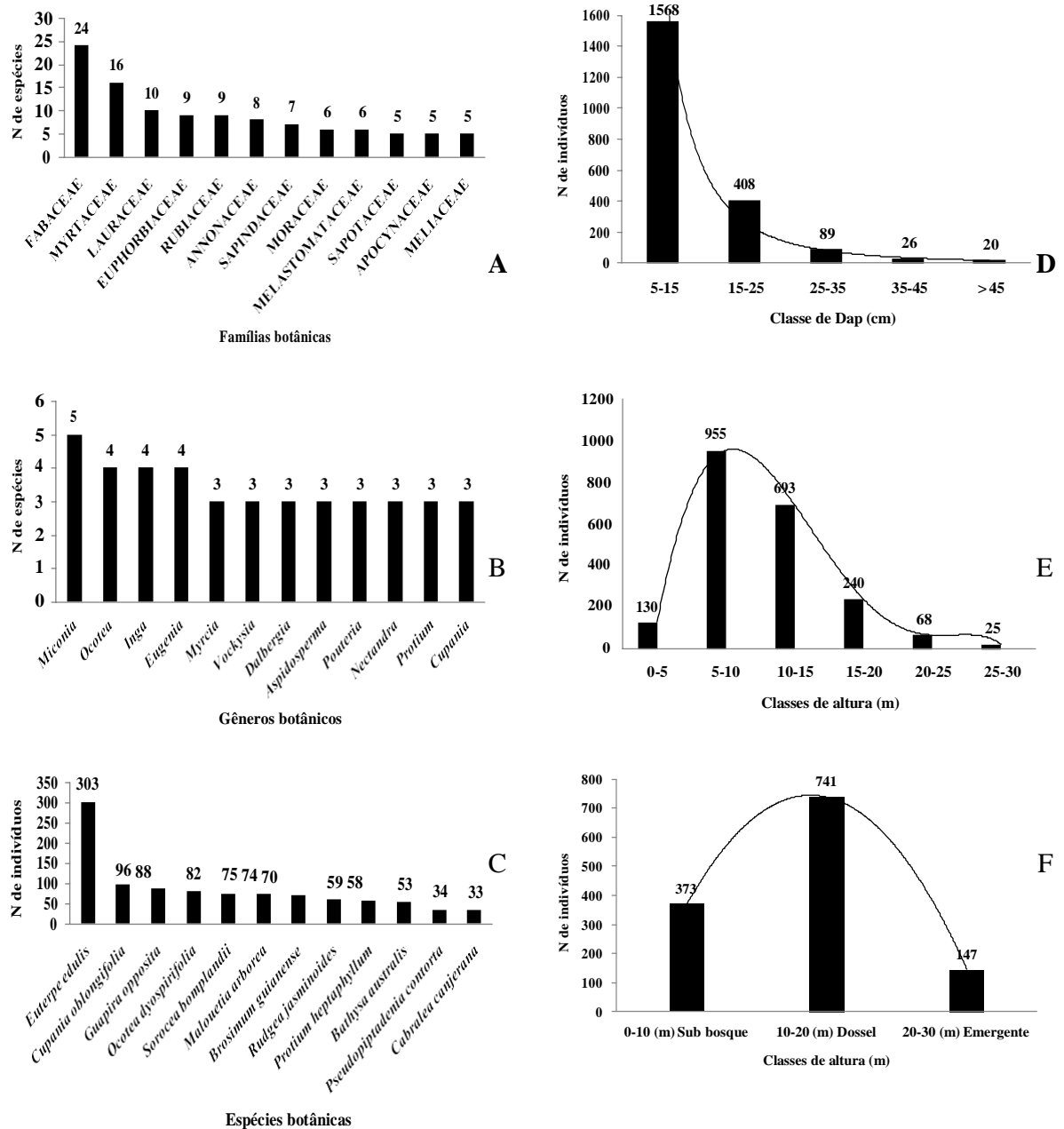


Figura 14. (A) Famílias botânicas mais representativas em relação ao número de espécies (B); Gêneros botânicos mais representativos em relação ao número de espécies e (C); Espécies botânicas mais representativas em relação ao número de indivíduos; (A) distribuição diamétrica dos indivíduos mensurados; (B) número total de indivíduos distribuídos em classes de altura; (C) total de indivíduos nos diferentes estratos. Floresta Ombrófila Densa secundária, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

Tabela 24. Médias das variáveis estruturais dos diferentes estágios sucessionais, comparadas pelos diferentes testes T a 95% de probabilidade para Floresta Ombrófila Densa secundária, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

Test t Tukey		Student Newman Keuls SNK		Teste t de Duncan	
Área	G (m ² ha ⁻¹)	Área	G (m ² ha ⁻¹)	Área	G (m ² ha ⁻¹)
cv=40,59%	Δ = 0,005	cv=38,30%		cv=38,30%	
FEA	0,018 b	FEA	0,018 a	FEA	0,018 a
FEM	0,02 ab	FEM	0,02 a	FEM	0,02 a
FEI	0,013 a	FEI	0,013 b	FEI	0,013 b
Test t Tukey		Student Newman Keuls SNK		Teste t de Duncan	
Área	V (m ³ ha ⁻¹)	Área	V (m ³ ha ⁻¹)	Área	V (m ³ ha ⁻¹)
cv=58,62%	Δ = 0,063	cv=54,97%		cv=54,97%	
FEA	0,1733 a	FEA	0,1733 a	FEA	0,1733 a
FEM	0,1780 a	FEM	0,1780 a	FEM	0,1780 a
FEI	0,1033 b	FEI	0,1033 b	FEI	0,1033 b
Test t Tukey		Student Newman Keuls SNK		Teste t de Duncan	
Área	HT (m)	Área	HT (m)	Área	HT (m)
cv=14,59%	Δ = 0,72	cv=10,01%		cv=10,01%	
FEA	10,10 a	FEA	10,10 a	FEA	10,10 a
FEM	10,37 a	FEM	10,37 a	FEM	10,37 a
FEI	8,09 b	FEI	8,09 b	FEI	8,09 b
Test t Tukey		Student Newman Keuls SNK		Teste t de Duncan	
Área	DAP (m)	Área	DAP (m)	Área	DAP (m)
cv=12,27%	Δ = 0,98	cv=10,40%		cv=10,40%	
FEA	12,90 a	FEA	12,90 a	FEA	12,90 a
FEM	13,18 a	FEM	13,18 a	FEM	13,18 a
FEI	11,28 b	FEI	11,28 b	FEI	11,28 b
Test t Tukey		Student Newman Keuls SNK		Teste t de Duncan	
Área	n	Área	n	Área	n
cv=25,07%	Δ = 5,56	cv=20,78%		cv=20,78%	
FEA	41,9 a	FEA	41,9 a	FEA	41,9 a
FEM	34 a	FEM	34 a	FEM	34 a
FEI	29,65 b	FEI	29,65 b	FEI	29,65 b

Legenda: Geral: Floresta Ombrófila Densa secundária; FEA: Floresta Ombrófila em estágio Avançado, FEM: Floresta Ombrófila em estágio Médio, FEI: Floresta Ombrófila em estágio Inicial; G: área basal; V: volume total; HT: altura total; DAP diâmetro à altura do peito; n: total de indivíduos amostrados por área.

Já quanto ao número de indivíduos por espécies se destacam: *Euterpeedulis* (303), *Cupaniaoblongifolia* (96), *Guapiraopposita* (88), *Ocoteadyospirifolia* (82), *Soroceaguilleminiana* (75), *Malouetiaarborea* (74), *Brosimumguianense* (70) e *Rudgeajasminoides* (59), que concentram 50,93% (847) do total de indivíduos mensurados. Outras 43 espécies são representadas por 786 indivíduos. As principais espécies quanto ao número de indivíduos são observadas na figura 15 (C). Já a lista com as 52 espécies generalistas é apresentada a seguir (tabela 25).

Tabela 25. Lista florística das espécies generalistas ocorrentes nos diferentes estágios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa secundária, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

FAMÍLIAS	ESPÉCIES	n
ANACARDIACEAE	<i>Tapiriraguianensis</i>	28
ANNONACEAE	<i>Xylopia brasiliensis</i>	13
	<i>Duguetiasalicifolia</i>	12
	<i>Annonasylvatica</i>	8
	<i>Guatteriaaustralis</i>	8
	<i>Guatterianigrescens</i>	7
APOCYNACEAE	<i>Malouetiaarborea</i>	74
ARECACEAE	<i>Euterpe edulis</i>	303
	<i>Astrocaryumaculeatissimum</i>	26
BURSERACEAE	<i>Protiumheptaphyllum</i>	58
CHRYSOBALANACEAE	<i>Licaniakunthiana</i>	22
EBENACEAE	<i>Diospyros sp.1</i>	5
ELEOCARPACEAE	<i>Sloanearetusa</i>	4
EUPHORBIACEAE	<i>Actinostemonverticillatus</i>	15
	<i>Crotonechnocarpus</i>	7
	<i>Crotonfloribundus</i>	5
FABACEAE	<i>Pseudopiptadenia</i>	34
	<i>Bauhiniaforficata</i>	29
	<i>Swartziaflaemingii</i>	27
	<i>Abaremacochliacarpos</i>	6
	<i>Ingalenticelata</i>	5
	<i>Dalbergia frutescens</i>	5
LAURACEAE	<i>Ocoteadyospirifolia</i>	82
	<i>Ocotealongifolia</i>	29
	<i>Anibafirmula</i>	23
	<i>Nectandraoppositifolia</i>	19
MALVACEAE	<i>Eriothecapentahylla</i>	10
	<i>Pseudobombaxgrandeflorum</i>	5
MELIACEAE	<i>Cabrlea canjerana</i>	33
	<i>Guareamacrophylla</i>	10
MORACEAE	<i>Soroceaguilleminiana</i>	75
	<i>Brosimum guianense</i>	70
MYRISTICACEAE	<i>Virola oleifera</i>	10
MYRTACEAE	<i>Myrciasplendens</i>	28
	<i>Myrciaria sp.1</i>	20
	<i>Eugenia candolleana</i>	18
	<i>Marliereaexcoriata Mart.</i>	11
	<i>Campomanesiaxanthocarpa</i>	10
	<i>Myrciariafloribunda</i>	5
	<i>Myrtaceae sp.1</i>	3
NYCTAGINACEAE	<i>Guapiraopposita</i>	88

Continua...

Tabela 25. Continuação.

FAMÍLIAS	ESPÉCIES	n
PERACEAE	<i>Pera glabrata</i>	18
RUBIACEAE	<i>Rudgeajasmínoides</i>	59
	<i>Bathysaaustralis</i>	53
	<i>Amaiouaguianensis</i>	10
	<i>Alseisfloribunda</i>	5
SALICACEAE	<i>Casearia sylvestris</i>	13
	<i>Casearia obliqua</i>	9
SAPINDACEAE	<i>Cupania oblongifolia</i>	96
	<i>Allophylusedulis</i>	8
VOCHYSIACEAE	<i>Vockysiabifalcata</i>	25
TOTAL		1546

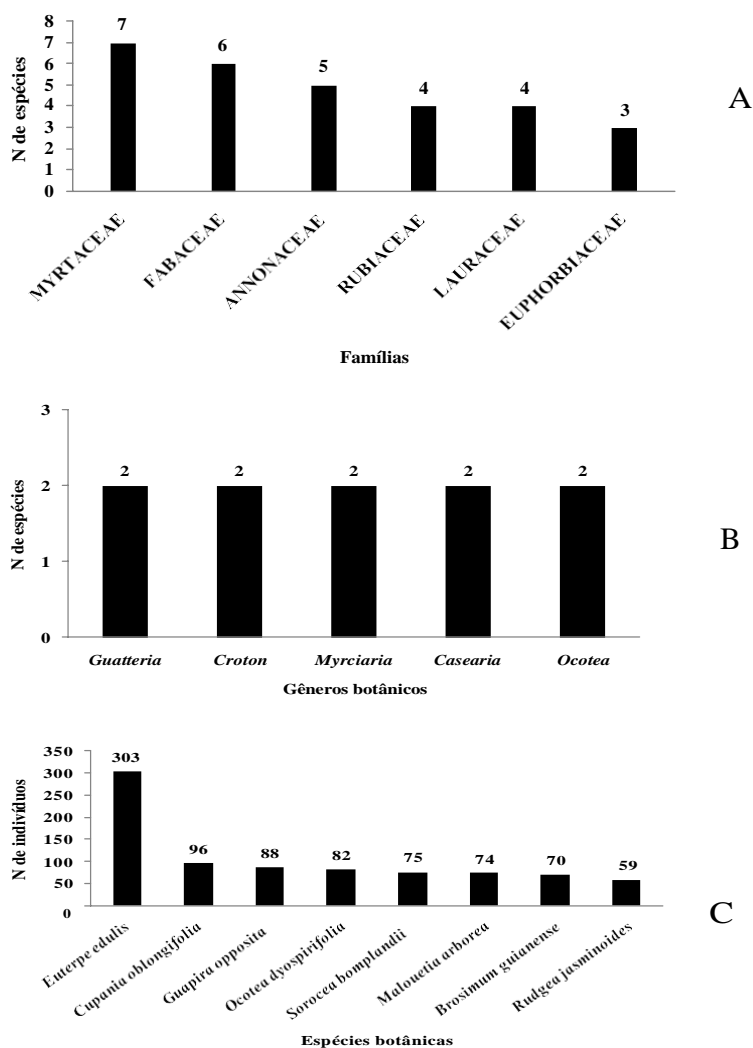


Figura 15. (A) Famílias botânicas representativas em relação ao número de espécies generalistas; (B) Gêneros botânicos representativos em relação ao número de espécies generalistas; (C) Espécies generalistas representativas em relação ao número de indivíduos, Floresta Ombrófila Densa secundária, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

Aspectos Florísticos e Estruturais da Comunidade em FEA

As espécies ocorrentes em FEA estão distribuídas em, ao menos, 35 famílias botânicas com destaque para *Fabaceae* (12), *Myrtaceae* (11), *Lauraceae* (9), *Rubiaceae* (7), *Annonaceae* (6), *Euphorbiaceae* (5), *Apocynaceae* (5), *Meliaceae* (4), *Moraceae* (3), *Melastomataceae* (3), *Sapindaceae* (3) e *Vochysiaceae* (3), concentrando 66,35% (71) das espécies amostradas. Outras 38 espécies são distribuídas em 23 famílias. O número de espécies para as 12 principais famílias pode ser observado na figura 16 (A).

Quanto ao número de gêneros, foram encontrados 81 táxons, com destaque para *Ocotea*(4), *Aspidosperma*(3), *Nectandra*(3), *Vockysia*(2), *Trichilia*(2), *Croton*(2), *Casearia* (2), *Myrciaria*(2), *Miconia* (2), *Allophylus*(2), *Protium*(2) e *Dalbergia*(2), que concentraram 25,68% (28) das espécies ocorrentes. Outras 84 espécies são distribuídas em 69 gêneros. A figura 16 (B) apresenta os principais gêneros e o respectivo número de espécies.

Quanto ao número de indivíduos por espécies, se destacam *Ocoteadyospirifolia* (66), *Rudgeajasmoides* (52), *Guapiraopposita* (46), *Cupaniaoblongifolia* (23), *Eugenia candolleana* (15), *Soroceaguilleminiana* (15), *Cabrlea canjerana* (14), *Licaniakunthiana* (14), *Protiumheptaphyllum* (13), *Pera glabrata* (13), *Vockysiabifalcata* (12), *Malouetiaarborea* (11), que concentram 35,08% (294) do total de indivíduos mensurados. Outras 97 espécies são representadas por 544 indivíduos, sendo importante ressaltar o elevado número de espécies raras (apenas uma ocorrência) que supera 23,85% (26) do total de espécies amostradas. A figura 16 (C) apresenta as principais espécies quanto ao número de indivíduos.

A análise estrutural da comunidade indicou a ocorrência de 838 fustes, dentre os quais 41 encontravam-se mortos e ainda em pé. Quanto à distribuição dos diâmetros, verificou-se o mesmo padrão presente na análise conjunta dos três estágios sucessionais, na forma de “J” invertido, sendo observado nas classes de Dap inferiores (0-15 cm) em FEA, 72,67% (609) dos indivíduos amostrados. Já para a altura total, 44,51% (373) dos indivíduos mensurados pertenciam as classes inferiores (até 10 m), sendo observado para classe intermediária (10-20 m) número similar de 50,47% (423). As figuras 17 (A), (B) e (C) apresentam a distribuição diamétrica, das alturas e de indivíduos das principais espécies.

A análise conjuntada estrutura horizontal e vertical indicou que a comunidade de espécies arbóreas em FEA é constituída por: indivíduos de pequeno porte, ocorrentes em, ao menos, três estratos definidos, com sub-bosque denso e dossel contínuo, sendo observados poucos indivíduos emergentes.

Aspectos Florísticos e Estruturais da Comunidade em FEM

As espécies ocorrentes em FEM são distribuídas em, ao menos, 36 famílias botânicas com destaque para *Fabaceae* (13), *Myrtaceae* (12), *Euphorbiaceae* (7), *Annonaceae* (7), *Lauraceae* (7), *Rubiaceae* (6), *Sapindaceae* (5), *Moraceae* (4), *Chrysobalanaceae* (3), *Meliaceae* (3), *Melastomataceae* (2) e *Nyctaginaceae*(2), concentrando 68,29% (71) das espécies amostradas. Outras 33 espécies são distribuídas em 24 famílias. O número de espécies para as 12 principais famílias pode ser observado na figura 16 (D).

Quanto ao número de gêneros, foram encontrados 80 táxons, com destaque para *Annona* (3), *Eugenia* (3), *Ocotea* (3), *Inga* (2), *Myrciaria* (2), *Miconia* (2), *Cupania* (2), *Guatteria* (2), *Dalbergia* (2), *Licania* (2), *Casearia* (2) e *Myrcia* (2), que concentraram 25,96% (27) das espécies ocorrentes. Outras 77 espécies são distribuídas em 68 gêneros. A figura 16 (E) apresenta os principais gêneros e o respectivo número de espécies.

Quanto ao número de indivíduos por espécies, se destacam *Euterpe edulis* (141), *Cupaniaoblongifolia* (65), *Bathysaaustralis* (40), *Malouetiaarborea* (39), *Bauhiniaforficata* (25), *Dalbergianigra* (17), *Protiumheptaphyllum* (16), *Soroceaguilleminiana* (13), *Ocotea longifolia* (11), *Brosimum guianense* (10), *Pseudopiptadenia contorta* (10) e *Cabrlea canjerana* (10), que concentram 58,38% (397) do total de indivíduos mensurados. Outras 92

espécies são representadas por 283 indivíduos, dentre as quais 40,38% (42) são consideradas raras para a formação. A figura 16 (F) apresenta as principais espécies quanto ao número de indivíduos.

A análise estrutural da comunidade indicou a ocorrência de 680 fustes, dentre os quais 41 encontravam-se mortos, e ainda em pé. Quanto à distribuição dos diâmetros, verificou-se o mesmo padrão presente na análise conjunta dos três estágios sucessionais, na forma de “J” invertido, sendo observado para a classe de Dap0-15 cm em FEM, 69,11% (470) dos indivíduos amostrados. Já para a altura total, 44,51% (373) dos indivíduos mensurados pertenciam as classes inferiores (até 10 m), sendo observado para classe intermediária (10-20 m) número similar de 47,35% (322). As figuras 17 (D), (E) e (F) apresentam a distribuição diamétrica, das alturas e de indivíduos das principais espécies.

A análise conjunta da estrutura horizontal e vertical indicou que, assim como em FEA, a comunidade de espécies arbóreas em FEM é constituída por indivíduos de pequeno porte, ocorrentes em, ao menos, três estratos definidos, com sub-bosque denso e dossel contínuo, sendo observados poucos indivíduos emergentes.

Aspectos Florísticos e Estruturais da Comunidade em FEI

As espécies ocorrentes em FEI são distribuídas em, ao menos, 32 famílias botânicas com destaque para *Fabaceae* (14), *Myrtaceae* (12), *Annonaceae* (6), *Euphorbiaceae* (6), *Meliaceae* (5), *Rubiaceae* (5), *Lauraceae* (5), *Sapindaceae* (4), *Moraceae* (4), *Sapotaceae* (4), *Burseraceae* (3) e *Malvaceae* (3), concentrando 68,26% (71) das espécies amostradas. Outras 33 espécies estão distribuídas em 20 famílias. O número de espécies para as 12 principais famílias pode ser observado na figura 16 (G).

Quanto ao número de gêneros, foram encontrados até o momento 73 táxons, com destaque para *Inga* (4), *Pouteria* (3), *Trichilia* (3), *Protium* (3), *Miconia* (3), *Myrcia* (3), *Virola* (2), *Ocotea* (2), *Myrciaria* (2), *Annona* (2), *Sloanea* (2) e *Casearia* (2), que concentraram 29,80% (31) das espécies ocorrentes. Outras 73 espécies são distribuídas em 61 gêneros. A figura 16 (H) apresenta os principais gêneros e o respectivo número de espécies.

Quanto ao número de indivíduos por espécies, apresentado na Figura 16 (I), se destacam *Brosimum guianense* (59), *Soroceaguilleminiana* (47), *Guapira opposita* (32), *Protium heptaphyllum* (29), *Malouetia arborea* (24), *Pseudopiptadenia contorta* (20), *Myrciasplendens* (17), *Trichiliacasaretti* (16), *Aniba firmula* (13), *Astrocaryum aculeatissimum* (13), *Aparisthium cordatum* (12) e *Swartzia flaeamingii* (11), que concentram 49,41% (293) do total de indivíduos mensurados. Outras 92 espécies são representadas por 283 indivíduos, dentre as quais 33,65% (35) são consideradas raras para a formação.

Foram mensurados 593 fustes, dentre os quais 35 encontravam-se mortos e ainda em pé. Quanto à distribuição dos diâmetros, verificou-se o mesmo padrão presente na análise conjunta dos três estágios sucessionais, na forma de “J” invertido, sendo observado na classe de Dap inferiores 0-15 cm em FEI, 82,46% (489) dos indivíduos amostrados. Já para a altura total, 65,76% (390) dos indivíduos mensurados pertenciam as classes inferiores (até 10 m), sendo observado para classe intermediária (10-20 m) número significativamente inferior de 32,20% (191). As figuras 17 (G), (H) e (I) apresentam a distribuição diamétrica das alturas e de indivíduos das principais espécies.

A análise conjunta da estrutura horizontal e vertical indicou que, diferente de FEA e FEM, a comunidade de espécies arbóreas em FEI, é constituída predominantemente por indivíduos de pequeno porte, ocorrentes predominantemente em dois estratos definidos, sendo o sub-bosque denso e dossel parcialmente contínuo, com o estrato emergente constituído por poucos indivíduos esparsos.

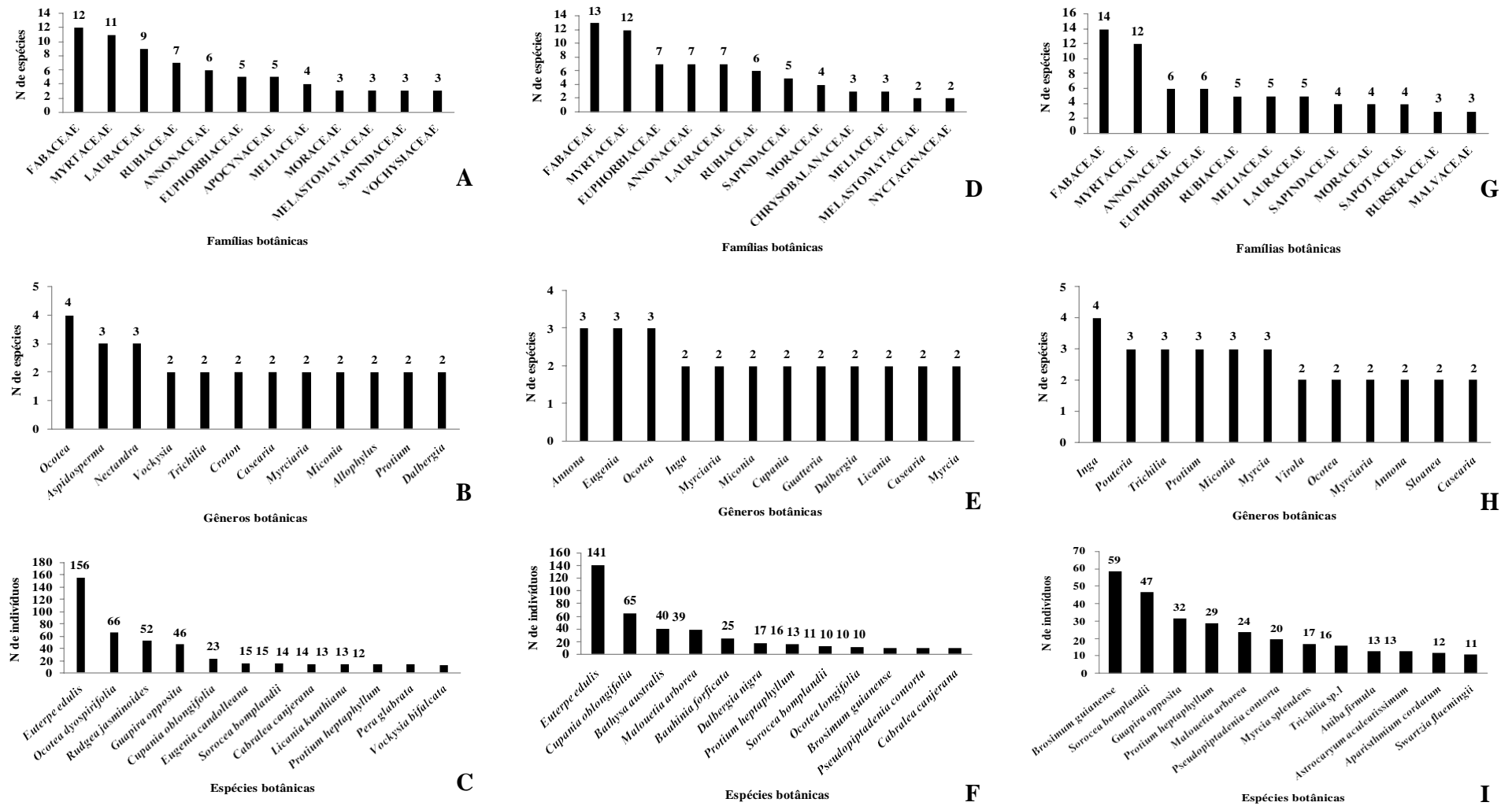


Figura 16. Famílias mais representativas em relação ao número de espécies em FEA (A), FEM (D) e FEI (G); Gêneros mais representativos em relação ao número de espécies em FEA (B), FEM (E) e FEI (H); Espécies mais representativas em relação ao número de indivíduos FEA (C), FEM (F) e FEI (I), Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

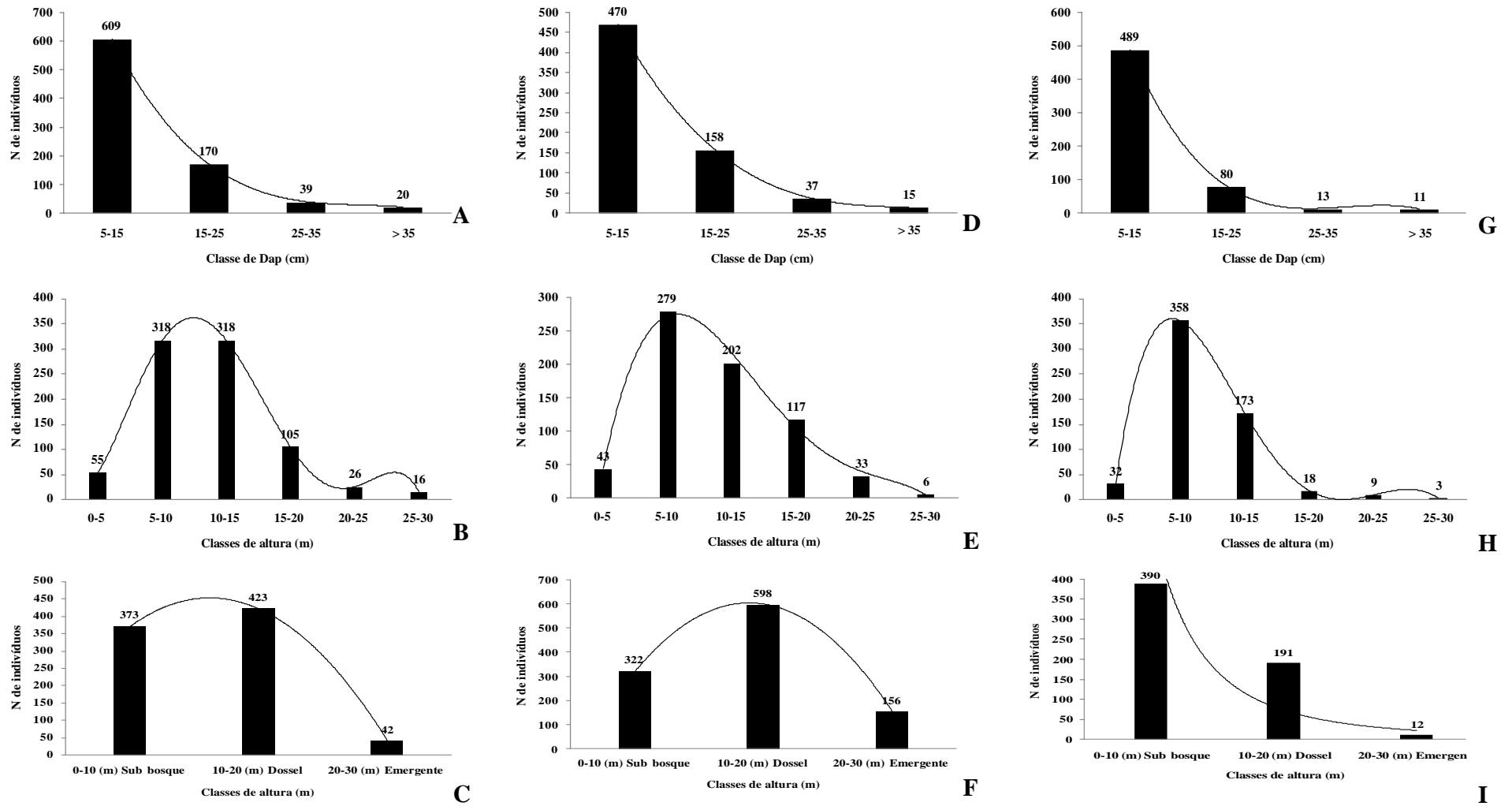


Figura 17. Distribuição dos indivíduos em classes de DAP FEA (A), FEM (D) e FEI (G); Distribuição dos indivíduos em classes de altura FEA (B), FEM (E) e FEI (H); Distribuição dos indivíduos por estratos florestais FEA (C), FEM (F) e FEI (I), Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

Enquadramento dos Estágios Sucessionais

Foram identificados três estágios sucessionais ao longo da vertente sul do PNI, sendo observado o estágio sucessional avançado, nas cotas mais elevadas, próximas a mil metros, onde se encontra a principal fonte de propágulos, oriunda das formações primárias. Logo abaixo, no terço médio da encosta, observou-se o estágio médio, como tendência ao estágio avançado, com médias estruturais e florísticas significativamente distantes do estágio inicial, presente na base da encosta.

A seguir (tabela 26) são apresentados os critérios para classificação do estágio médio de sucessão ecológica em Mata Atlântica, sendo valores estruturais e a diversidade de espécies enquadradas abaixo ou acima dos parâmetros estabelecidos, consideradas referentes a estágios iniciais ou avançados respectivamente.

Tabela 26. Critérios para enquadramento do estágio sucessional da Floresta Ombrófila Densa secundária do Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

QUESITOS	CRITÉRIO PARA DETERMINAÇÃO DO ESTÁGIO MÉDIO	FEA	FEM	FEI
A	Fisionomia arbustivo/arborea;	SIM	SIM	SIM
	Cobertura fechada, formando um dossel relativamente uniforme;	SIM	SIM	NÃO
	Surgimento de espécies de sombra;	SIM	SIM	NÃO
	Sub-bosque diferenciado;	SIM	SIM	NÃO
B	Espécies lenhosas;	SIM	SIM	SIM
	Eliminação dos componentes herbáceos de pequeno porte, típico do estágio inicial, por sombreamento;	SIM	SIM	NÃO
C	DAP médio 10 a 20 cm;	22,15	21,7	20
	Altura média 5 a 12 metros;	10,1	10,3	8,1
	Comunidade com idade entre de 11 a 25 anos;	40-50	30-40	25
D	Sempre existe uma serapilheira, na qual há muitas plântulas;	SIM	SIM	SIM
E	A area basal media varia de 10 a 28 m ² /ha;	(37,27 m ² ha ⁻¹) *	(30,25 m ² ha ⁻¹) *	(19,85 m ² ha ⁻¹) *
F	Muitas das árvores do estágio inicial podem permanecer, porem, mais grossas e altas;	NÃO	NÃO	SIM
G	sub-bosque presente;	NÃO	SIM	SIM
H	trepadeiras, quando presentes, são predominantemente lenhosas;	SIM	SIM	NÃO
I	<i>Lueheagrandiflora</i> (Malvaceae), <i>Guareaguidonia</i> (Meliaceae),	NÃO	NÃO	SIM
	<i>Zanthoxylonrhoifolium</i> (Rutaceae), <i>Miconia cinammomifolia</i> (Melastomataceae)	NÃO	SIM	SIM
	<i>Lamanoniaternata</i> (Cunoniaceae), <i>Tabebuia chrysotricha</i> (Bignoniaceae)	NÃO	NÃO	NÃO
	<i>Sparattospermaleucanthum</i> <i>Cybistaxantisiphilitica</i> (Bignoniaceae),	NÃO	NÃO	SIM
	<i>Schizolobiumparahiba</i> (Fabaceae)	NÃO	NÃO	NÃO
	<i>Senna multijuga</i> , <i>Senna macranthera</i> (Fabaceae)	NÃO	NÃO	SIM
	<i>Xylopia brasiliensis</i> (Annonaceae), <i>Cupaniaoblongifolia</i> (Sapindaceae),	SIM	SIM	SIM
I	Espécies frequentes que estruturam o sub-bosque: <i>Piper</i> spp. (Piperaceae)	NÃO	SIM	SIM
	<i>Potomorphe</i> spp. (Piperaceae), <i>Solanum</i> sp. (Solanaceae)	SIM	SIM	SIM
	<i>Pshychotrialeiocarpa</i> (Rubiaceae)	NÃO	SIM	SIM
	<i>Pshychotrianuda</i> (Rubiaceae), <i>Marantaspp</i> , <i>Ctenanthe</i> spp. (Marantaceae),	SIM	SIM	NÃO
	<i>Helioconia</i> spp. (Heliconiaceae)	SIM	SIM	NÃO

Espécies Ameaçadas de Extinção

Considerando a lista IUCN-Biodiversitas (2001) e INMMA (2008), sete (7) espécies amostradas na encosta sul do PNI podem ser classificadas em alguma categoria de ameaça de extinção, como observado na tabela 27.

Tabela 27. Lista de espécies ocorrentes na vertente sul do PNI em alguma categoria de ameaça, segundo IUCN-BIODIVERSITAS (2001) e INMMA (2008).

ESPÉCIE	IUCN (2001)
<i>Aspidospermapolyneuron</i>	EN
<i>Astrocaryumaculeatissimum</i>	LR
<i>Aureliana fasciculata</i>	LR
<i>Myrocarpusfrondosus</i>	DD
ESPÉCIE	INMMA 2008
<i>Dalbergianigra</i>	Ameaçada
<i>Dicksoniasellowiana</i>	Ameaçada
<i>Euterpe edulis</i>	Ameaçada

Legenda: EN-em perigo; LR-pouco preocupante; DD-dados insuficientes

Esse baixo número de espécies ameaçadas, segundo as listas consultadas, indica provável defasagem dos referidos bancos e dados, desta forma, foi considerada também a lista vermelha da CNCFlora, publicada em 2014. A lista de espécies ocorrentes no PNI, classificada sob alguma categoria de ameaça pela CNFlora, é apresentada na tabela 28 a seguir.

Tabela 28. Lista de espécies ocorrentes nos diferentes estágios sucessionais do PNI, sob alguma categoria de ameaça, segundo CNCFlora (2014).

ESPÉCIES SOB ALGUMA CATEGORIA DE AMEAÇA	CATEGORIA
<i>Abaremacochliacarpos</i>	LC
<i>Apuleialeiocarpa</i>	VU
<i>Aspidospermapolyneuron</i>	NT
<i>Astrocaryumaculeatissimum</i>	LC
<i>Aureliana fasciculata</i>	LC
<i>Dalbergianigra</i>	VU
<i>Dicksoniasellowiana</i>	EN
<i>Euterpe edulis</i>	VU
<i>Guatteriaaustralis</i>	LC
<i>Jacarandamacrantha</i>	LC
<i>Jacaratiaspinosa</i>	LC
<i>Machaeriumnyctitans</i>	LC
<i>Myrocarpusfrondosus</i>	LC
<i>Plathymeniareticulata</i>	LC

Continua...

Tabela 28. Continuação.

ESPÉCIES SOB ALGUMA CATEGORIA DE AMEAÇA	CATEGORIA
<i>Pliniaedulis</i>	VU
<i>Pseudobombaxgrandeflorum</i>	LC
<i>Soroceaguilleminiana</i>	LC
<i>Swartziaflaemingii</i>	LC
<i>Trichilia lepidota</i>	LC
<i>Trichiliacasaretti</i>	LC
<i>Virola bicuhyba</i>	EN
<i>Xylopia brasiliensis</i>	NT

Legenda: Em perigo EN; Vulnerável VU, Quase ameaçada NT; Menos preocupante LC.

Dentre as 172 espécies amostradas, 23 (13,4%) podem ser inseridas em alguma categoria, com destaque para *Dicksoniasellowianae* *Virola bicuhyba*, classificadas como em perigo e, portanto, consideradas em risco muito elevado de extinção na natureza. Bem como *Apuleialeiocarpa*, *Dalbergianigra*, *Euterpe edulis*, *Pliniaedulis* e *Rudgeajaminoides*, consideradas vulneráveis, logo, com risco elevado de extinção na natureza. Outras duas espécies, *Aspidospermopolynuron* e *Xylopia brasiliensis*, são categorizadas como ainda não ameaçadas, mas suas populações reduzidas às tornam suscetíveis a uma categoria de ameaça num futuro próximo. As demais 14 espécies receberam classificação menos preocupante, não sendo consideradas como ameaçadas no momento.

A comparação da lista de espécies, referente ao levantamento no PNI, com as principais listas de espécies ameaçadas difundidas no país, indicou profunda defasagem de informações. A lista CNCFlora (2014) contemplou não apenas os sete táxons previamente categorizados, como também, 15 outras espécies. Desta forma, apenas CNCFlora foi considerada para categorização de ameaça.

Classificação Grupo Ecológico e Informações sobre as Espécies

Dentre os 172 táxons amostrados, apenas para os 141 classificados ao nível de espécie, foi possível obter algumas informações ecológicas. Dentre essas, 63 (45%) foram classificadas como pioneiras, 61 (43,2%) como secundárias e outras 20 (13,8%) espécies classificadas como clímax. Quanto à dispersão de suas sementes, nove espécies foram classificadas como anemocóricas, nove como autocóricas e 79 como zoocóricas. Outras seis espécies receberam duas classificações simultaneamente. Já com relação ao estrato em que ocorreram 32 foram observadas em todos os estratos, duas foram consideradas emergentes, 19 ocorreram exclusivamente no dossel, 52 ocorreram exclusivamente no sub-bosque e outras 36 espécies ocorreram em mais de um estrato simultaneamente.

A lista com as informações ecológicas das espécies, bem como de sua ocorrência nos diferentes estratos, é apresentada na Tabela 29.

Tabela 29. Lista de espécies com seu respectivo grupo ecológico, fenologia, dispersão das sementes e estrato florestal em que ocorre na Floresta Ombrófila Densa secundária, PNI-RJ.

ESPÉCIES	P	S	C	FENOLOGIA		DISPERSÃO	ESTRATO
				floração	frutificação		
<i>Abaremacochliacarpus</i>		X				auto	sub-bosque
<i>Actinostemonverticillatus</i>		X				auto/zoo	dossel
<i>Aegiphilaselowiana</i>	X			dez-jan	mar-abr	auto/zoo	todos
<i>Albiziapolycephala</i>	X			nov-dez	mai-jun	auto	todos
<i>Alchorneatriplinervia</i>	X			out-nov	dez-jan	zoo	todos
<i>Allophylusedulis</i>	X			set-nov	nov-dez	zoo	todos
<i>Allophylusmelanophloeus</i>			X			zoo	sub-bosque
<i>Alseisfloribunda</i>		X		ago-set	nov-jan	anemo	sub-bosque
<i>Amaiouaguianensis</i>		X		set-nov	abr-jun	zoo	sub-bosque
<i>Andirafraxinifolia</i>	X			nov-dez	fev-abri	zoo	todos
<i>Anibafirmula</i>			X	set-nov	jan-mar	auto	dossel
<i>Annona glabra</i>	X			nov-fev	out-mai	auto	todos
<i>Annonasylvatica</i>	X			set-out	jan-abr	zoo	todos
<i>Aparisthmiumcordatum</i>		X		nov-fev	fev-mar	auto/zoo	sub-bosque
<i>Apuleialeiocarpa (vogel)</i>			X	ago-set	jan-fev	auto	dossel
<i>Aspidospermaparvifolium</i>			X	ago-set	out-nov	anemo	dossel
<i>Aspidospermapolyneuron</i>			X	out-nov	ago-set	anemo	dossel
<i>Astrocaryumaculeatissimum</i>	X					auto/zoo	sub-bosque
<i>Aureliana fasciculata</i>	X					zoo	sub-bosque
<i>Bathysaaustralis</i>		X		dez-mar	abr-mai	auto	sub-bosque
<i>Bauhiniaforficata</i>	X			out-jan	jul-ago	auto	sub-bosque
<i>Brosimum guianense</i>		X		jan-set	nov-dez	zoo	sub-bosque
<i>Byrsonimasericea</i>	X			set-nov	mar-abr	zoo	todos
<i>Cabrlea canjerana</i>	X			set-out	ago-nov	auto	todos
<i>Calyptanthesgrandifolia</i>		X		jan-mar	set-nov	zoo	sub-bosque
<i>Campomanesiaxanthocarpa</i>	X			set-nov	nov-dez	zoo	sub-bosque
<i>Carinianaestrellensis</i>			X	out-dez	jul-set	auto	dossel/emergente
<i>Casearia obliqua</i>							dossel
<i>Casearia sylvestris</i>		X		jun-ago	set-nov	auto	sub-bosque
<i>Cecropiaglaziovii</i>	X			set-out	jun-jul	zoo	todos
<i>Cecropiahololeuca</i>		X		out-jan	jul-nov	zoo	todos
<i>Coccolobamollis</i>	X			set-dez	nov-jan		sub-bosque
<i>Cordiasellowiana</i>	X			out-nov	jan-fev	auto	todos
<i>Coutareahexandra</i>	X			jul-ago	set-out	anemo	sub-bosque
<i>Crotonechnocarpus</i>		X					sub-bosque
<i>Crotonfloribundus</i>	X			out-dez	jan-fev	auto	todos
<i>Cupaniaoblongifolia</i>		X				zoo	todos
<i>Cupaniatenuivalvis</i>	X			abr-mai	jul-ago	zoo	todos
<i>Cupaniavernalis</i>	X			mar-mai	set-nov	zoo	todos
<i>Dalbergiafoliolosa</i>							sub-bosque
<i>Dalbergia frutescens</i>							dossel
<i>Dalbergianigra</i>	X			set-nov	ago-set	auto	todos
<i>Dicksoniasellowiana</i>		X					sub-bosque
<i>Diplooncuspidatum</i>		X		set-out	nov-fev	zoo	sub-bosque
<i>Duguetiasalicifolia</i>		X					sub-bosque
<i>Endlicheriapaniculata</i>		X		jan-mar	mai-jun	zoo	sub-bosque

Continua...

Tabela 29. Continuação.

ESPÉCIES	P	S	C	FENOLOGIA		DISPERSÃO	ESTRATO
				floração	frutificação		
<i>Erythroxylum pulchrum</i>		X		out-nov	jan-fev	zoo	sub-bosque
<i>Esenbeckiagrandiflora</i>		X		nov-jan	jun-ago	auto	sub-bosque
<i>Eugenia brasiliensis</i>	X			set-nov	nov-dez	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Eugenia candolleana</i>	X			dez-jan	mar-abr	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Eugenia multicostata</i>		X		jul-set	out-nov	zoo	sub-bosque
<i>Euterpe edulis</i>			X	set-dez	abr-ago	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Ficusenormis</i>	X			ago-set	dez-jan	zoo	sub-bosque
<i>Ficusgomelleira</i>		X		nov-dez	fev-mar	zoo	emergente
<i>Ficus insipida</i>	X			jul-set	jan-fev	zoo	sub-bosque/emergente
<i>Genipa americana</i>	X			out-dez	nov-dez	zoo	sub-bosque
<i>Guapira hirsuta</i>		X				zoo	sub-bosque/dossel
<i>Guapiraopposita</i>		X		jul-out	nov-fev	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Guareamacrophylla</i>		X		out-fev	jun-out	zoo	sub-bosque
<i>Guatteriaaustralis</i>		X		set-nov	jan-fev	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Guettardaviburnoides</i>		X		set-nov	jan-mar	zoo	sub-bosque
<i>Hirtellahebeclada</i>		X		set-out	jan-mar	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Ingacylindrica</i>	X			jan-fev	ago-set	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Ingaedulis</i>	X			out-jan	mai-jun	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Ingalaurina</i>	X			ago-dez	nov-fev	zoo	sub-bosque
<i>Ingalenticelata</i>		X				zoo	sub-bosque/dossel
<i>Jacarandamacrantha</i>	X			nov-jan	set-out	anemo	sub-bosque
<i>Jacaratiaspinosa</i>	X			set-out	jan-mar	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Kielmeyera excelsa</i>		X					sub-bosque/dossel
<i>Lacistemapubescens</i>	X						dossel
<i>Lecythispisonis</i>		X		set-out	ago-set	auto	dossel
<i>Licaniakunthiana</i>	X			ago-out	dez-fev	auto/zoo	sub-bosque/dossel
<i>Lueheadivaricata</i>	X			dez-fev	mai-ago	anemo	sub-bosque
<i>Machaeriumnyctitans</i>	X			fev-mai	set-out	anemo	sub-bosque
<i>Macluratinctoria</i>	X			set-out	dez-jan	zoo	dossel
<i>Malouetiaarborea</i>	X			set-out	jan-fev	anemo	todos
<i>Maprouneaguianensis aubl</i>		X		ago-set	set-out	auto	dossel
<i>Marliereaexcoriata</i>		X				zoo	sub-bosque/dossel
<i>Mataybaelaeagnoides</i>		X		set-nov	dez-jan	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	X			nov-jan	abr-jun	zoo	sub-bosque
<i>Miconia discolor</i>		X				auto	sub-bosque
<i>Miconia prasina</i>		X				auto	sub-bosque
<i>Miconia pusiliflora</i>		X				auto	sub-bosque
<i>Micropholisgardneriana</i>		X				zoo	sub-bosque
<i>Myrciasplendens</i>	X			nov-dez	jan-mar	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Myrciariafloribunda</i>		X		dez-jan	jul-set	zoo	sub-bosque
<i>Myrocarpusfrondosus</i>		X		set-out	nov-dez	anemo	emergente
<i>Nectandramembranacea</i>	X			jan-mar	jul-ago	zoo	todos
<i>Nectandraoppositifolia</i>			X	jan-mar	jul-ago	zoo	todos
<i>Nectandrapuberula</i>			X			zoo	sub-bosque
<i>Ocoteabrachybotra</i>						zoo	sub-bosque
<i>Ocoteadyospirifolia</i>		X		nov-jan	mai-jul	zoo	todos
<i>Ocotealongifolia</i>		X				zoo	todos
<i>Oreopanaxcapitatus</i>		X				zoo	sub-bosque

Continua...

Tabela 29. Continuação.

ESPÉCIES	P S C	FENOLOGIA		DISPERSÃO	ESTRATO
		floração	frutificação		
<i>Ormosiaarborea</i>	X	out-nov	set-out	auto	sub-bosque/dossel
<i>Pachystromalongifolium</i>	X	out-jan	ago-nov	auto	sub-bosque
<i>Pera glabrata</i>	X	jan-mar	out-jan	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Pera heteranthera</i>	X	jan-fev	jul-ago	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Piptocarphamacropoda</i>	X			auto	dossel
<i>Plathymeniareticulata</i>	X	set-nov	ago-set	anemo	sub-bosque/dossel
<i>Pliniaedulis</i>	X	out-dez	dez-jan	zoo	sub-bosque
<i>Posoquerialatifolia</i>	X			zoo	todos
<i>Pouteria caimito</i>	X	dez-jan	ago-nov	zoo	sub-bosque
<i>Pouteriafilipes</i>	X			zoo	sub-bosque
<i>Protiumheptaphyllum</i>	X	ago-set	nov-dez	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Protiumwidgrenii</i>	X			zoo	sub-bosque/dossel
<i>Pseudobombaxgrandeflorum</i>	X	jun-set	set-out	anemo	todos
<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	X	jan-fev	fev-mar	auto	todos
<i>Psidiumrufum</i>	X	ago-set	mai-jun	zoo	sub-bosque
<i>Psychotriacarthagenensis</i>	X	dez-abr	mai-set	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Pterocarpusrohrii</i>	X	out-dez	mai-jul	anemo	todos
<i>Roupalamontana</i>	X	jul-ago	ago-out	anemo	dossel
<i>Rudgeajasmínoides</i>	X			zoo	sub-bosque/dossel
<i>Sapiumglandulatum</i>	X	out-jan	jan-mar	zoo	sub-bosque
<i>Scheffleramorototoni</i>	X	mar-mai	ago-out	auto	todos
<i>Sebastianiacommersoniana</i>	X	set-nov	jan-abr	zoo	dossel
<i>Senna multijuga</i>	X	dez-abr	jul-ago	auto	dossel
<i>Siparunaguianensis</i>	X			zoo	sub-bosque
<i>Sloanea monosperma</i>	X	ago-set	nov-dez	auto/zoo	sub-bosque
<i>Sloanearetusa</i>	X	set-out	jan-fev	auto/zoo	sub-bosque/dossel
<i>Soroceaguilleminiana</i>	X	jul-set	nov-dez	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Sparattospermaleucanthum</i>	X	jan-mar	ago-nov	anemo	dossel
<i>Swartziaflaemingii</i>	X	out-nov	jan-fev	zoo	todos
<i>Swartzialangsdorffii</i>	X	set-jan	fev-abri	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Tabebuia roseoalba</i>	X	ago-out	out-dez	anemo	sub-bosque/dossel
<i>Tabernaemontanahystrix</i>	X			zoo	sub-bosque/dossel
<i>Tapiriraguianensis</i>	X	ago-dez	jan-mar	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Tibouchina granulosa</i>	X	jan-fev	mar-abr	auto/anemo	sub-bosque/dossel
<i>Trichiliacatigua</i>	X	dez/jan	mar/mai	zoo	todos
<i>TrichiliacasarettiC.DC</i>	X	ago-out	nov-jan	zoo	sub-bosque/dossel
<i>Trichilia lepidota</i>	X			zoo	dossel
<i>Virola bicuhyba</i>	X	set-out	ago-set	zoo	dossel <i>Virola</i>
<i>gardneri</i>	X	set-out	ago-set	zoo	dossel
<i>Virola oleifera</i>	X	jan-mai	jul-nov	zoo	todos
<i>Vitexpolygama</i>	X	out-nov	jan-abr	zoo	sub-bosque
<i>Vockysiabifalcata</i>	X			anemo	sub-bosque/dossel
<i>Vockysiatucanorum</i>	X	nov-mar	ago-set	anemo	sub-bosque/dossel
<i>Xylopiabrasiliensis</i>	X	nov-dez	set-nov	zoo	sub-bosque
<i>Xylopiasericea</i>	X	out-nov	set-out	zoo	sub-bosque
<i>Zollerniailicifolia</i>	X	dez-jan	dez-jan	zoo	dossel

Legenda: Grupo ecológico pioneiro (P); Grupo ecológico secundário (S) Grupo ecológico clímax (C).

Fitossociologia

O levantamento fitossociológico das espécies arbóreas apontou a ocorrência de 2111 indivíduos (838 FEA, 680 FEM, 593 FEI), reunidos em 43 famílias botânicas, 112 gêneros e 172 espécies, das quais seis (6) foram identificadas em nível de família, 17 foram identificadas ao nível de gênero, e outras seis espécies estão indeterminadas. No total de 1,2 ha amostrados foram registrados 117 indivíduos mortos e ainda de pé (tabela 30). As tabelas 30, 31 e 32 apresentam os parâmetros fitossociológicos para a Floresta Ombrófila Densa secundária, bem como para cada uma dos estágios sucessionais, organizados em ordem decrescente do Índice de Valor de Importância (IVI).

Tabela 30. Parâmetros Fitossociológicos calculados para a Floresta Ombrófila Densa Secundária ocorrente na Vertente Sul do Parque Nacional de Itatiaia-RJ.

ESPÉCIES	AB	NI	ABTi	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI	H'	J'
<i>Euterpe edulis</i>	303	92	4,666	0,025	14,353	0,767	6,576	0,0003889	12,431	26,784	33,361	-0,279	-0,790
Mortos	117	76	2,583	0,010	5,542	0,633	5,432	0,0002153	6,882	12,425	17,857	-0,160	
<i>Cupaniaoblongifolia</i>	96	52	1,931	0,008	4,548	0,433	3,717	0,0001609	5,143	9,691	13,407	-0,141	
<i>Guapiraopposita</i>	88	57	1,087	0,007	4,169	0,475	4,074	0,0000906	2,895	7,064	11,138	-0,132	
<i>Ocoteadyospirifolia</i>	82	39	0,719	0,007	3,884	0,325	2,788	0,0000599	1,916	5,800	8,588	-0,126	
<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	34	25	1,919	0,003	1,611	0,208	1,787	0,0001599	5,112	6,722	8,509	-0,066	
<i>Brosimum guianense</i>	70	32	1,050	0,006	3,316	0,267	2,287	0,0000875	2,798	6,114	8,401	-0,113	
<i>Soroceaguilleminiana</i>	75	40	0,720	0,006	3,553	0,333	2,859	0,0000600	1,917	5,470	8,329	-0,119	
<i>Malouetiaarborea</i>	74	41	0,641	0,006	3,505	0,342	2,931	0,0000534	1,706	5,212	8,142	-0,117	
<i>Rudgeajasminoides</i>	59	34	0,787	0,005	2,795	0,283	2,430	0,0000656	2,096	4,891	7,321	-0,100	
<i>Protiumheptaphyllum</i>	58	37	0,499	0,005	2,748	0,308	2,645	0,0000415	1,328	4,076	6,720	-0,099	
<i>Vockysiabifalcata</i>	25	23	1,237	0,002	1,184	0,192	1,644	0,0001031	3,295	4,479	6,123	-0,053	
<i>Bathysaaustralis</i>	53	30	0,515	0,004	2,511	0,250	2,144	0,0000429	1,372	3,883	6,028	-0,093	
<i>Ocotealongifolia</i>	29	25	0,849	0,002	1,374	0,208	1,787	0,0000708	2,262	3,636	5,423	-0,059	
<i>Tapiriraguianensis</i>	28	23	0,682	0,002	1,326	0,192	1,644	0,0000569	1,818	3,144	4,788	-0,057	
<i>Cabralea canjerana</i>	33	24	0,490	0,003	1,563	0,200	1,716	0,0000408	1,306	2,869	4,585	-0,065	
<i>Anibafirmula</i>	23	19	0,785	0,002	1,090	0,158	1,358	0,0000654	2,091	3,180	4,538	-0,049	
<i>Swartziaflaemingii</i>	27	17	0,519	0,002	1,279	0,142	1,215	0,0000432	1,383	2,662	3,877	-0,056	
<i>Nectandraoppositifolia</i>	19	17	0,619	0,002	0,900	0,142	1,215	0,0000516	1,649	2,549	3,765	-0,042	
<i>Bauhiniaforficata</i>	29	23	0,242	0,002	1,374	0,192	1,644	0,0000201	0,644	2,017	3,661	-0,059	
<i>Licaniakunthiana</i>	22	20	0,442	0,002	1,042	0,167	1,430	0,0000369	1,179	2,221	3,650	-0,048	
<i>Pterocarpusrohrrii</i>	10	9	0,804	0,001	0,474	0,075	0,643	0,0000670	2,141	2,614	3,258	-0,025	
<i>Eriothecapentaphylla</i>	10	8	0,818	0,001	0,474	0,067	0,572	0,0000682	2,180	2,653	3,225	-0,025	
<i>Myrciasplendens</i>	28	20	0,172	0,002	1,326	0,167	1,430	0,0000143	0,457	1,784	3,213	-0,057	
<i>Astrocaryumaculeatissimum</i>	26	19	0,222	0,002	1,232	0,158	1,358	0,0000185	0,591	1,823	3,181	-0,054	

Continua...

Tabela 30. Continuação.

ESPÉCIES	AB	NI	ABTi	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI	H'	J'
<i>Indeterminada sp.2</i>	6	6	0,831	0,001	0,284	0,050	0,429	0,0000693	2,214	2,498	2,927	-0,017	
<i>Scheffleramorotoni</i>	12	10	0,442	0,001	0,568	0,083	0,715	0,0000368	1,178	1,746	2,461	-0,029	
<i>Eugenia candolleana</i>	18	16	0,170	0,002	0,853	0,133	1,144	0,0000141	0,452	1,305	2,449	-0,041	
<i>Myrciariasp.1</i>	20	16	0,106	0,002	0,947	0,133	1,144	0,0000088	0,281	1,229	2,373	-0,044	
<i>Mataybaelaeagnoides</i>	15	13	0,239	0,001	0,711	0,108	0,929	0,0000199	0,637	1,348	2,277	-0,035	
<i>Dalbergianigra</i>	17	11	0,202	0,001	0,805	0,092	0,786	0,0000168	0,538	1,343	2,129	-0,039	
<i>Trichiliacasaretti</i>	20	9	0,173	0,002	0,947	0,075	0,643	0,0000144	0,460	1,408	2,051	-0,044	
<i>Xylopiabrasiliensis</i>	13	12	0,212	0,001	0,616	0,100	0,858	0,0000177	0,566	1,182	2,039	-0,031	
<i>Indeterminada sp.4</i>	8	7	0,402	0,001	0,379	0,058	0,500	0,0000335	1,070	1,449	1,949	-0,021	
<i>Pera glabrata</i>	18	10	0,123	0,002	0,853	0,083	0,715	0,0000102	0,328	1,180	1,895	-0,041	
<i>Casearia sylvestris</i>	13	12	0,153	0,001	0,616	0,100	0,858	0,0000127	0,407	1,023	1,880	-0,031	
<i>Aparisthiumcordatum</i>	14	11	0,142	0,001	0,663	0,092	0,786	0,0000118	0,377	1,041	1,827	-0,033	
<i>Cupaniavernalis</i>	7	6	0,387	0,001	0,332	0,050	0,429	0,0000322	1,031	1,362	1,791	-0,019	
<i>Nectandramembrancea</i>	8	8	0,301	0,001	0,379	0,067	0,572	0,0000251	0,803	1,182	1,754	-0,021	
<i>Oreopanaxcapitatus</i>	15	11	0,082	0,001	0,711	0,092	0,786	0,0000068	0,218	0,929	1,715	-0,035	
<i>Actinostemonverticillatus</i>	15	10	0,081	0,001	0,711	0,083	0,715	0,0000068	0,216	0,927	1,641	-0,035	
<i>Duguetiasalicifolia</i>	12	9	0,161	0,001	0,568	0,075	0,643	0,0000134	0,428	0,997	1,640	-0,029	
<i>Guapira hirsuta</i>	13	11	0,088	0,001	0,616	0,092	0,786	0,0000074	0,236	0,851	1,638	-0,031	
<i>Crotonechnocarpus</i>	7	7	0,300	0,001	0,332	0,058	0,500	0,0000250	0,798	1,130	1,630	-0,019	
<i>Campomanesiaxanthocarpa</i>	10	10	0,160	0,001	0,474	0,083	0,715	0,0000133	0,425	0,899	1,614	-0,025	
<i>Ingaedulis</i>	9	8	0,224	0,001	0,426	0,067	0,572	0,0000187	0,598	1,024	1,596	-0,023	
<i>Virola oleifera</i>	10	9	0,171	0,001	0,474	0,075	0,643	0,0000142	0,455	0,929	1,572	-0,025	
<i>Marliereaexcoriata</i>	11	11	0,098	0,001	0,521	0,092	0,786	0,0000082	0,261	0,782	1,568	-0,027	
<i>Hirtellahebeclada</i>	7	5	0,327	0,001	0,332	0,042	0,357	0,0000273	0,872	1,203	1,561	-0,019	
<i>Casearia obliqua</i>	9	8	0,170	0,001	0,426	0,067	0,572	0,0000142	0,454	0,880	1,452	-0,023	
<i>Endlicheriapaniculata</i>	11	11	0,054	0,001	0,521	0,092	0,786	0,0000045	0,143	0,664	1,450	-0,027	

Continua...

Tabela 30. Continuação.

ESPÉCIES	AB	NI	ABTi	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI	H'	J'
<i>Ficusgomelleira</i>	1	1	0,497	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000414	1,325	1,372	1,444	-0,004	
<i>Indeterminada sp.1</i>	10	9	0,091	0,001	0,474	0,075	0,643	0,0000076	0,243	0,716	1,360	-0,025	
<i>Amaiouaguianensis</i>	10	7	0,144	0,001	0,474	0,058	0,500	0,0000120	0,383	0,857	1,358	-0,025	
<i>Pera heteranthera</i>	8	6	0,204	0,001	0,379	0,050	0,429	0,0000170	0,542	0,921	1,350	-0,021	
<i>Abaremacochliacarpos</i>	6	6	0,205	0,001	0,284	0,050	0,429	0,0000171	0,546	0,830	1,259	-0,017	
<i>Guareamacrophylla</i>	10	9	0,048	0,001	0,474	0,075	0,643	0,0000040	0,127	0,601	1,244	-0,025	
<i>Trichiliacatigua</i>	6	6	0,190	0,001	0,284	0,050	0,429	0,0000159	0,507	0,791	1,220	-0,017	
<i>Guatteriaaustralis</i>	8	7	0,109	0,001	0,379	0,058	0,500	0,0000091	0,291	0,670	1,170	-0,021	
<i>Alchorneatriplinervia</i>	8	6	0,109	0,001	0,379	0,050	0,429	0,0000091	0,291	0,670	1,099	-0,021	
<i>Posoquerialatifolia</i>	7	6	0,115	0,001	0,332	0,050	0,429	0,0000096	0,306	0,637	1,066	-0,019	
<i>Trichilia lepidota</i>	7	6	0,113	0,001	0,332	0,050	0,429	0,0000094	0,301	0,633	1,062	-0,019	
<i>Allophylusedulis</i>	8	8	0,040	0,001	0,379	0,067	0,572	0,0000034	0,108	0,487	1,058	-0,021	
<i>Annonasylvatica</i>	8	6	0,092	0,001	0,379	0,050	0,429	0,0000077	0,245	0,624	1,053	-0,021	
<i>Crotonfloribundus</i>	5	5	0,171	0,000	0,237	0,042	0,357	0,0000142	0,454	0,691	1,049	-0,014	
<i>Pseudobombaxgrandeflorum</i>	5	4	0,189	0,000	0,237	0,033	0,286	0,0000157	0,503	0,740	1,026	-0,014	
<i>Ormosiaarborea</i>	7	6	0,099	0,001	0,332	0,050	0,429	0,0000083	0,264	0,596	1,025	-0,019	
<i>Pouteriasp.2</i>	4	3	0,222	0,000	0,189	0,025	0,214	0,0000185	0,592	0,781	0,996	-0,012	
<i>Guatterianigrescens</i>	7	7	0,054	0,001	0,332	0,058	0,500	0,0000045	0,145	0,476	0,977	-0,019	
<i>Ficusenormis</i>	5	5	0,139	0,000	0,237	0,042	0,357	0,0000116	0,371	0,608	0,966	-0,014	
<i>Protiumsp.1</i>	8	6	0,054	0,001	0,379	0,050	0,429	0,0000045	0,143	0,522	0,950	-0,021	
<i>Siparunaguianensis</i>	9	6	0,031	0,001	0,426	0,050	0,429	0,0000026	0,082	0,508	0,937	-0,023	
<i>Carinianaestrellensis</i>	1	1	0,306	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000255	0,814	0,862	0,933	-0,004	
<i>Cecropiaglaziovii</i>	4	4	0,121	0,000	0,189	0,033	0,286	0,0000101	0,323	0,513	0,798	-0,012	
<i>Lecythispisonis</i>	2	2	0,210	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000175	0,559	0,653	0,796	-0,007	
<i>Cecropiahololeuca</i>	2	2	0,188	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000156	0,500	0,595	0,738	-0,007	
<i>Diospyrossp.1</i>	5	5	0,050	0,000	0,237	0,042	0,357	0,0000042	0,133	0,370	0,727	-0,014	
<i>Pachystromalongifolium</i>	6	5	0,030	0,001	0,284	0,042	0,357	0,0000025	0,079	0,363	0,721	-0,017	

Continua...

Tabela 30. Continuação.

ESPÉCIES	AB	NI	ABTi	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI	H'	J'
<i>Jacaratiaspinosa</i>	4	4	0,091	0,000	0,189	0,033	0,286	0,0000076	0,243	0,433	0,719	-0,012	
<i>Kielmeyera excelsa</i>	5	5	0,044	0,000	0,237	0,042	0,357	0,0000037	0,117	0,354	0,711	-0,014	
<i>Dicksoniasellowiana</i>	6	5	0,025	0,001	0,284	0,042	0,357	0,0000021	0,066	0,351	0,708	-0,017	
<i>Sloanearetusa</i>	4	4	0,086	0,000	0,189	0,033	0,286	0,0000071	0,228	0,418	0,703	-0,012	
<i>Vockysiasp.1</i>	4	4	0,083	0,000	0,189	0,033	0,286	0,0000069	0,222	0,411	0,697	-0,012	
<i>Lauraceasp.1</i>	4	4	0,081	0,000	0,189	0,033	0,286	0,0000068	0,216	0,405	0,691	-0,012	
<i>Miconia pusiliflora</i>	6	5	0,014	0,001	0,284	0,042	0,357	0,0000012	0,038	0,323	0,680	-0,017	
<i>Dalbergia frutescens</i>	5	5	0,030	0,000	0,237	0,042	0,357	0,0000025	0,080	0,316	0,674	-0,014	
<i>Ocoteasp.1</i>	4	4	0,072	0,000	0,189	0,033	0,286	0,0000060	0,193	0,382	0,668	-0,012	
<i>Byrsonimasericea</i>	2	2	0,158	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000132	0,421	0,515	0,658	-0,007	
<i>Psidiumrufum</i>	5	5	0,023	0,000	0,237	0,042	0,357	0,0000019	0,062	0,298	0,656	-0,014	
<i>Coccolobamollis</i>	5	5	0,020	0,000	0,237	0,042	0,357	0,0000017	0,054	0,291	0,649	-0,014	
<i>Alseisfloribunda</i>	5	5	0,020	0,000	0,237	0,042	0,357	0,0000017	0,053	0,290	0,647	-0,014	
<i>Myrciariafloribunda</i>	5	5	0,015	0,000	0,237	0,042	0,357	0,0000013	0,041	0,278	0,635	-0,014	
<i>Ingalenticelata</i>	5	4	0,036	0,000	0,237	0,033	0,286	0,0000030	0,096	0,333	0,619	-0,014	
<i>Tabernaemontanahystrix</i>	5	4	0,031	0,000	0,237	0,033	0,286	0,0000026	0,083	0,320	0,606	-0,014	
<i>Tabebuia roseoalba</i>	4	4	0,048	0,000	0,189	0,033	0,286	0,0000040	0,127	0,316	0,602	-0,012	
<i>Calyptranthesgrandifolia</i>	5	4	0,027	0,000	0,237	0,033	0,286	0,0000023	0,073	0,310	0,596	-0,014	
<i>Eugenia brasiliensis</i>	4	3	0,057	0,000	0,189	0,025	0,214	0,0000047	0,152	0,341	0,556	-0,012	
<i>Miconia discolor</i>	4	4	0,022	0,000	0,189	0,033	0,286	0,0000018	0,059	0,248	0,534	-0,012	
<i>Genipa americana</i>	4	3	0,046	0,000	0,189	0,025	0,214	0,0000038	0,122	0,311	0,526	-0,012	
<i>Myrciasp.1</i>	3	2	0,087	0,000	0,142	0,017	0,143	0,0000073	0,232	0,374	0,517	-0,009	
<i>Psychotriacarthagenensis</i>	2	2	0,082	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000068	0,218	0,313	0,456	-0,007	
<i>Myrtaceasp.2</i>	3	3	0,034	0,000	0,142	0,025	0,214	0,0000029	0,092	0,234	0,448	-0,009	
<i>Annona glabra</i>	3	3	0,031	0,000	0,142	0,025	0,214	0,0000026	0,082	0,225	0,439	-0,009	
<i>Ficus insipida</i>	2	2	0,073	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000061	0,195	0,289	0,432	-0,007	
<i>Fabaceae sp.1</i>	2	2	0,073	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000060	0,193	0,288	0,431	-0,007	

Continua...

Tabela 30. Continuação.

ESPÉCIES	AB	NI	ABTi	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI	H'	J'
<i>Albizia polycephala</i>	3	3	0,023	0,000	0,142	0,025	0,214	0,0000019	0,061	0,203	0,418	-0,009	
<i>Virola bicuhyba</i>	1	1	0,107	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000089	0,285	0,333	0,404	-0,004	
<i>Fabaceae</i> sp.2	1	1	0,105	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000088	0,280	0,328	0,399	-0,004	
<i>Aspidospermapolyneuron</i>	2	2	0,059	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000049	0,156	0,251	0,394	-0,007	
<i>Humiriaceae</i> sp.1	3	3	0,014	0,000	0,142	0,025	0,214	0,0000012	0,037	0,179	0,393	-0,009	
<i>Plinia edulis</i>	3	3	0,012	0,000	0,142	0,025	0,214	0,0000010	0,033	0,175	0,389	-0,009	
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	3	3	0,009	0,000	0,142	0,025	0,214	0,0000008	0,024	0,166	0,381	-0,009	
<i>Protiumwidgrenii</i>	2	2	0,052	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000044	0,140	0,234	0,377	-0,007	
<i>Maprouneaguianensis</i>	1	1	0,096	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000080	0,257	0,304	0,375	-0,004	
<i>Dalbergiafoliolosa</i>	2	2	0,043	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000036	0,114	0,208	0,351	-0,007	
<i>Swartzialangsdorffii</i>	2	2	0,033	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000027	0,087	0,182	0,325	-0,007	
<i>Nectandra puberula</i>	3	2	0,014	0,000	0,142	0,017	0,143	0,0000012	0,038	0,180	0,323	-0,009	
<i>Plathymeniareticulata</i>	2	2	0,025	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000021	0,066	0,161	0,304	-0,007	
<i>Indeterminada</i> sp.6	2	2	0,021	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000018	0,056	0,151	0,294	-0,007	
<i>Lacistema pubescens</i>	2	2	0,021	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000017	0,055	0,150	0,293	-0,007	
<i>Apuleialeiocarpa</i>	1	1	0,064	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000054	0,172	0,219	0,291	-0,004	
<i>Sapium glandulatum</i>	2	2	0,019	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000016	0,051	0,145	0,288	-0,007	
<i>Sparattospermaleucanthum</i>	1	1	0,062	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000051	0,164	0,212	0,283	-0,004	
<i>Guettarda viburnoides</i>	2	2	0,012	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000010	0,033	0,128	0,271	-0,007	
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	2	2	0,012	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000010	0,031	0,126	0,269	-0,007	
<i>Qualea</i> sp.1	2	2	0,011	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000009	0,030	0,125	0,268	-0,007	
<i>Miconia prasina</i>	2	2	0,010	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000009	0,028	0,122	0,265	-0,007	
<i>Zollernia ilicifolia</i>	2	2	0,008	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000007	0,022	0,117	0,260	-0,007	
<i>Ocotea brachybotra</i>	2	2	0,008	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000006	0,021	0,115	0,258	-0,007	
<i>Coccoloba</i> sp.2	2	2	0,007	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000005	0,017	0,112	0,255	-0,007	
<i>Licania</i> sp.1	2	2	0,006	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000005	0,017	0,112	0,255	-0,007	
<i>Myrcarpus frondosus</i>	1	1	0,051	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000042	0,136	0,183	0,255	-0,004	

Continua...

Tabela 30. Continuação.

ESPÉCIES	AB	NI	ABTi	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI	H'	J'
<i>Vitexpolygama</i>	1	1	0,051	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000042	0,136	0,183	0,255	-0,004	
<i>Myrciasp.2</i>	2	2	0,004	0,000	0,095	0,017	0,143	0,0000004	0,012	0,106	0,249	-0,007	
<i>Talisiasp.1</i>	1	1	0,047	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000039	0,126	0,173	0,245	-0,004	
<i>Roupalarhombifolia</i>	1	1	0,039	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000032	0,104	0,151	0,223	-0,004	
<i>Tibouchina granulosa</i>	1	1	0,039	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000032	0,104	0,151	0,223	-0,004	
<i>Xylopiasericea</i>	1	1	0,039	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000032	0,104	0,151	0,223	-0,004	
<i>Ingacylindrica</i>	2	1	0,021	0,000	0,095	0,008	0,071	0,0000017	0,056	0,150	0,222	-0,007	
<i>Allophylusmelanophloeus</i>	2	1	0,020	0,000	0,095	0,008	0,071	0,0000016	0,052	0,147	0,219	-0,007	
<i>Miconia sp.1</i>	2	1	0,017	0,000	0,095	0,008	0,071	0,0000014	0,045	0,140	0,211	-0,007	
<i>Indeterminada sp.3</i>	1	1	0,035	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000029	0,092	0,140	0,211	-0,004	
<i>Aspidospermasp.1</i>	1	1	0,032	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000026	0,084	0,132	0,203	-0,004	
<i>Macluratinctoria</i>	1	1	0,025	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000021	0,066	0,114	0,185	-0,004	
<i>Myrtaceasp.3</i>	1	1	0,021	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000017	0,055	0,103	0,174	-0,004	
<i>Piptocarphamacropoda</i>	1	1	0,020	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000017	0,053	0,100	0,172	-0,004	
<i>Diplooncuspdatum</i>	1	1	0,019	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000016	0,051	0,098	0,170	-0,004	
<i>Aegiphilaselowiana</i>	1	1	0,016	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000013	0,043	0,090	0,162	-0,004	
<i>Coccolobasp.1</i>	1	1	0,015	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000012	0,039	0,087	0,158	-0,004	
<i>Indeterminada sp.7</i>	1	1	0,014	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000012	0,037	0,085	0,156	-0,004	
<i>Senna multijuga</i>	1	1	0,014	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000012	0,037	0,085	0,156	-0,004	
<i>Esenbeckiagrandidiflora Mart.</i>	1	1	0,012	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000010	0,032	0,080	0,151	-0,004	
<i>Sebastianiacommersoniana</i>	1	1	0,012	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000010	0,032	0,080	0,151	-0,004	
<i>Vockysiatucanorum</i>	1	1	0,011	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000010	0,031	0,078	0,149	-0,004	
<i>Pouteriafilipes</i>	1	1	0,009	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000008	0,025	0,072	0,143	-0,004	
<i>Sloanea monosperma</i>	1	1	0,009	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000008	0,025	0,072	0,143	-0,004	
<i>Ingalaurina</i>	1	1	0,009	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000007	0,023	0,070	0,142	-0,004	
<i>Aureliana fasciculata</i>	1	1	0,008	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000007	0,022	0,069	0,141	-0,004	
<i>Lueheadivaricata</i>	1	1	0,005	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000004	0,014	0,062	0,133	-0,004	

Continua...

Tabela 30. Continuação.

ESPÉCIES	AB	NI	ABTi	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI	H'	J'
<i>Cupaniatenuivalvis</i>	1	1	0,005	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000004	0,013	0,061	0,132	-0,004	
<i>Machaeriumnyctitans</i>	1	1	0,005	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000004	0,013	0,061	0,132	-0,004	
<i>Cordiasellowiana</i>	1	1	0,004	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000004	0,011	0,059	0,130	-0,004	
<i>Micropholisgardneriana</i>	1	1	0,004	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000004	0,011	0,059	0,130	-0,004	
<i>Erythroxylumpulchrum</i>	1	1	0,004	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000003	0,010	0,058	0,129	-0,004	
<i>Annonasp.1</i>	1	1	0,004	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000003	0,009	0,057	0,128	-0,004	
<i>Indeterminada sp.5</i>	1	1	0,003	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000003	0,008	0,056	0,127	-0,004	
<i>Pouteria caimito</i>	1	1	0,003	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000003	0,008	0,056	0,127	-0,004	
<i>Eugenia multicosata</i>	1	1	0,003	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000002	0,007	0,054	0,126	-0,004	
<i>Jacarandamacrantha</i>	1	1	0,003	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000002	0,007	0,054	0,126	-0,004	
<i>Andirafraxinifolia</i>	1	1	0,002	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000002	0,006	0,053	0,125	-0,004	
<i>Eugenia sp.1</i>	1	1	0,002	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000002	0,006	0,053	0,125	-0,004	
<i>Coutareahexandra</i>	1	1	0,002	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000002	0,005	0,053	0,124	-0,004	
<i>Virola gardneri</i>	1	1	0,002	0,000	0,047	0,008	0,071	0,0000002	0,005	0,053	0,124	-0,004	
TOTAL	2111	1399	37,538	0,176	100,000	11,658	100,000	0,0031281	100,000	200,000	300,000	-4,074	-0,790

Legenda: AB (Abundância), NI (Nº de parcela em que ocorre), ABTi (Área Basal Indivíduo por Espécie), DA (Densidade Absoluta), DR (Densidade Relativa), FA (Frequência Absoluta), FR (Frequência Relativa), DoA (Dominância Absoluta), DoR (Dominância Relativa), IVC (Índice de Valor de Cobertura), IVI (Índice de Valor de Importância), H' (Índice de Shannon-Weaver nats.ind) e J' (Índice de Uniformidade de Pielou)

Tabela 31. Espécies com maiores IVI ocorrentes em FEA, Parque Nacional de Itatiaia-RJ.

ESPÉCIES	AB	NI	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI	H'	J'
<i>Euterpe edulis</i>	156	20	0,039	18,616	0,500	4,454	0,00060	15,331	33,947	38,401	-3,74	-0,80
<i>Ocoteadyospirifolia</i>	66	18	0,017	7,876	0,450	4,009	0,00015	3,725	11,601	15,610		
<i>Rudgeajasminoides</i>	52	19	0,013	6,205	0,475	4,232	0,00017	4,422	10,627	14,859		
<i>Guapiraopposita</i>	46	20	0,012	5,489	0,500	4,454	0,00017	4,338	9,827	14,282		
Mortos	41	18	0,010	4,893	0,450	4,009	0,00020	5,180	10,072	14,081		
<i>Cupaniaoblongifolia</i>	23	15	0,006	2,745	0,375	3,341	0,00012	3,081	5,826	9,166		
<i>Vockysiabifalcata</i>	12	9	0,003	1,432	0,225	2,004	0,00016	4,118	5,550	7,555		
<i>Tapiriraguianensis</i>	17	12	0,004	2,029	0,300	2,673	0,00009	2,381	4,409	7,082		
<i>Pterocarpusrohrii</i>	7	5	0,002	0,835	0,125	1,114	0,00017	4,239	5,075	6,188		
<i>Licaniakunthiana</i>	14	9	0,004	1,671	0,225	2,004	0,00009	2,306	3,976	5,981		
<i>Ocotealongifolia</i>	10	5	0,003	1,193	0,125	1,114	0,00012	2,956	4,149	5,263		
<i>Eugenia candolleana</i>	15	9	0,004	1,790	0,225	2,004	0,00004	0,917	2,707	4,711		

Legenda: AB (Abundância), ABTi (Área Basal Individual por Espécie), DR (Densidade Relativa), FR (Frequência Relativa), DoR (Dominância Relativa), IVC (Índice de Valor de Cobertura, IVI (Índice de Valor de Importância).

Tabela 32. Espécies com maiores IVI ocorrentes em FEM, Parque Nacional de Itatiaia-RJ.

ESPÉCIES	AB	NI	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI	H'	J'
<i>Euterpe edulis</i>	141	20	0,035	20,735	0,500	5,181	0,00053	16,041	36,777	41,958	-0,355	-0,76
<i>Cupaniaoblongifolia</i>	65	19	0,016	9,559	0,475	4,922	0,00034	10,467	20,026	24,949		
Mortos	41	17	0,010	6,029	0,425	4,404	0,00030	9,216	15,245	19,649		
<i>Bathysaaustralis</i>	40	17	0,010	5,882	0,425	4,404	0,00008	2,548	8,431	12,835		
<i>Malouetiaarborea</i>	39	15	0,010	5,735	0,375	3,886	0,00010	3,002	8,738	12,624		
<i>Bauhiniaforficata</i>	25	17	0,006	3,676	0,425	4,404	0,00005	1,712	5,389	9,793		
<i>Vockysiabifalcata</i>	9	7	0,002	1,324	0,175	1,813	0,00012	3,756	5,080	6,893		
<i>Dalbergianigra</i>	17	11	0,004	2,500	0,275	2,850	0,00005	1,515	4,015	6,865		
<i>Protiumheptaphyllum</i>	16	11	0,004	2,353	0,275	2,850	0,00004	1,438	3,791	6,641		
<i>Indeterminada sp.2</i>	2	2	0,001	0,294	0,050	0,518	0,00018	5,496	5,790	6,308		
<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	10	7	0,003	1,471	0,175	1,813	0,00009	2,959	4,429	6,243		
<i>Ocotealongifolia</i>	11	10	0,003	1,618	0,250	2,591	0,00006	1,938	3,556	6,147		

Legenda: AB (Abundância), ABTi (Área Basal Individual por Espécie), DR (Densidade Relativa), FR (Frequência Relativa), DoR (Dominância Relativa), IVC (Índice de Valor de Cobertura, IVI (Índice de Valor de Importância).

Tabela 33. Espécies com maiores IVI ocorrentes em FEI, Parque Nacional de Itatiaia-RJ.

ESPÉCIES	AB	NI	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI	H'	J'
<i>Brosimum guianense</i>	59	17	0,015	9,949	0,425	4,632	0,00022	10,223	20,172	24,805	-3,91	-0,84
<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	20	12	0,005	3,373	0,300	3,270	0,00026	12,327	15,700	18,970		
<i>Soroceaguilleminiana</i>	47	15	0,012	7,926	0,375	4,087	0,00012	5,499	13,424	17,512		
Mortos	35	16	0,009	5,902	0,400	4,360	0,00014	6,379	12,281	16,641		
<i>Guapiraopposita</i>	32	13	0,008	5,396	0,325	3,542	0,00007	3,286	8,682	12,224		
<i>Protiumheptaphyllum</i>	29	12	0,007	4,890	0,300	3,270	0,00006	2,672	7,562	10,832		
<i>Malouetiaarborea</i>	24	14	0,006	4,047	0,350	3,815	0,00003	1,414	5,461	9,276		
<i>Indeterminada</i> sp.4	8	7	0,002	1,349	0,175	1,907	0,00010	4,733	6,082	7,990		
<i>Anibafirmula</i>	13	7	0,003	2,192	0,175	1,907	0,00006	2,776	4,968	6,876		
<i>Myrciasplendens</i>	17	10	0,004	2,867	0,250	2,725	0,00002	0,959	3,826	6,551		
<i>Ficusgomelleira</i>	1	1	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00012	5,863	6,032	6,305		
<i>Trichiliacasaretti</i>	16	6	0,004	2,698	0,150	1,635	0,00004	1,763	4,461	6,096		

Legenda: AB (Abundância), ABTi (Área Basal Individual por Espécie), DR (Densidade Relativa), FR (Frequência Relativa), DoR (Dominância Relativa), IVC (Índice de Valor de Cobertura, IVI (Índice de Valor de Importância).

Índice de Diversidade de Shannon-Weaver e Uniformidade de Pielou

O valor de diversidade calculado pelo Índice de Shannon-Weaver para a amostragem geral na Floresta secundária do PNI foi de 4,074 nat/ind. Já os diferentes estágios sucessionais apresentaram 3,74 nat/ind. em FEA, 3,54 nat/ind em FEM e 3,91 nat/ind. A tabela 34 apresenta o índice de diversidade de Shannon-Weaver e o Índice de Uniformidade de Pielou para diferentes estudos realizados em Formações Florestais de Mata Atlântica no Sudeste brasileiro.

Tabela 34. Índice de diversidade de Shannon-Weaver e índice de uniformidade de Pielou para diferentes estudos realizados em Mata Atlântica no Sudeste do Brasil.

AUTOR/DATA	FORMAÇÃO FLORESTAL	LOCALIDADE	UF	H'	J'	ÁREA AMOSTRAL (ha)	DAP INCLUSÃO (cm)
GONZAGA et al. (2008)	FESD	Tiradentes	MG	4,23	0,87	0,9	5
CARVALHO et al. (2007)	FESD	Piedade de Rio Grande	MG	4,42	0,85	1,2	3
CARVALHO et al. (2000)	FESD	Itambé do Mato Dentro	MG	4,32	0,82	0,79	5
SILVA et al. (2003)	FESD	Ibituruna	MG	4,20	0,89	1,04	5
BOTREL et al. (2002)	FESD	Ingaí	MG	3,73	0,76	1	5
SOARES (2007)	FESD	Araras	SP	3,77	-	0,5	5
IVANAUSKAS et al. (2000)	FESD	Piracicaba	SP	3,00	0,70	0,4	5
IVANAUSKAS et al. (1999)	FESD	Itatinga	SP	3,77	0,82	0,42	5
DAN et al (2010)	FESD	São Jose de Ubá	RJ	3,87	0,86	0,2	5
DAN et al (2010)	FESD	São Jose de Ubá	RJ	3,63	0,85	0,2	5
DAN et al (2010)	FESD	São Jose de Ubá	RJ	3,84	0,91	0,2	5
DAN et al (2010)	FESD	São Jose de Ubá	RJ	3,83	0,92	0,2	5
DAN et al (2010)	FESD	São Jose de Ubá	RJ	2,81	0,80	0,2	5
DAN et al (2010)	FESD	São Jose de Ubá	RJ	4,60	0,87	1	5
DAN et al (2010)	FESD	São Jose de Ubá	RJ	4,35	0,88	1	5
MEDEIROS et al. (2016)a	FESD	Piraí	RJ	3,57	0,88	0,15	5
MEDEIROS et al. (2016)b	FESD	Pinheiral	RJ	3,81	0,82	1,08	5
SANTANA et al. (2018)	FOM	Baipendí	MG	2,67	0,72	0,5	4,8
OLIVA et al., (2018)	FOM	Bocaiuva do Sul	MG	3,39	0,83	0,15	5
OLIVA et al. (2018)	FOM	Bocaiuva do Sul	MG	2,89	0,77	0,15	5
SOLÓRZANO et al. (2012)	FODSM	Rio de Janeiro	RJ	4,13	0,91	0,25	5

Continua...

Tabela 34. Continuação.

AUTOR/DATA	FORMAÇÃO FLORESTAL	LOCALIDADE	UF	H'	J'	ÁREA AMOSTRAL (ha)	DAP INCLUSÃO (cm)
GUEDES BRUNI et al. (1997)	FODAM	Macaé de Cima	RJ	4,05	–	1	5
OLIVEIRA et al. (2002)	FODSM	Ilha Grande	RJ	4,28	0,87	0,52	5
SILVESTRE et al. (2012)	FOM	Guarapuava	PR	3,3	–	0,5	5
JUNIOR et al. (2008)	FODSM	Catende	PB	3,83	–	1	5
GUEDES-BRUNI et al. (2006)	FOD	Silva Jardim	RJ	4,57	0,87	1	5
KURTZ & ARAÚJO (2000)	FOD	Cachoeira de Macacu	RJ	4,2	0,85	1,1	5
LIMA et al. (2011)	FODM	Santo André	SP	4,049	0,836	1	5
CRUZ et al. (2013)	FODSM	Macaé	RJ	3,96	–	0,6	5
CARVALHO et al., (2007)	FODSM	Rio Bonito	RJ	3,91	–	0,4	5
MORENO et al. (2002)	FODSM	Campos os Goytacases	RJ	4,26	–	1,2	10
BORÉN et al. (2002)	FODSM	Silva Jardim	RJ	4,137	0,851	0,36	3,2
SILVA & NASCIMENTO (2001)	FODSM	São Francisco do Itabapoana	RJ	3,21	0,77	1	10
Presente Trabalho (Geral)	FODSM	Parque Nacional do Itatiaia	RJ	4,07	0,79	1,2	5
Presente Trabalho (FEA)	FODSM	Parque Nacional do Itatiaia	RJ	3,74	0,80	0,4	5
Presente Trabalho (FEM)	FODSM	Parque Nacional do Itatiaia	RJ	3,54	0,76	0,4	5
Presente Trabalho (FEI)	FODSM	Parque Nacional do Itatiaia	RJ	3,91	0,84	0,4	5

Legenda: Unidade Federativa (UF), Índice de Shannon-Weaver (H'), Índice de Uniformidade de Pielou (J'), Diâmetro de inclusão (DAP INCL.).

Suficiência Amostral

Para cada estágio sucessional e a comunidade em geral, a regressão linear apontou forte tendência a estabilização. Para a comunidade, essa tendência se deu próxima a parcela 100, sendo o R^2 calculado de 0,968; para FEA e FEM próximo a parcela 30, com $R^2=0,989$ e $R^2=0,999$, respectivamente; para FEI, próximo a parcela 40, com $R^2=0,98$. As Figuras 18 (AaD) ilustram as curvas de acumulação espécies/área.

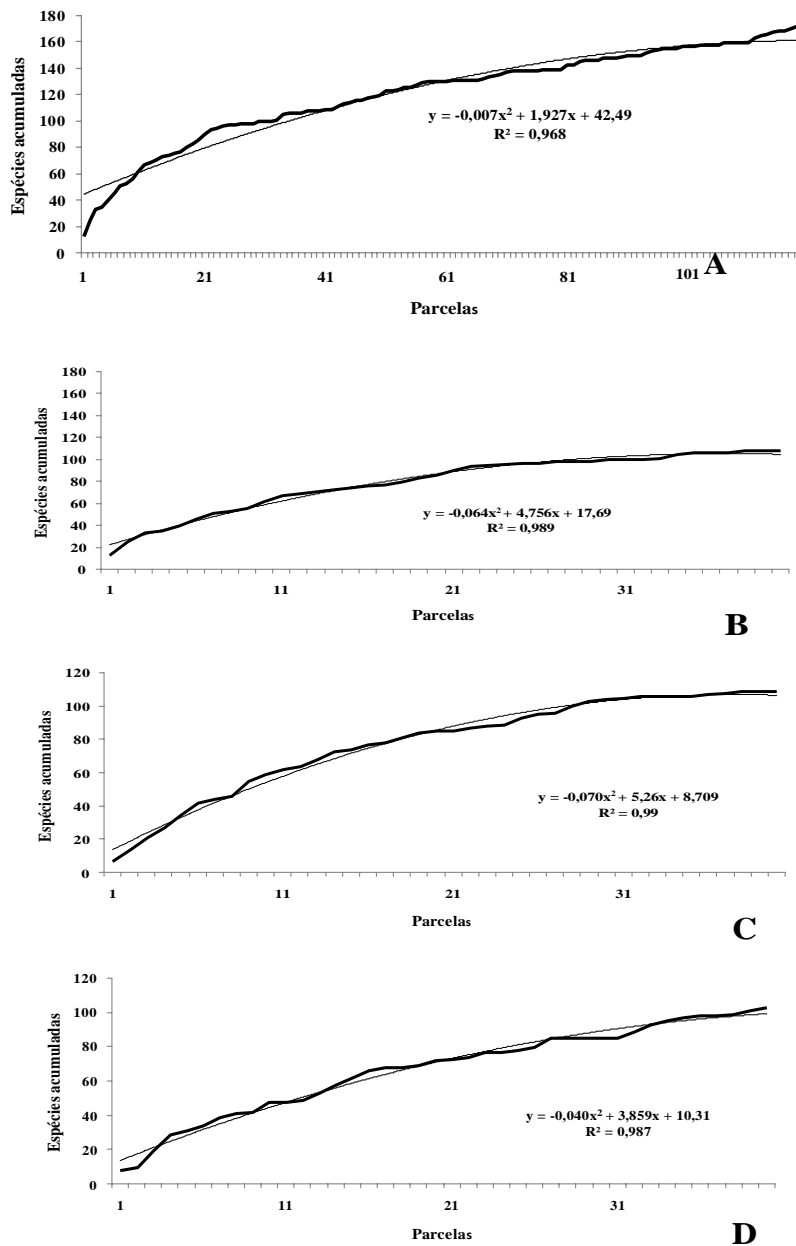


Figura 18. (A) Curva de acumulação espécie para amostragem na Floresta Ombrófila Densa secundária; (B) Curva de acumulação espécie área para amostragem no estágio avançado de sucessão; (C) Curva de acumulação espécie para amostragem no estágio médio de sucessão; Curva de acumulação espécie para amostragem no estágio inicial de sucessão, Floresta Ombrófila Densa, PNI-RJ.

Similaridade de Jaccard e Dominância de Simpson

A análise de similaridade florística de Jaccard baseia-se no número de espécies comuns e exclusivas das áreas estudadas, sendo atribuídos pesos iguais a todos os grupos. Tratando-se da comunidade em geral, foram encontradas 172 espécies, dentre as quais 52 são classificadas como generalistas, 28 como exclusivas de FEA, 21 exclusivas de FEM, 32 exclusivas de FEM. Foi quantificado, também, o número de espécies de ocorrência simultânea em cada par de estágios sucessionais comparados. A aplicação do índice de similaridade de Jaccard, entre os diferentes estágios apresentou para FEA e FEM similaridade de 58,47%, entre FEA e FEI 50% e entre FEM e FEI 54%.

A figura 19 apresenta o número de espécies generalistas, exclusivas encontradas e de ocorrência simultânea em dois estágios sucessionais comparados.

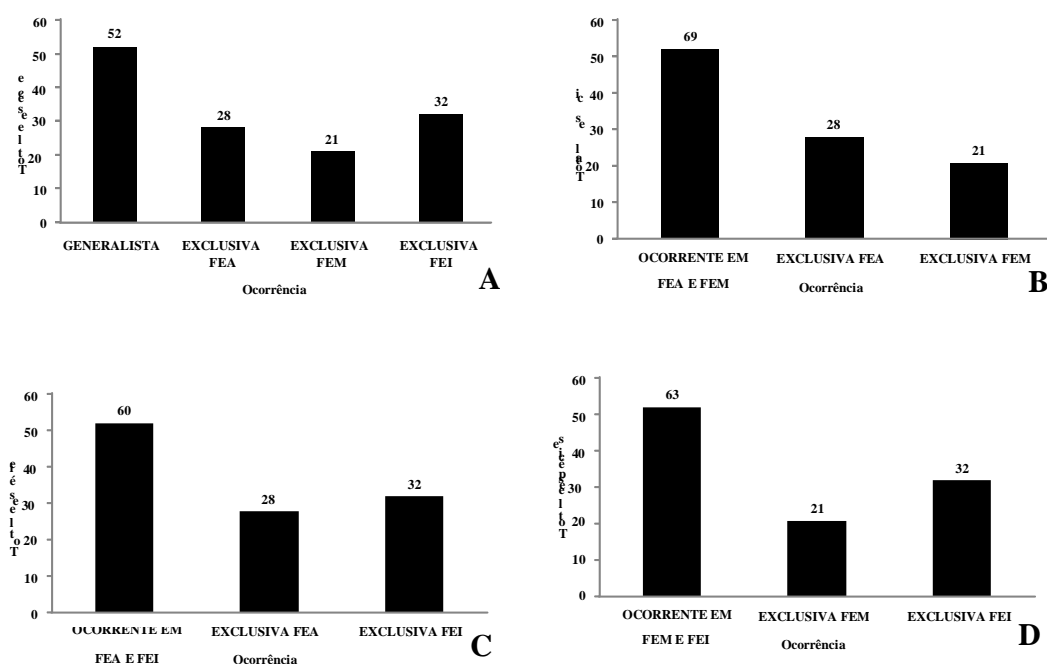


Figura 19. Número de espécies quanto a sua ocorrência nos diferentes estágios sucessionais, Parque Nacional de Itatiaia-RJ.

Legenda: (A) Total de espécies exclusivas na Floresta Ombrófila Densa; (B) Total de espécies de ocorrência simultânea e exclusivas em FEA e FEM; (C) Total de espécies de ocorrência simultânea e exclusivas em FEA e FEI; (D) Total de espécies de ocorrência simultânea e exclusivas em FEM e FEI.

Quanto ao índice de dominância de Simpson, a tabela 35 a seguir apresentam as principais espécies na análise geral da comunidade e para cada um dos diferentes estágios sucessionais.

Tabela 35. Espécies dominantes, indicadas pelo índice de dominância de Simpson, na comunidade em geral e nos diferentes estágios sucessionais.

ESPÉCIES	n	Simpson	ESPÉCIES	n FEA	Simpson
<i>Euterpe edulis</i>	30	0,143	<i>Euterpe edulis</i>	156	0,1862
Morto	11	0,055	<i>Ocoteadyospirifolia</i>	6	0,078
<i>Cupaniaoblongifolia</i>	96	0,045	<i>Rudgeajasminoides</i>	5	0,062
<i>Guapiraopposita</i>	8	0,041	<i>Guapiraopposita</i>	4	0,054
<i>Ocoteadyospirifolia</i>	82	0,038	Morto	41	0,048
<i>Soroceabomplandii</i>	75	0,035	<i>Cupaniaoblongifolia</i>	2	0,027
<i>Malouetiaarborea</i>	74	0,035	<i>Tapiriraguianensis</i>	1	0,02
<i>Brosimum guianense</i>	70	0,033	<i>Soroceabomplandii</i>	15	0,017
<i>Rudgeajasminoides</i>	59	0,027	<i>Eugenia candolleana</i>	15	0,017
<i>Protiumheptaphyllum</i>	58	0,027	<i>Cabrlea canjerana</i>	1	0,016
<i>Bathysaaustralis</i>	5	0,025	<i>Licaniakunthiana</i>	1	0,016
<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	3	0,016	<i>Protiumheptaphyllum</i>	1	0,015
<i>Cabrlea canjerana</i>	3	0,015	<i>Pera glabrata</i>	1	0,015
<i>Bauhiniaforficata</i>	2	0,013	<i>Vockysiabifalcata</i>	1	0,014
<i>Ocotealongifolia</i>	2	0,013	<i>Malouetiaarborea</i>	1	0,013
<i>Tapiriraguianensis</i>	28	0,013	<i>Astrocaryumaculeatissimum</i>	11	0,013
<i>Myrciasplendens</i>	2	0,013	<i>Myrciasplendens</i>	1	0,013
<i>Swartziaflaemingii</i>	27	0,012	<i>Guapira hirsuta</i>	11	0,013
<i>Astrocaryumaculeatissimum</i>	26	0,012	<i>Ocotealongifolia</i>	10	0,011
<i>Vockysiabifalcata</i>	25	0,011	<i>Duguetiasalicifolia</i>	10	0,011
<i>Euterpe edulis</i>	141	0,2074	<i>Brosimum guianense</i>	59	0,0995
<i>Cupaniaoblongifolia</i>	65	0,0956	<i>Soroceabomplandii</i>	47	0,0793
Morto	41	0,0603	Morto	35	0,059
<i>Bathysaaustralis</i>	40	0,0588	<i>Guapiraopposita</i>	32	0,054
<i>Malouetiaarborea</i>	39	0,0574	<i>Guapiraopposita</i>	29	0,0489
<i>Bauhiniaforficata</i>	25	0,0368	<i>Malouetiaarborea</i>	24	0,0405
<i>Dalbergianigra</i>	17	0,025	<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	20	0,0337
<i>Protiumheptaphyllum</i>	16	0,035	<i>Myrciasplendens</i>	17	0,0287
<i>Soroceabomplandii.</i>	13	0,0191	<i>Trichiliacasaretti</i>	16	0,027
<i>Ocotealongifolia</i>	11	0,0162	<i>Astrocaryumaculeatissimum</i>	13	0,0219
<i>Guapiraopposita</i>	10	0,0147	<i>Anibafirmula</i>	13	0,0219
<i>Brosimum guianense</i>	10	0,0147	<i>Aparisthmiumcordatum</i>	12	0,0202
<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	10	0,0147	<i>Ocoteadyospirifolia</i>	11	0,0185
<i>Cabrlea canjerana</i>	10	0,0147	<i>Swartziaflaemingii</i>	11	0,0185
<i>Vockysiabifalcata</i>	9	0,0132	<i>Cabrlea canjerana</i>	9	0,0152
<i>Nectandraoppositifolia</i>	8	0,018	<i>Mataybaelaegnoides</i>	9	0,0152
<i>Xylopa brasiliensis</i>	8	0,018	<i>Cupaniaoblongifolia</i>	8	0,0135
<i>Swartziaflaemingii</i>	7	0,013	<i>Ocotealongifolia</i>	8	0,0135
<i>Myrciaria sp.1</i>	7	0,013	<i>Ingaedulis</i>	8	0,0135
<i>Oreopanaxcapitatus</i>	7	0,013	<i>Siparunaguianensis</i>	8	0,0135

Inventário Florestal

Considerando a análise da variância e a diferença significativa entre os estratos avaliados, conforme indicado pelo teste F de Snedecor ($F > F_{tab}$ a 95% $prol > F_{tab}$), foi necessária a estratificação do inventário (Tabela 36) para redução do erro relativo.

Tabela 36. Análise da variância da amostragem estratificada do inventário florestal realizado no Parque Nacional do Itatiaia-RJ

	FEA	FEM	FEI	POPULAÇÃO
MÉDIA	3,603	2,992	1,613	2,736
VARIÂNCIA	5,886	3,425	2,930	4,710
VAR.MÉDIA	0,147	0,086	0,073	
n	40	40	40	120
				SQ
VAR. ENTRE	30,057	2,624	50,442	83,123
VAR. DENTRO	229,566	133,583	114,251	477,401
TOTAL				560,524

F.V.	G. L.	S.Q.	Q.M.	F	F_{tab}	p
ENTRE	2	83,123	41,562	10,186	> 3,074	0,950
DENTRO	117	477,401	4,080			
TOTAL	119	560,524				

Legenda: FEA: Floresta Ombrófila em estágio Avançado, FEM: Floresta Ombrófila em estágio Médio, FEI: Floresta Ombrófila em estágio Inicial, Var: Variância, Var. Média: Variância Média, Var entre: variância em fisionomias, var dentro: variância entre unidades instaladas em cada estrato, F.V.: Fonte de variação, G.L.: Graus de liberdade, S.Q.: Soma dos quadrados, Q.M.: Quadrado médio, F de Snedecor.

Após a estratificação, e realização do cálculo do inventário florestal, foram obtidos os volumes com casca por unidade amostral (n) e por hectare. Ao serem multiplicados pela área total de cada estrato, obteve-se o limite inferior, a média e o limite superior do volume de madeira da população, sendo tais intervalos de confiança, médias, erros amostrais e variância apresentados nas tabelas 37 e 38.

Tabela 37. Análise estatística e amplitude do volume de madeira das unidades amostrais por estágio de sucessão da Floresta Ombrófila Densa, Parque Nacional do Itatiaia – RJ.

Área	n	Média	Var	Var média	erro padrão	média	Valor t	Erro absoluta	L.S.		erro relativo (%)	Alocação Ideal
									(m ³ /ha)	(m ³ /ha)		
FEA	40	3,60	5,8863	0,1472	0,3836	2,02269	0,77593	2,82725	4,37911	21,53	21	
FEM	40	2,99	3,4252	0,0856	0,2926	2,02269	0,59189	2,40056	3,58435	19,78	17	
FEI	40	1,61	2,9295	0,0732	0,2706	2,02269	0,54739	1,06597	2,16076	33,93	51	
Estrat.	120	3	3,993	0,033	0,1811	1,98118	0,35854	2,34716	3,06424	13,25	23	

Legenda: FEA: Floresta Ombrófila em estágio Avançado, FEM: Floresta Ombrófila em estágio Médio, FEI: Floresta Ombrófila em estágio Inicial, Estrat.: estratificação, n: número de unidades amostrais por estrato, Var: Variância, Var. Média: Variância Média, L.I.: Limite inferior, L.S.: Limite superior.

Tabela 38. Amplitude do volume de madeira das unidades amostrais por estágio de sucessão da Floresta Ombrófila Densa, Parque Nacional do Itatiaia – RJ.

Estágio sucessional	Área	Média	I.C. (m ³ /ha)		Limite de	I.C. para população (N)		
	(ha)	(m ³ /ha)	L.I.	L. S.	Erro (%)	L. I.	Média	L. S.
FEA	28,50	360	283	438	21,53	8.058	10.269	12.480
FEM	34,26	299	240	358	19,78	8.224	10.252	12.280
FEI	32,41	161	107	216	33,93	3.455	5.229	7.003
Total	95,17	271	235	306	13,25	22.338	25.750	29.162

Legenda: FEA: Floresta Ombrófila em estágio Avançado, FEM: Floresta Ombrófila em estágio Médio, FEI: Floresta Ombrófila em estágio Inicial, L.I.: Limite inferior, L.S.: Limite superior. I.C.: Intervalo de confiança.

Já as 20 espécies com maior contribuição para o volume total de madeira com casca, na comunidade em geral e em cada um dos estágios sucessionais, são apresentadas na tabela 39 a seguir.

Tabela 39. Espécies ocorrentes na comunidade em geral e nos diferentes estágios sucessionais, Parque Nacional de Itatiaia-RJ.

ESPÉCIES GERAL	VTCC (m ³)	ESPÉCIES FEA	VTCC (m ³)
<i>Euterpe edulis</i>	30,371	<i>Euterpe edulis</i>	17,931
<i>Pseudoptadeniactorta</i>	18,506	<i>Pterocarpus rohrii</i>	9,125
Morto	14,978	<i>Vockysiabifalcata</i>	8,001
<i>Cupaniaoblongifolia</i>	14,323	<i>Ocotea longifolia</i>	6,233
<i>Vockysiabifalcata</i>	12,341	<i>EriothecapentapHylla</i>	5,960
<i>Pterocarpus rohrii</i>	8,809	<i>Pseudoptadeniactorta</i>	5,714
<i>Ocotea longifolia</i>	8,073	<i>Guapiraopposita</i>	4,948
<i>Brosimumguianense</i>	6,781	<i>Rudgeajasmínoides</i>	4,889
<i>EriothecapentapHylla</i>	6,719	Morto	4,841
<i>Guapiraopposita</i>	6,092	<i>Ocotea dyospirifolia</i>	4,734
<i>Anibafirmula</i>	6,013	<i>Cupaniaoblongifolia</i>	4,475
<i>Ficusgomelleira</i>	5,795	<i>Anibafirmula</i>	3,837
<i>Nectandraoppositifolia</i>	5,263	<i>Schefflera morototoni</i>	3,715
<i>Malouetiaarborea</i>	4,978	<i>Carinianaestrellensis</i>	3,709
<i>Tapiriraguianensis</i>	4,878	<i>Licaniakunthiana</i>	3,523
<i>Ocotea dyospirifolia</i>	4,797	<i>Tapiriraguianensis</i>	3,258
<i>Rudgeajasmínoides</i>	4,651	<i>Hirtellahebeclada</i>	3,181
<i>Schefflera morototoni</i>	4,052	<i>Cecropia hololeuca</i>	2,757
<i>Soroceabomplandii</i>	3,764	<i>Nectandraoppositifolia</i>	2,663
<i>Cupaniavernalis</i>	3,550	<i>Nectandramembranacea</i>	2,304

ESPÉCIES FEM	VTCC (m ³)	ESPÉCIES FEI	VTCC (m ³)
<i>Euterpe edulis</i>	17,504	<i>Pseudoptadeniactorta</i>	11,607
<i>Cupaniaoblongifolia</i>	12,440	<i>Ficusgomelleira</i>	6,954
Morto	11,258	<i>Brosimumguianense</i>	6,721
<i>Vockysiabifalcata</i>	6,059	<i>Indeterminada sp.4</i>	2,876
<i>Pseudoptadeniactorta</i>	4,887	<i>Soroceabomplandii</i>	2,461
<i>Cupaniavernalis</i>	4,260	<i>Anibafirmula</i>	2,143
<i>Malouetiaarborea</i>	4,192	<i>Lecythispisonis</i>	2,042
<i>Nectandraoppositifolia</i>	3,506	Morto	1,874
<i>Ocotea longifolia</i>	2,406	<i>Tapiriraguianensis</i>	1,756
<i>Croton echnocarpus</i>	2,386	<i>Inga edulis</i>	1,615
<i>Trichiliacatigua</i>	2,147	<i>Protium heptapHyllum</i>	1,499
<i>EriothecapentapHylla</i>	2,043	<i>Guapiraopposita</i>	1,365
<i>Dalbergianigra</i>	1,991	<i>Fabaceae sp.2</i>	1,217
<i>Protium heptapHyllum</i>	1,865	<i>Virola sp.1</i>	1,167
<i>Bauhinia forficata</i>	1,808	<i>Ocotea longifolia</i>	1,049
<i>Bathysaaustralis</i>	1,716	<i>Euterpe edulis</i>	1,010
<i>Swartziaflaemingii</i>	1,649	<i>Trichilia casaretti</i>	0,810
<i>Cabraleacanjera</i>	1,619	<i>Cabraleacanjera</i>	0,780
<i>Nectandramembranacea</i>	1,553	<i>Apuleialeiocarpa</i>	0,757
<i>Duguetiasalicifolia</i>	1,493	<i>Vockysiabifalcata</i>	0,750

DISCUSSÃO

Florística

A análise conjunta e individual da composição florística e da estrutura dos diferentes estágios sucessionais no PNI, bem como do grupo de espécies generalistas, indicou a ocorrência de táxons tipicamente encontrados em diferentes formações florestais de Mata Atlântica, em especial da Floresta Ombrófila Densa. Tal afirmativa é corroborada pela ocorrência de Fabaceae, Myrtaceae, Lauraceae, Annonaceae, Moraceae, Anacardiaceae, Meliaceae, Sapindaceae e Sapotaceae, como principais famílias botânicas em números de espécies, assim como em diferentes estudos no Brasil. Esse mesmo padrão foi observado para o grupo de espécies generalistas, sendo verificada apenas a substituição de Fabaceae, como principal família em número de espécies, por Myrtaceae.

O grupo de espécies generalistas foi tratado especificamente devido a sua elevada importância estrutural nas comunidades, bem como sua capacidade de ocorrer em diferentes estágios sucessionais, característica que permite indicar novos táxons para utilização em projetos de recuperação ambiental em ecossistemas similares, sendo necessário, no entanto, investigações a respeito da capacidade de adaptação de cada espécie. Vale ressaltar, também, que a análise da estrutura vertical e horizontal destas populações podem auxiliar na verificação do avanço do estágio sucessional, tendo em vista as diferenças estruturais de populações conforme o avanço sucessional.

As principais famílias descritas para as comunidades em diferentes estágios, e para o grupo generalista, foram consideradas predominantes na maioria dos estudos realizados em diferentes formações florestais de Mata Atlântica, ocorrendo desde a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, em Pernambuco, (SILVA, 2004; FEITOSA, 2004; JUNIOR, et al., 2008), a Florestas Ombrófilas Aluviais perturbada, na Reserva Biológica de Poço das Antas, no Rio de Janeiro (GUEDES-BRUNI et al., 2006), bem como em trecho da planície costeira junto à Serra da Juréia, em São Paulo (MELO et al., 1998). Sua ocorrência é descrita também, para as Matas de Tabuleiros, ao Norte do Rio de Janeiro (SILVA & NASCIMENTO, 2001), para Floresta Ombrófila Densa Sub Montana (FODSM) em Rio Bonito-RJ (CARVALHO, 2007), em FODSM em Silva Jardim – RJ (BORÉM & OLIVEIRA-FILHO, 2002), FODSM também, em Silva Jardim – RJ (CARVALHO, 2006), na FODSM em Paracambi-RJ (CYSNEIROS et al., 2011), Floresta Ombrófila Densa em Paraty - RJ (MARQUES et al., 1997) FODSM da Estação Ecológica Estadual do Paraíso, em Cachoeira de Macacu - RJ (KURTZ & ARAÚJO, 2000), Floresta Estacional Semi-decidual (FESD) em São Jose de Ubá – RJ (DAN et al., 2010), FESD em Piedade do Rio Grande – MG (CARVALHO et al., 2007), FESD em Ingaí–MG (BOTREL et al., 2002), FESD em Araras-SP (SOARES, 2007) e FESD em Piracicaba-SP (IVANAUSKAS et al., 2000).

Cabe ressaltar que, assim como no PNI, tais famílias concentraram elevado percentual de espécies, com somatórios variando entre 45% e 65% do total de espécies amostradas, indicando significativa dominância ecológica, condição típica das formações florestais costeiras do Brasil (OLIVEIRA-FILHO & FONTES, 2000), e demais ecossistemas florestais tropicais (RICHARDS, 1954).

Oliveira-Filho & Fontes (2000), também citam Fabaceae, bem como, Lauraceae e Myrtaceae, como aquelas famílias com maiores números de espécies ao longo da Mata Atlântica costeira. Sendo Fabaceae, considerada por Gentry (1982), como uma das mais ricas em número de espécies nas matas neotropicais de terras baixas. Já Lima (2000) ressalta o acúmulo de espécies conforme o aumento da altitude, sendo as formações submontanas do estado do Rio de Janeiro detentoras de significativa riqueza para família.

A elevada riqueza de Fabaceae pode ser atribuída, além de sua ocorrência naturalmente elevada em formações florestais de Mata Atlântica, a sua capacidade de associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, condição evolutiva que permite a dispersão das espécies do grupo, independente da fertilidade do solo, possibilitando o desenvolvimento de indivíduos em condições ambientais adversas (KERBAUY, 2004), tais como aquelas típicas de estágios sucessionais diferenciados.

É importante também citar a elevada riqueza de Myrtaceae, sendo essa destacada em diversos trabalhos (MORI et al., 1983; LEITÃO-FILHO 1987; GROMBONE et al. 1990; MELO 1993; MANTOVANI 1993; MELO & MANTOVANI 1994; JARENKOW 1994; MELO et al., 1998; KURTZ & ARAÚJO 2000) como uma das mais importante nos complexos florestais próximos à costa brasileira, e eventualmente, superando Fabaceae em número de espécies (MORENO, 2002, KLAUBERG et al., 2010; SILVA et al., 2012; PSCHIEDT et al., 2015). Essa riqueza de táxons pertencentes à família é acumulada conforme a elevação das cotas altitudinais, sendo geralmente citada como principal família, em formações de Floresta Ombrófila acima de 1.000 m de altitude no sudeste do Brasil (MEIRELES, 2008; POMPEU et al., 2014).

Quanto a Lauraceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae, Annonaceae, Sapindaceae, Moraceae, Melastomataceae, Apocynaceae, Sapotaceae e Meliaceae, essas são citadas como as famílias com maior número de espécies no Bioma Mata Atlântica, figurando entre as 12 mais abundantes nas Florestas Ombrófilas e Estacionais (STEHMANN et al., 2009).

Em relação aos principais gêneros botânicos encontrados, (*Miconia*, *Ocotea*, *Inga*, *Eugenia*, *Myrcia*, *Vockysia*, *Dalbergia*, *Aspidosperma*, *Pouteria*, *Nectandra*, *Protium*, *Cupania*), inúmeros autores (PESSOA et al., 1997; GUEDES-BRUNI et al.; 1997; KURTZ & ARAÚJO 2000; CARVALHO 2007; CARVALHO et al., 2006 e MORENO et al., 2002), citam especialmente *Ocotea*, *Miconia*, *Myrcia*, *Inga* e *Nectandra*, como táxons típicos das formações de Floresta Ombrófila Densa do estado do Rio de Janeiro. Assim como nos diferentes estágios sucessionais e grupo de espécies generalistas do PNI, os estudos apontam para ocorrência dos gêneros *Miconia*, *Myrcia*, *Pouteriae* *Protium* nos estratos inferiores da floresta e, com *Ocotea*, *Cupania*, *Vockysia*, *Nectandra* e *Aspidosperma* geralmente compondo o dossel e o estrato emergente, especialmente nas comunidades em estágio avançado de sucessão. Esse padrão de distribuição corrobora com a classificação em grupo ecológico (LORENZI, 2002, GANDOLFI, et al., 1995) da maioria das espécies pertencentes a esses gêneros.

Quanto ao número de indivíduos por espécies, foi verificado o mesmo padrão de dominância ecológica por famílias, tanto para a comunidade em geral, quanto para os diferentes estágios sucessionais, com um pequeno grupo de táxons concentrando valores próximos a 50% do total amostrado. Dentre as espécies com maior ocorrência destacam-se: *Euterpe edulis*, *Cupania oblongifolia*, *Guapira opposita*, *Ocotea dyospirifolia*, *Soroceaguilleminiana*, *Malouetia arborea*, *Brosimum guianensis* e *Rudgea jasminoides*, sendo essas registradas para todos os estágios sucessionais, logo, consideradas generalistas.

Lima (2011), em seus estudos em Floresta Ombrófila Densa Montana, em Santo André-SP, destaca as espécies *Guapira opposita* e *Euterpe edulis* como típicas de inventários realizados no estado do Rio de Janeiro e, de acordo com Siqueira (1994), encontram-se entre as 10 espécies mais citadas em estudos da Mata Atlântica, ocorrendo em cerca de 50% dos levantamentos realizados no território brasileiro. Já Guedes-Bruni (2006) e Kurtz & Araújo (2000) citam *Euterpe edulis* como uma das espécies mais importantes em muitos trechos de Mata Atlântica, nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, tanto em matas em bom estado de conservação como em matas perturbadas ou secundárias (SILVA & LEITÃO-FILHO, 1982; GUEDES, 1988; MANTOVANI et al., 1990; MANTOVANI, 1993; MELO & MANTOVANI, 1994;

RODRIGUES, 1996; GUEDES-BRUNI et al., 1997; PESSOA et al., 1997). Condição similar foi verificada por Klein (1980), que apontou a dominância de *E. edulis* no interior de comunidades florestais de Mata Atlântica no Sul do Brasil.

Outras espécies como *Cupania oblongifolia*, *Helicostylis tomentosa*, *Xylopiasericca*, muito comuns no PNI, são citadas também por Neves (1999), Pessoa (2003), Carvalho (2005) e Carvalho (2007), como típicas do dossel e abundantes em formações secundárias. Já *Guapira* spp. e *Lacistema pubescens* são apontadas, pela maioria dos levantamentos acima mencionados, como típicas de sub-bosque, conforme observado para o PNI.

Assim como a dominância ecológica, inúmeros trabalhos realizados na Mata Atlântica verificaram um elevado número de espécies raras, sendo observado no PNI 45 espécies assim classificadas, o que corresponde a 25,71% do total. Martins (1993) comparou formações florestais brasileiras e constatou para florestas amazônicas, que a percentagem variou de 25,1% a 56,0%; nas formações litorâneas de Mata Atlântica de 9,2% a 39,5%; e nas florestas do interior paulista, de 25,5 a 29,9%. Já Kurtz & Araújo (2000) analisaram inúmeros outros trabalhos em Mata Atlântica dos estados da Paraíba (MAYO & FEVEREIRO, 1982), Bahia (MORI et al., 1983), Rio de Janeiro (DAVIS, 1945, apud MARTINS, 1993; GUEDES, 1988; OLIVEIRA et al., 1995; GUEDES-BRUNI et al., 1997; PESSOA et al., 1997), São Paulo (SILVA & LEITÃO-FILHO, 1982; MANTOVANI et al., 1990; LEITÃO-FILHO, 1993; MANTOVANI, 1993; MELO & MANTOVANI, 1994) e Santa Catarina (VELOSO & KLEIN, 1957, apud MARTINS, 1993), e verificaram percentuais de espécies raras variando entre 9,2% em Santa Catarina a 64,3% em São Paulo. Quanto ao estado do Rio de Janeiro, os mesmos autores verificaram variação percentual de 9,5% a 45,2%. Desta forma, a análise dos intervalos percentuais apresentados indicam que, as espécies raras amostradas no PNI, situam-se em níveis intermediários àqueles geralmente encontrados para a Mata Atlântica, provavelmente por se tratar de uma comunidade secundária, em diferentes estágios de sucessão ecológica, onde ocorre naturalmente a substituição de espécies.

Tal afirmativa pode ser corroborada por Mantovani (1993), que atribui à baixa ocorrência da espécie em determinada comunidade a restrições referentes à capacidade de recrutamento de espécies e possibilidade de extinção local da população, sendo esses fenômenos ocorrentes não apenas por ações antrópicas, mas pelo avanço natural do estágio de sucessão. Esse comportamento pode ser observado a partir da análise de algumas espécies ocorrentes, com: *Actinostemon verticillatus*, *Aegiphilaeellowiana*, *Alseisfloribunda*, *Andira fraxinifolia*, *Annona glabra*, *Cordiasellowiana*, *Eriothecapentaphylla*, *Eugenia brasiliensis*, *Ingalaurina*, *Ingalenticelata*, *Lueheadivaricata*, *Macluratinctoria*, *Piptocarphamacropoda*, *Sloanea monosperma*, *Sparattospermaleucanthum*, *Senna multijuga*, *Vockysiatucanorum* e *Xylopiabrasiliensis*, todas as espécies raras, que desapareceram da comunidade conforme o avanço do estágio sucessional.

Estrutura

Segundo Zar (1996), variáveis ambientais geralmente não atendem aos pressupostos teóricos, tendo em vista a grande heterogeneidade dos indivíduos amostrados. Contudo, o mesmo autor afirma que os testes t são robustos o suficiente para determinar diferenças significativas entre as médias dos tratamentos. Logo, para comparação entre médias dos diferentes estágios sucessionais, empregou-se inicialmente o teste t de Tukey, uma vez que esse se baseia na diferença mínima significativa (d.m.s), determinada a partir do cálculo do valor de $\delta^{13}\text{C}$, derivado da variância dos dados. Tal teste, no entanto, pode ser considerado rigoroso, e eventualmente, incapaz de indicar diferenças sutis entre às médias de variáveis ambientais.

Para verificar a eficiência do teste t de Tukey na identificação de diferenças significativas entre estágios sucessionais, foram realizados também, os testes Student Newman Keuls(SNK) e o teste t de Duncan, uma vez que esses são capazes de identificar diferenças entre médias mais afastadas, a partir de um ponto médio de corte. No entanto, tais testes são considerados menos rigorosos e passíveis do erro tipo I (atribuir diferenças inexistentes entre médias). Apesar da aplicação de testes menos rigorosos, as médias das variáveis estruturais avaliadas não apresentaram diferenças significativas entre os estágios sucessionais, indicando que o teste t de Tukey seria capaz de identificar diferenças significativas entre áreas.

As maiores médias para as variáveis estruturais foram observadas em FEA, seguida por FEM e FEI, com ausência de diferenças significativas entre FEA e FEM, o que corrobora com os estudos de (CHAZDON, 2008; LEBRIJA-TREJOS et al., 2010) que verificaram aumento das variáveis estruturais conforme o avanço do estágio sucessional. Outra inferência possível, e que a comunidade classificada como FEM tem maior proximidade estrutural com estágio sucessional avançado em relação à FEI. Apenas a variável número de indivíduos por parcela, apresentou diferença significativa entre FEA e FEM, sendo este resultado provavelmente associado às diferentes condições geomorfológicas de FEM, onde a declividade acentuada e os solos rasos possivelmente influenciaram na densidade de indivíduos.

A distribuição dos indivíduos em classes de DAP e de altura média, para os três estágios sucessionais, apresentou o comportamento esperado na forma de “J” invertido, o que segundo Hara (1998) e Rangel et al. (2006) pode ser considerado o padrão típico de comunidades secundárias, onde as árvores de menor dimensão representam a grande maioria da população. Mesmo comportamento foi observado por inúmeros autores em florestas estacionais e ombrófila densa secundárias ao longo da Mata Atlântica (JUNIOR et al., 2008, GUEDES-BRUNI et al., 2006; MELO et al., 1998; SILVA & NASCIMENTO 2001; CARVALHO, 2007; BORÉM & OLIVEIRA-FILHO, 2002; CARVALHO, 2006; CYSNEIROS et al., 2011; MARQUES et al., 1997; KURTZ & ARAÚJO, 2000; DAN et al., 2010; IVANAUSKAS et al., 1999; IVANAUSKAS et al., 2000; MEIRA-NETO & MARTINS, 2002; BOTREL et al., 2002; CORAIOLA et al., 2003; SILVA, 2003; RODRIGUES et al., 2003; GONZAGA et al., 2008, CARVALHO et al., 2007; REIS et al., 2007; SOARES, 2007).

A distribuição dos indivíduos por classes diamétricas e de altura, na forma de J-invertido, é resultado do recrutamento contínuo de indivíduos no sub-bosque. Desta forma, em valores relativos, os estágios iniciais apresentam geralmente maior número de indivíduos nas classes mais baixas de Dap (74,27%), sendo esses valores reduzidos conforme o avanço dos estágios sucessionais. Esse padrão pode ser associado aos processos sucessionais, conforme descrito por Felfili (1998) e citado por Oliveira et al. (2018). Esses autores verificaram que comunidades secundárias passam por movimentação gradativa de indivíduos e espécies, das fases iniciais para as avançadas, sendo essa movimentação proporcional à mortalidade dos indivíduos mais velhos (HARPER, 1990; MARTINS, 1991). Meyer (1952) e Assmann (1970) também avaliaram diferentes estágios sucessionais e concluíram que esse padrão descreve a estrutura de florestas inequidâneas, o que corrobora com o histórico de regeneração da vertente sul do PNI, iniciado na década de 1960. Em contra partida, em cotas mais baixas, observam-se florestas em estágio secundário (com tendências a avançado), com aproximadamente 40 anos, e iniciais com 30 anos.

Quanto à área basal total calculada para área de estudo ($37,54 \text{ m}^3/\text{ha}^{-1}$) e a densidade de indivíduos ($37,54 \text{ ind.}/\text{ha}^{-1}$), essas podem ser consideradas elevadas, quando comparadas a outros estudos realizados em diferentes formações florestais da Mata Atlântica, sendo valores próximos, ou acima de $40 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$, consideradas típicas de áreas preservadas no estado do Rio de Janeiro (MORENO et al., 2003). Valores de área basal e densidade de indivíduos na Mata Atlântica são apresentados na tabela 40 a seguir.

Tabela 40. Área basal e densidade de indivíduos observadas para diferentes formações Florestais da Mata Atlântica.

AUTORES	ESTÁGIO SUCESSIONAL	LOCAL ESTUDO	G (m²/ha⁻¹)	Ds (ind/ha⁻¹)
Carvalho 2007	MÉDIO	Rio Bonito – RJ	11,6	776
Guedes-Bruni 2006	AVANÇADO	Reserva Biológica de Poço das Antas (Rebio) - RJ	57,28	1668
Junior et al., 2008	MÉDIO	Catende – PB	23,59	1049
Lima et al., 2011	MÉDIO	Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba (PNMNP), Santo André, SP	35,6	1992
Moreno et al., 2002	AVANÇADO	Parque Estadual do Desengano – RJ Campos dos Goytacazes – RJ	38,35	940
Oliva et al., 2018	INICIAL/AVANÇADO	Bocaiúva do Sul - PR.	25,58/35,13	-
Santana et al., 2018	AVANÇADO	Parque Estadual da Serra do Papagaio - MG. Serra da Mantiqueira - Baependí –MG	61,65	1227
Silvestre et al., 2012	MÉDIO	Guarapuava – PR	32,13	557
Solórzano et al., 2012	AVANÇADO	Parque Estadual da Pedra Branca Rio de Janeiro – RJ	34,18	311
Medeiros et al. (presente estudo)	AVANÇADO	Itatiaia – RJ - Parque Nacional do Itatiaia	37,54	1759

Tais resultados para florestas secundárias, são apontados por Solórzano et al. (2012), como associados à inclusão de árvores remanescentes de grandes dimensões, fato verificado para o PNI, pela ocorrência de indivíduos pertencentes às espécies *Anibafirmula* (DAP=55,7 cm) e *Ficusgomelleira* (DAP=79,6 cm) em FEA, e *Maprouneaguianensis* (DAP=35,01 cm) em FEM, sendo esses indivíduos considerados por Guevara et al. (1986) importantes para a sucessão ecológica, à medida que provêm um núcleo de proteção e alimento para fauna de fragmentos próximos.

Assim como o padrão de distribuição de diâmetros e alturas em J-invertido, a distribuição da área basal e densidade de indivíduos por área pode indicar avanços no estágio sucessional de comunidades secundárias, sendo observado aumento médio dessas variáveis conforme a idade da floresta (CHAZDON, 2008; LEBRIJA-TREJOS et al., 2010). Nesse contexto, pode-se afirmar, novamente, a existência de um gradiente sucessional na vertente Sul do PNI, uma vez que tais variáveis elevam-se conforme o tempo de regeneração. Vale ressaltar que a proximidade da fonte de propágulo, o tempo de regeneração e as medidas preservacionistas adotadas pelo PNI, favoreceram o desenvolvimento equiâneo da comunidade, originando os diferentes estágios sucessionais encontrados ao longo da encosta.

Quanto à estrutura vertical da comunidade, verificou-se um sub-bosque denso, com predomínio de indivíduos de baixo diâmetro e altura média inferior a 10 metros, pertencentes principalmente as espécies *Actinostemonverticillatus*, *Alseisfloribunda*, *Astrocaryumaculeatissimum*, *Bathysaaustralis*, *Euterpe edulis*, *Guapiraopposita*, *Guareamacrophylla*, *Myrciariasp.1*, *Pera glabrata*, *Rudgeajasminoidese* *Soroceaguilleminiana*. Já o segundo estrato avaliado, considerado o dossel da comunidade, apresentou-se predominantemente contínuo, com indivíduos variando entre 10 e 20 metros de altura, predominado as espécies *Anibafirmula*, *Crotonechnocarpus*, *Euterpe edulis*, *Ocotealongifolia*, *Pseudopiptadenia contorta*, *Tapiriraguianensis*, *Vockysiabifalcatæ*, *Xylopiabrasiliensis*. Poucos indivíduos ultrapassaram os 20 metros, sendo esses considerados emergentes e representados pelas espécies *Aspidospermapolyneuron*, *Byrsonimasericea*, *Carinianaestrellensis*, *Cecropiahololeuca*, *Cupaniavernalis*, *Eriothecapentaphylla*, *Ficusgomelleiræ* e *Ficus insípida*.

Guedes-Bruni (1998), em avaliações de seis unidades de Mata Atlântica no Rio de Janeiro, considerou como limites para o dossel, alturas entre 10-18 m, e indivíduos emergentes com alturas máximas de 30 m em Itatiaia e 28 m Macaé de Cima, sendo estas comunidades consideradas conservadas. Nesse contexto, é possível supor que a comunidade avaliada no PNI, especialmente aquela porção classificada como em estágio avançado, apresentam-se em bom estágio de conservação.

Já quanto à altura média (9,5 m) e o predomínio de indivíduos com até 10 metros, nota-se uma diferença para o estudo de Guedes-Bruni (1988), que verificou média superiores a 14 metros e predomínio de indivíduos em classes superiores a 10 metros. Tal diferença pode estar relacionada com a grande amplitude de dados avaliados pela autora, já que essa considerou diferentes comunidades no estado. Quanto à ocorrência de espécies por estratos, são citadas como emergente pelo autor *Trichiliacasaretti*, *Alchorneatriplinervia*, *Eriothecapentaphylla*, *Miconia cinnamomifolia* e *Xylopiasericea*, sendo todas essas, com exceção de *Eriothecapentaphylla*, correntes em estratos inferiores no PNI. Guedes-Bruni (2006) cita ainda a ocorrência para o sub-bosque, de inúmeras espécies ocorrentes no PNI, tais como: *Euterpe edulis*, *Lacistemapubescens*, *Astrocaryumaculeatissimum*, *Geonomapohliana* (sem dap de inclusão), *Andirafraxinifoliae*, *Eriothecapentaphylla*, sendo, contudo, a importância de *Astrocaryumaculeatissimum* muito reduzida nas comunidades avaliadas no PNI.

De maneira geral, a estrutura de florestas tropicais secundárias é mais simples quando comparada com a de florestas maduras, pois apresenta características típicas como alta

densidade total, baixa área basal, árvores com altura e diâmetro menores e conseqüentemente baixo volume de madeira, independentemente do tamanho do fragmento (BROWN & LUGO 1990).

Classificação dos Estágios Sucessionais

Oliveira et al. (2018), baseando-se nos estudos de Gurevitch (2009), Bruelheide et al. (2011), identificaram em seus trabalhos sobre as modificações florístico-estruturais em florestas tropicais, diferentes formas de alterações de comunidades florestais, sendo estas: cíclica, caracterizadas pelas mudanças naturais ocorridas ao longo do ano, ou direcionais, que representam modificações em períodos maiores de tempo, sendo alteradas a estrutura e composição florística da comunidade conforme avanço da sucessão.

Tratando-se das comunidades avaliadas no PNI, alterações cíclicas são pouco observadas, tendo em vista a relativa homogeneidade ambiental referente à precipitação pluviométrica e temperaturas médias, sendo o fragmento secundário avaliado na vertente Sul do PNI pouco afetados pela sazonalidade. Tais alterações, no entanto, são comuns em florestas estacionais, predominantes na região, onde até 40% das espécies florestais perder suas folhas no inverno IBGE (2013).

Em contrapartida, as ações antrópicas pretéritas, sobre as áreas hoje protegidas pelo PNI, promoveram modificações direcionais, sendo essas responsáveis pelas alterações florísticas e estruturais nas comunidades, dando origem a estágios sucessionais distintos, mesmo se tratando de comunidades geograficamente contíguas e pertencentes a uma mesma subformação florestal. Essas diferenças estruturais entre estágios são citadas por Porto et al. (2008) como dependentes: do grau de perturbação e da vegetação limítrofe (fonte de propágulo), fatores capazes de influenciar o tempo das diferentes etapas de restabelecimento, bem como a diversidade florística (SOLÓRZANO et al., 2005).

Para o PNI, essas diferenças foram verificadas a partir da análise florística e da estrutura dos diferentes estágios sucessionais, sendo observado para FEA e FEM, diferenças estruturais significativas em relação à FEI, constatadas pelos testes de média aplicados. Além das diferenças estruturais, verificou-se também, a substituição sucessiva de espécies conforme avanço do estágio sucessional, o aumento das médias estruturais, o elevado número de espécies exclusivas (típicas dos diferentes estágios), e finalmente, pela substituição de espécies pioneiras, não mais recrutadas e, ao mesmo tempo, a incorporação de outras tolerantes à sombra, típicas de estágios sucessionais mais avançados (DENSLOW, 1980).

Toda a discussão referente a modificações estruturais e florísticas pode ser utilizada para validação e complementação dos critérios apresentados pelas resoluções CONAMA (2008), a fim de permitir melhor enquadramento dos estágios sucessionais, tendo em vista a significativa heterogeneidade ambiental a que a Mata Atlântica é submetida, devendo ser observadas particularidades de cada comunidade avaliada.

Espécies Ameaçadas de Extinção

Considerando o profundo grau de degradação a que foi submetida à Mata Atlântica, e em contraste, a grande diversidade biológica do Bioma, números elevados de espécies ameaçadas de extinção são esperados para levantamentos em suas formações. STEHMANN et al. (2009), por exemplo, reconhecem para Mata Atlântica 15.782 espécies, distribuídas em 2.257 gêneros e 348 famílias, o que corresponde cerca de 5% da flora mundial, estimada atualmente em 300.000 espécies de plantas (JUDD et al., 2009). A maior parte desta diversidade é composta por plantas vasculares, que somam 14.552 espécies, das quais 6.933 são endêmicas.

Neste contexto, segundo CNCFlora (2014), são consideradas para Mata Atlântica, em alguma categoria de ameaça, 2.113 espécies.

Quando comparadas as listas IUCN (2001) e INMMA (2008) à CNCFlora (2014), fica evidente a defasagem de informações, conforme observado na comparação realizada para o presente estudo. Contudo, esse déficit de conteúdo foi corrigido devido ao esforço de um grande número de especialistas, que através de um processo contínuo de avaliação de risco de extinção aprimoraram a base de dados sobre espécies da flora ameaçada, sendo essa nova lista publicada pela Portaria do Ministério do Meio Ambiente nº 443/2014, denominada "Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção".

Esse conteúdo atualizado permitiu a inclusão de diversos táxons amostrados no PNI, em alguma categoria de ameaça ou de alerta, indicando que as medidas preservacionistas adotadas no Parque, se aplicadas em áreas similares na região, podem também contribuir para preservação de populações de espécies consideradas em alguma categoria de risco. Esses resultados evidenciam a importância de comunidades secundárias na preservação da flora regional, sendo necessário a interligação dessas comunidades para aumento da variabilidade genética entre populações e redução dos riscos de deriva genética (PRIMACK & RODRIGUES, 2001).

Classificação do Grupo Ecológico e Informações sobre as Espécies

As espécies ocorrentes pertencem principalmente aos grupos ecológicos pioneiro e secundário, o que para Hubbelet al. (1999) é uma indicativo de perturbações na comunidade, tendo em vista o predomínio de grupos ecológicos secundários tardios e climáticos em florestas tropicais maduras, com populações de espécies pioneiras e secundárias apresentando baixa densidade.

Já o predomínio de espécies pioneiras pode ser um indicativo de fases iniciais de sucessão ecológica, onde tais espécies exercem função “cicatrizadora”, minimizando o efeito de bordas, (MURCIA, 1995) e recolonizando clareiras (TABARELLI & MANTOVANI, 1999). Esse comportamento pode ser observado especialmente em FEI, onde predominam espécies pertencentes ao grupo pioneiro e secundário. Tais espécies são também encontradas em FEM, contudo, observam-se médias estruturais superiores as descritas para o estágio inicial. Quanto à ocorrência em FEM e FEA, verifica-se predomínio de espécies secundárias, com redução gradual de pioneiras conforme o avanço dos estágio sucessional, sendo observado aumento de espécies clímax conforme observado no PNI, que variaram de seis em FEM para 11 em FEA.

Cabe ressaltar a ocorrência simultânea das espécies generalistas nos diferentes estágios sucessionais, indicando que apesar de classificadas em algum grupo ecológico inicial, secundário, ou clímax, essas espécies são capazes de ocorrer em diferentes estágios sucessionais, independente das possíveis variações ambientais associadas. Quanto ao fenômeno de substituição gradual de espécies e mudanças nas médias estruturais dos grupos ecológicos, conforme avanço sucessional, esse foi observado também por Denslow (1980), conforme citado anteriormente.

Quanto à forma de dispersão das sementes, predominam as espécies zoocóricas, indicando um elevado potencial de sustentação da fauna, bem como um fator positivo para aceleração da resiliência, tendo em vista o potencial de disseminação destas espécies. Vale ressaltar, também, o elevado potencial para recuperação de áreas degradadas, sendo possível a construção de uma lista consistente para utilização em reflorestamentos mistos e enriquecimento de comunidades similares no PNI e na região do Médio Vale do Paraíba do Sul.

Estudo Fitossociológico

Foi observada para floresta secundária do PNI uma forte dominância ecológica, com uma concentração do índice de valor de importância (IVI) nas cinco primeiras espécies (*Euterpe edulis*, *indivíduos mortos em pé*, *Cupaniaoblongifolia*, *Gupiraopposita*, e *Ocoteadyspirifolia*), as quais somam 84,35% do IVI total da área. Assim como observado para as principais famílias, esse padrão era esperado, uma vez que a dominância de poucas espécies é considerada típica das formações florestais costeiras do Brasil (OLIVEIRA-FILHO & FONTES, 2000).

A principal espécie ocorrente na Floresta Ombrófila Densa secundária do PNI, *Euterpe edulis* (IVI 32,51%), apresentou dominância, densidade e frequência elevadas em FEA e FEM, sendo observados IVI, 38,4% e 41,95%, respectivamente. Já em FEI, *E. edulis* se encontra apenas na 27ª posição em valor de importância, o que denota a incipiência dos processos sucessionais nessa área, em relação às demais. *E. edulis* é citada, também, como a mais abundante na Floresta Ombrófila Densa Sub Montana da Estação Ecológica do Paraíso, sendo a segunda em valor de importância (KURTZ & ARAÚJO 2000), e por Guedes-Bruni et al. (1997), em Macaé de Cima, por sua significativa ocorrência.

Tamanha importância ecológica de *Euterpe edulis* pode ser atribuída a sua dispersão facilitada pela fauna, grande quantidade de sementes viáveis produzidas anualmente, e a sua classificação quanto ao grupo ecológico, descrita por Lorenzi (2002) e Montovani (1993) como espécie clímax, típica de formações primárias de Floresta Ombrófila Densa. Além disso, a presença de populações estruturadas de *Euterpe edulis*, associada à ocorrência de *Virola oleifera*, *Carinianaestrelensis*, *Ocotea* spp., entre outras, pode indicar que a floresta estudada encontra-se progredindo para um estágio de sucessão mais avançado, e tratando-se de florestas submontanas, pode-se considerá-la em bom estado de conservação (GUEDES-BRUNI et al., 1997; OLIVEIRA, 2002).

Quanto aos indivíduos mortos em pé, os valores observados para floresta secundária do PNI (117 indivíduos e DAP médio de 15,36 cm), conferem a este grupo a segunda posição no IVI (17,85%), sendo esse padrão considerado comum ao observado em estudos na Mata Atlântica. Tal afirmativa é confirmada por Carvalho (2007) ao analisar os resultados de Matthes (1980), Cavassanet al. (1984), Struffaldi-de Vuono (1985) Rodrigues (1986), Paganoet al. (1987), Silva (1989), Martins (1993). Contudo, trabalhos mais recentes, realizados por Solórzanoet al. (2012), Kurtz & Araújo (2000), Carvalho et al. (2007), Santana *etal.* (2018) e Silva & Nascimento (2001), analisaram o número de mortos em valores absolutos, e verificaram uma amplitude que variou de oito a 195 ind/ha⁻¹, provavelmente decorrente da variabilidade de fatores ambientais a que as florestas secundárias estão submetidas e dos diferentes critérios amostrais.

Para Primack & Rodrigues (2001), o número elevado de árvores mortas em pé esta associado à fragmentação de habitats e o consequente efeito de borda, fatores capazes de influenciar a composição florística, as variáveis estruturais e o recrutamento, especialmente em condições como a do PNI, onde o fragmento em estudo é composto por trechos em diferentes estágios de sucessão ecológica.

Esse comportamento pode ser evidenciado pelo menor número de indivíduos mortos em FEI (35), onde ocorrem com o 4º maior IVI (16,64%), sendo o DAP médio 13,03 cm e DAP máximo 41 cm, indicando o predomínio de indivíduos mortos em pé de pequeno porte, provavelmente pioneiros, que cumpriram sua função de espécies facilitadoras e deixaram o sistema. Já em FEM, os processos sucessionais continuam sendo observados, porém, nesse estágio, verificam-se 41 indivíduos mortos em pé, que ocupam a 3ª posição do IVI (19,64%), com DAP médio 16,85 cm e DAP máximo 92,3 cm, com esses indivíduo de grandes dimensões sendo, provavelmente, remanescente dos estágios iniciais. Quanto a FEA, observa-se

comportamento similar a FEM, com o mesmo número de indivíduos mortos (41), porém, ocupando a 5ª posição em IVI (14,08%). Seu DAP médio foi 16,14 cm e DAP máximo 41,3 cm, sendo a menor amplitude diamétrica um indicador de homogeneidade da população eliminada, provavelmente constituída por populações secundárias iniciais, que atingiram a maturidade e abandonaram o sistema. Esse padrão de substituição, portanto, indica que a mortalidade arbórea não ocorre apenas após a fragmentação, mas persiste por longo período (TABANEZ et al., 1997), conforme o avanço da sucessão ecológica.

A espécie *Cupaniaoblongifolia* (IVI 13,40%), apresentou, na análise geral da comunidade, valores elevados de frequência, densidade e dominância, principalmente por sua ocorrência em FEM, onde ocupou a segunda posição no IVI (24,94%). Apesar de médias bem inferiores a *E.edulis*, seus 96 indivíduos ocorreram em 52 das 120 parcelas instaladas, com somatório da área basal próximo a dois metros quadrados, conferindo a espécie o 3º maior IVI. Comportamento similar foi observado para *Guapiraopposita*, que apesar de apresentar maior frequência que *C. oblongifolia* (58 parcelas), possui menor somatório de área basal, conferindo à espécie a quarta posição em IVI (11,13%). Tais espécies, assim como discutido anteriormente, são citadas por Neves, (1999); Pessoa, (2003); Carvalho, (2005) e Carvalho (2007), como típicas de formações secundárias de Mata Atlântica, sendo *Guapiraopposita* destacada por Lima (2011), como espécie típica de inventários realizados no estado do Rio de Janeiro, e por Siqueira (1994), como uma das 10 mais citadas em estudos da Mata Atlântica, ocorrendo em cerca de 50% dos levantamentos realizados no território brasileiro.

Outras espécies citadas como de maior IVI em outras formações de Floresta Ombrófila na Mata Atlântica, foram também encontradas no PNI, com destaque para *Mataybaelaeagnoides* (2,27% ou 30ª posição de IVI), ocorrente na Floresta Ombrófila Mista em Guarapuava-PR (Silvestre et al., 2012), *Tapiriraguianensis* (3,14% ou 15ª posição de IVI), na Floresta Ombrófila Densa Sub Montana em Catende-PB (JUNIOR et al., 2008), *Protiumheptaphyllum* (6,72 % ou 11ª posição de IVI), na Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas em Catende-PB (SILVA et al., 2007), *Guapiraopposita* (11,13% ou 4ª posição de IVI) em Santo André, SP (LIMA et al., 2011), *Eriothecapentaphylla* (3,22% ou 23ª posição de IVI) na Floresta Ombrófila Densa Submontana em Macaé-RJ (CRUZ et al., 2013) e na Reserva Biológica de Poço das Antas (Rebio) (GUEDES BRUNI, 2006), *Euterpe edulis* (33,36% ou 1ª posição de IVI) em Cachoeira de Macacu-RJ (KURTZ & ARAÚJO, 2000), *Actinostemonverticilatus* (1,64% ou 41ª posição de IVI) na Floresta Ombrófila Densa Submontana em Campos dos Goytacazes-RJ (MORENO et al., 2002), *Apuleialeiocarpa* (0,29% ou 121ª posição de IVI) e *Pseudopiptadenia contorta* (8,50% ou 6ª posição de IVI), ambas as espécies consideradas mais abundantes em formações de Floresta Estacional Semidecidual em Pinheiral e Piraí-RJ (MEDEIROS et al., 2015 e MEDEIROS et al., 2016).

As demais espécies com elevado IVI, *Ocoteadyospirifolia*, *Brosimum guianense*, *Soroceaguilleminiana*, *Malouetia arborea*, *Rudgeajasmínoides*, *Protiumheptaphyllum*, *Vockysiabifalcatae* *Bathysa australis*, tem sua relevância também citada em outros levantamentos em Floresta Ombrófila no estado do Rio de Janeiro por Guedes-Bruni (1998); Neves (1999); Borém & Oliveira-Filho (2002); Pessoa (2003); Rodrigues (2004); Carvalho (2005).

Vale ressaltar o elevado número de espécies com baixo IVI, efeito provocado pela dominância ecológica elevada de poucas espécies, o que segundo Martins (1979) é uma característica natural de florestas tropicais, que pode estar associada à baixa frequência, tamanho reduzido dos indivíduos e elevado número de espécies raras (BORÉM & OLIVEIRA-FILHO, 2002).

Índice de Diversidade de Shannon e Pielou

Os valores médios estabelecidos por Miranda & Diógenes (1998) para o índice de Shannon-Weaver em florestas tropicais, variam entre 1,5 nat/ind e 3,5 nat/ind, e raramente ultrapassando 4,5 nat/ind., o que permite supor que o índice de Shannon-Weaver observado para Floresta Secundária do PNI (4,07 nat/ind), bem como para os diferentes estágios sucessionais (FEA 3,74 nat/ind, FEM 3,54 nat/ind e FEI 3,91 nat/ind), indicam uma diversidade elevada para área de estudo, principalmente quando comparado com os demais trabalhos realizados no sudeste brasileiro (tabela 34).

Essa elevada diversidade, principalmente em FEI, é explicada por Connel (1978), Denslow (1980) e Molino (2001) através da hipótese de distúrbio intermediário, que afirma a ocorrência de maior diversidade de espécies em níveis intermediários de sucessão, sendo possível, nesta etapa de recuperação da comunidade, um maior número de espécies coexistindo devido à redução da exclusão competitiva causada pela repartição de nichos.

A análise de diferentes estudos, citados na tabela 34, posiciona a Floresta Secundária do PNI, e seus diferentes estágios sucessionais, em um posição de destaque entre as demais comunidades, uma vez que os índices verificados variaram de 2,81 nat/ind na Floresta Estacional Semi decidual secundária, em São José de Ubá-RJ (DAN et al., 2010), 2,67 nat/ind na Floresta Ombrófila Mista em Baependi-MG (SANTANA et al., 2018), 2,89 nat/ind, também em Floresta Ombrófila Mista, em Bocaiuva do Sul-MG (OLIVA et al., 2018), até 4,60 nat/ind em um fragmento de Floresta Estacional Semi Decidual em estágio avançado de sucessão ecológica, em São José de Ubá-RJ (DAN et al., 2010), bem como 4,57 nat/ind na Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana, em Silva Jardim-RJ (GUEDES-BRUNI et al., 2006).

Tais resultados, além de indicarem significativa diversidade para o PNI, demonstram a variabilidade florística e a diversidade de espécies na Mata Atlântica, sendo essas variáveis afetadas por diferentes condições ambientais, tais como: salinidade, grau de inundação ou elevação das cotas altitudinais; e antrópicas: como solos e comunidades vegetais degradados (GUEDES, 1988), poluição atmosférica (LEITÃO-FILHO, 1993) e predomínio de comunidades em diferentes estágios sucessionais.

Magurram (2011) permite supor que o índice de uniformidade de Pielou, calculado para a amostragem geral (0,79), bem como para FEA (0,80), FEM (0,76) e FEI (0,84), podem ser considerados elevados. Contudo, segundo Santana (2018), os valores encontrados indicam que, para as comunidades em estudo, apenas 76% a 84% da diversidade (H') hipotética máxima foi atingida, sendo esses índices considerado relativamente baixo. Esse mesmo autor, bem como Guedes-Bruni (1998), atribuem a baixa representatividade da diversidade local, ao predomínio de elevada dominância de um pequeno número de espécies, especialmente *E. edulis*, *G. opposita* e *C. oblongifolia*, conforme discutido anteriormente.

De maneira geral, os estudos avaliados apresentaram valores do índice de uniformidade de Pielou similares aos observados no PNI, variando entre 0,7, na Floresta Estacional Semi Decidual em Piracicaba-SP (IVANAUSKAS et al., 2000), até 0,91 na Floresta Ombrófila Densa Sub no Rio de Janeiro-RJ (SOLÓRZANO et al., 2012); sendo os índices relativos a esse trabalho próximos daqueles encontrados em trechos de florestas em bom estado de conservação, como em Macaé de Cima (4,05) e na Ilha Grande (4,28) (GUEDES-BRUNI et al., 1997; OLIVEIRA, 2002).

Suficiência Amostral

Para todas as comunidades avaliadas, pode-se observar a tendência a estabilização da curva, sendo verificado para a comunidade como um todo estabilização próximo a centésima parcela; em FEA e FEM, próximo à trigésima parcela; e apenas para FEI, tendências a

estabilização próxima à quadragésima parcela. Já ao se aplicar o critério de valor máximo de espécies acumuladas, para determinação do ponto de estabilização, foi considerada a estabilidade da curva a partir da parcela em que, o somatório de novas espécies, não é superior a 10% do total de espécies até então acumuladas. Tais ponto de estabilização, calculados para as comunidades, foi a partir da parcela 102, na comunidade geral, parcela 30 em FEA, parcela 27 em FEM e parcela 34 em FEI.

Como já citado, FEA e FEM encontram-se em estágios avançado e médio para avançado, respectivamente. Já FEI, encontra-se em estágio sucessional inicial com tendências ao intermediário. Nessas condições, como citado por Connel, (1978), Denslow (1980), Molino (2001) e Sabatier (2001), coexistem espécies pertencentes a diferentes grupos ecológicos, elevando assim a diversidade da comunidade. Tal hipótese pode ser validada pelos elevados índice de Shannon-Weaver ($H' = 3,91$) e índice de Pielou ($J = 0,84$), indicando alta diversidade de espécies e menor dominância ecológica de um pequeno grupo de táxons.

Índices de Similaridade Florística de Jaccard e de Dominância de Simpson

O índice de similaridade florística de Jaccard, calculado para as comunidades em diferentes estágios sucessionais do PNI, foi superior a 50%. Tais valores superam os 25% estimados por Muller-Dombois & Ellemberg (1974), como valor a partir do qual, a similaridade florística entre comunidades é considerada elevada. Contudo, tendo em vista que, em sua maioria, os estudos que contemplam a similaridade florística relacionam comunidades geograficamente distantes (OLIVEIRA-FILHO & FONTES, 2000; REIS et al., 2007), eram esperados valores superiores do referido índice entre as comunidades avaliadas, uma vez que, apesar de tratarem-se de estágios sucessionais diferenciados, são conectados em um mesmo fragmento, com as parcelas mais distantes (FEA e FEI) instaladas a poucas centenas de metros. Análises detalhadas da similaridade florística, entre diferentes formações florestais da Mata Atlântica no Sudeste do Brasil, é apresentada no capítulo 4 com auxílio da análise de cluster hierárquico.

Quanto ao índice de Simpson, calculado para a comunidade em geral, e para os diferentes estágios sucessionais, as espécies dominantes correspondem àquelas anteriormente citadas como de maior Índice de Valor de Importância. Contudo, considerou-se para o índice de Simpson, apenas a dominância das espécies.

Assim como observado anteriormente para IVI, o índice de Simpson indicou uma forte dominância ecológica, com as 10 principais espécies concentrando ($S = 0,48$) 48,41% da dominância na comunidade geral, ($S = 0,53$) 53% em FEA, ($S = 0,60$) 60% em FEM e ($S = 0,49$) 49,2% em FEI. Tais valores corroboram com a discussão a respeito da diversidade entre comunidades e, especialmente, com o índice de uniformidade de Pielou.

Inventário Florestal

O uso do método de estratificação, e o erro máximo pretendido de 20%, promoveram a redução do erro relativo de 14,4% na amostragem aleatória, para 13,25% após a estratificação. A aplicação do método de estratificação foi determinada pelo teste F de Snedecor, calculado a partir da ANOVA e do valor de F calculado, que neste estudo foi superior ao de F tabelado. Além da redução do erro amostral, o método de amostragem estratificada permitiu a redução do número de parcelas consideradas para alocação ótima de unidades amostrais.

De maneira geral, o predomínio de indivíduos nas classes inferiores de Dap e altura total, resultaram em menor variância para FEI e, conseqüentemente, menor volume de madeira ($161 \text{ m}^3/\text{ha}$). Já para os estágios médio e avançado, o maior número de indivíduos, de classes

diamétricas e classes de altura, originaram médias superiores de volume (FEA=360,31m³/ha e FEM=299,24 m³/ha), promovendo, contudo, aumento da variância.

Os valores de volume observados para os diferentes estágios sucessionais, bem como para a comunidade em geral (274 m³), podem ser considerados elevados, considerando aqueles geralmente encontrados para florestas preservadas no estado do Rio de Janeiro. Como exemplo, cita-se o Guedes-Bruni (2006) (422,3 m³/ha) na Reserva Biológica de Poço das Antas (Rebio). Já em comparação a outras regiões da Mata Atlântica, como na Reserva Biológica Sítio Palmares em Santa Maria Jetibá-ES, Imaña-Encinas (2012) encontrou valores consideravelmente inferiores, variando de 124,6 m³/ha na comunidade considerada preservada e 93,59 m³/ha na comunidade considerada secundária. Já o trabalho de Zambiasi (2017), na Floresta Ombrófila Densa sub montana em São Pedro de Alcântara-SC, foi o que apresentou valores mais similares aos do PNI, com volume de madeira em diferentes comunidades secundárias, variando de 172 m³/ha, nas comunidades com idade entre 20 e 30 anos (mesma idade de FEI), 234 m³/ha nas comunidades entre 30 e 40 (mesma idade que FEM) e finalmente, 336 m³/ha nas comunidades com idade entre 40 e 50 anos (mesma idade de FEA). Tais valores indicam o potencial de produção madeireira das comunidades secundárias de Mata Atlântica, especialmente quando submetidas a restrições de utilização como às observadas no PNI.

O levantamento bibliográfico indicou um grande déficit de informações referentes à variável volume de madeira para as formações florestais nativa do estado do Rio de Janeiro, bem como o volume por espécies. Esse déficit de informações inviabiliza o alicerce para estabelecimento de políticas públicas que envolvam ações de manejo florestal, fiscalização, controle dos recursos naturais e mesmo a sua valoração Scolforo (2008). Além disso, impede a construção de parâmetros populacionais, baseados na referida variável, para as comunidades florestais do estado.

CONCLUSÕES

As variações estruturais, observadas nas diferentes comunidades, permitiram o enquadramento dos respectivos estágios sucessionais, contudo, outras variáveis estruturais, como densidade de indivíduos por área e volume de madeira, bem como ecológicas, como o índice de Shannon-Weaver e similaridade florística de Jaccard, mostraram-se mais eficientes para o enquadramento que a simples comparação de lista de espécies, uma vez que a composição florística pode variar devido à heterogeneidade florística inerente a Mata Atlântica. A análise do grupo ecológico das principais espécies, e de sua abundância diferenciada em cada estágio sucessional, mostrou-se também eficiente no enquadramento.

A análise conjunta e individual da composição florística dos diferentes estágios sucessionais do PNI, indicou a ocorrência de táxons tipicamente encontrados em formações florestais de Mata Atlântica, em especial, da Floresta Ombrófila Densa. Foi observado índice de diversidade elevado, quando comparado a outras florestas secundárias e preservadas, sendo verificado, através do índice de Pielou, um potencial de diversidade ainda superior, uma vez que, em média, apenas 80% da diversidade máxima possível foi verificada.

As médias da estrutura horizontal e vertical, bem como sua distribuição em classes, foi correspondente aquela tipicamente verificada para formações florestais na Mata Atlântica, sendo observado o padrão em J invertido. Para todas as variáveis estruturais analisadas, foi observado incremento conforme o avanço do estágio sucessional, originando médias significativamente distintas, conforme indicado pelos testes T aplicados.

Os parâmetros fitossociológicos, indicaram forte dominância ecológica de um pequeno grupo de espécies, bem como um elevado número de espécies raras, padrão esse confirmado pelo índice de dominância de Simpson, e que ocorre tipicamente em florestas tropicais. Tais espécies dominantes podem ser classificadas como generalistas, sendo sua população variável de acordo com o estágio sucessional, em decorrência das particularidades ambientais de cada comunidade.

Para a similaridade florística, eram esperados valores mais elevados, acima dos 50% verificados, considerando tratar-se de um fragmento contínuo. Contudo, tais resultados decorrem do elevado número de espécies generalistas, associadas a outros táxons de ocorrência simultânea em dois estágios sucessionais, que apesar de elevarem a similaridade, são compensados pelo número de espécies exclusivas.

O desenvolvimento de estudos, que contemplem a quantificação volumétrica das comunidades florestais do estado do Rio de Janeiro, é necessário para desenvolvimento de parâmetros estruturais globais, uma vez que a variável volume é derivada das demais variáveis estruturais. A ausência destas informações, impediu comparações volumétricas aprofundadas entre diferentes formações do estado e o PNI, contudo, as diferenças observadas para a variável entre os estágios sucessionais estudados, indicam médias específicas para cada comunidade, bem como um padrão de incremento conforme avanço sucessional.

As medidas preservacionistas adotadas pelo PNI, e a proximidade com áreas de propágulos, permitiram o avanço acelerado do fragmento, originando um gradiente sucessional equiâneo ao longo da encosta, com significativas diferenças estruturais e elevada diversidade de espécies. Permitiu também, à proteção de espécies ameaçadas e raras, a elevada capacidade de sustentação da fauna devido ao elevado número de espécies zoocóricas, além da prestação de outros serviços ecossistêmicos, como a cobertura e proteção dos solos, melhoria da qualidade da água e a imobilização e estoque de carbono atmosférico

A capacidade de resiliência das comunidades secundárias do PNI, indica que com o manejo adequado e uso consciente do solo, é possível promover a melhoria dos serviços ecossistêmicos em pouco tempo, elevando a qualidade de vida das populações humanas. Contudo, não é possível a demarcação totalitária da região como unidades de conservação, sendo necessário o delineamento de políticas públicas conservacionistas, que busquem o uso racional dos recursos naturais, equilibrando a necessidade de produção e a conservação

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Journal of the Linnean Society**. v.161, n.2, p.105-121, 2009.
- ASSMANN, E. The principles of forest yield study. Oxford: Pergamon Press, In Hess, A. F.; Ricken, P.; Ciarnoschi, J.D. **Dendrocronologia, incremento e manejo florestal em floresta de Araucária-SC**. Ciencia Floreal, v. 28, n. 4, p. 506, 1970.
- BARBERENA, F.F.V.A. Diversidade das Orchidaceae no Parque Nacional do Itatiaia, Sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, v. 59, n.2, p. 381-392, 2008.
- BARRETO, C. G.; CAMPOS, J. B.; ROBERTO, D. M.; ROBERTO, D. M.; SCHWARZSTEIN, N. T.; ALVES, G. S. G.; COELHO, C. **Plano de Manejo do Parque Nacional do Itatiaia**. Encarte 2 e 3 - Análise da Unidade de Conservação. Brasília. 2013.
- BORÉM, B. A. T.; OLIVEIRA-FILHO A. T. Fitossociologia do estrato arbóreo em uma toposseqüência alterada de Mata Atlântica, no Município de Silva Jardim-RJ, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.6, p.727-742, 2002.
- BOTREL, T.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 2, p. 195-213, 2002.
- BRADE, A. C. **A Flora do Parque Nacional do Itatiaia**. Boletim ICMBIO-PNI nº 5. 1956.
- BROWER, J.E.; ZAR, J. H. Field and laboratory methods for general ecology. **Wm. C. Brown Pub.**, Dubuque. 1984.
- BROWN, S.; LUGO, A. E. Tropical secondary forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 6, p. 1-32, 1990.
- BRUELHEIDE, H.; BOHNKE, M.; BOTH, S.; FANG, T.; ASSMANN, T.; BARUFFOL, M. Community assembly during secondary forest succession in a Chinese subtropical forest. **Ecological Monographs**, Washington, v. 81, n. 1, p. 25-41, 2011.
- CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; CURI, N.; VAN DEN BERG, E.; FONTES, M. A. L.; BOTEZELLI, L. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n.2, p.329-345, 2005.
- CARVALHO F. A.; NASCIMENTO M. T.; BRAGA J. M. A. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo de um remanescente de Mata Atlântica submontana no município de Rio Bonito, RJ, Brasil (Mata Rio Vermelho). **Revista. Árvore** [online], v. 31, p.717-730, 2007.
- CARVALHO, F. A.; NASCIMENTO, M. T.; BRAGA, M. A. Composição e riqueza florística do componente arbóreo da Floresta Atlântica submontana na região de Imbaú, Município de Silva Jardim, RJ. **Acta Botânica Brasileira**, v. 20, n. 3, p. 727-740, 2006.

CAVASSAN, O.; CESAR, O. MARTINS, F. R. 1984. Fitossociologia da vegetação arbórea da Reserva Estadual de Bauru, estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 7, p. 91-106, 1984.

CHAZDON, R. L. Chance and determinism in tropical forest succession. In: CARSON, W. P.; SCHNITZER, S. A. (Ed.). **Tropical forest community ecology**. Oxford: Wiley-Blackwell Publishing, p. 384-408. 2008.

CNFLORA. **Centro nacional de conservação da flora. Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Acessado em março/2019. <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha>. 2014.

RESOLUÇÕES DO CONAMA. **Resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008**. Brasília, ed. 2. 2008

CONNEL, J. H. Diversity in tropical rain forest s and coral reefs. **Science**, v. 199, p. 1302-1310, 1978.

CARAIOLA, M. Análise da estrutura horizontal de uma floresta estacional semidecidual localizada no Município de Cássia-MG. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.1, n.2, p.11-19, 2003.

CRUZ, A.R.; SILVA-GONÇALVEZ, K.C.; NUNES-FREITAS, A.F. Estrutura e florística de comunidade arbórea em duas áreas de Floresta Ombrófila densa em Macaé, RJ. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 4, p. 791-805, 2013.

CYSNEIROS, V. C.; MENDONÇA-JUNIOR, J. O.; GAUI, T. D.; BRAZ, D. M. Diversity, community structure and conservation status of an Atlantic Forest fragment in Rio de Janeiro State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 15, n. 2, p. 1-15, 2015

DAN, M. L.; BRAGA, J. M. A.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura da comunidade arbórea de fragmentos da Bacia do rio São Domingos, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 61, n. 4, p. 749-766, 2010.

DAVIS, D. E. The annual cycle of plants, mosquitoes, birds, and mammals in two brazilian forests. **Ecological Monographs**, v.15, n. 3, p. 243-295, 1945.

DENSLOW, J. S. Patterns of plant species diversity during succession under different disturbance regimes. **Oecologia**, v.46, n.1, p.18-21, 1980.

DRUMMOND, J.A. **Devastação e Preservação Ambiental no Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, Ed. UFF, 1997. 306 p.

FEITOSA, A. A. N. Diversidade de espécies arbóreas associada ao solo e topossequência de fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco. **Dissertação**, área de estudo em Ciência do Solo, UFRP, Pernambuco, 2004. 102 p.

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; NOGUEIRA, P. E. Levantamento da vegetação arbórea na região de Nova Xavantina, MT. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 3, p. 63-81, 1998.

FELFILI, J.M.; EISENLOHR, P.V.; FIUZZA de MELO, M.M.R.; ANDRADE, L.A.; MEIRANETO, J.A.A. **Fitossociológico Brasil, Métodos e estudos de casos**. Viçosa, MG, Ed UFV, v.1, 2011. 556 p.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC – **Determinação de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentável de florestas nativas no estado de Minas Gerais e outras regiões do país**. Belo Horizonte: 295 p. 1995.

GALINDO LEAL; CÂMARA. The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook. **IslandPress**, Washington, DC, p. 3-11, 2003.

GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H. F.; BEZERRA, C. L. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos – SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, p. 753-767, 1995.

GENTRY, A. Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the andean orogeny? *Annals of Missouri Botanical Garden*. In SILVA, G. C.; NASCIMENTO, M. T. **Fitossociologia de um remanescente de mata sobre tabuleiros no norte do estado do Rio de Janeiro**. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 24, p. 51-62, 2001.

GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Ed. FEALQ, Piracicaba, 2002. 309 p.

GONZAGA, A. P. D.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; MACHADO, E. L. M.; HARGREAVES, P.; MACHADO, J. N. M. Diagnóstico florístico-estrutural do componente arbóreo da floresta da Serra de São José, Tiradentes, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasileira**, v.22, p 505-520, 2008.

GROMBONE, M. T.; BERNACCI, L. C.; MEIRA NETO, J. A. A.; TAMASHIRO, J. Y.; LEITÃO FILHO, H. F. Estrutura fitossociológica da floresta semidecídua de altitude do Parque Municipal da Grota Funda (Atibaia, estado de São Paulo). **Acta Botanica Brasileira**, v. 4, n. 2, p. 47-65, 1990.

GUEDES-BRUNI, R.R.; SILVA NETO, S.J.; MORIM, M.P.; MANTOVANI, W. Composição florística e estrutura de dossel em trecho de floresta ombrófila densa atlântica sobre morrote mamelonar na Reserva Biológica de Poço Das Antas, Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 57, n. 3, p. 429-442, 2006

GUEDES, R. R. Composição florística e estrutura de um trecho de mata perturbada de baixada no Município de Magé, Rio de Janeiro. **Arquivo Jardim Botânico Rio de Janeiro**, v. 29, p.155-200, 1988.

GUEDES- BRUNI, R. R.; PESSOA, S. V. A.; KURTZ, B. C. Florística e estrutura do componente arbustivo arbóreo de um trecho preservado de floresta montana na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. **Jardim Botânico**, Rio de Janeiro, p.127-144, 1997.

GUEDES-BRUNI, R. R. Composição florística e estrutura de um trecho de mata perturbada de baixada no Município de Magé, Rio de Janeiro. **Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v. 29, p. 155-200, 1998.

GUREVITCH, J. **Ecologia Vegetal**. Ed. Artmed, São Paulo, 2009. 574 p

HARPER JL. **Population biology of plants**. Ed. Academic Press, ed. 2, Londres, 1990.

FORZZA, R. C. **Lista de espécies da flora do Brasil**. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2019/>. Available from: <http://www.biodiversitas.org.br/floraBr>.

HUBBEL, S. P.; FOSTER, R. B.; O'BRIEN, S. T.; HARMS, K. E.; CONDIT, R.; WECHSLER, B.; WRIGHT, S. J.; LAO, S. L. Light gaps disturbance, recruitment limitations and tree diversity in a neotropical forest. **Science**, v. 283, p. 554-557, 1999.

IMAÑA-ENCINAS, J.; PAULA, J. E.; CONCEIÇÃO, C. A. Florística, volume e biomassa lenhosa de um Fragmento de mata atlântica no Município de Santa Maria de Jetibá, Espírito Santo. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 42, n. 3, p. 565 - 576, 2012.

INSTRUÇÃO NORMATIVA MMA N^o 06, de 23/09/2008 – **Define a Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção**.

IUCN 2011. **IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2**. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on January 2018.

IVANAUSKAS, N.M., RODRIGUES, R.R & NAVE A.G. Fitossociologia de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Itatinga, São Paulo, Brasil. **ScientiaForestalis**, v. 56, p. 83-99, 1999.

IVANAUSKAS, N.M., MONTEIRO, R. & RODRIGUES, R.R. Similaridade florística entre áreas de Floresta Atlântica no estado de São Paulo. **BrazilianJournalofEcology**, v. 1, p. 71-81, 2000.

JARENKOW, J. A. **Estudo fitossociológico comparativo entre duas áreas com mata de encosta no Rio Grande do Sul**. Tese, UFSCar, São Carlos, 1994.

JUNIOR, R. F. C.; FERREIRA, R. L. C.; RODAL, M. J. N.; FELICIANO, A. L.; MARANGON, L. C.; SILVA, W. C. Estrutura fitossociológica do componente arbóreo de um fragmento de floresta ombrófila densa na mata sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 173-183, 2008.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Ed. Guanabara Koogan, São Paulo, p. 76-93, 2004.

KLAUBERG, C.; PALUDO, G.FBORTOLUZZI, R.L.G.; MANTOVANI, A. Florística e estrutura de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Planalto Catarinense. **Biotemas**, Santa Catarina, v. 23, n. 1, p. 35-47, 2010.

KLEIN, R. M. Ecology of the flora and vegetation of the Vale of Itajai (continuation). **Sellowia**, Itajai, v. 32, n. 32, p. 165-389, 1980.

KURTZ, B. C.; ARAÚJO, D. S. D. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de um trecho de Mata Atlântica na Estação Ecológica Estadual do Paraíso, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 51, n. 78, p. 69-111, 2000.

LEBRIJA-TREJOS, E.; MEAVE, J.; POORTER, L.; PEREZ-GARCIA, E.A.; BONGERS, F. Pathways, mechanisms and predictability of vegetation change during tropical dry forest

succession. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Amsterdam, v. 12, n. 4, p. 267-275, 2010.

LEITÃO-FILHO, H. F. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e sub - tropicais do Brasil. Ed. IPEF, Piracicaba, n. 35, p. 41-46, 1987.

LEITÃO-FILHO, (coord.) Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão (SP). Ed. da Universidade Estadual Paulista, Campinas – SP, 1993. 184 p.

LIMA, M. P. M; GUEDES-BRUNI, R. R. **Reserva Ecológica de Macaé de Cima – Nova Friburgo – RJ, Aspectos Florísticos das Espécies Vasculares**. Ed. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, v. 2, 1996. 465p.

LIMA, M. P. M; GUEDES-BRUNI, R. R. Reserva ecológica de Macaé de Cima: Aspectos Florísticos das espécies vasculares. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, Nova Friburgo, RJ, v.1, 404 p, 1994.

LIMA, H. C. Leguminosas arbóreas da Mata Atlântica. Uma análise da riqueza, padrões de distribuição geográfica e similaridades florísticas em remanescentes florestais do estado do Rio de Janeiro. **Tese**, UFRJ, Rio de Janeiro, 2000. 151p.

LIMA, M.E.L.; CORDEIRO, I.; MORENO, P.R.H. Estrutura do componente arbóreo em Floresta Ombrófila Densa Montana no Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba (PNMNP), Santo André, SP, BRASIL. **Hoehnea**, v.38, n. 1, p. 73-96, 2011.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa, Ed. Intituto Plantarum, ed. 4rd, v. 2, 1998. 352p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa, Ed. Intituto Plantarum, ed. 4rd, v. 2, 2002. 368p.

LORENZ, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa, Ed. Intituto Plantarum, ed. 4rd, v. 2, 2009. 384p.

MAGURRAN, A. E. **Medindo a diversidade biológica**. Curitiba, Ed. UFPR, 2011.

MAGURRAN, A. E. **Ecological Diversity and Its Measurement**. Princeton, Ed. Princeton University Press, 1988.

MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Wiley, Ed. Hoboken, 2004.

MANTOVANI, W. Estrutura e dinâmica da Floresta Atlântica na Juréia, Iguape - SP. São Paulo, Tese de Livre Docência, USP, área de estudo em Biociências, Campinas, 1993. 126 p.

MANTOVANI, W.; RODRIGUES, R. R.; ROSSI, L.; ROMANIUC-NETO, S.; CATHARINO, E. L. M.; CORDEIRO, I. **A vegetação na serra do Mar em Salesópolis, SP**. In: II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: estrutura, função e manejo, Águas de Lindóia, SP. Anais, v. 1, p. 348-384, 1990.

MARQUES, C. M. **Mapeamento da Cobertura Vegetal e Listagem de Espécies Ocorrentes na Área de Proteção Cairucu, Município de Paraty, RJ.** Rio de Janeiro, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1997. p.96.

MARTINELLI, G.; VAZ, M. S. Padrões Fitogeográficos de Bromeliaceae dos Campos de Altitude da Floresta Pluvial Costeira do Brasil, no estado do Rio de Janeiro. **Rodriguésia**, v. 64, n. 66, p. 3-10, 1988.

MARTINELLI, G. Campos de Altitude. Rio de Janeiro, Ed. Index, 1989.120p.

MARTINS, F. R. **Estrutura de uma floresta mesófila.** Campinas, Ed. da UNICAMP (Série Teses), ed.2, 1993. 246 p.

MARTINS, F. R. **Estrutura de uma floresta mesófila.** Campinas, Ed. Universidade Estadual de Campinas, 1991.

MATTHES, L. A. F. **Composição florística, estrutura e fenologia de uma floresta residual do planalto paulista: Bosque dos Jequitibás (Campinas, SP).** Dissertação, UNICAMP, área de estudo em Biologia, Campinas, 1980. 209 p.

MAYO, S. J.; FEVEREIRO, V. P. B. **Mata de Pau Ferro: a pilot study of the brejo forest of Paraíba, Brazil.** Great Britain, Royal Botanic Gardens, Kew, Winston Churchill Memorial Trust, 1982. 29 p.

MEDEIROS, A. S. Influência da pedofoma sobre a composição florística e a estrutura da floresta estacional fluminense, Pinheiral – RJ. **Dissertação**, UFRRJ, área de estudo em Ciências Florestais e Ambientais, Seropédica, 2015.

MEDEIROS, A. S.; PEREIRA, M. G.; BRAZ, D. M. Estrutura e Conservação de um Trecho de Floresta Estacional em Piraí, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 330-339, 2016.

MEIRA-NETO, J. A. A.; MARTINS, F. R. Composição florística de uma floresta estacional semidecidual montana no município de Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.4, p.437-446, 2002

MEIRELES, L. D.; SHEPHERD, G. J.; KINOSHITA, L. S. Variações na composição florística e na estrutura fitossociológica de uma Floresta Ombrófila Densa Alto-montana na Serra da Mantiqueira, Monte Verde, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 559-574, 2008.

MELO, M. M. R. F.; MANTOVANI, W. Composição florística e estrutura de trecho de Mata Atlântica de encosta, na Ilha do Cardoso (Cananéia, SP, Brasil). **Boletim do Instituto de Botânica**, v. 9, p. 107-158, 1994.

MELO, M. M. R. F. Composição florística e estrutura de trecho de Mata Atlântica de encosta, na Ilha do Cardoso (Cananéia, SP, Brasil). **Dissertação**, USP, área de estudo em Biociências, São Paulo, 1993.

MELO, M. M. R. F.; OLIVEIRA, R. J.; ROSSI, L.; MAMEDE, M. C. H.; CORDEIRO, I. Fitossociologia de trecho de Mata Atlântica na Planície do Rio Verde, Estação Ecológica de

Juréia, Itatins, SP, Brasil. p. 49-56. 1998. In: **Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros**, v. 2. ACIESP, Águas de Lindóia, SP.

MEYER, H. A. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. **Journal of Forestry**, n. 52, v. 2, p. 85-92, 1952.

MOLINO, J. F.; SABATIER, D. Tree diversity in tropical rain forest: a validation of the intermediate disturbance hypothesis. **Science**, v.294, n.5547, p.1702-1704. 2001.

MANTOVANI, W. Estrutura e dinâmica da Floresta Atlântica na Juréia, Iguape, SP. Tese de Livre-Docência. Instituto de Biociência da USP, São Paulo. 1993.

MORENO, M. R.; NASCIMENTO, M.T.; KURTZ, B.C. Estrutura e composição florística do estrato arbórea em duas matas altitudinais na mata atlântica de encosta da região do Imbé, RJ. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, p. 371 – 386, 2003.

MORI, S. A.; BOOM, B. M.; CARVALINO, A. M.; SANTO, T. S. Ecological importance of Myrtaceae in a eastern Brazilian wet forest. **Biotropica**, v. 15, p. 68-70, 1983.

MORIM, M. P. Leguminosas Arbustivas e Arbóreas da Floresta Atlântica do Parque Nacional do Itatiaia, Sudeste do Brasil: Padrões de Distribuição. **Rodriguesia**, v. 57, n. 1, p. 27-45, 2006.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York, John Willey & Sons, 1974.

MURCIA, C. **Edge effects in fragmented forests: implications for conservation**. Trends in Ecology and Evolution, v.10, p. 58-62, 1995.

NEVES, G. M. S. Florística e estrutura da comunidade arbustivo-arbórea em dois remanescentes de Floresta Atlântica secundária – Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. **Dissertação**, UFRJ, área de estudo em Ciências Biológicas Rio de Janeiro, 1999. 115 p.

OLIVA, E. V.; REISSMANN, C. B.; MARQUES, R.; BIANCHIN, J. E.; DALMASO, C. A.; WINAGRASKI, E. Florística e estrutura de duas comunidades arbóreas secundárias com diferentes graus de distúrbio em processo de recuperação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 1088-1103, 2018.

OLIVEIRA, H. F.; SOUZA, C. R.; COELHO, P. A.; CASTRO, M.; TERRA, N. S.; ARAÚJO, F. C.; SANTOS, R. M.; FONTES, M. A. L. Modificações florístico-estruturais em uma floresta neotropical. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 888-897, 2018.

OLIVEIRA, R. R.; ZAÚ, A. S.; LIMA, D. F.; SILVA, M. B. R.; VIANNA, M. C.; SODRÉ, D. O.; SAMPAIO, P. O. Significado ecológico da orientação de encostas no Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro. In **Oecologia Brasiliensis**, v. 1: **Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros**. Rio de Janeiro, v.1, p 523-524, 1995.

OLIVEIRA, R. R. Ação antrópica e resultantes sobre a estrutura e composição da Mata Atlântica na Ilha Grande, RJ. **Rodriguésia**, v.53, n.82, p.33-58, 2002.

OLIVEIRA-FILHO; FONTES. Patterns of Floristic Differentiation among Atlantic Forest in Southeastern Brazil and the Influence of Climate. **Biotropica**, v. 32,n. 4b, p 793-810,2000.

PAGANO, S. N.; LEITÃO-FILHO, H. DE F.; SHEPHERD, G. J. Estudo fitossociológico em mata mesófila semidecídua no Município de Rio Claro (estado de São Paulo). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 10, p. 49-61, 1987.

PESSOA, S. V. A. Aspectos da fragmentação em remanescentes florestais da planície costeira do estado do Rio de Janeiro. **Dissertação**, UFRRJ, Seropédica, 2003. 112 p.

PESSOA, S. DE V. A.; GUEDES-BRUNI, R. R.; KURTZ, B. C. Composição florística e estrutura do componente arbustivo arbóreo de um trecho secundário de floresta montana na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. 1997. In: LIMA, H. C. de GUEDES-BRUNI, R. R. (eds.) Serra de Macaé de Cima: **Diversidade florística e conservação em Mata Atlântica**. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, p. 147-167.

PIELOU, E. C. The Interpretation of Ecological Data; a Primer on Classification and Ordination. **Journal Wiley**, New York, p. 13-40 e 63-81, 1984.

PORTO, M. L.; WILDI, O.; ASSUNÇÃO, A. F. Análise de gradiente de comunidades vegetais e sua relação com fatores edáficos em um remanescente florestal no sul do Brasil. In: PORTO, M. L. (ed.). **Comunidades Vegetais e Fitossociologia: fundamentos para Avaliação e Manejo de Ecossistemas**. Ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 162-183, 2008.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Ed. Planta, Londrina, 2001. 328p.

PSCHEIDT, F. Variações florísticas-estruturais da comunidade arbórea associadas à distância da borda em um fragmento florestal no planalto sul-catarinense. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 421-430, 2015.

RANGEL, M. S.; CALEGARIO, N.; MELLO, A.de.; LEMOS, P.C. Melhoria na prescrição do manejo para floresta natural. **Cerne**, v. 12, n. 2, p. 145–156, 2006.

REIS, H.; SCOLFORO, J. R. S; OLIVEIRA, A. D.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; MELLO J. M. Análise da composição florística, diversidade e similaridade de fragmentos de Mata Atlântica em Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v.13, p. 280-290, 2007.

RESOLUÇÕES DO CONAMA. **Resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008**. Brasília, ed. 2, 2008.

RICHARDS, P. W. **The tropical rain forest**. Cambridge University Press, Cambridge. 1952. 450p.

RODRIGUES, R. R. Levantamento florístico e fitossociológico das matas da serra do Japi, , SP. Campinas, Dissertação, UNICAMP, Jundiaí, 1986. 198 p.

RODRIGUES, L. A.; CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BOTREL, R. T.; SILVA, E. A. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal em Luminárias, MG. **Acta Botânica. Brasileira**, v. 17, n. 1, p. 71-87, 2003.

RODRIGUES, H. C. Composição florística e fitossociológica de um trecho de Mata Atlântica na Reserva Biológica do Tinguá, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro. Dissertação, UFRJ, 1996, 77 p.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo, EDUSP, p. 235-247, 2004.

SANTANA, L. D.; RIBEIRO, J. H. C.; IVANAUSKAS, N. C.; CARVALHO, F. A. Estrutura, diversidade e heterogeneidade de uma floresta Ombrófila Mista Altomontana em seu extremo norte de distribuição (Minas Gerais). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 567-579, 2018.

SCOLFORO, J. R. et al. Equações para estimar o volume de madeira das fisionomias, em Minas Gerais. In SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; ACERBI JÚNIOR, F. W. (Ed). **Inventário Florestal de Minas Gerais – Equações de Volume, Peso de Matéria Seca e Carbono para Diferentes Fisionomias da Flora Nativa**. Ed. UFLA, Lavras, cap. 2, p.67-101. 2008.

SILVA, J.; LEITÃO-FILHO, H. de F. Composição florística e estrutura de um trecho da Mata Atlântica de encosta no Município de Ubatuba (São Paulo, Brasil). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 5, p. 43-52, 1982.

SILVA, G. C.; NASCIMENTO, M. T. Fitossociologia de um remanescente de mata sobre tabuleiros no norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, p. 51-62, 2001.

SILVA, A. F. Composição florística e estrutura fitossociológica do estrato arbóreo da Reserva a Florestal Professor Augusto Ruschi, São José dos Campos - SP. Tese, UNICAMP, 1989. 162 p.

SILVA, L. F. G.; LIMA, H. C. Mudanças nomenclaturais no gênero *Tachigalia*ubl. (Leguminosae – Caesalpinioideae) no Brasil. **Rodriguésia**, v.58, n.2, p.397-401, 2007.

SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; AGUIAR, M.D.; NEGRINI, M.; NETO, J.F.; HESS, A.F. Relações florísticas e fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Mista Montana secundária em Lages, Santa Catarina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 193-206, 2012.

SILVA NETO, S.J.; PEIXOTO, A. L. Rubiaceae do Parque Nacional do Itatiaia, Rio de Janeiro. **Boletim técnico nº 14**. 2012.

SILVA, V. F.; VENTURI, N.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; MACEDO, R. L. G.; CARVALHO, W. A. C.; VAN DER BERG, E. Caracterização estrutural de um fragmento de floresta semidecidual no Município de Ibituruna, MG. **Cerne**, v. 9, n. 1 p.92-106, 2003.

SILVA, A. G. Fisionomia e estrutura da comunidade arbórea na Mata dos Macacos, município de Igarassu-PE. Recife: **Dissertação**, Pernambuco, 2004. 69 p.

SILVESTRE, R.; KOEHLER, H. S.; MACHADO, S. A.; BALBINOT, R.; WATZLAWICK, L. F. Análise estrutural e distribuição espacial em remanescente de Floresta Ombrófila Mista, Guarapuava (PR). **Revista Ambiência Guarapuava (PR)**, v. 8, n. 2, p. 259-274, 2012.

SIQUEIRA, M. F. Análise florística e ordenação de espécies arbóreas da mata atlântica através de dados binários. **Dissertação**, UNICAMP, Campinas, 1994.

SOARES, M. S. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta estacional semidecidual em Araras, SP, Carlos : **Dissertação**, UFSCar, São Carlos, 2007. 49 p.

SOLÓRZANO, A.; OLIVEIRA, R. R.; GUEDES-BRUNI, R. R. História ambiental e estrutura de uma floresta urbana. *In*: OLIVEIRA, R. R. (ed.). **As marcas do homem na floresta: História ambiental de um trecho de mata atlântica**. Editora PUC-Rio, Rio de Janeiro, p. 87-118, 2005.

SOLÓRZANO, A.; GUEDES-BRUNI, R. R.; OLIVEIRA, R. R. Composição florística e estrutura de um trecho de floresta ombrófila densa atlântica com uso pretérito de produção de Banana, no Parque Estadual da Pedra Branca, Rio de Janeiro, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 36, n. 3, p. 451-462, 2012.

SOS MATA ATLÂNTICA & INPE. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica período 2017-2018**. Relatório Técnico, São Paulo, 2019.

STEHMANN, J.R.; FORZZA, R.C.; SALINO, A.; SOBRAL, M.; COSTA, D.P.; KAMINO, L.H.Y. **Plantas da Floresta Atlântica**. Ed. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

STRUFFALDI-DE VUONO, Y. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta da Reserva Biológica do Instituto de Botânica (São Paulo, SP). São Paulo, Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, USP. 1985. *In* KURTZ, B.C.; ARAÚJO, D.S.D.; **Composição florística e estrutura do componente arbóreo de um trecho de Mata Atlântica na Estação Ecológica Estadual do Paraíso, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brasil**. *Rodriguésia*, v. 51, n. 78, p. 69-111, 2000.

TABANEZ, A. A. J.; VIANA, V. M.; DIAS, A. S. Conseqüências da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de floresta de planalto de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 57, p. 47-60, 1997.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. A regeneração de uma floresta tropical montana após corte e queima (São Paulo-Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, v. 59, n. 2, p. 239-250, 1999.

VELOSO, H.; KLEIN, R. M. As comunidades e associações vegetais da mata pluvial do sul do Brasil: As comunidades do Município de Brusque, estado de Santa Catarina. *Sellowia* 9: 81-235. 1957. *In* KURTZ, B. C.; ARAÚJO, D. S. D. **Composição florística e estrutura do componente arbóreo de um trecho de Mata Atlântica na Estação Ecológica Estadual do Paraíso, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brasil**. *Rodriguésia*, v. 51, n. 78, p. 69-111, 2000.

ZAMBIAZI, D. C. Evolução do volume de madeira em floresta secundária da Mata Atlântica em Santa Catarina. **Dissertação**, UFSC, área de estudo em Agroecossistemas, Florianópolis, 2017.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Ed. Prentice-Hall, New Jersey, 1996.

8. CAPÍTULO IV

VARIÁVEIS AMBIENTAIS E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES E O ESTOQUE DE CARBONO EM FLORESTAS SECUNDÁRIAS NO PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA-RJ

RESUMO

Estudos que correlacionem variáveis ambientais e o estoque de carbono, e permitam o entendimento da estrutura ecológica de ecossistemas florestais, são essenciais para recuperação e valoração de serviços ecossistêmicos prestados por esses ambientes, especialmente no Médio Vale do Paraíba do Sul. Nessa região, ações antrópicas pretéritas deram origem à paisagem atual, constituída por pastagens, áreas urbanas e fragmentos florestais secundários. O esforço atual para mitigar mudanças ambientais, seja em escala local ou global, deve passar por técnicas de coleta, processamento e interpretação de dados, que permitam obter respostas concretas, em menor tempo e com o custo mínimo custo possível; que sejam capazes de orientar de forma eficaz, técnicos, cientistas e agentes políticos responsáveis pelo desenvolvimento racional de comunidades humanas. Desta forma, foram usadas técnicas estatísticas multivariadas com intuito de: identificar as principais variáveis ambientais capazes de influenciar o estoque de carbono e a distribuição de espécies e verificar a possibilidade de utilização das variáveis mais representativas para a criação de modelos preditivos de estoque de carbono na floresta secundária do Parque Nacional do Itatiaia – RJ. A seleção das variáveis foi feita por meio de técnicas reducionais, aglomerativas e de ordenação. O que permitiu identificar um conjunto de variáveis ambientais capazes de ordenar a ocorrência de espécies e gerar funções capazes de classificar qualitativamente, com elevada capacidade preditiva, o estoque de carbono no solo e fitomassa (capacidade de classificação acima de 70%) e no solo florestal (capacidade de classificação acima de 86%). O uso desses modelos em formações florestais similares as do PNI poderá facilitar o processo de requisição de pagamento por créditos de carbono, a valoração ambiental de ecossistemas para o cálculo de medidas compensatórias e a tomada de decisões relativas ao manejo florestal.

Palavra chave: Valoração ambiental. Créditos de carbono. Serviços ecossistêmicos.

ABSTRACT

Studies that correlate environmental variables and carbon stock, and allow understanding of the ecological structure of forest ecosystems, are essential for the recovery and valuation of ecosystem services provided by these environments, especially in the Middle Paraíba do Sul Valley. In this region, anthropic actions in the past have resulted in the present scenery of pastures, urban areas and secondary forest fragments. The current effort to mitigate environmental change, whether on a local or global scale, should include data collection, processing, and interpretation techniques that provide concrete answers in the shortest time possible and at the lowest possible cost; thus effectively advising technicians, scientists and policy makers responsible for the rational development of human communities. This way, we employed multivariate statistical techniques with the intent of: identifying the main environmental variables capable of influencing the carbon stock and species distribution; and verifying the possibility of using the most representative variables to create predictive models of carbon stock in the forests of Itatiaia National Park - RJ. The selection of variables was done through reductive, agglomerative and ordering techniques. That allowed to identify a set of environmental variables capable of ordering the occurrence of species and generating functions able of qualitatively classifying, with high predictive capacity, the soil carbon stock in the soil and phytomass (classification capacity above 70%) and in the forest soil (classification capacity above 86%). The use of these models in forest formations similar to those of the PNI will facilitate the process of requesting payment for carbon credits, the environmental valuation of ecosystems for the calculation of compensatory measures, and decisions regarding forest management.

Key words: Environmental valuation. Carbon credits. Environmental services.

INTRODUÇÃO

Considerando o cenário de mudanças climáticas e o aumento das emissões de gases de efeito estufa nos dois últimos séculos, pesquisadores, governantes e a sociedade civil organizada vêm debatendo essa problemática em busca de formas de mitigar esse fenômeno. Desde as primeiras reuniões no Canadá, em 1988, a divulgação do primeiro relatório científico do IPCC sobre as mudanças do clima, em 1990, e a 2ª Conferência Mundial para o meio-ambiente, a Eco-92, no Rio de Janeiro, foram delineadas inúmeras metas restritivas de emissões de CO₂, estabelecendo-se o princípio da “responsabilidade comum e diferenciada” (GONÇALVES et al., 2008). Contudo, as dificuldades em reduzir as taxas de emissões definidas na Eco-1992 obrigaram a elaboração de um instrumento de comprometimento entre os países, denominado Protocolo de Kyoto, que teve como objetivo regulamentar a emissão de gases, através de três mecanismos de flexibilização: o comércio de emissões de gases do efeito estufa (Créditos de Carbono); a implementação conjunta de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) e a reduções certificadas de emissões (RCEs), sendo o MDL o único que permite a inserção de países em desenvolvimento no mercado de créditos de carbono.

Considerando a ocorrência predominante de florestas tropicais em países em desenvolvimento, e sua reconhecida capacidade de sequestro de carbono, estudos de quantificação do estoque na fitomassa florestal tornaram-se ferramentas importantes para subsidiar projetos de MDL, permitindo a esses países a obtenção de recursos de crédito de carbono (CAMPOS, 2001). No entanto, ainda são poucos os trabalhos que estimam de forma confiável as taxas e o sequestro nos diferentes compartimentos florestais (GONÇALVES, 2008), bem como nas diferentes fisionomias e estágios de sucessão ecológica.

Para quantificação da fitomassa florestal e posteriormente conversão para estoque em escala local, são descritos atualmente inúmeros métodos, sendo este resumidos por Qureshiet al. (2012) em: métodos de modelagem de processos fisiológicos das plantas; modelos de sensoriamento remoto; técnica de *EddyCovariance*; método destrutivo e método BEF (fator de expansão de volume), sendo destacado pelo autor vantagens e desvantagens de cada método dependendo dos objetivos propostos.

Já as técnicas globais como o método de quantificação desenvolvido pelo IPCC (2006), acabam gerando um fator de sequestro genérico, o que impede a obtenção de resultados e conclusões com base em critérios científicos, uma vez que utiliza apenas a variável idade da floresta para isolar as variações de incremento florestal e linearizar a velocidade de crescimento das árvores. Tal técnica desconsidera a heterogeneidade das diferentes comunidades, fato que levou o IPCC, e outros autores (LACERDA et al, 2009), a recomendarem o desenvolvimento de fatores mais específicos para cada região a ser analisada (RODRIGUES et al., 2011).

Com o intuito de selecionar os principais fatores ambientais relacionados ao estoque de carbono no solo e na fitomassa dos estágios sucessionais do PNI, foram empregadas técnicas estatísticas exploratórias, descritivas e inferenciais, denominadas análises estatísticas multivariadas, adotadas para analisar situações que envolvem grande número de variáveis simultaneamente (JAMES; MCCULLOCH, 1990).

Dentre as inúmeras análises destacam-se: a Análise Fatorial Multivariada (COSTA, 2014) e a Análise dos Componentes Principais (PEARSON, 1901; ORLÓCI, 1966), capazes de reduzir o espaço amostral; Análise de correspondência canônica (BRAAK, 1986, 1987), capaz de promover a ordenação de variáveis dependentes por independentes; a Análise de Cluster Hierárquico Aglomerativo (LEGENDRE, LEGENDRE, 1998), capaz de promover a classificação de grupos distintos no espaço amostral; e a Análise discriminante (COSTA, 2014),

que utilizam funções discriminantes e escores de corte para enquadrar indivíduos ou áreas em grupos pré-estabelecidos.

Vários autores usaram técnicas multivariadas para investigar possíveis padrões em ecossistemas florestais no Brasil (BOTREL & OLIVEIRA, 2002; OLIVEIRA-FILHO et al., 2001; FERREIRA-JUNIOR, 2007; OLIVEIRA-FILHO & FONTES, 2000; GONZAGA et al., 2008; Carvalho et al., 2007). As principais avaliações envolvem a influência ambiental (topografia, condições edáficas e climáticas) sobre a distribuição das espécies e a formação de grupos fisionômicos por similaridade florística e estrutural. Porém, poucos trabalhos investigam o potencial de estoque de carbono, especialmente em formações florestais secundárias.

Neste sentido, nosso estudo teve como objetivos foram definidos para testar as seguintes hipóteses:

- a) As variáveis ambientais são relevantes para explicação do comportamento do estoque de carbono;
- b) As variáveis dendrométricas são relevantes para explicação do estoque de carbono na fitomassa e no estoque total;
- c) Existe correlação entre avanço dos estágios sucessionais e aumento dos estoques de carbono na fitomassa.
- d) As variáveis edáficas e topográficas influenciam a distribuição de espécies.
- e) Existe elevada similaridade florística entre os estágios sucessionais do PNI e diferentes fisionomias florestais do sudeste brasileiro.
- f) As variáveis selecionadas permitiram a criação de modelos de classificação de comunidades como de elevado ou baixo potencial de estoque.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados Microclimáticos

Para determinação das variáveis microclimáticas: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e luminosidade (lum/ft²), em cada estágio de regeneração florestal, foram instalados três aparelhos HOBO U12 Temp/RH/Light, um em cada estágio de regeneração. Os aparelhos foram fixados em suportes de policloreto de vinila (PVC) com auxílio de braçadeiras plásticas localizados a um metro de altura (Figura 20). Na porção superior da estrutura foi instalada uma lâmina de vidro translúcido de 25 cm x25 cm com o objetivo proteger o aparelho de chuva direta e permitir a passagem de luz.



Figura 20. (A) Material utilizado para instalação dos aparelhos; (B) Aparelho HOBO instalado (Medeiros et al., 2015).

Cada aparelho foi programado com auxílio do software HOBOWare (2010) para registrar diariamente as variáveis citadas, sempre ao meio-dia, horário em que a luminosidade é máxima e todas as áreas recebem radiação solar simultaneamente. A coleta dos dados foi realizada mensalmente, também com o auxílio do software HOBOWare (2010), totalizando 30 amostras mensais por estágio sucessional.

Análise Multivariada dos Dados

Para redução do espaço amostral e correlação das variáveis ambientais (edáficas, topográficas e microclimáticas) com o estoque de carbono e distribuição das espécies, foram empregadas diferentes análises reducionais e de correlação.

Primeiramente foi realizada a análise de correlação de Pearson (1901), a fim de determinar a existência de pressupostos teóricos que indiquem correlação entre as variáveis, dentre esses a colinearidade e a multicolinearidade. Valores de correlação acima de 0,6 foram considerados indicadores de colinearidade e multicolinearidade.

Posteriormente foram empregadas sucessivas Análises Fatoriais Multivariadas (AFM) (COSTA, 2014) associadas ao método dos componentes principais, para determinação dos escores de cada variável e formação dos grupos de variáveis latentes. Para tal, foi criada com auxílio do programa MICROSOFT EXCEL (2007), uma matriz composta por todas as variáveis em estudo, sendo essas: pH, Al, Ca+Mg, Ca, Mg, Na, K, P, COT, N, C/N, S, V, T, M, argila, areia, silte, cop, coam, AH, AF, H, temp., ur, area, declividade (decl.), posição na encosta (pos. enc.), sendo as variáveis nominais transformadas em variáveis numéricas (área - FEA = 1, FEM = 2 e FEI = 3; decl - 1 = 8% a 20%, 2 = 20% a 45%, 3 = 45% a 70%; pos enc. - terço

superior =1, terço médio = 2, terço inferior = 3; ur>80%=1, ur entre 60% e 80%=2, ur<60%=3; temp>20°C=1, temp entre 15°C e 19°C=2, temp<15°C=3, sendo as médias atribuídas à pastagem aquelas registradas pela estação meteorológica de Resende-RJ e obtidas no site do INMET-2019.

Para validação da Análise Fatorial Multivariada (AFM), o programa SPSS21 gerou os seguintes resultados: Matriz de correlação, que indica o grau de correlação entre as variáveis do espaço amostral. Matriz de comunalidade, que indicam quais variáveis explicam as maiores proporções da variância do espaço amostral, sendo estes valores variáveis entre próximo a 0 (baixa comunalidade) e próximo a 1 (alta comunalidade). Teste de esfericidade de Bartlett, sendo esperados resultados não significativos quando >0,05, condição que permite rejeitar a hipótese nula de que a matriz de correlação é idêntica a matriz identidade, ou seja, existe forte correlação entre as variáveis conforme observado na matriz de correlação. Considerou-se também o teste KMO, sendo esperado valor superior a 0,6, indicando que o uso do método dos componentes principais é razoável. A Tabela de Variância Explicada, que apresenta o percentual de variância acumulada explicada pelos inúmeros fatores gerados e também o número de fatores a que pode ser reduzido o espaço amostral. Gráfico de Sedimentação, que reforça o resultado obtido pela tabela de variância explicada, indicando os principais fatores a serem retidos na análise. A Matriz de Componente Rotativa, que apresenta o grau de correlação das variáveis com os fatores (ou variáveis latentes), permitindo, a partir da análise conjunta das principais variáveis, a nomeação de cada fator.

Após a seleção das variáveis ambientais indicadas pela AFM, foram empregadas análises de correspondência canônica (ACC) com o objetivo de ordenar o estoque de carbono nos diferentes compartimentos, bem como as espécies de acordo com as condições ambientais a que se correlacionam. Além das variáveis ambientais foi avaliada a eficiência de variáveis dendrométricas para a ordenação do estoque de carbono na fitomassa. Para construção das matrizes de ordenação do estoque no solo e distribuição das espécies, foram utilizadas às variáveis ambientais selecionadas pela AFM. Já para ordenação da fitomassa, foi coletada a área basal média de 10 parcelas, selecionadas aleatoriamente, em cada estágio sucessional, permitindo a ordenação das parcelas referentes aos diferentes estágios em função do potencial de estoque de carbono na fitomassa de cada área. Os gráficos de dispersão foram construídos com auxílio do suplemento por parcela (Byplot) do programa MICROSOFT EXCEL (2007) e a validação das análises foi realizada a partir da análise do grau de correlação significativo das espécies, os autovalores gerados, e as correlações canônicas significativas para cada variável.

Quanto à determinação de grupos distintos de espécies amostradas, e a similaridade entre esses grupos e outras comunidades florestais no sudeste brasileiro, foi empregada uma Análise de Cluster Hierárquico Aglomerativo (COSTA, 2014), com auxílio do SPSS 21. Os resultados gerados para validação da análise foram: Calendário de Agregação, que permite a construção do gráfico de coeficientes de fusão com base nos coeficientes gerados. Gráfico de Coeficiente de Fusão, que indica o número de grupos formados no conjunto de dados. Diagrama de Ickle, que apresenta os componentes dos grupos formados no conjunto de dados E o Dendrograma, que apresenta os grupos formados, suas inter-relações e a distância euclidiana que os separa.

Quanto à construção de funções discriminantes e determinação de escores de corte capazes de inserir novas áreas em categorias de elevado ou baixo potencial de estoque de carbono, foram utilizadas duas matrizes, construídas a partir das variáveis anteriormente selecionadas pelas análises reducionais e de ordenação. A primeira matriz foi constituída de uma variável dependente, “estoque de carbono no solo” (Y2), e 11 variáveis independentes “estoque de carbono na fitomassa” (Y1), ur (X1), temp. (X2), pH (X3), H+Al (X4), Mg (X5), Ca+Mg (X6), S (X7), G (X8), HT (X9) e argila (X10)”. A segunda matriz correlacionou

à variável dependente “estoque de carbono na fitomassa” (Y1) e, novamente, 11 variáveis independentes “estoque de carbono no solo” (Y2), ur (X1), temp. (X2), pH (X3), H+Al (X4), Mg (X5), Ca+Mg (X6), S (X7), G (X8), HT (X9) e argila (X10)”.

Vale ressaltar a atribuição de valores para intervalos de ur e temp, sendo: ur>80%=1, ur entre 60% e 80%=2, ur<60%=3; já temp>20°C=1, temp entre 15°C e 19°C=2, temp<15°C=3. As tabelas (44 e 45) a seguir apresentam as matrizes referentes a cada função discriminantes.

Tabela 41. Matriz de variáveis constituintes das funções discriminantes desenvolvidas para classificar potencial de estoque de carbono no solo florestal do Parque Nacional do Itatiaia –RJ e áreas similares.

Y1	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
1,00	2,00	2,00	4,24	14,45	0,25	0,46	0,59	0,030	9,391	641,50
1,00	2,00	2,00	4,36	13,32	0,43	0,62	0,73	0,020	11,214	648,75
1,00	2,00	2,00	4,29	12,18	0,32	0,32	0,39	0,011	8,100	672,00
1,00	2,00	2,00	4,18	12,97	0,32	0,36	0,43	0,023	9,828	701,75
1,00	2,00	2,00	4,17	14,52	0,34	0,34	0,39	0,015	10,778	702,00
1,00	2,00	2,00	4,22	14,82	0,33	0,33	0,38	0,016	10,261	710,00
1,00	2,00	2,00	4,13	15,26	0,31	0,31	0,38	0,012	9,278	714,50
1,00	2,00	2,00	4,16	14,00	0,31	0,31	0,40	0,025	11,063	737,50
1,00	2,00	2,00	4,08	14,15	0,48	0,52	0,63	0,014	9,360	800,25
1,00	2,00	2,00	4,17	13,87	0,53	0,78	0,91	0,065	11,313	703,14
1,00	1,00	3,00	4,17	13,30	0,47	0,42	0,57	0,019	8,350	528,25
1,00	1,00	3,00	4,13	15,10	0,43	0,32	0,45	0,018	11,286	580,50
1,00	1,00	3,00	4,16	14,12	0,32	0,54	0,73	0,010	8,750	649,00
1,00	1,00	3,00	4,19	15,96	0,47	0,60	0,77	0,013	9,800	658,00
1,00	1,00	3,00	4,09	12,76	0,50	1,25	1,38	0,017	10,087	669,50
2,00	1,00	3,00	4,13	13,35	0,69	0,42	0,54	0,016	12,056	680,25
2,00	1,00	3,00	4,03	12,99	0,40	0,78	0,92	0,022	13,412	680,50
2,00	1,00	3,00	4,32	13,62	0,61	1,08	1,25	0,029	13,176	709,25
2,00	1,00	3,00	4,38	12,28	0,80	0,83	0,97	0,014	9,000	820,50
2,00	1,00	3,00	4,27	13,57	0,67	0,36	0,45	0,014	12,150	821,50
2,00	3,00	1,00	4,01	12,61	0,75	0,62	0,85	0,019	9,444	550,25
2,00	3,00	1,00	4,13	11,56	0,63	0,61	0,84	0,009	6,231	615,25
2,00	3,00	1,00	4,10	11,36	0,59	0,52	0,73	0,009	7,357	628,00
2,00	3,00	1,00	4,07	15,32	0,51	0,69	1,01	0,012	7,808	638,50
2,00	3,00	1,00	4,17	14,18	0,70	0,64	0,94	0,006	4,667	638,50
2,00	3,00	1,00	4,09	11,94	0,62	0,39	0,61	0,009	8,083	660,75
2,00	3,00	1,00	4,16	11,77	0,38	0,39	0,59	0,014	9,474	662,00
2,00	3,00	1,00	4,09	13,52	0,36	0,42	0,62	0,011	8,364	679,50
2,00	3,00	1,00	4,19	16,60	0,49	0,40	0,54	0,013	8,700	705,50
2,00	3,00	1,00	4,19	13,57	0,37	0,47	0,62	0,008	6,941	767,75

Legenda: (Y1) Estoque de carbono na fitomassa, onde (1) Elevado estoque de carbono e (2) Estoque de carbono baixo, ur (X1), temp. (X2), pH (X3), H+Al (X4), Mg (X5), Ca+Mg (X6), S (X7), G (X8), HT (X9) e argila (X10).

Tabela 42. Matriz contendo as variáveis constituintes das funções discriminantes desenvolvidas para classificar potencial de estoque na fitomassa florestal do Parque Nacional do Itatiaia –RJ e áreas similares.

Y2	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
1,00	2,00	2,00	4,24	14,45	0,25	0,46	0,59	0,030	9,391	641,50
1,00	2,00	2,00	4,36	13,32	0,43	0,62	0,73	0,020	11,214	648,75
1,00	2,00	2,00	4,29	12,18	0,32	0,32	0,39	0,011	8,100	672,00
1,00	2,00	2,00	4,18	12,97	0,32	0,36	0,43	0,023	9,828	701,75
1,00	2,00	2,00	4,17	14,52	0,34	0,34	0,39	0,015	10,778	702,00
1,00	2,00	2,00	4,22	14,82	0,33	0,33	0,38	0,016	10,261	710,00
1,00	2,00	2,00	4,13	15,26	0,31	0,31	0,38	0,012	9,278	714,50
1,00	2,00	2,00	4,16	14,00	0,31	0,31	0,40	0,025	11,063	737,50
1,00	2,00	2,00	4,08	14,15	0,48	0,52	0,63	0,014	9,360	800,25
1,00	2,00	2,00	4,17	13,87	0,53	0,78	0,91	0,065	11,313	703,14
1,00	1,00	3,00	4,17	13,30	0,47	0,42	0,57	0,019	8,350	528,25
1,00	1,00	3,00	4,13	15,10	0,43	0,32	0,45	0,018	11,286	580,50
1,00	1,00	3,00	4,16	14,12	0,32	0,54	0,73	0,010	8,750	649,00
1,00	1,00	3,00	4,19	15,96	0,47	0,60	0,77	0,013	9,800	658,00
1,00	1,00	3,00	4,09	12,76	0,50	1,25	1,38	0,017	10,087	669,50
2,00	1,00	3,00	4,13	13,35	0,69	0,42	0,54	0,016	12,056	680,25
2,00	1,00	3,00	4,03	12,99	0,40	0,78	0,92	0,022	13,412	680,50
2,00	1,00	3,00	4,32	13,62	0,61	1,08	1,25	0,029	13,176	709,25
2,00	1,00	3,00	4,38	12,28	0,80	0,83	0,97	0,014	9,000	820,50
2,00	1,00	3,00	4,27	13,57	0,67	0,36	0,45	0,014	12,150	821,50
2,00	3,00	1,00	4,01	12,61	0,75	0,62	0,85	0,019	9,444	550,25
2,00	3,00	1,00	4,13	11,56	0,63	0,61	0,84	0,009	6,231	615,25
2,00	3,00	1,00	4,10	11,36	0,59	0,52	0,73	0,009	7,357	628,00
2,00	3,00	1,00	4,07	15,32	0,51	0,69	1,01	0,012	7,808	638,50
2,00	3,00	1,00	4,17	14,18	0,70	0,64	0,94	0,006	4,667	638,50
2,00	3,00	1,00	4,09	11,94	0,62	0,39	0,61	0,009	8,083	660,75
2,00	3,00	1,00	4,16	11,77	0,38	0,39	0,59	0,014	9,474	662,00
2,00	3,00	1,00	4,09	13,52	0,36	0,42	0,62	0,011	8,364	679,50
2,00	3,00	1,00	4,19	16,60	0,49	0,40	0,54	0,013	8,700	705,50
2,00	3,00	1,00	4,19	13,57	0,37	0,47	0,62	0,008	6,941	767,75

Legenda: (Y2) Estoque de carbono no solo, onde (1) Elevado estoque de carbono e (2) Estoque de carbono baixo, ur (X1), temp. (X2), pH (X3), H+Al (X4), Mg (X5), Ca+Mg (X6), S (X7), G (X8), HT (X9) e argila (X10).

Para validar as funções discriminantes, foram gerados: i) resumo do procedimento de classificação, que indicou o número de variáveis usadas na construção da função discriminante, bem como variáveis e dados não significativos ou perdidos; ii) matriz de correlação dentro do grupo, que indica existência de colinearidade ou multicolinearidade, sendo esperadas poucas correlações entre as variáveis; iii) tabela de valores próprios, que ao serem elevados ao quadrado originam o grau de explicação da variância (%) da função; iv) tabela de Lambda de Wilks, com valores entre 0 e 1, sendo ideal próximos a 0 em que não são gerados valores de significância superiores a 0,005; v) tabela de coeficientes, não padronizados, da função discriminante, para cada função discriminante; vi) tabela de funções em centróides de grupo e tabela de probabilidade a priori para grupos, com coeficientes a serem usados no cálculo do escore de corte; e vii) tabela de resultados da classificação, com o percentual de acertos na classificação de novas áreas, sendo o teste realizado com valores coletados da própria base de dados e com valores aleatórios.

RESULTADOS

Análises Microclimáticas

A tabela 46 apresenta as médias de temperatura e umidade relativa comparadas pelo teste. Já as médias mensais das respectivas variáveis são indicadas pelas Figuras 21 e 22.

Diferenças significativas foram observadas apenas entre os meses ao longo do ano, sendo essas variações resultantes das condições climáticas existentes entre as estações na região do PNI (BARRETO, 2013). Quanto a diferenças entre estágios sucessionais, observaram-se médias distintas apenas durante o mês de outubro, para variável umidade relativa, quando FEI apresentou valores inferiores às demais áreas. Esse comportamento pode estar associado às características estruturais do estágio inicial, como a maior ocorrência de clareiras e efeito de borda.

A ausência de médias significativamente distintas permitiu afirmar que a variação altitudinal e os diferentes estágios sucessionais não foram suficientes para originar condições microclimáticas específicas. Contudo, as médias anuais de temperatura, superiores a $>15^{\circ}\text{C}$ (FEA 19,10; FEM 19,97 e FEI 18,71) e umidade relativa $>83\%$ (FEA 84,4%; FEM 83,35%; FEI 86,26) confirmam, ao menos quanto aos critérios climáticos, tratarem-se as comunidades em estudo de um enclave de Floresta Ombrófila Densa, conforme descrito em IBGE (2013).

Tabela 43. Variáveis microclimáticas mensuradas em diferentes estágios sucessionais, comparadas pelo teste T de Tukey a 95% de probabilidade, Parque Nacional de Itatiaia-RJ.

TEMPERATURA DO AR (°C) CV=12,18 DELTA=3,3												
Área	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
FEA	21,47 Aab	22,21 Aa	20,41 A ab	18,9 A	17,17 Abc	16,65 Abc	15,01 Ac	16,13 Abc	19,54 A ab	21,15 A ab	19,59 A ab	20,98 Aab
FEI	21,18 Aa	21,42 a	20,07 A a	18,89 A ab	17 Ab	16,08 Ab	14,32 Ab	16,66 Ab	18,89 A ab	19,85 A ab	19,41 A ab	20,83 Aa
FEM	22,77 Aa	23,12 Aa	21,48 A a	19,89 A Aab	17,86 Ab	17,22 Ab	15,59 Ab	17,24 Ab	19,98 A ab	20,93 A ab	21,01 A ab	22,59 Aa

UMIDADE RELATIVA DO AR (%) CV=9,12 DELTA=11,28												
Área	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
FEA	80,82 Ab	81,07 Ab	87,25 Aab	89,87 Aab	93,04 Aa	91,28 Aab	88,56 Aab	87,1 Aab	71,9 Ac	76,6 AB bc	82,8 A ab	82,58 Aab
FEI	90,88 Aa	88,47 Aa	89,57Aa	89,68 Aa	89,19 Aa	87,24 Aab	84,91 Aab	81,47 Ac	76,45 Ab	80,59 A ab	87,58 A ab	89,12 Aa
FEM	85,77 Aa	85,48 Aa	87,00 Aa	87,33 Aa	84,14 Aa	89,93 Aa	88,1 Aa	81,22 Aa	78,65 Aa	66,53 B b	82,99 A a	83,16 Aa

Legenda: FEA: Floresta Ombrófila em estágio avançado, FEM: Floresta Ombrófila em estágio médio, FEI: Floresta Ombrófila em estágio inicial, Letras maiúsculas comparam médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar entre estágios sucessionais, letras minúsculas comparam as médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar em cada um dos estágios sucessionais.

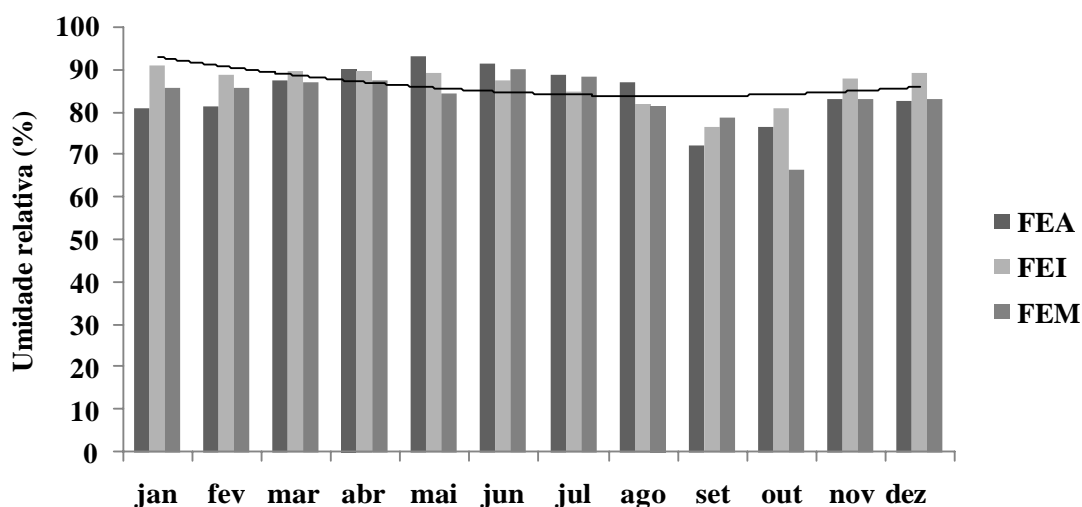


Figura 21. Distribuição das médias mensais de umidade relativa do ar nos diferentes estágios sucessionais, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

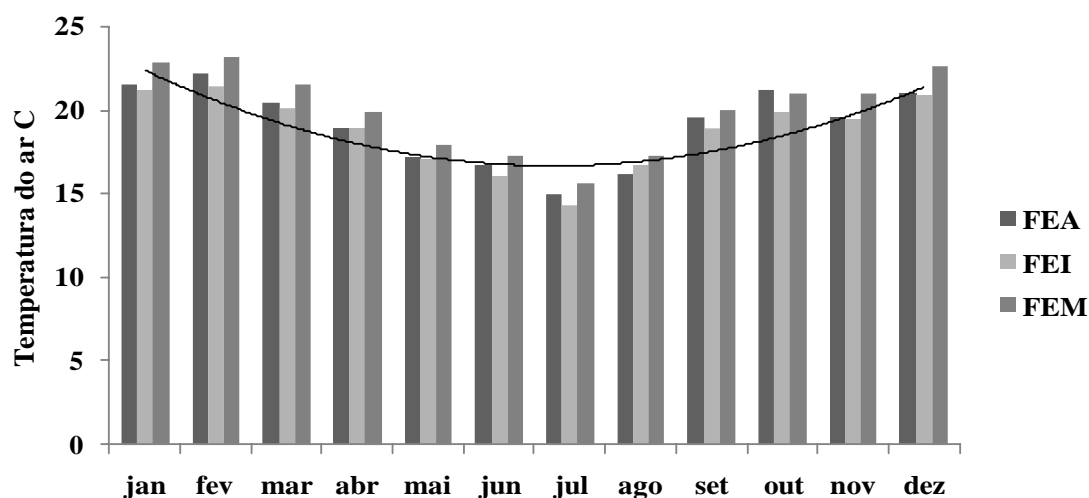


Figura 22. Distribuição das médias mensais de temperatura do ar nos diferentes estágios sucessionais, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

Correlação de Pearson

Para cada par de variáveis analisadas foram gerados coeficientes de correlação de Pearson, sendo apresentadas 784 correlações possíveis na base de dados, dentre as quais 89 significativas, indicando possível existência de multicolinearidade entre as mesmas. Destacam-se pelo alto nível de significância os pares de variáveis: ur e area (-,732**), temp. e ur (-,938**), pH e N (-,900**), pH e Al (-,942**), Mg e pH (-,853**), Mg e Al (,800**), Mg e H+Al (-,754*), H+Al e T (,764**), H+Al e V (-,824**), V e Mg (,940**), Na e decl. (,787**) e finalmente, S e Ca+Mg (,968*).

Esses resultados permitiram o emprego da análise fatorial multivariada e a redução do espaço amostral, bem como a determinação de variáveis latentes (COSTA, 2014). A tabela 47 apresenta os coeficientes da correlação de Pearson calculados para os pares de variáveis do espaço amostral.

Análise Fatorial Multivariada 1

Considerando o elevado número de correlações significativas observado na tabela 46, foi empregada a Análise Fatorial Multivariada 1 (AFM), que permitiu a redução do espaço amostral de 28 variáveis ambientais para 15, sendo essas formadoras de oito fatores principais. Esses fatores foram obtidos a partir da análise conjunta das variáveis com maior percentual de explicação da variância, apresentadas nos resultados gerados pelo programa SPSS 21. A tabela 48, a seguir, denominada “matriz de correlações”, apresenta as correlações existentes entre os pares de variáveis ambientais, corroborando em grande parte com os resultados indicado pelo coeficiente de correlação de Pearson.

A matriz de correlação aponta elevado número de correlações significativas entre variáveis ($>0,6$), o que indica que as variáveis envolvidas provavelmente são influenciadas pelos mesmos fatores ambientais. Já o teste de esfericidade de Bartlett apresentou resultado 0,00, o que permite rejeitar a hipótese nula de que a matriz de correlação é idêntica a matriz identidade, ou seja, existe forte correlação entre as variáveis, conforme observado na matriz de correlação. O teste KMO apresentou valores superiores a 0,6 (0,701) indicando que o uso do método dos componentes principais é razoável. A tabela 49 apresenta o grau de cumunalidade de cada variável, sendo esse extraído pelo método dos componentes principais.

Tabela 46. Matriz de cumunalidade entre variáveis ambientais coletadas no PNI – RJ.

Variáveis	Inicial	Extração
area	1	0,937
decl.	1	0,865
pos. enc.	1	0,875
ur	1	0,959
temp.	1	0,939
argila	1	0,799
areia	1	0,872
COT	1	0,693
N	1	0,938
C/N	1	0,532
pH	1	0,965
Al	1	0,944
H+Al	1	0,911
Mg	1	0,981
T	1	0,742
V	1	0,917
Na	1	0,833
K	1	0,925
P	1	0,922
Ca	1	0,869
Ca+Mg	1	0,944
S	1	0,950
M	1	0,717
COAM	1	0,813
AH	1	0,719
AF	1	0,889
COP	1	0,726
H	1	0,669

Legenda: pH, Al, Ca+Mg, Ca, Mg, Na, K, P, COT, N, C/N, S, V, T, M, argila, areia, silte, COP (carbono orgânico particulado), COAM (carbono orgânico associado aos minerais), AH (ácido húmico), AF (ácido fúlvico), H (humina), temperatura (temp.), umidade relativa (ur), area, decl. (declividade), pos. enc. (posição na encosta).

A elevada cumunalidade observada evidência que os componentes extraídos da base de dados explicam proporções elevadas das variáveis originais do espaço amostral, o que provavelmente permitirá um alto grau de explicação da variância, como veremos a seguir, na tabela 50.

Tabela 47. Tabela de variância explicada por cada variável componente do espaço amostral, coletada no PNI –RJ.

Componente	Valores próprios iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado			Somadas rotativas de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	6,448	23,03	23,03	6,448	23,03	23,03	5,645	20,16	20,16
2	5,335	19,054	42,084	5,335	19,054	42,084	5,181	18,503	38,663
3	4,032	14,4	56,484	4,032	14,4	56,484	3,274	11,693	50,356
4	2,358	8,42	64,904	2,358	8,42	64,904	2,534	9,051	59,407
5	1,964	7,013	71,918	1,964	7,013	71,918	1,97	7,035	66,442
6	1,44	5,142	77,06	1,44	5,142	77,06	1,9	6,787	73,229
7	1,216	4,343	81,402	1,216	4,343	81,402	1,855	6,623	79,852
8	1,057	3,774	85,176	1,057	3,774	85,176	1,491	5,324	85,176
9	0,895	3,198	88,374						
10	0,657	2,348	90,723						
11	0,631	2,253	92,976						
12	0,473	1,689	94,664						
13	0,363	1,298	95,962						
14	0,283	1,012	96,974						
15	0,224	0,8	97,774						
16	0,202	0,72	98,494						
17	0,149	0,532	99,026						
18	0,083	0,295	99,321						
19	0,073	0,261	99,582						
20	0,06	0,213	99,794						
21	0,027	0,098	99,892						
22	0,022	0,08	99,972						
23	0,007	0,023	99,995						
24	0,001	0,004	100						
25	0	0	100						
26	1,00E-13	1,00E-13	100						
27	-1,00E-13	-1,01E-13	100						
28	-1,00E-13	-1,01E-13	100						

O método de extração de dados por componentes principais indicou, conforme observado na tabela de explicação da variância total, que os oito primeiros componentes são responsáveis por 85,176% da explicação da variância dos dados, o que sugere que o espaço amostral pode ser reduzido de 28 para apenas oito dimensões, constituídas por 15 variáveis. O gráfico screeplot, ou gráfico de autovalores (Figura 23) corrobora essa afirmativa, indicando valores significativos até o componente oito, ponto a partir do qual o incremento de explicação da variância torna-se insignificante.

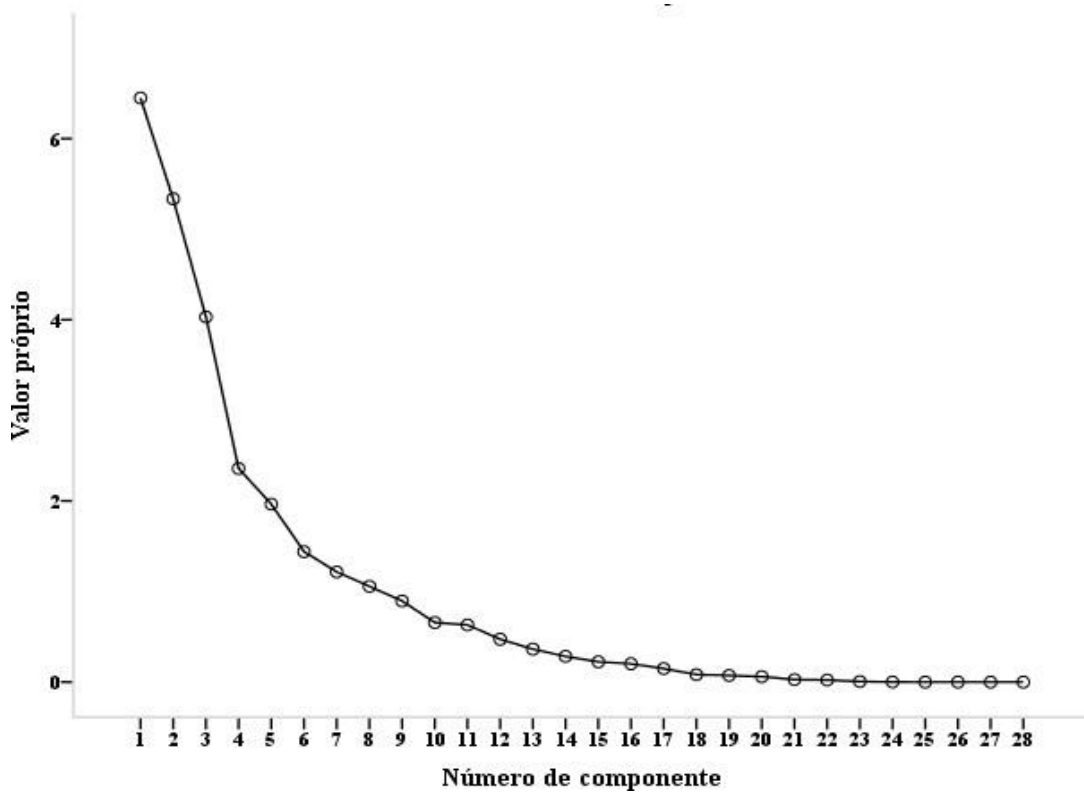


Figura 23. Gráfico de autovalores indicando o número de componentes retidos na análise, PNI–RJ.

Sendo verificada a possibilidade de redução do espaço amostral, foram produzidas duas matrizes de componentes, uma não padronizada e outra padronizada. A tabela 51, a seguir, apresenta a matriz de componentes, porém, os coeficientes ainda não estão padronizados.

Tabela 48. Matriz de componentes e seus respectivos coeficientes, Parque Nacional do Itatiaia

Variáveis	Componente							
	1	2	3	4	5	6	7	8
area	0,603	-0,532	0,443	-0,101	-0,264	-0,107	0,05	-0,029
decl.	0,306	0,126	0,683	-0,036	0,346	-0,094	-0,179	0,355
pos. enc.	0,284	0,113	0,765	-0,312	-0,299	0,036	0,092	0,02
ur	-0,541	0,776	0,073	-0,153	0,036	0,179	0,035	0,025
temp.	0,553	-0,74	-0,023	0,179	0,073	-0,197	-0,082	0,047
argila	0,176	-0,307	-0,391	-0,097	0,429	0,36	0,235	0,378
areia	-0,284	0,438	-0,154	0,467	-0,234	-0,425	0,202	0,286
COT	-0,495	-0,494	0,27	0,123	0,251	-0,202	0,034	0,102
N	0,766	0,409	-0,421	-0,042	-0,034	-0,04	0,054	0,019
C/N	0,015	-0,521	0,326	-0,018	-0,134	0,111	0,23	-0,267
pH	-0,611	-0,656	0,337	0,187	0,021	-0,009	-0,056	0,098
Al	0,625	0,681	-0,173	-0,193	0,135	0,05	0,025	0,02
H+Al	-0,861	0,247	0,207	-0,105	0,189	0,115	0,073	-0,031
Mg	0,882	0,241	-0,362	-0,106	-0,042	-0,012	0,02	-0,033
T	-0,428	0,628	-0,025	-0,239	0,244	0,159	0,141	-0,057
V	0,929	0,116	-0,18	-0,032	-0,052	-0,001	0,038	0,053
Na	0,243	0,167	0,815	-0,159	0,052	-0,011	0,03	0,231
K	0,017	0,452	0,597	-0,067	-0,405	0,237	0,301	-0,223
P	-0,041	0,136	-0,005	0,548	-0,483	-0,057	0,527	0,295
Ca	0,021	0,266	0,162	0,773	0,397	0,076	-0,101	0,019
Ca+Mg	0,610	0,039	0,274	0,575	0,196	0,328	-0,097	-0,098
S	0,577	0,148	0,427	0,509	0,089	0,358	-0,019	-0,133
M	0,03	0,641	0,364	-0,166	0,316	-0,093	-0,073	0,176
COAM	-0,213	-0,545	-0,057	-0,06	-0,14	0,655	-0,099	0,074
AH	-0,305	0,575	0,231	0,396	-0,138	-0,042	-0,176	-0,184
AF	-0,186	0,093	-0,253	0,011	-0,53	0,422	-0,239	0,516
COP	-0,107	-0,157	-0,329	0,112	0,405	0,144	0,61	-0,11
H	-0,297	0,257	-0,48	0,281	-0,226	0,048	-0,342	-0,187

– RJ.

Legenda: pH, Al, Ca+Mg, Ca, Mg, Na, K, P, COT, N, C/N, S, V, T, M, argila, areia, silte, COP (carbono orgânico particulado), COAM (carbono orgânico associado aos minerais), AH (ácido húmico), AF (ácido fúlvico), H (humina), temperatura (temp.), umidade relativa (ur), area, decl. (declividade), pos. enc. (posição na encosta). Valores em negrito apresentam correlação significativa entre o componente e a variável.

A matriz componente aponta a correlação significativa entre 13 variáveis e os respectivos componentes, sendo essas responsáveis por 50,35% do total da variância explicada. O componente 1 foi formado pelas variáveis área (0,907), N (0,760), pH (-,611), Al (0,625), H+Al (-0,861), Mg (0,882), V (0,929), Ca+Mg (0,610), acumulando 20,16% da variância total. Já o componente 2 foi constituído por pH (-0,656), Al (0,681), T (0,628), M (0,641), concentrando 18,50% da variância. Apenas outras três variáveis correlacionaram-se significativamente com o componente 3, sendo estas: decl. (0,683), pos. enc. (0,765), Na (0,815) responsáveis pela explicação de 11,69% da variância. Outras 15 variáveis não apresentaram correlação significativa com nenhum dos demais componentes, sendo necessário, portanto, apresentar a matriz de componentes rotativa (tabela 52), que permitiu identificar as correlações significativas entre as variáveis de cada componente e nomear as variáveis latentes constituintes de cada fator.

Tabela 49. Matriz de componentes rotativas e seus respectivos coeficientes, PNI– RJ.

Variáveis	Componente							
	1	2	3	4	5	6	7	8
area	0,059	-0,786	0,4	-0,019	-0,079	-0,102	0,372	-0,03
decl.	-0,001	-0,037	0,856	0,284	-0,083	-0,1	-0,166	-0,078
pos. enc.	0,078	-0,061	0,699	-0,052	-0,273	-0,043	0,544	0,039
ur	-0,005	0,957	0,053	-0,048	-0,142	0,101	0,036	0,082
temp.	-0,005	-0,927	0,04	0,112	0,154	-0,113	-0,135	-0,1
argila	0,105	-0,134	-0,023	0,005	0,800	-0,145	-0,249	0,216
areia	-0,01	0,262	-0,118	0,005	-0,2	0,828	-0,243	-0,069
COT	-0,776	-0,12	0,097	-0,046	0,121	0,017	-0,151	-0,167
N	0,947	-0,114	-0,045	0,064	0,06	0,079	-0,102	-0,044
C/N	-0,34	-0,372	0,029	0,004	0,103	-0,126	0,494	-0,085
pH	-0,957	-0,2	0,012	-0,011	0,033	-0,006	0	0,093
Al	0,904	0,249	0,2	0,106	0,02	-0,044	-0,066	-0,086
H+Al	-0,586	0,745	0,001	-0,103	0,005	-0,012	0,029	-0,032
Mg	0,94	-0,289	-0,005	0,055	0,073	-0,05	-0,033	-0,042
T	0,042	0,847	0,018	-0,082	0,08	-0,036	0,009	-0,087
V	0,831	-0,421	0,147	0,139	0,087	-0,012	0,013	-0,008
Na	-0,014	0,028	0,86	0,143	-0,143	-0,016	0,226	-0,03
K	0,098	0,348	0,325	0,121	-0,268	0,171	0,757	0,031
P	-0,007	-0,054	-0,073	0,136	0,065	0,897	0,24	0,169
Ca	-0,087	0,157	0,015	0,833	-0,013	0,223	-0,266	-0,15
Ca+Mg	0,262	-0,279	0,158	0,871	0,032	-0,051	0,1	0,004
S	0,265	-0,175	0,257	0,839	-0,039	-0,008	0,278	0,01
M	0,207	0,531	0,555	0,11	-0,137	-0,011	-0,16	-0,165
COAM	-0,379	-0,173	-0,209	0,026	0,281	-0,333	0,213	0,6
AH	-0,081	0,49	-0,064	0,362	-0,514	0,26	0,044	-0,061
AF	0,038	0,116	-0,127	-0,121	-0,092	0,194	-0,079	0,89
COP	-0,069	0,09	-0,298	0,054	0,725	0,101	0,071	-0,284

Legenda: pH, Al, Ca+Mg, Ca, Mg, Na, K, P, COT, N, C/N, S, V, T, M, argila, areia, silte, COP (carbono orgânico particulado), COAM (carbono orgânico associado aos minerais), AH (ácido húmico), AF (ácido fúlvico), H (humina), temperatura (temp.), umidade relativa (ur), area, decl. (declividade), pos. enc. (posição na encosta). Valores em negrito apresentam correlação significativa entre o componente e a variável.

A matriz de componentes rotativa apresentou modificações dentre as variáveis formadoras dos respectivos componentes, sendo observada, também, ligeira variação nos escores das variáveis coincidentes com tabela anterior.

O componente 1, correlaciona às variáveis COT, N, pH, Al, Mg e V, sendo nomeado como “variáveis edáficas relativas à fertilidade e matéria orgânica”. A importância da correlação entre tais variáveis decorre do aporte de material orgânico e da ciclagem de nutrientes para suprimento de cátions básicos, especialmente Ca e Mg, tendo em vista o predomínio de Sienitos, rochas básicas com elevados teores de Na e K, porém, pobres em Ca e Mg. Observações feitas por Machado (2011), em áreas similares na Mata Atlântica, indicam que tal deficiência pode ser suprida pela ciclagem de nutrientes.

Outras cinco variáveis formaram o componente 2, sendo estas: área, ur, temp., H+Al e T, permitindo nomear tal componente como “variáveis microclimáticas e a acidez potencial”,

tendo em vista que, apesar das sutis variações nas médias microclimáticas, o método de extração dos componentes principais foi capaz de identificar tais diferenças, bem como sua influência sobre a disponibilidade de nutrientes no solo.

Já o componente 3 se correlaciona às variáveis decl. e Na, sendo possível nomeá-lo como “mobilidade de cátions básicos”, considerando que com o aumento do declive há maior perda de Na devido pela sua elevada mobilidade, associada ao movimento das águas superficiais e subsuperficiais. O componente 4 (Ca, Ca+Mg e S) é indicativo da baixa fertilidade natural do solo, com médias muito baixas para essas variáveis, o que decorre, principalmente, do material de origem, sendo possível nomeá-lo como “baixa fertilidade natural”.

As seis variáveis restantes, argila e COP (componente 5), areia e P (componente 6), K (componente 7) e AF (componente 8) podem ser associadas ao material de origem e a matéria orgânica do solo, sendo agrupadas em um único fator que foi aqui denominado “estrutura do solo”, com base na associação entre variáveis granulométricas e do fracionamento da matéria orgânica que influenciam formação de agregados. A figura 24 indica a dispersão das variáveis do espaço amostral e suas correlações com cada um dos respectivos eixos (componentes).

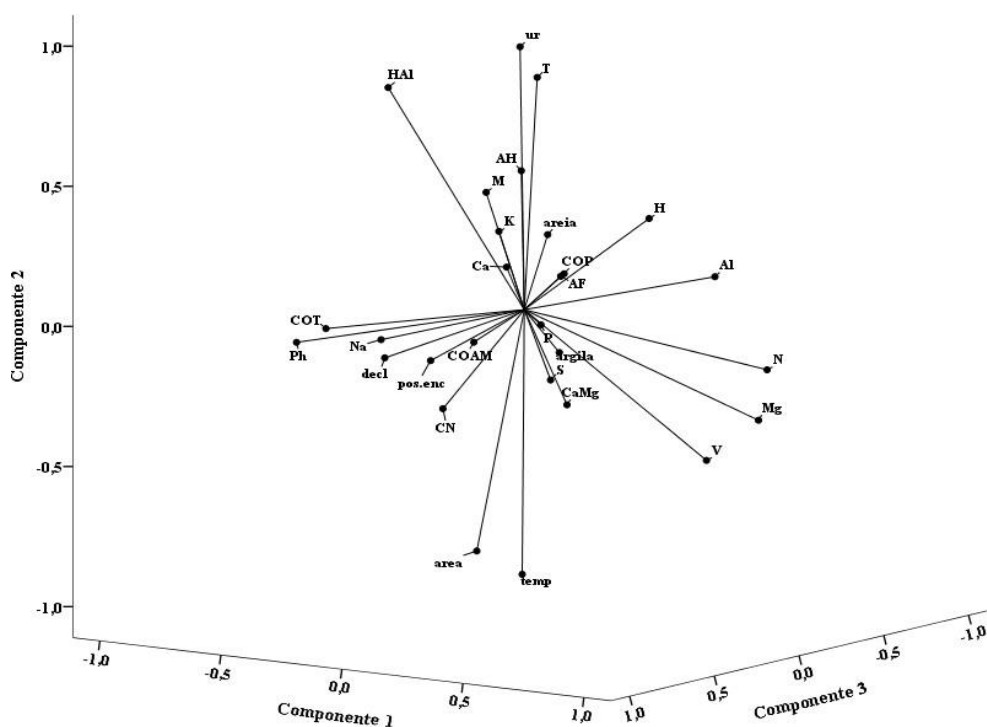


Figura 24. Gráfico de dispersão das variáveis e suas respectivas correlações com os componentes.

O gráfico de dispersão (Figura 24) indica, assim como a matriz de componentes rotativa, a formação de grupos de variáveis correlacionadas em cada um dos eixos (componentes), sendo que o comprimento dos vetores indica a relevância da variável para explicar a variância total.

Análise Fatorial 2 – Exclusiva das Variáveis Edáficas

Para reduzir ainda mais o espaço amostral, identificando às principais variáveis ambientais correlacionadas com os diferentes estágios sucessionais, foi realizada uma segunda análise fatorial, sendo utilizada apenas as 15 variáveis edáficas anteriormente selecionadas. A Tabela 53 apresenta a matriz correlação da nova análise com 15 variáveis.

Tabela 50. Matriz de correlações para verificação de colinearidade e multicolinearidade, entre variáveis ambientais coletadas no PNI –RJ.

	argila	areia	COT	N	C/N	pH	Al	H+Al	Mg	T	V	COAM	AH	AF	área
argila	1														
areia	-0,306	1													
COT	0,195	-0,064	1												
N	-0,09	0,573	-0,039	1											
C/N	0,004	-0,28	0,084	-0,283	1										
pH	0,335	-0,262	0,404	-0,423	0,39	1									
Al	-0,201	0,171	-0,327	0,438	-0,294	-0,821	1								
H+Al	-0,144	0,277	-0,215	0,428	-0,255	-0,718	0,694	1							
Mg	0,156	-0,391	0,174	-0,223	0,182	0,377	-0,206	-0,427	1						
T	-0,134	0,26	-0,193	0,436	-0,256	-0,713	0,714	0,991	-0,315	1					
V	0,158	-0,268	0,259	-0,254	0,176	0,476	-0,331	-0,638	0,879	-0,537	1				
COAM	0,361	-0,461	0,151	-0,192	0,192	0,367	-0,347	-0,246	0,311	-0,232	0,181	1			
AH	-0,446	0,345	-0,241	0,255	-0,307	-0,56	0,395	0,255	-0,399	0,245	-0,269	-0,377	1		
AF	0,002	0,194	-0,365	0,218	-0,112	-0,123	0,056	0,103	-0,145	0,093	-0,223	0,283	0,104	1	
area	0,005	-0,427	0,275	-0,427	0,45	0,64	-0,474	-0,677	0,516	-0,649	0,567	0,223	-0,326	-0,277	1

Legenda: pH, Al, Mg, H+Al, COT, N, C/N, V, T, argila, areia, silte, COAM (carbono orgânico associado aos minerais), AH (ácido húmico), AF (ácido fúlvico), temperatura (temp.), umidade relativa (ur), area.

A nova matriz de correlação apontou elevado número de correlações significativas entre variáveis (>0,6), o que indica que as variáveis envolvidas, provavelmente, são influenciadas pelos mesmos fatores ambientais. Já o teste de esfericidade de Bartlett apresentou resultado 0,00, o que permite rejeitar a hipótese nula de que a matriz de correlação é idêntica a matriz identidade, ou seja, existe forte correlação entre as variáveis, conforme observado na matriz de correlação. O teste KMO apresentou valores superiores a 0,6 (0,684) indicando que o uso do método dos componentes principais é razoável. A tabela 54 apresenta o grau de cumunalidade de cada variável, sendo esse extraído pelo método dos componentes principais.

Tabela 51. Matriz de cumunalidade entre variáveis ambientais coletadas no PNI – RJ.

Variáveis	Inicial	Extração
argila	1	0,645
areia	1	0,798
COT	1	0,712
N	1	0,683
C/N	1	0,42
pH	1	0,873
Al	1	0,837
H+Al	1	0,916
Mg	1	0,93
T	1	0,894
V	1	0,934
COAM	1	0,7
AH	1	0,623
AF	1	0,842

Legenda: pH, Al, Mg, H+Al, COT, N, C/N, V, T, argila, areia, silte, COAM (carbono orgânico associado aos minerais), AH (ácido húmico), AF (ácido fúlvico), temperatura (temp.), umidade relativa (ur), area.

Novamente, a cumunalidade observada pode ser considerada elevada, com todas as variáveis apresentando valores superiores a 0,6. Tais resultados indicam, mais uma vez, que os componentes extraídos da base de dados explicam proporções elevadas da variância das variáveis originais do espaço amostral, permitindo um elevado grau de explicação da variância, conforme observada na tabela 55.

Assim como na análise anterior, o método de extração de dados por componentes principais indicou, conforme observado na tabela de explicação da variância total, que os cinco primeiros componentes são responsáveis por 76,978% da explicação da variância dos dados, o que sugere que o espaço amostral pode ser reduzido de 15 para apenas oito dimensões, a serem constituídas pelas variáveis componentes de cada fator. A Figura 25 (*screeplot*, ou gráfico de autovalores) corrobora essa afirmativa, indicando valores significativos até o componente cinco, ponto a partir do qual o incremento de explicação da variância torna-se insignificante.

Tabela 52. Tabela de variância explicada por cada variável componente do espaço amostral, coletada no PNI –RJ.

Componente	Valores próprios iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado			Somadas rotativas de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	5,890	39,269	39,269	5,89	39,269	39,269	3,655	24,367	24,367
2	1,671	11,140	50,408	1,671	11,14	50,408	2,198	14,654	39,022
3	1,447	9,649	60,057	1,447	9,649	60,057	2,122	14,145	53,167
4	1,295	8,631	68,688	1,295	8,631	68,688	2,09	13,935	67,102
5	1,243	8,290	76,978	1,243	8,29	76,978	1,481	9,876	76,978
6	0,906	6,041	83,018						
7	0,695	4,635	87,653						
8	0,524	3,491	91,144						
9	0,401	2,673	93,816						
10	0,318	2,122	95,938						
11	0,254	1,690	97,629						
12	0,194	1,296	98,924						
13	0,111	0,739	99,663						
14	0,051	0,040	99,912						
15	0,000	0,000	100,000						

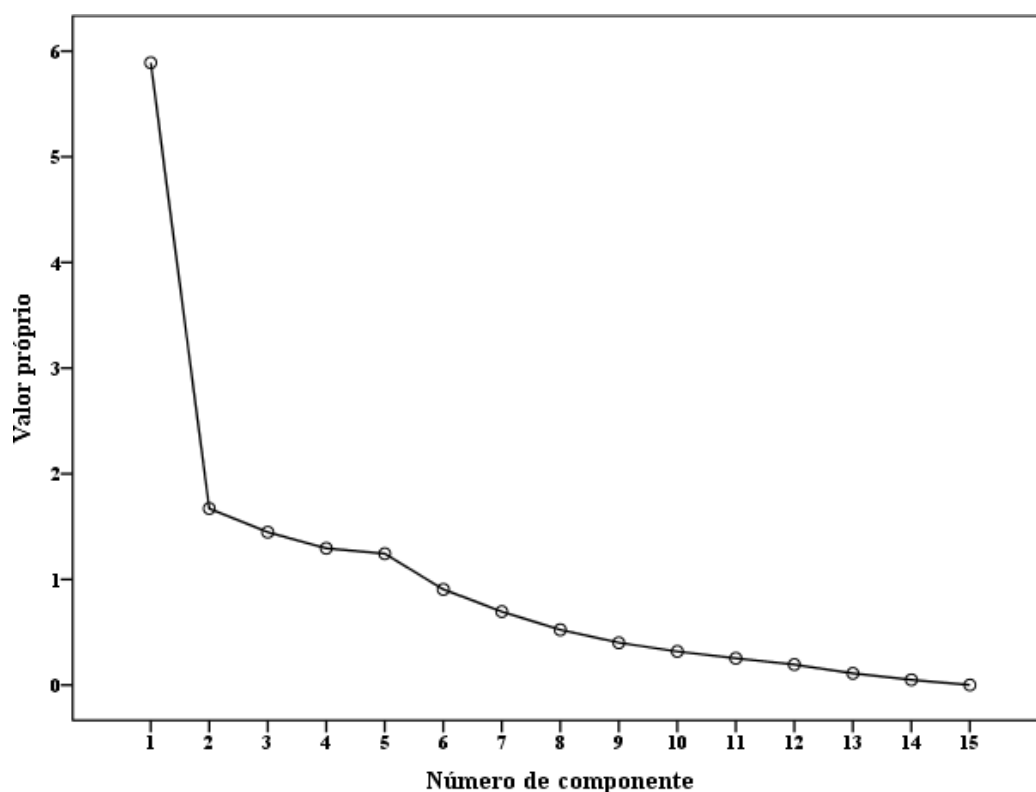


Figura 25. Gráfico de autovalores indicando o número de componentes retidos na análise, Parque Nacional do Itatiaia – RJ.

Após a verificação da possibilidade de redução do espaço amostral, foram produzidas duas matrizes de componentes principais, também através do método de extração dos componentes principais. A tabela 56 apresenta a matriz de componentes, porém, os coeficientes ainda não estão padronizados.

A matriz componente aponta a correlação significativa entre 10 variáveis e os respectivos componentes, sendo essas responsáveis por 52,95% do total da variância explicada. O componente 1 foi formado pelas variáveis pH (0,865), Al (-0,754), H+Al (-0,845), Mg (0,628), T (-0,813), V(0,706) e área (0,793), acumulando 24,367% da variância total. Já o componente 2 foi constituído por argila (0,642) e COAM (0,657), concentrando 14,654% da variância. Apenas uma variável (COT 0,706) correlacionou-se significativamente com o componente 4, sendo responsável pela explicação de 13,935% da variância. Outras cinco variáveis não apresentaram correlação significativa com nenhum dos demais componentes, sendo necessário, portanto, apresentar a matriz de componentes rotativa (Tabela 57), que permitiu identificar as correlações significativas entre as variáveis de cada componente e nomear as variáveis latentes constituintes de cada fator.

Tabela 53. Matriz de componentes e seus respectivos coeficientes, PNI – RJ.

Variáveis	Componentes				
	1	2	3	4	5
argila	0,327	0,642	0,038	0,352	0,027
areia	-0,534	-0,379	-0,364	0,423	0,24
COT	0,388	-0,059	0,184	0,706	-0,163
N	-0,579	0,006	-0,037	0,413	0,419
C/N	0,453	0,017	0,017	-0,254	-0,386
pH	0,865	0,016	-0,259	0,225	-0,082
Al	-0,754	0,054	0,466	-0,178	0,132
H+Al	-0,845	0,303	0,28	0,051	-0,172
Mg	0,628	0,027	0,505	-0,104	0,518
T	-0,813	0,301	0,363	0,052	-0,088
V	0,706	-0,216	0,358	0,003	0,512
COAM	0,46	0,657	-0,145	-0,115	0,153
AH	-0,573	-0,471	-0,121	-0,214	0,111
AF	-0,231	0,394	-0,593	-0,278	0,452
área	0,793	-0,267	0,115	-0,155	-0,044

Legenda: pH, Al, Ca+Mg, Ca, Mg, Na, K, P, COT, N, C/N, S, V, T, M, argila, areia, silte, COP (carbono orgânico particulado), COAM (carbono orgânico associado aos minerais), AH (ácido húmico), AF (ácido fúlvico), H (humina), temperatura (temp.), umidade relativa (ur), area, decl. (declividade), pos. enc. (posição na encosta). Valores em negrito apresentam correlação significativa entre o componente e a variável.

Tabela 54. Matriz de componentes rotativas e seus respectivos coeficientes, Parque Nacional do Itatiaia – RJ.

Variáveis	Componentes				
	1	2	3	4	5
argila	-0,042	0,042	0,798	0,017	-0,07
areia	-0,042	-0,291	-0,352	0,766	-0,027
COT	-0,276	0,064	0,344	0,153	-0,701
N	0,315	-0,057	-0,032	0,76	0,032
C/N	-0,256	-0,016	0,068	-0,585	-0,083
pH	-0,790	0,138	0,391	-0,207	-0,184
Al	0,854	0,043	-0,272	0,162	0,079
H+Al	0,863	-0,373	-0,013	0,179	-0,012
Mg	-0,121	0,918	0,22	-0,144	-0,045
T	0,888	-0,256	-0,001	0,197	-0,023
V	-0,362	0,881	0,075	-0,048	-0,137
COAM	-0,178	0,149	0,684	-0,218	0,362
AH	0,198	-0,147	-0,681	0,255	0,18
AF	-0,041	-0,144	0,16	0,283	0,845
área	-0,552	0,44	-0,014	-0,451	-0,193

Legenda: pH, Al, Mg, H+Al, COT, N, C/N, V, T, argila, areia, silte, COAM (carbono orgânico associado aos minerais), AH (ácido húmico), AF (ácido fúlvico), temperatura (temp.), umidade relativa (ur), área.

Novamente a matriz de componentes rotativa apresentou modificações entre as variáveis formadoras dos respectivos componentes, sendo observada, também, ligeira variação nos escores das variáveis em comparação com a tabela anterior.

O componente 1 correlaciona às variáveis pH (-0,790), Al (0,854), H+Al (0,863) e valor T (0,888), sendo possível nomeá-lo como “variáveis edáficas relativas à acidez ativa e acidez potencial”. Como citado anteriormente, a correlação entre tais variáveis decorre da baixa concentração de cátions básicos nos solos locais, sendo o material de origem rico apenas em Na e K, elementos facilmente perdidos devido a sua elevada mobilidade. Tais fatores favorecem a baixa fertilidade natural dos solos, com acidez ativa e potencial elevadas.

Outras duas variáveis formaram o componente 2, sendo estas: Mg (0,918) e V (0,888), sendo possível nomear tal componente como “variáveis edáficas relativas a cátions básicos” constituídas, tanto pelos cátions provenientes do material de origem local (Na e K), quanto pela ciclagem de nutrientes (Ca e Mg).

Quanto às variáveis restantes, argila (0,798), COAM (0,684) e AH (-0,681) (fator 3), areia (0,766) (fator 4), COT (-701) e AF (0,845) (fator 5), é possível agrupá-las em um único componente novamente denominado “estrutura do solo”, tendo em vista a relação existente entre frações granulométricas do solo e as diferentes frações da matéria orgânica. A figura 26, a seguir, indica a dispersão das variáveis do espaço amostral e suas correlações em cada um dos respectivos eixos (componentes).

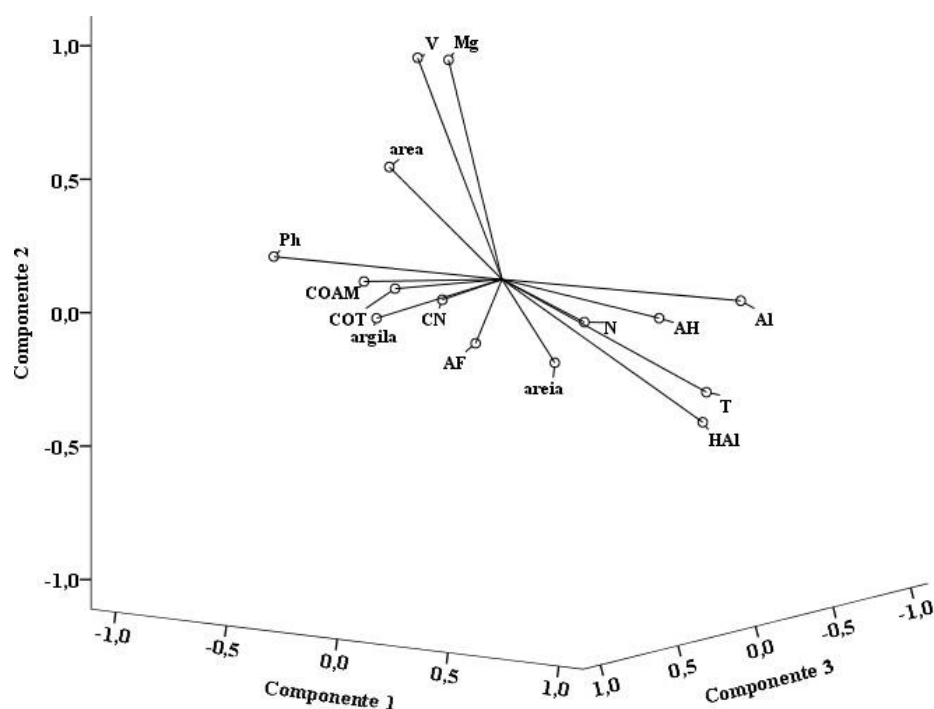


Figura 26. Autovalores indicando o número de componentes retidos na análise, Parque Nacional do Itatiaia – RJ.

O gráfico de dispersão referente as 15 variáveis edáficas mais significativas indica, assim como a matriz de componentes rotativa, a formação de grupos de variáveis correlacionadas em cada um dos eixos (componentes), sendo o comprimento dos vetores um indicativo da relevância da variável para a explicação da variância total dos dados.

Análise Fatorial 3

O novo conjunto de análises a serem apresentadas, tem por finalidade identificar as variáveis edáficas, microclimáticas, topográficas e dendrométricas capazes de ordenar os estoques de carbono no solo e na fitomassa dos diferentes estágios sucessionais. Neste sentido, foi empregada inicialmente uma análise fatorial multivariada correlacionando às seis variáveis dendrométricas CAP, DAP, G, HC, HT, VTCC com as variáveis peso seco total (PS TOTAL) e estoque de carbono total (EC TOTAL). Contudo, por se tratarem de variáveis derivativas, apenas um fator foi observado, concentrando mais de 99,9% de explicação da variância, condição que impediu a construção da matriz rotativa. As tabelas 58, 59, 60 e a figura 25 apresentam os *out puts* referentes à análise citada.

Como citado anteriormente, observam-se correlações positivas entre todas as variáveis no espaço amostral, indicando o predomínio de multicolinearidade no espaço amostral, sendo retido apenas um componente, conforme observado na tabela 59 abaixo e no gráfico screeplot, ou gráfico de autovalores (Figura 27).

Tabela 55. Matriz de correlações, realizada para verificação de colinearidade e multicolinearidade, entre variáveis ambientais coletadas no Parque Nacional do Itatiaia –RJ.

Variáveis	PS TOT	EC TOT	CAP	DAP	G	HC	HT	VT CC
PS TOT	1							
EC TOT	1	1						
CAP	0,996	0,996	1					
DAP	0,996	0,996	1	1				
G	0,993	0,993	1	1	1			
HC	0,999	0,999	0,999	0,999	0,997	1		
HT	0,999	0,999	0,999	0,999	0,997	1	1	
VT CC	1	1	0,996	0,996	0,993	0,999	0,999	1

Legenda: PS TOT (peso seco total), EC TOT (estoque de carbono total), CAP (circunferência a altura do peito), DAP (diâmetro a altura do peito), G (área basal), HC (altura comercial), HT (altura total), VT CC (volume total com casca).

Tabela 56. Matriz de cumunalidade entre variáveis ambientais coletadas no Parque Nacional do Itatiaia – RJ.

Variáveis	Inicial	Extração
PS TOT	1	0,998
EC TOT	1	0,998
CAP	1	0,998
DAP	1	0,998
G	1	0,995
HC	1	1
HT	1	1
VT CC	1	0,998

Legenda: PS TOT (peso seco total), EC TOT (estoque de carbono total), CAP (circunferência a altura do peito), DAP (diâmetro a altura do peito), G (área basal), HC (altura comercial), HT (altura total), VT CC (volume total com casca).

Tabela 57. Tabela de variância explicada por cada variável componente do espaço amostral, coletada no Parque Nacional do Itatiaia –RJ.

Comp	Valores próprios iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	7,984	99,805	99,805	7,984	99,805	99,805
2	0,016	0,195	100			
3	1,00E-13	1,04E-13	100			
4	1,00E-13	1,02E-13	100			
5	1,00E-13	1,01E-13	100			
6	-1,00E-13	-1,00E-13	100			
7	-1,00E-13	-1,04E-13	100			
8	-1,00E-13	-1,05E-13	100			

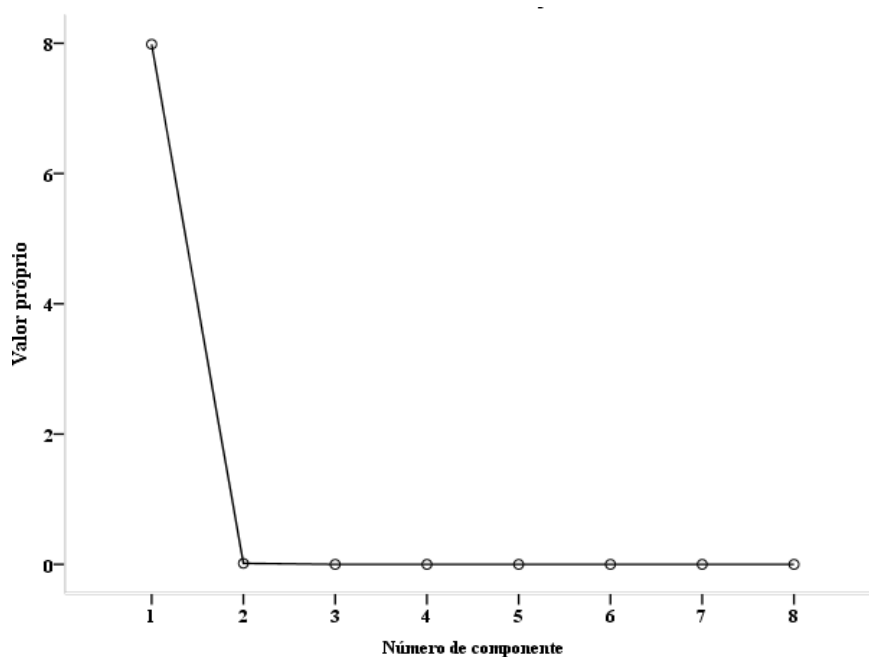


Figura 27. Gráfico de autovalores indicando o número de componentes retidos na análise, Parque Nacional do Itatiaia – RJ.

Considerando a elevada cumunalidade e elevado grau de explicação da variância associado a todas às variáveis analisadas, foi selecionada para utilização nas próximas correlações, a variável área basal (G) uma vez que a mesma tem importância na caracterização estrutural de comunidades florestais, pois deriva diretamente das variáveis CAP e DAP, podendo ser utilizada para o cálculo volumétrico, da estimativa da altura dos indivíduos através de relações hipsométricas, na obtenção de parâmetros fitossociológicos, além de se tratar de uma variável de fácil obtenção.

Análise de Correlação Canônica 1

Quanto a avaliação da ordenação de parcelas em função do estoque de carbono, uma análise prévia indicou elevada correlação entre as variáveis dendrométricas e o estoque de carbono total (EC TOTAL), tendo em vista a grande contribuição da fitomassa para o estoque de carbono. Contudo, uma parcela elevada da variância do estoque total não pode ser explicada apenas por variáveis dendrométricas, uma vez que uma parcela do estoque total está presente no solo. Por conseguinte, uma nova abordagem foi tomada, sendo separados os estoques de carbono na fitomassa (COT FITO) e solos (COT DS). Dessa forma foi possível empregar a variável dendrométrica área basal (G) na construção de uma matriz que correlacionou a média de G para 10 parcelas sorteadas sistematicamente em cada estágio sucessional, e o respectivo estoque de carbono na fitomassa calculado para essas mesmas parcelas. A utilização de apenas uma variável dendrométrica é resultado da elevada cumunalidade observada na análise fatorial, condição que viabilizou a ordenação da variável COT FITO a partir da variável G.

O gráfico de ordenação (Figura 28) é resultado da análise de correlação canônica que apresenta a ordenação das referidas parcelas de acordo com os respectivos estoques de carbono na fitomassa, calculados a partir da área basal. A elevada capacidade de ordenação das parcelas, em função do estoque de carbono em cada área, pode ser observada na Tabela 61, sendo a área basal a variável dependente ordenada.

Tabela 58. Autovalores e correlação canônica das variáveis ordenativas, PNI – RJ.

Variáveis	Autovalores individuais	Autovalores	% Acumulado de autovalores	Correlação canônica ao quadrado	Correlações canônicas
EC FEA	-0,945	0,105	0,309	1	1
EC FEM	0,693	0,429	0,577	1	1
EC FEI	0,254	-0,923	0,287	1	1

Legenda: EC FEA (estoque de carbono no estágio avançado), EC FEM (estoque de carbono no estágio médio) e EC FEI (estoque de carbono no estágio inicial).

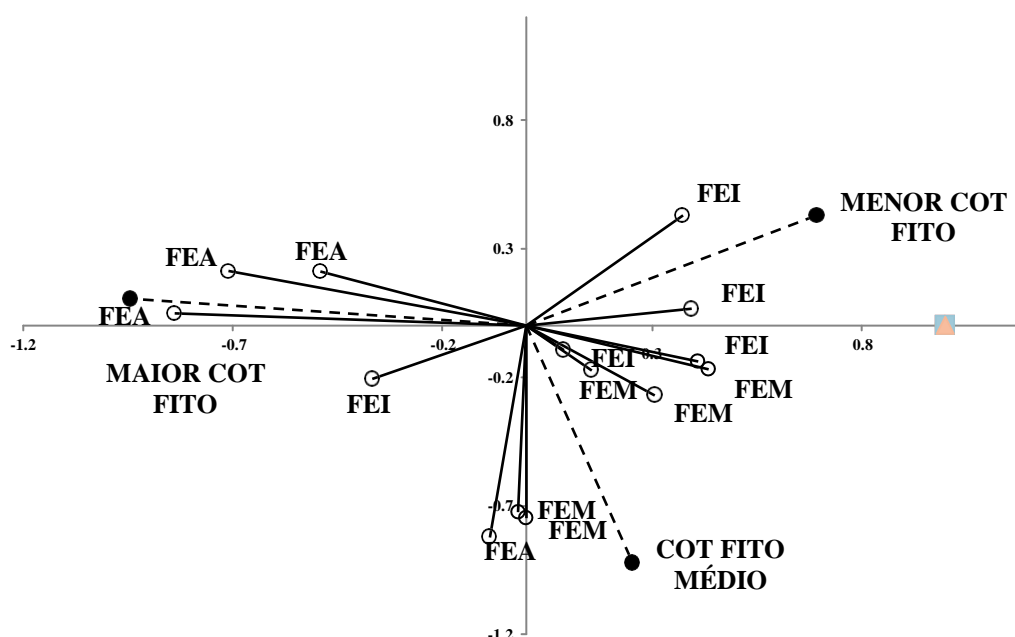


Figura 28. Gráfico de dispersão indicando a capacidade de ordenação das variáveis independentes, Parque Nacional do Itatiaia –RJ.

8.5.7. Análise de Correlação Canônica 2

Quanto a ordenação do estoque de carbono no solo (COT DS) por variáveis edafoclimáticas e topográficas, a análise de correlação canônica 2 (ACC 2) promoveu a ordenação dos estoques de COT DS, COT FITO e PS por variáveis ambientais, sendo observada uma correlação apenas entre tais variáveis e COT DS, com COT FITO e PS não correlacionadas significante com qualquer variável. Tal resultado corrobora com a afirmativa apresentada na ACC1, que indica correlações positivas entre estoque de carbono na fitomassa e peso seco apenas para variáveis dendrométricas.

O gráfico de dispersão com o resultado da ACC2e a ordenação promovida pelas variáveis ambientais e o estoque de carbono no solo é mostrado na Figura 28. Já na tabela 62, se observa a elevada correlação canônica entre COT (DS) e as variáveis edáficas, bem como correlações inferiores para variáveis relativas a peso seco total PS e estoque de carbono na fitomassa, uma vez que, tais variáveis correlacionam-se significativamente apenas com variáveis dendrométricas.

Tabela 59. Autovalores e correlação canônica das variáveis ordenativas, PNI– RJ.

Variáveis	Valores individuais	Auto valores	% Acumulado de autovalores	Correlação canônica ao quadrado	Correlações canônicas
COT (DS)	10,763	115,843	0,956	0,991	0,995
PS TOT	1,962	3,851	0,032	0,793	0,891
EC FITO	1,204	1,450	0,012	0,591	0,769

Legenda: PS TOT (peso seco total), EC TOT (estoque de carbono total) e EC FITO (estoque de carbono na fitomassa).

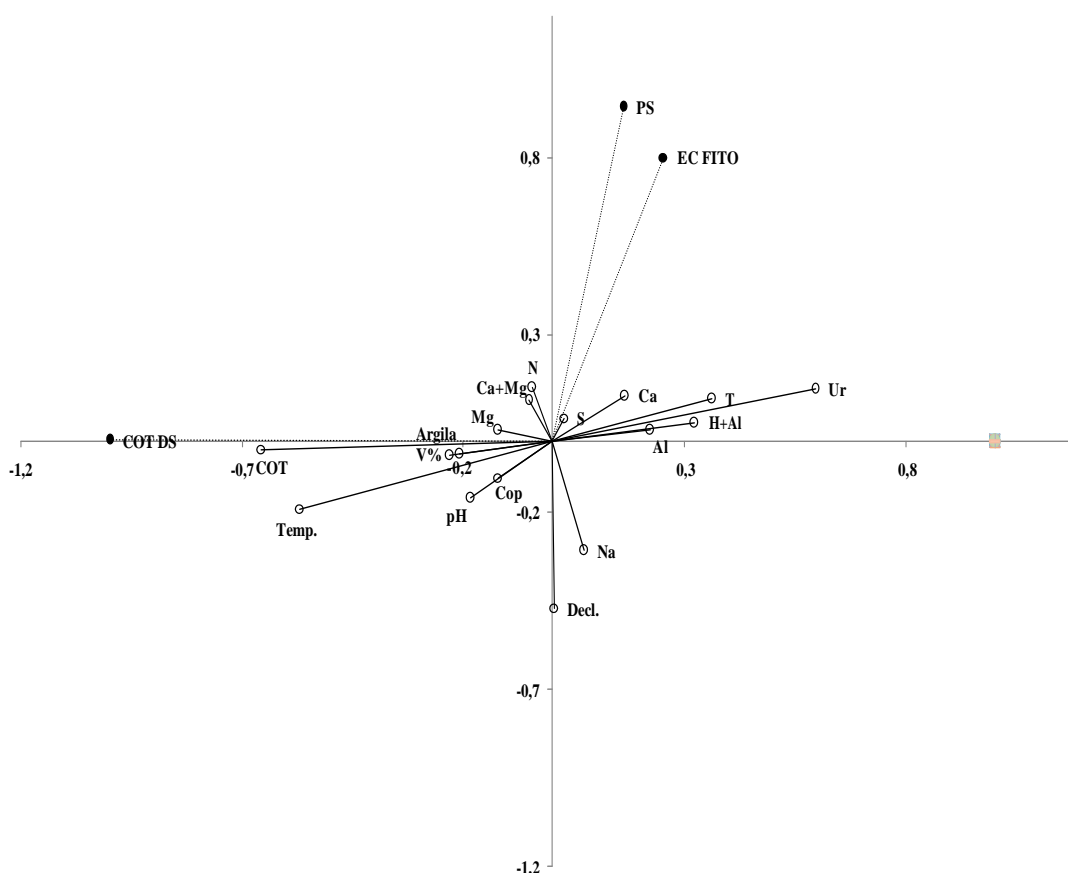


Figura 29. Dispersão indicando a capacidade de ordenação das variáveis independentes, Parque Nacional do Itatiaia –RJ.

Análise de Correlação Canônica 3

Quanto a ordenação das espécies por variáveis microclimáticas (ur e temp.) e edáficas (pH, H+Al, Mg, Ca+Mg, S) mais significativas, verificadas ao longo de todas as análises realizadas, a análise de correlação canônica 3 (Tabela 63) finalmente permitiu verificar a capacidade de ordenação das espécies pelas principais variáveis edáficas e microclimáticas, selecionadas ao longo das inúmeras variáveis anteriores. Foram observadas correlações canônicas elevadas para ur, temp. e pH, e correlações intermediárias com Mg, sendo as demais variáveis não significativas na ordenação das espécies.

Tabela 60. Autovalores e correlação canônica das variáveis ordenativas, PNI– RJ.

Variáveis	Valores individuais	Auto valores	% Acumulado de autovalores	Correlação canônica ao quadrado	Correlações canônicas
ur	7,505035227	56,32555376	0,746514199	0,982555773	0,991239513
temp.	3,699427075	13,68576068	0,927899272	0,93190683	0,965353215
pH	1,997855466	3,991426464	0,980799889	0,799656469	0,894235131
Mg	0,970252018	0,941388978	0,993276646	0,484904874	0,696351114
Ca+Mg	0,513951316	0,264145956	0,996777521	0,208952103	0,45711279
H+Al	0,397634155	0,158112921	0,99887308	0,136526342	0,369494712
S	0,291595099	0,085027702	1	0,078364544	0,279936679
<i>Sum of eigenvalues</i>		75,45141646			

Legenda: pH, Mg, Ca+Mg+,H+Al, S, temperatura (temp.), umidade relativa (ur).

O gráfico de dispersão (Figura 30) corrobora as correlações canônicas geradas, em que temp. e pH são responsáveis por ordenar espécies mais tolerantes a variações ambientais, e ur e Mg pela ocorrência de espécies mais restrita a condições ambientais específicas. Um terceiro grupo (quadrante direito inferior) não tem correlação com nenhuma variável ordenadora.

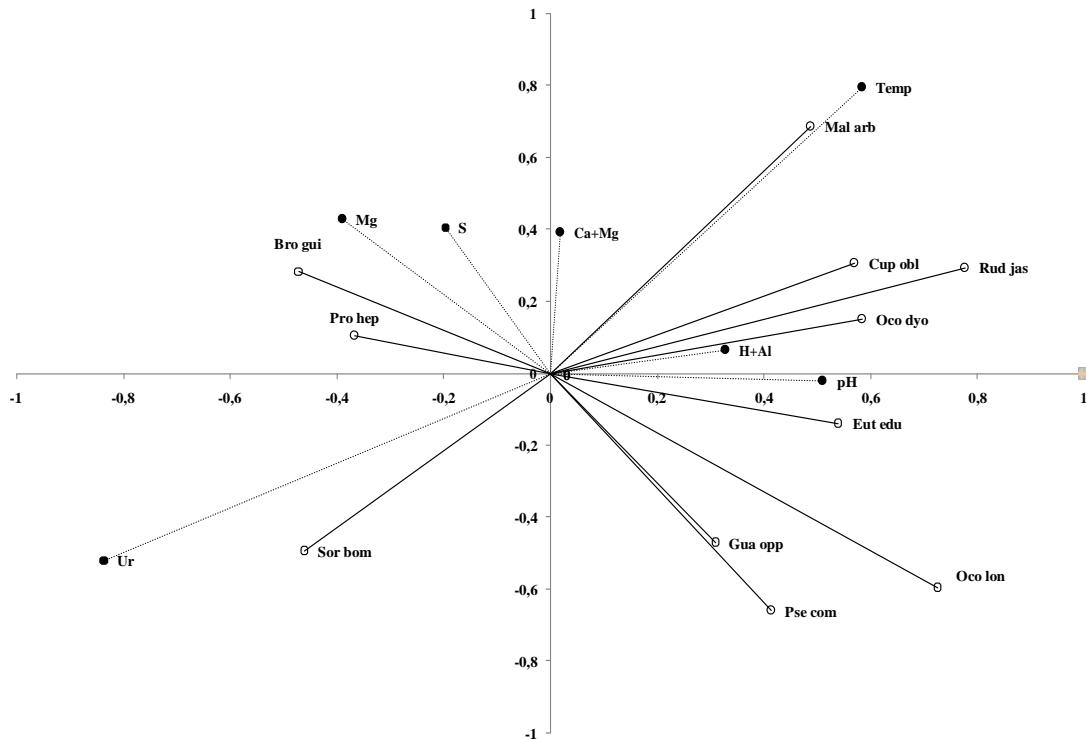


Figura 30. Dispersão indicando a capacidade de ordenação das variáveis independentes, Parque Nacional do Itatiaia –RJ.

Análise de Agrupamento de Cluster Hierárquico Aglomerativo 1

Considerando a fisionomia Ombrófila Densa no PNI como enclave dessa subformação de Mata Atlântica, no Médio Vale do Paraíba do Sul, foi usada a análise de cluster hierárquico aglomerativo para verificar similaridade florística dessa comunidade com outras fisionomias florestais de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil. Foram coletadas informações sobre diversidade e estrutura fitossociológica de espécies em 19 estudos (Tabela 64), formando banco de dados com informações dos três estágios sucessionais de floresta Ombrófila do PNI.

Tabela 61. Lista de estudos consultados para obtenção da variável índice de valor de importância (IVI), bem como o local de realização dos estudos e formação florestal de Mata Atlântica predominante.

AUTOR	ESPÉCIES	LOCAL	OBS	IVI
BOREM & OLIVEIRA FILHO (2002)	<i>Cecropiaglaziovii</i>	SILVA JARDIM - RJ	FODSM	51,3
	<i>Cecropiahololeuca</i>	SILVA JARDIM - RJ	FODSM	8,4
	<i>Cestrummictum</i>	SILVA JARDIM - RJ	FODSM	8,2
	<i>Cupaniaemarginata</i>	SILVA JARDIM - RJ	FODSM	14,0
	<i>Piptadeniagonoacantha</i>	SILVA JARDIM - RJ	FODSM	10,8
	<i>Senna multijuga</i>	SILVA JARDIM - RJ	FODSM	11,4
	<i>Solanumcinnamomeum</i>	SILVA JARDIM - RJ	FODSM	9,2
	<i>Tibouchinamutabilis</i>	SILVA JARDIM - RJ	FODSM	27,5
	<i>Vernonanthuradiffusa</i>	SILVA JARDIM - RJ	FODSM	23,7
	<i>Vernonanthuradiscolor</i>	SILVA JARDIM - RJ	FODSM	38,0
BOTREL & OLIVEIRAFILHO (2002)	<i>Casearia sylvestris</i>	INGAÍ - MG	FESDSM	6,7
	<i>Copaiferalangsdorffii</i>	INGAÍ - MG	FESDSM	38,8
	<i>Lithraeamolleoides</i>	INGAÍ - MG	FESDSM	7,4
	<i>Lueheadivaricata</i>	INGAÍ - MG	FESDSM	5,8
	<i>Machaeriumvillosum</i>	INGAÍ - MG	FESDSM	11,8
	<i>Mataybaelaeagnoides</i>	INGAÍ - MG	FESDSM	9,2
	<i>Myrciavenulosa</i>	INGAÍ - MG	FESDSM	6,0
	<i>Myrsineumbellata</i>	INGAÍ - MG	FESDSM	17,1
	<i>Tapiriraguianensis</i>	INGAÍ - MG	FESDSM	16,0
	<i>Tapirira obtusa</i>	INGAÍ - MG	FESDSM	13,5
CARVALHO (2007)	<i>Apuleialeiocarpa</i>	RIO BONITO - RJ	FODSM	10,0
	<i>Cupaniaoblongifolia</i>	RIO BONITO - RJ	FODSM	10,0
	<i>Guapirantida</i>	RIO BONITO - RJ	FODSM	7,6
	<i>Helicostylis tomentosa</i>	RIO BONITO - RJ	FODSM	8,4
	<i>Lacistemapubescens</i>	RIO BONITO - RJ	FODSM	6,9

Continua...

Tabela 64: Continuação.

AUTOR	ESPÉCIES	LOCAL	OBS	IVI
CARVALHO (2007)	<i>Psychotriavellosiana</i>	RIO BONITO - RJ	FODSM	6,6
	<i>Machaerium brasiliense</i>	RIO BONITO - RJ	FODSM	8,9
	<i>Simarouba amara</i>	RIO BONITO - RJ	FODSM	6,5
	<i>Siparunaguianensis</i>	RIO BONITO - RJ	FODSM	15,4
	<i>Xylopiasericea</i>	RIO BONITO - RJ	FODSM	6,6
CRUZ (2013)	<i>Artocarpusheterophyllus</i>	MACAÉ - RJ	FOD	63,1
	<i>Crotonfloribundus</i>	MACAÉ - RJ	FOD	18,4
	<i>Cupaniavernalis</i>	MACAÉ - RJ	FOD	15,6
	<i>Eugenia tinguyensis</i>	MACAÉ - RJ	FOD	16,5
	<i>Ficusadhatodifolia</i>	MACAÉ - RJ	FOD	12,3
	<i>Guapiraopposita</i>	MACAÉ - RJ	FOD	24,2
	<i>Guareamacrophylla</i>	MACAÉ - RJ	FOD	13,0
	<i>Ocoteadivaricata</i>	MACAÉ - RJ	FOD	10,9
	<i>Oxandranitida</i>	MACAÉ - RJ	FOD	11,6
<i>Senefelderaverticilata</i>	MACAÉ - RJ	FOD	19,8	
DAN (2010)	<i>Anadenanthera colubrina</i>	SÃO JOSÉ DO UBÁ - RJ	FESDSM	10,6
	<i>Apuleialeiocarpa</i>	SÃO JOSÉ DO UBÁ - RJ	FESDSM	21,7
	<i>Dalbergianigra</i>	SÃO JOSÉ DO UBÁ - RJ	FESDSM	15,1
	<i>Erythroxylumpulchrum</i>	SÃO JOSÉ DO UBÁ - RJ	FESDSM	4,2
	<i>Gallesiaintegrifolia</i>	SÃO JOSÉ DO UBÁ - RJ	FESDSM	18,3
	<i>Guareaguidonia</i>	SÃO JOSÉ DO UBÁ - RJ	FESDSM	13,0
	<i>Lonchocarpuscultratus</i>	SÃO JOSÉ DO UBÁ - RJ	FESDSM	4,9
	<i>Simarouba amara</i>	SÃO JOSÉ DO UBÁ - RJ	FESDSM	4,4
	<i>Siparunaguianensis</i>	SÃO JOSÉ DO UBÁ - RJ	FESDSM	6,3
	<i>Vochysia sp.1</i>	SÃO JOSÉ DO UBÁ - RJ	FESDSM	6,8
FEA	<i>Cupaniaoblongifolia</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	9,2
	<i>Euterpe edulis</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	38,4
	<i>Guapiraopposita</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	14,3

Continua...

Tabela 64. Continuação

AUTOR	ESPÉCIES	LOCAL	OBS	IVI
FEI	<i>Licaniakunthiana</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	6,0
	<i>Ocoteadyospirifolia</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	15,6
	<i>Ocotealongifolia</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	5,3
	<i>Pterocarpusrohrii</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	6,2
	<i>Rudgeajasminoides</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	14,9
	<i>Tapiriraguianensis</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	7,1
	<i>Vockysiabifalcata</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	7,6
	<i>Anibafirmula</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	6,9
	<i>Astrocaryumaculeatissimum</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	6,1
	<i>Brosimum guianense</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	24,8
	<i>Ficusgomelleira</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	6,3
	<i>Guapiraopposita</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	12,2
	<i>Malouetiaarborea</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	9,3
	<i>Myrciasplendens</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	6,6
	<i>Protiumheptaphyllum</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	10,8
	<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	19,0
	<i>Soroceabomplandii</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM	17,5
	FEM	<i>Bathysaaustralis</i>	ITATIAIA - RJ	FOSSM
<i>Bauhiniaforficata</i>		ITATIAIA - RJ	FOSSM	9,8
<i>Cupaniaoblongifolia</i>		ITATIAIA - RJ	FOSSM	24,9
<i>Dalbergianigra</i>		ITATIAIA - RJ	FOSSM	6,9
<i>Euterpe edulis</i>		ITATIAIA - RJ	FOSSM	42,0
<i>Malouetiaarborea</i>		ITATIAIA - RJ	FOSSM	12,6
<i>Ocotealongifolia</i>		ITATIAIA - RJ	FOSSM	6,1
<i>Protiumheptaphyllum</i>		ITATIAIA - RJ	FOSSM	6,6
<i>Pseudopiptadenia contorta</i>		ITATIAIA - RJ	FOSSM	6,2
<i>Vockysiabifalcata</i>		ITATIAIA - RJ	FOSSM	6,9
GUEDES BRUNI (2006)	<i>Calophyllum brasiliense</i>	SILVA JARDIM - RJ	FOD	11,8

Continua...

Tabela 64. Continuação

AUTOR	ESPÉCIES	LOCAL	OBS	IVI
GUEDES BRUNI (2006)	<i>Eriothecapentaphylla</i>	SILVA JARDIM - RJ	FOD	18,7
	<i>Euterpe edulis</i>	SILVA JARDIM - RJ	FOD	11,0
	<i>Guareakunthiana</i>	SILVA JARDIM - RJ	FOD	8,7
	<i>Platymisciumfloribundum</i>	SILVA JARDIM - RJ	FOD	9,3
	<i>Pseudobombaxgrandiflorum</i>	SILVA JARDIM - RJ	FOD	8,1
	<i>Symphoniaglobulifera</i>	SILVA JARDIM - RJ	FOD	16,2
	<i>Tabebuia cassinoides</i>	SILVA JARDIM - RJ	FOD	10,9
	<i>Tabebuia umbellata</i>	SILVA JARDIM - RJ	FOD	13,8
	<i>Xylopia brasiliensis</i>	SILVA JARDIM - RJ	FOD	13,2
IVANAUSKAS (1999)	<i>Copaiferalangsdorffii</i>	ITATINGA - SP	FESDSM	32,8
	<i>Dendropanaxcuneatum</i>	ITATINGA - SP	FESDSM	16,8
	<i>Endlicheriapaniculata</i>	ITATINGA - SP	FESDSM	10,8
	<i>Lithraeamolleoides</i>	ITATINGA - SP	FESDSM	19,2
	<i>Mataybaelaeagnoides</i>	ITATINGA - SP	FESDSM	21,5
	<i>Myrciaramulosa</i>	ITATINGA - SP	FESDSM	11,7
	<i>Ocoteacorymbosa</i>	ITATINGA - SP	FESDSM	8,7
	<i>Pera glabrata</i>	ITATINGA - SP	FESDSM	9,6
	<i>Protium almecega</i>	ITATINGA - SP	FESDSM	13,6
<i>Rapaneaumbellata</i>	ITATINGA - SP	FESDSM	9,2	
IVANAUSKAS (2000)	<i>Aspidospermacylindrocarpon</i>	PIRACICABA - SP	FED	9,6
	<i>Cereushildmanianus</i>	PIRACICABA - SP	FED	44,7
	<i>Chorisiapeciosa</i>	PIRACICABA - SP	FED	11,1
	<i>Coccolobacordifolia</i>	PIRACICABA - SP	FED	10,9
	<i>Eugenia florida</i>	PIRACICABA - SP	FED	39,9
	<i>Eugenia ligustrina</i>	PIRACICABA - SP	FED	10,4
	<i>Eugenia uniflora</i>	PIRACICABA - SP	FED	29,6

Continua...

Tabela 64. Continuação.

AUTOR	ESPÉCIES	LOCAL	OBS	IVI
IVANAUSKAS (2000)	<i>Lueheadivaricata</i>	PIRACICABA - SP	FED	12,3
	<i>Pseudobombaxgrandiflorum</i>	PIRACICABA - SP	FED	28,2
	<i>Sebastianiaserrata</i>	PIRACICABA - SP	FED	13,4
KURTZ E ARAÚJO (2000)	<i>Calycorectessellowianus</i>	CACHOEIRA DE MACACU - RJ	FODSM	10,6
	<i>Chrysophyllumflexuosum</i>	CACHOEIRA DE MACACU - RJ	FODSM	12,0
	<i>Chrysophyllumlucentifolium</i>	CACHOEIRA DE MACACU - RJ	FODSM	9,1
	<i>Euterpe edulis</i>	CACHOEIRA DE MACACU - RJ	FODSM	14,6
	<i>Gallesiaintegrifolia</i>	CACHOEIRA DE MACACU - RJ	FODSM	12,8
	<i>Guareakunthiana</i>	CACHOEIRA DE MACACU - RJ	FODSM	7,8
	<i>Lonchocarpusfilipes</i>	CACHOEIRA DE MACACU - RJ	FODSM	8,6
	<i>Neoraputia magnifica</i>	CACHOEIRA DE MACACU - RJ	FODSM	16,9
	<i>Pausandramegalophylla</i>	CACHOEIRA DE MACACU - RJ	FODSM	7,2
	<i>Psychotriasubspathacea</i>	CACHOEIRA DE MACACU - RJ	FODSM	6,9
LIMA (2011)	<i>Crotonmacrobothrys</i>	SANTO ANDRÉ - SP	FODM	9,1
	<i>Cyatheadelgadii</i>	SANTO ANDRÉ - SP	FODM	6,6
	<i>Guapiraopposita</i>	SANTO ANDRÉ - SP	FODM	21,7
	<i>Hedyosmum brasiliense</i>	SANTO ANDRÉ - SP	FODM	5,6
	<i>Miconia cabuçu</i>	SANTO ANDRÉ - SP	FODM	24,3
	<i>Myrciapubipetala</i>	SANTO ANDRÉ - SP	FODM	6,1
	<i>Ocoteaparanapiacabensis</i>	SANTO ANDRÉ - SP	FODM	5,6
	<i>Psychotriasuterella</i>	SANTO ANDRÉ - SP	FODM	13,9
LIMA (2011)	<i>Tibouchinapulchra</i>	SANTO ANDRÉ - SP	FODM	8,7
	<i>Vernonanthurapuberula</i>	SANTO ANDRÉ - SP	FODM	5,8
MEDEIROS (2015)	<i>Actinostemonverticillatus</i>	PINHEIRAL - RJ	FESDSM	3,3
	<i>Amaiouaguianensis</i>	PINHEIRAL - RJ	FESDSM	4,5
	<i>Apuleialeiocarpa</i>	PINHEIRAL - RJ	FESDSM	20,4
	<i>Astrocaryumaculeatissimum</i>	PINHEIRAL - RJ	FESDSM	7,9
	<i>Astroniumgraveolens</i>	PINHEIRAL - RJ	FESDSM	4,3

Continua...

Tabela 64. Continuação.

AUTOR	ESPÉCIES	LOCAL	OBS	IVI
MEDEIROS (2015)	<i>Brosimum guianense</i>	PINHEIRAL - RJ	FESDSM	6,5
	<i>Cupaniaoblongifolia</i>	PINHEIRAL - RJ	FESDSM	7,0
	<i>Guapiraopposita</i>	PINHEIRAL - RJ	FESDSM	8,8
	<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	PINHEIRAL - RJ	FESDSM	27,4
	<i>Senegaliapolyphylla</i>	PINHEIRAL - RJ	FESDSM	3,5
MEDEIROS (2016)	<i>Apuleialeiocarpa</i>	PIRAÍ - RJ	FESDSM	13,8
	<i>Astrocaryumaculeatissimum</i>	PIRAÍ - RJ	FESDSM	14,6
	<i>Cupaniaoblongifolia</i>	PIRAÍ - RJ	FESDSM	19,7
	<i>Mabeafistulifera</i>	PIRAÍ - RJ	FESDSM	9,0
	<i>Nectandramembranacea</i>	PIRAÍ - RJ	FESDSM	11,2
	<i>Picramniaramiflora</i>	PIRAÍ - RJ	FESDSM	10,5
	<i>Piptadeniagonoacantha</i>	PIRAÍ - RJ	FESDSM	12,6
	<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	PIRAÍ - RJ	FESDSM	15,5
	<i>Soroceabonplandii</i>	PIRAÍ - RJ	FESDSM	27,2
<i>Swartzialangsdorffii</i>	PIRAÍ - RJ	FESDSM	14,2	
MORENO (2003)	<i>Actimostemonverticilatus</i>	IMBÉ - RJ	FODSM	11,4
	<i>Bathysamendoncaei</i>	IMBÉ - RJ	FODSM	5,3
	<i>Euterpe edulis</i>	IMBÉ - RJ	FODSM	5,4
	<i>Hyeronimaalchorneoides</i>	IMBÉ - RJ	FODSM	14,3
	<i>Lecythislanceolata</i>	IMBÉ - RJ	FODSM	4,8
	<i>Mabeafistulifera</i>	IMBÉ - RJ	FODSM	7,5
	<i>Plathymenia foliosa</i>	IMBÉ - RJ	FODSM	5,1
	<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	IMBÉ - RJ	FODSM	7,1
	<i>Rustia formosa</i>	IMBÉ - RJ	FODSM	10,7
<i>Virola oleifera</i>	IMBÉ - RJ	FODSM	8,1	
OLIVEIRA (2002)	<i>Aegiphilasellowiana</i>	ILHA GRANDE - RJ	FODSM	54,4
	<i>Anadenanthera colubrina</i>	ILHA GRANDE - RJ	FODSM	50,8
	<i>Cecropialyratiloba</i>	ILHA GRANDE - RJ	FODSM	29,2
	<i>Cybistaxantisyphilitica</i>	ILHA GRANDE - RJ	FODSM	11,2

Tabela 64. Continuação.

AUTOR	ESPÉCIES	LOCAL	OBS	IVI
OLIVEIRA (2002)	<i>Miconia cinnamomifolia</i>	ILHA GRANDE - RJ	FODSM	8,3
	<i>Rapaneaschwackeana</i>	ILHA GRANDE - RJ	FODSM	23,9
	<i>Solanumargenteum</i>	ILHA GRANDE - RJ	FODSM	8,1
	<i>Tibouchinaestrellensis</i>	ILHA GRANDE - RJ	FODSM	14,3
	<i>Trema micrantha</i>	ILHA GRANDE - RJ	FODSM	17,7
	<i>Vernoniapolyanthes</i>	ILHA GRANDE - RJ	FODSM	23,4
SANTANA (2018)	<i>Annonarugulosa</i>	AIURUOCA - MG	FOM	2,4
	<i>Araucariaangustifolia</i>	AIURUOCA - MG	FOM	16,3
	<i>Cyatheacorcovadensis</i>	AIURUOCA - MG	FOM	1,9
	<i>Dicksoniasellowiana</i>	AIURUOCA - MG	FOM	1,8
	<i>Myrceugeniabracteosa</i>	AIURUOCA - MG	FOM	11,8
	<i>Myrcialaruotteana</i>	AIURUOCA - MG	FOM	4,5
	<i>Myrsineumbellata</i>	AIURUOCA - MG	FOM	6,6
	<i>Ocoteapulchella</i>	AIURUOCA - MG	FOM	4,2
	<i>Piptocarpharegnellii</i>	AIURUOCA - MG	FOM	3,4
	<i>Podocarpuslambertii</i>	AIURUOCA - MG	FOM	24,7
SILVA E NASCIMENTO (2001)	<i>Acaciapolyphyla</i>	CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ	FODSM	6,4
	<i>Eugenia sp.</i>	CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ	FODSM	5,5
	<i>Metrodoreabrevifolia</i>	CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ	FODSM	59,7
	<i>Parapiptadeniapterosperma</i>	CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ	FODSM	4,9
	<i>Paratecoma peroba</i>	CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ	FODSM	11,5
	<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ	FODSM	10,2
	<i>Talisiacoriacea</i>	CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ	FODSM	6,5
	<i>Trichiliapseudostipulares</i>	CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ	FODSM	9,2
	<i>Trigoniodrendronspiritusanctense</i>	CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ	FODSM	4,9
SILVA NETO (2012)	<i>Actinostemon sp.1</i>	PNI	FODM	5,2
	<i>Bathysacuspidata</i>	PNI	FODM	5,5
	<i>Coussareacongostiflora</i>	PNI	FODM	4,8
	<i>Coutareahexandra</i>	PNI	FODM	4,8

Tabela 64. Continuação.

AUTOR	ESPÉCIES	LOCAL	OBS	IVI
SILVA NETO (2012)	<i>Euterpe edulis</i>	PNI	FODM	36,7
	<i>Micropholis crassipedicellata</i>	PNI	FODM	5,0
	<i>Pseudoptadenia leptostachya</i>	PNI	FODM	6,3
	<i>Qualea gestasiana</i>	PNI	FODM	4,7
	<i>Sloanea obtusifolia</i>	PNI	FODM	5,9
	<i>Zollernia glabra</i>	PNI	FODM	5,4
SOBRINHO (2010)	<i>Aiouea saligna</i>	TINGUÁ	FODSM	17,5
	<i>Apuleia leiocarpa</i>	TINGUÁ	FODSM	19,2
	<i>Astrocarium maculeatissimum</i>	TINGUÁ	FODSM	10,0
	<i>Astronium graveolens</i>	TINGUÁ	FODSM	9,9
	<i>Lacistema pubescens</i>	TINGUÁ	FODSM	26,6
	<i>Miconia lepidota</i>	TINGUÁ	FODSM	15,2
	<i>Pseudoptadenia contorta</i>	TINGUÁ	FODSM	31,7
	<i>Siparunaguianensis</i>	TINGUÁ	FODSM	11,6
	<i>Sparatospermaleucantum</i>	TINGUÁ	FODSM	10,7
<i>Vernonia diffusa</i>	TINGUÁ	FODSM	11,1	
SOLÓRZONO (2012)	<i>Aiouea saligna</i>	RIO DE JANEIRO - RJ	FODSM	19,0
	<i>Bathysagynocarpa</i>	RIO DE JANEIRO - RJ	FODSM	10,9
	<i>Chrysophyllum flexuosum</i>	RIO DE JANEIRO - RJ	FODSM	10,3
	<i>Ficus insipida</i>	RIO DE JANEIRO - RJ	FODSM	12,2
	<i>Guarea guidonia</i>	RIO DE JANEIRO - RJ	FODSM	8,4
	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	RIO DE JANEIRO - RJ	FODSM	9,0
	<i>Miconia cinnamomifolia</i>	RIO DE JANEIRO - RJ	FODSM	8,9
	<i>Piper rivinoides</i>	RIO DE JANEIRO - RJ	FODSM	9,4
	<i>Piptadenia gonocantha</i>	RIO DE JANEIRO - RJ	FODSM	9,8
	<i>Tachigali paratyensis</i>	RIO DE JANEIRO - RJ	FODSM	18,5

Para validação e interpretação dos grupos formados pela análise de cluster, o programa SPSS21 oferece uma sequência de resultados que indicam, por exemplo, a relação entre o estágio de agregação e o coeficiente de fusão, sendo possível assim, obter uma primeira indicação do número de clusters ideal para a base de dados em análise. Essa relação pode ser observada na tabela de planejamento de aglomeração resumida(Tabela 65).

Tabela 62. Tabela de planejamento de aglomeração do cluster hierárquico aglomerativo.

Estágo	Cluster		Coeficiente	O cluster de estágio é exibido		Próximo estágio
	combinado			primeiro		
	Cluste r 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	64	166	0,397	0	0	153
2	39	59	0,437	0	0	16
3	58	77	0,735	0	0	44
4	35	56	0,781	0	0	15
5	16	197	0,884	0	0	45
6	142	143	1	0	0	115
7	45	85	1,003	0	0	100
8	133	155	1,004	0	0	37

A partir da tabela de planejamento de aglomeração, foi possível a construção do gráfico de coeficientes (Figura 31), que revelou valores significativos até o coeficiente oito, evidenciando a possibilidade de segmentação da base de dados em oito clusters.



Figura 31. Coeficientes significativos indicadores do número de segmentações possíveis da base de dados.

A partir do dendrograma (Figura 32) foi possível visualizar a segmentação da base de dados em oito clusters, assim destacando a similaridade entre as comunidades componentes da base de dados e os estágios sucessionais de floresta ombrófila densa do PNI, através da distância euclidiana entre às comunidades.

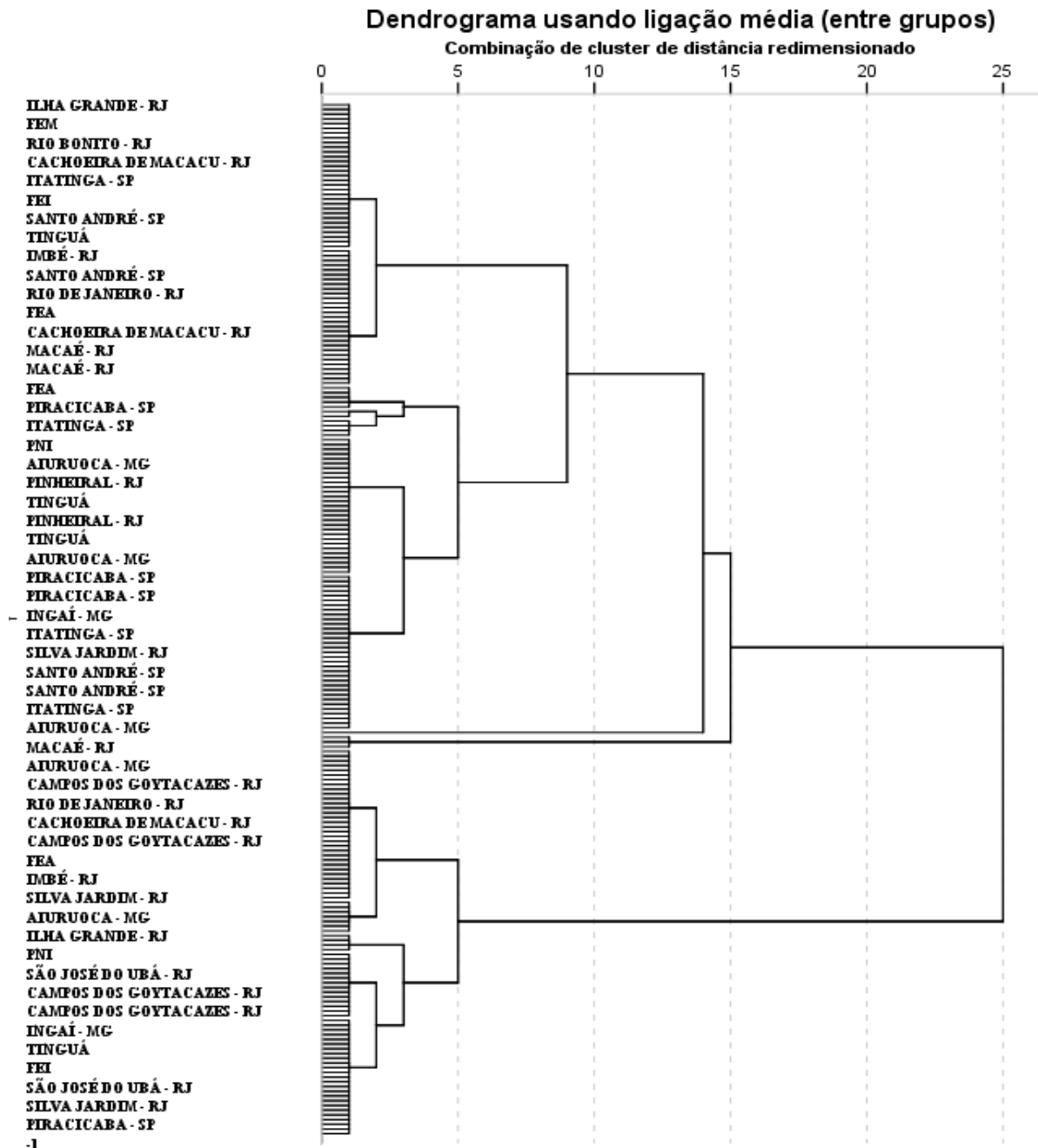


Figura 32. Diferentes grupos formados na base de dados, considerando as localidades, seus componentes e a distância euclidiana entre os mesmos grupos.

Análise de Agrupamento de Cluster Hierárquico Aglomerativo 2

Para corroborar com o resultado dos agrupamentos formados na base de dados, uma nova análise de cluster foi realizada, originando um novo dendrograma onde os grupos foram formados diretamente pelas fisionomias vegetais. Novamente, oito clusters foram gerados na base de dados, sendo a sua formação verificada a partir da tabela 66 (Planejamento de aglomeração), que permitiu, também, a formação do gráfico de coeficientes (Figura 33).

Tabela 63. Tabela de planejamento de aglomeração do cluster hierárquico aglomerativo.

Estágio	Cluster combinado		Coeficientes	O cluster de estágio é exibido primeiro		Próximo estágio
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	94	95	0,068	0	0	36
2	13	142	0,221	0	0	20
3	5	168	0,397	0	0	155
4	90	207	0,437	0	0	18
5	146	147	0,662	0	0	64
6	38	80	0,735	0	0	45
7	74	173	0,781	0	0	17
8	104	158	0,884	0	0	46

A partir da tabela de planejamento de aglomeração, foi possível a construção do gráfico de coeficientes (Figura 33), que revelou valores significativos até o coeficiente oito, evidenciando a possibilidade de segmentação da base de dados em oito clusters.

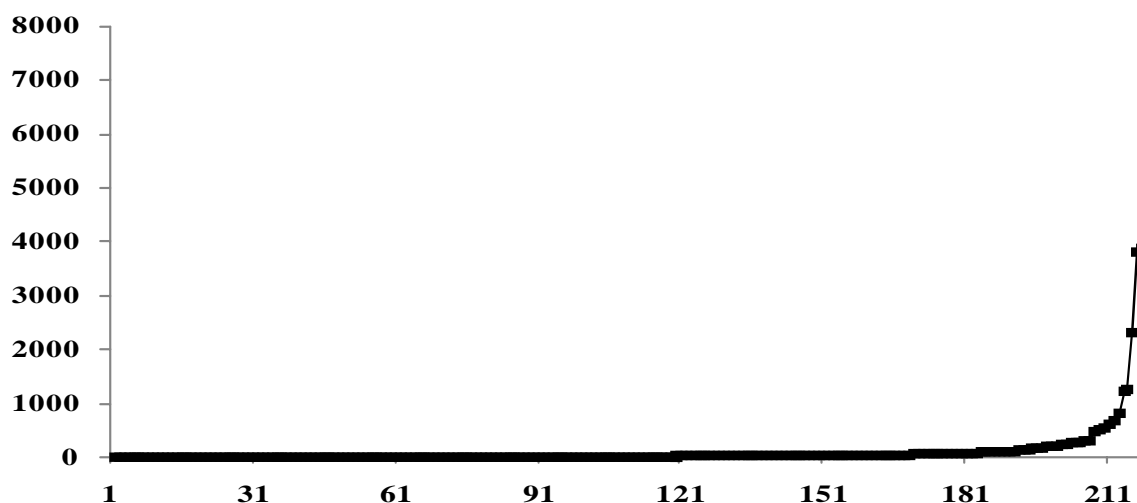


Figura 33. Gráfico de coeficientes significativos indicadores do número de segmentações possíveis da base de dados.

Novamente, o dendrograma (Figura 34) permitiu visualizar a segmentação da base de dados em oito clusters, sendo possível observar a similaridade entre as comunidades componentes da base de dados e os estágios sucessionais de floresta ombrófila densa do PNI através da distância euclidiana entre as comunidades.

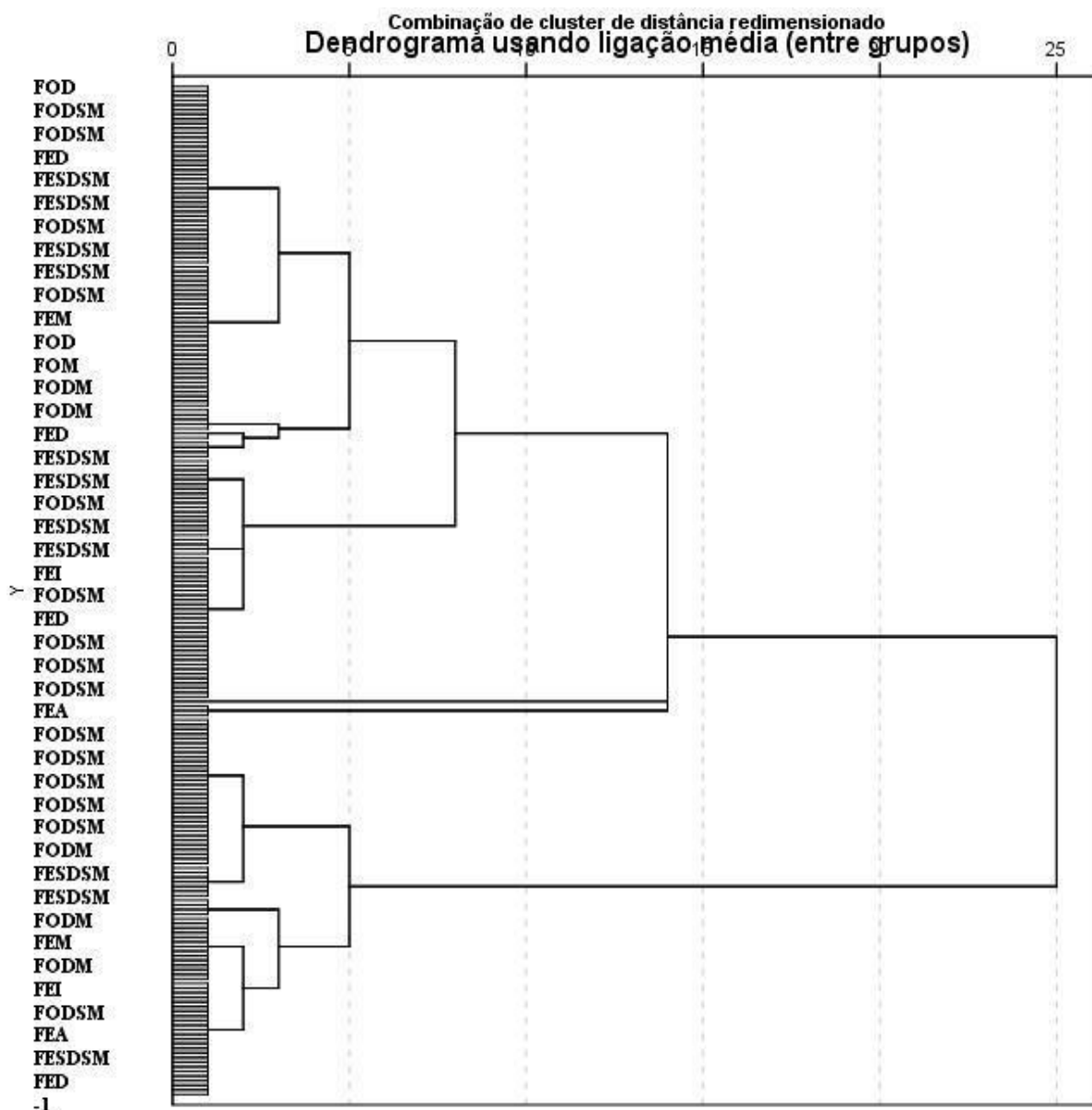


Figura 34. Dendrograma indicando os diferentes grupos formados na base de dados, considerando das fisionomias florestais, seus componentes e a distância euclidiana entre os mesmos.

Análise Discriminante 1 - Modelo Preditor do Potencial de Estoque de Carbono na Fitomassa Florestal

A análise discriminante permitiu a criação de funções discriminantes e de escores de corte, capazes de classificar florestas secundárias, similares às do PNI, em grupos de elevado ou baixo potencial de estoque de carbono no solo e na fitomassa. Foram utilizadas para tal, as variáveis edáficas, microclimáticas e dendrométricas selecionadas pelas inúmeras análises reducionais e de ordenação anteriormente realizadas.

Para alcançar esse objetivo, foram gerados no programa SPSS21 inúmeros resultados para validação e construção das funções e escores de corte. A tabela 67 a seguir, apresenta o primeiro resultado a ser avaliado, a tabela de “resumo de processamento de caso de análise.

Tabela 64. Resumo de processamento de caso de análise para construção das funções discriminantes, PNI -RJ

Casos não ponderados		N	%
Válido		17	42,5
Excluídos	Códigos de grupo ausentes ou fora da amplitude	13	32,5
	Pelo menos uma variável discriminante ausente	0	0
	Códigos de grupo ausentes ou fora da amplitude e pelo menos uma variável discriminadora ausente	10	25
Total		23	57,5
Total		40	100

Como pode ser observado na tabela 67, inicialmente, apenas 57,5% dos fatores escolhidos para compor o espaço amostral foram capazes de enquadrar as variáveis dependentes em função das independentes (ordenadoras da inclusão em algum grupo). Contudo, o programa SPSS 21 realizou o teste de tolerância de falhas, retirando automaticamente a variável não significativa, conforme observado na tabela 68, a seguir.

Tabela 65. Teste de tolerância a falhas de variáveis.

X2	Variância dentro de grupos	Tolerância	Tolerância mínima
	0,728	0,000	0,000

Legenda: Todas as variáveis que passam pelos critérios de tolerância são inseridas simultaneamente. O nível de tolerância mínimo é ,001.

Após a retirada da variável não significativa X2 (temperatura), um novo resultado foi gerado com o resumo do processamento de classificações, indicando que todas as variáveis do espaço amostral foram consideradas na construção das funções discriminantes (Tabela 69).

Tabela 66.Resumo de processamento de classificação.

Processado		40
Excluídos	Códigos de grupo ausentes ou fora da amplitude	0
	Pelo menos uma variável discriminante ausente	0
Usado em saída		40

Já a tabela 70, a seguir, apresenta às correlações entre as variáveis independentes (explicativas) em busca de colinearidade e multicolinearidade.As correlações apresentadas na matriz podem ser consideradas baixas, com valores significativos observados apenas entre COT (DS) (Y2) e Mg (X5), ur (X1) e G (X8), ur (X1) e HT (X9), temp. (X2) e G (X8), temp. (X2) e HT (X9), Ca+Mg (X6) e S (X7), e finalmente, G (X8) e HT (X9), condição previamente observada, considerando a sua característica derivativa. Cabe ressaltar que, apesar de presente na matriz, correlações com X2 devem ser desconsideradas, tendo em vista a retirada dessa variável no espaço amostral.

Tabela 67. Matriz de verificação da existência de colinearidade e multicolinearidade, também denominada “matrizes dentro de grupos em pool”.

	Y2	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Y2	1										
X1	0,507	1									
X2	-0,507	-1	1								
X3	-0,044	0,083	-0,083	1							
X4	-0,218	-0,032	0,032	-0,061	1						
X5	0,643	0,14	-0,14	-0,043	-0,356	1					
X6	0,083	-0,191	0,191	-0,259	-0,196	0,141	1				
X7	0,169	-0,051	0,051	-0,349	-0,197	0,195	0,976	1			
X8	-0,006	-0,642	0,642	0,092	0,061	0,111	0,512	0,42	1		
X9	0,095	-0,712	0,712	-0,083	0,106	0,158	0,247	0,128	0,783	1	
X10	0,456	0,264	-0,264	0,256	0,043	0,064	-0,06	-0,138	-0,164	0,178	1

A baixa correlação indica, portanto, que as variáveis explicativas tem baixa colinearidade e multicolinearidade, indicando uma provável ausência de problemas na análise. Quanto à tabela 71, são apresentados os valores próprios de cada função discriminante, o percentual de variância da variável dependente explicada pelas independentes e correlação canônica entre as variáveis selecionadas.

Tabela 68. Valores próprios e a correlação canônica entre os componentes da função discriminante.

Função	Valor próprio	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	5,956a	100	100	0,925

Observação: As primeiras funções discriminantes canônicas foram usadas na análise.

Segundo Costa(2015), a correlação canônica é uma medida de força das relações gerais entre variáveis dependentes e variáveis canônicas, ou entre variáveis canônicas. Sendo a correlação canônica (exatamente como os coeficientes de correlação da regressão múltipla), associada com essa função, de 0,925, indicando que 85,56% (0,925²) da variação da variável dependente (estoque de carbono na fitomassa) é explicada ou atribuída às variáveis explicativas retidas, isto é, ao modelo.

Na tabela 72, a seguir, é apresentado o Lambda de Wilks, que verifica se a hipótese nula, de que as médias da função discriminante dos grupos na população são iguais, pode ser aceita.

Tabela 69. Lambda de Wilks e significância correspondentes, utilizados para validação da função discriminante.

Teste de funções	Lambda de Wilks	Qui-quadrado	df	Sig.
1	0,144	19,396	10	0,036

Pode-se notar (Tabela 72) que λ de Wilks retido para a função 1 (0,144), corresponde a um valor-p de $0,036 < 0,05$ e portanto, permite a rejeição da hipótese nula, concluindo-se que a função discriminante gerada é significativa. Ainda, segundo Costa (2014), o λ de Wilks assume um valor entre 0 e 1. Valores grandes de λ indicam que a média dos grupos parecem ser iguais e isso é o que não se espera de uma análise discriminante.

Após a análise associada à viabilidade da função retida, podem ser avaliados na tabela 73 os coeficientes da função discriminante canônica, apresentada logo após a tabela.

Tabela 70. Coeficientes de função discriminante canônica retida.

	Função
	1
Y2 (COT DS)	-1,104
X1 (ur)	-2,096
X3 (pH)	22,586
X4 (H+Al)	0,100
X5 (Mg)	0,039
X6 (Ca+Mg)	-35,903
X7 (S)	35,892
X8 (G)	-233,863
X9 (HT)	0,426
X10 (argila)	0,015
(Constante)	-106,45

Observação: Coeficientes não padronizados

Função discriminante:

$$FD = -106,45 - 1,104*Y2 - 2,096*X1 + 22,586*X3 + 0,100*X4 + 0,039*X5 - 35,903*X6 + 35,892*X7 - 233,863*X8 + 0,426*X9 + 0,015*X10$$

Após a construção da função, foi necessária a determinação dos escores de corte, sendo empregado para tal a tabela 74 (funções em centróides de grupos) e a tabela 75 (Probabilidade a priori para grupos) e então calculado o escore de corte.

Tabela 71. Centróides das funções canônica em grupos, utilizados para o calculo do escore de corte.

Y1	Função
	1
1	4,133
2	-1,272

Funções discriminantes canônicas não padronizadas avaliadas em médias de grupo

Tabela 72. Valores de probabilidades a priori para os grupos utilizados para o calculo do escore de corte.

Y1	A priori	Casos utilizados na análise	
		Não ponderado	Ponderado
1	0,5	4	4
2	0,5	13	13
Total	1	17	17

Calculo do Escore:

$$EC = \frac{(4,133 * 4) + (-1,272 * 13)}{30}$$

30

$$EC = - 0,000235$$

O cálculo do escore originou um valor de corte, ou de separação entre os grupos, de -0,000235, indicando que, se o resultado da FD > -0,000235, a área possui elevado potencial de estoque de carbono na fitomassa, porém, se resultado da FD ≤ -0,000235, a área possui baixo potencial de estoque de carbono na fitomassa. Finalmente, para validar a capacidade preditiva do modelo, foi apresentada na tabela 76 e, a seguir, o resultado da classificação.

Tabela 73. Resultados dos testes de classificação dos grupos (estoque de carbono).

	Y1	Associação ao grupo prevista		Total
		1	2	
Original	Contagem	4	0	4
		0	13	13
	Casos não agrupados	3	20	23
	%	100	0	100
		0	100	100
	Casos não agrupados	13	87	100
Com validação cruzada b	Contagem	3	1	4
		4	9	13
	%	75	25	100
		30,8	69,2	100

Segundo o teste acima, a proporção de sucesso ou a porcentagem de casos classificados corretamente pela função discriminante, variou de 100% quando a predição utilizou uma amostra do banco de dados, e 70,6% quando se tratou de valores aleatórios gerados pelo programa. Esses resultados indicam que o modelo gerado possui capacidade preditiva mediana, sendo possível realizar classificações com razoável confiabilidade.

Análise Discriminante 2 - Modelo Preditor do Potencial de Estoque de Carbono no Solo Florestal

A segunda análise discriminante permitiu criar funções discriminantes e de escores de corte, que foram capazes de classificar florestas secundárias, similares às do PNI, em grupos e elevado ou baixo potencial de estoque de carbono no solo. Foram usadas variáveis edáficas e microclimáticas selecionadas pelas várias análises reducionais e de ordenação. Para alcançar esse objetivo, foram gerados no programa SPSS21 vários *out puts*, que permitiram validar e construir as funções discriminantes e os escores de corte. A tabela 77 apresenta o primeiro *out put* a ser avaliado, denominado “resumo de processamento de caso de análise.

Tabela 74. Resumo de processamento de caso de análise para construção das funções discriminantes, Parque Nacional do Itatiaia-RJ.

	Casos não ponderados	N	%
	Válido	30	75
Excluídos	Códigos de grupo ausentes ou fora da amplitude	0	0
	Pelo menos uma variável discriminante ausente	0	0
	Códigos de grupo ausentes ou fora da amplitude e pelo menos uma variável discriminadora ausente	10	25
	Total	20	50
	Total	40	100

Como pode ser observado na tabela 77, 25% dos fatores escolhidos para compor o espaço amostral não foram empregados no enquadramento da variável dependente em função das independentes (ordenadoras da inclusão em algum grupo), conseqüentemente, essas não foram consideradas para construção dos escores das funções discriminantes. Contudo, a ausência dessas variáveis não inviabilizou a construção das funções. As correlações entre variáveis independentes (explicativas), em busca de multicolinearidade, são vistas na tabela 78.

Tabela 75. Matriz de verificação da existência de colinearidade e multicolinearidade, também denominada “matrizes dentro de grupos em pool”.

	Y1	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X1	X2
Y1	1										
X3	-0,042	1									
X4	-0,116	-0,041	1								
X5	-0,015	0,145	-0,152	1							
X6	0,051	0,067	-0,128	0,393	1						
X7	0,05	-0,021	-0,103	0,389	0,976	1					
X8	0,771	0,072	-0,037	0,164	0,347	0,302	1				
X9	0,033	0,123	0,079	0,032	0,197	0,059	0,476	1			
X10	0,102	0,403	0,129	-0,041	-0,002	-0,141	0,061	0,26	1		
X1	0,349	-0,283	-0,017	-0,339	-0,374	-0,269	-0,117	-0,635	-0,199	1	
X2	-0,349	0,283	0,017	0,339	0,374	0,269	0,117	0,635	0,199	-1	1

As correlações observadas na matriz podem ser consideradas baixas, com valores significativos verificados apenas entre EC Fito (Y1) e G (X8), Ca+Mg (X6) e S (X7), HT (X9) e ur (X1) e finalmente, HT (X9) e temp. (X2). Tais correlações eram previsíveis, uma vez que as variáveis correlacionadas são derivativas.

A baixa correlação, portanto, indicou a existência reduzida de colinearidade e multicolinearidade entre as variáveis explicativas, condição que, provavelmente, elimina problemas para análise. Quanto à tabela 79, são apresentados os valores próprios de cada função discriminante, o percentual de variância da variável dependente explicada pelas independentes e a correlação canônica entre as variáveis selecionadas.

Tabela 76. Valores próprios e a correlação canônica entre os componentes da função discriminante.

Função	Valor próprio	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	3,939a	100	100	0,893

Legenda: as primeiras funções discriminantes canônicas foram usadas na análise.

Recorrendo a COSTA (2014), pode-se explicar que a correlação canônica é uma medida de força das relações gerais entre variáveis dependentes e variáveis canônicas, ou entre variáveis canônicas. Sendo a correlação canônica (exatamente como os coeficientes de correlação da regressão múltipla) associada com a função gerada de 0,893, indicando que 79,74% ($0,893^2$) da variância da variável dependente (estoque de carbono no solo) é explicada ou atribuída às variáveis explicativas retidas, isto é, ao modelo.

Na tabela 80 é apresentado o Lambda de Wilks, que verifica se a hipótese nula, de que as médias da função discriminante dos grupos na população são iguais, pode ser aceita.

Tabela 77. Lambda de Wilks e significância correspondentes, utilizados para validação da função discriminante.

Teste de funções	Lambda de Wilks	Qui-quadrado	df	Sig.
1	0,202	36,736	10	0,000

Na tabela 79, pode-se notar que λ de Wilks retido para a função 1 (0,202), corresponde a um valor-p de $0,000 < 0,05$ e portanto, permite a rejeição da hipótese nula, concluindo-se que a função discriminante gerada é significativa. Segundo Costa (2014), o λ de Wilks assume um valor entre 0 e 1. Valores elevados de λ indicam que a média dos grupos podem ser iguais, e isso é o que não se espera de uma análise discriminante.

Após a análise associada à viabilidade da função retida, a tabela 81 ilustra os coeficientes da função discriminante canônica, a qual é mostrada após a tabela de coeficientes.

Tabela 78. Coeficientes de função discriminante canônica retida.

	Função 1
Y1 (EC Fito)	-0,193
X3 (pH)	1,158
X4 (H+Al)	-0,344
X5 (Mg)	5,396
X6 (Ca+Mg)	-23,536
X7 (S)	22,124
X8 (G)	-31,326
X9 (HT)	0,614
X10 (argila)	0,011
X1 (ur)	1,254
(Constante)	-20,145

Coeficientes não padronizados

Função discriminante:

$$FD = -20,145 - 0,193*Y1 + 1,158*X3 - 0,344*X4 + 5,396*X5 - 23,536*X6 + 22,124*X7 - 31,326*X8 + 0,614*X9 + 0,011*X10 + 1,254*X1$$

Após a construção da função, foi necessário ainda a determinação dos escores de corte, sendo empregado para tal a tabela 82 (centróides das funções canônicas) e a tabela 83 (probabilidade a priori para grupos), sendo calculado, então, o escore de corte.

Tabela 79. Centróides das funções canônica, utilizados para o cálculo do escore de corte

Y2	Função 1
1	-1,917
2	1,917

Tabela 80. Valores de probabilidades a priori para os grupos utilizados para o cálculo do escore de corte

Y2	A priori	Casos utilizados na análise	
		Não ponderado	Ponderado
1	0,5	15	15
2	0,5	15	15
Total	1	30	30

Observação:

Escore de corte:

$$EC = \frac{(-1,917 * 15) + (1,917 * 15)}{30}$$

$$EC = 0$$

O cálculo do escore originou um valor de corte, ou de separação entre os grupos, de **0**, indicando que, se o resultado da $FD > 0$, a área possui elevado potencial de estoque de carbono no solo, porém, se resultado da $FD \leq 0$, a área possui baixo potencial de estoque de carbono no solo. Finalmente, para validar a capacidade preditiva do modelo, foi apresentada na tabela 84, a seguir, o resultado da classificação.

Tabela 81. Resultados dos testes de classificação dos grupos (estoque de carbono)

	Y2	Associação ao grupo prevista		Total
		1	2	
Original	Contagem	1	14	15
		2	0	15
	Casos não agrupados	1	0	10
		2	10	10
	%	1	93,3	6,7
		2	0	100
Casos não agrupados	1	0	100	
	2	100	100	
Com validação cruzada b	Contagem	1	13	15
		2	2	13
	%	1	86,7	13,3
		2	13,3	86,7

Segundo o teste acima realizado, a proporção de sucesso ou a porcentagem de casos classificados corretamente pela função discriminante variou de 96,7%, quando a predição utilizou uma amostra do banco de dados, a 86,7% quando se tratou de valores aleatórios gerados pelo programa. Esses resultados indicam que o modelo gerado possui elevada capacidade preditiva, sendo uma importante ferramenta para classificação do estoque de carbono no solo de florestas similares às avaliadas no PNI.

DISCUSSÃO

As sucessivas análises fatoriais multivariadas e dos componentes principais permitiram a redução significativa do espaço amostral. Dessa forma foi possível identificar o conjunto de variáveis capazes de explicar elevados percentuais da variância dos dados, reduzindo assim os chamados “ruídos”, causados pela correlação de variáveis não significativas (ESPÍRITO SANTO et al., 2002).

Apesar de Braak (1988) considerar comum o baixo grau de explicação da variância de dados ambientais, e esse baixo grau de explicação não influenciar significativamente a capacidade de ordenação de espécies (CUNHA et al., 2003; LENGNER, 2011; ESPÍRITO SANTO, 2002; OLIVEIRA FILHO, 2004; DALANESI, 2004; OLIVEIRA FILHO, 2005 e CARVALHO, 2005), o uso de técnicas reducionistas prévias, como a análise fatorial, permitiu a seleção de variáveis explicativas com baixa colinearidade e multicolinearidade, o que melhorou a ordenação e classificação das variáveis em estudo, além de identificação de variáveis latentes.

As três análises fatoriais sucessivas reduziram de 28 para 15 variáveis ambientais inicialmente, sendo retidos 8 fatores, constituídos de variáveis relativas à fertilidade e a ciclagem de nutrientes, microclima florestal e acidez potencial do solo, mobilidade de cátions no solo, baixa fertilidade natural e estrutura do solo. Já a segunda redução permitiu a identificação de sete variáveis principais, presentes em cinco grupos de variáveis latentes, sendo essas: pH, Al, H+Al e T (acidez potencial e ativa), Mg e V (cátions básicos) e finalmente, argila e as frações granulométricas da matéria orgânica (estrutura do solo), sendo tais variáveis também citadas por outros autores (RODRIGUES, 2007; SOUZA, 2003; ROCHA, 2005), como significativas para explicação da variância do espaço amostral e para ordenação de espécies.

Uma terceira análise fatorial mostrou profunda multicolinearidade entre as variáveis dendrométricas que constituíram a matriz, sendo retida para análises posteriores apenas a variável área basal, considerando a sua importância em análises ecológicas, volumétricas e da fitomassa.

O gráfico de dispersão gerado na primeira análise fatorial indicou um expressivo acúmulo de explicação da variância para as variáveis no primeiro componente (ur, temp e área), sendo a última variável (área) relativa às diferentes médias observadas entre os estágios sucessionais. O mesmo padrão foi notado para as variáveis formadoras do segundo componente, com COT, pH, N, Al, Mg e V apresentando elevado comprimento dos eixos e consequente acúmulo de explicação da variância. Os dois componentes apresentaram variância acumulada superior a 38%.

Para corroborar com a importância atribuída às variáveis microclimáticas, pode-se citar os estudos de Floss (2018), que ao avaliar o entorno de nascentes em fragmentos da Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Decidual, concluiu que o gradiente de altitude e as variações microclimáticas associadas foram os principais fatores responsáveis pela distribuição de espécies. Já Oliveira-Filho e Fontes (2000) estudaram os padrões florísticos da Mata Atlântica no Sudeste do Brasil e citaram, dentre outras variáveis climáticas e altitudinais, a precipitação (diretamente associada à ur) e a temperatura do ar, como os principais fatores que determinam a fisionomia florestal dessa região.

Cabe ressaltar que ainda são poucos os estudos que avaliaram pontualmente às médias microclimáticas no interior de fragmentos florestais, sendo destacados os de Oliveira et al. (1995) na Floresta da Tijuca, que avaliaram a variação média de temperatura do ar entre vertentes de exposição, e Medeiros et al. (2015) avaliando as diferenças microclimáticas entre pedoformas em Pinheiral – RJ.

Foram selecionadas, portanto, para as análises de ordenação posteriores, sete variáveis edáficas (pH, Al, H+Al, T, Mg, V e argila), uma dendrométrica (G) e duas microclimáticas (ure

temp.), sendo essas associadas posteriormente ao estoque de carbono no solo e na fitomassa, a ordenação de espécies, ao agrupamento de fisionomias e, finalmente, a construção dos modelos preditivos de estoque de carbono.

A análise de correlação canônica 1 derivou de uma análise canônica prévia, que pretendeu ordenar as parcelas de cada estágio sucessional em função do estoque de carbono total. Contudo, por se tratar o estoque total da soma de estoques no solo e diferentes compartimentos da floresta, não ocorreram correlações consistentes, uma vez que o uso da variável G para construção da matriz não permitiu a ordenação das parcelas por EC TOTAL. Por conseguinte, se optou pela ordenação em duas etapas, sendo a ACC 1 resultante da matriz composta pelas médias de G por parcelas, sendo essas ordenadas pelo EC FITO de cada estágio sucessional.

O gráfico de ordenação gerado, apesar de possuir baixos autovalores associados aos eixos, permite corroborar com os resultados obtidos para o estoque de carbono na fitomassa (Capítulo 2), com os maiores estoques associados a FEA, seguido por FEI e FEM. Esse resultado é derivado das médias superiores de área basal em FEA, elevado peso seco e estoque de carbono na fitomassa, além do tecido vegetal com maior percentual de lignina, o que segundo Veiga et al. (2010) e Pereira-Silva (2011) decorre do aumento da altitude e do avanço dos estágios de sucessão.

Quanto a ACC2, foi ordenado o estoque de carbono no solo, na fitomassa e o peso seco, em função das variáveis edáficas, microclimáticas e topográficas selecionadas previamente pelas análises reducionais. A análise verificou correlação apenas entre as variáveis ambientais citadas e o COT (DS), conforme observado pelo elevado autovalor (0,95). Já as variáveis de maior correlação foram COT (0,65) e temp. (0,57). As demais variáveis, pH, Mg, argila, V% e Ca+Mg, apresentaram menores correlações, com valores abaixo de 0,5 e seus vetores mais curtos (FELFILI, 2011). Não foi observada correlação entre as variáveis ambientais e o EC Fito ou Ps, uma vez que tais variáveis dependentes possuem maior correlação com variáveis dendrométricas. Vale ressaltar as correlações que foram encontradas entre ur (0,599), porém, graficamente no sentido oposto a COT (DS). Essa condição pode decorrer do uso de variáveis não correlacionadas (EC Fito e Ps), que pode ter promovido “ruído” elevado na base de dados.

Quanto à ordenação das principais espécies amostradas em função das variáveis ambientais, destaca-se a ur como a principal variável de ordenação, como observado pelo seu elevado autovalor (0,746) e correlação canônica (0,991). As demais variáveis (temp., pH, Ca+Mg, H+Al e S) apresentaram autovalores considerados baixos (<0,5), contudo, os seus valores de correlação canônica indicam temp., pH e Mg como significativas para ordenação das espécies. Condição similar foi observada por Cunha et al. (2003), Lengner (2011), Espírito Santo (2002), Oliveira Filho (2004), Dalanesi (2004), Oliveira Filho, (2005) e Carvalho (2005). Assim, apesar das variáveis selecionadas possuírem baixos autovalores, a capacidade de ordenação foi elevada.

As variáveis ambientais usadas para ordenação das espécies foram também citadas em vários estudos ecológicos na Mata Atlântica. Lopes (2014), por exemplo, em trabalho em Florestas Estacionais no município de Pinheiral - RJ, cita as variáveis pH, Al e gradiente de umidade no solo, como as de maior relevância para ordenação de espécies. As variáveis V, Al, pH e argila também são citadas como importantes na ordenação por Botrel & Oliveira-Filho (2002), Espírito Santo (2002), Dalanesi (2004), Carvalho (2005), Rodrigues (2007), Medeiros (2015) e Menezes 2008. Tais citações permitem supor sobre um provável padrão de distribuição de espécies na Mata Atlântica em função das referidas variáveis.

Cabe ressaltar os elevados autovalores associados às variáveis microclimáticas, que em associação com variáveis edáficas, permitiram a ordenação das espécies com elevado grau de

explicação da variância (75,45%), sendo a coleta dessas variáveis a nível local uma importante ferramenta para determinar a distribuição e as preferências ambientais de espécies.

Também é importante citar que, em sua maioria, os estudos com variáveis climáticas para o ordenamento de espécies (FERREIRA, 2008), distribuição fitogeográfica (NETTESHEIN, 2010) e caracterização de fitofisionomias (OLIVEIRA-FILHO & FONTES, 2000), utilizam médias regionais para construção das matrizes de ordenação ou agrupamento, sendo provável que a coleta de dados microclimáticos *in loco* permita maior grau de explicação da variância, originando ordenações mais precisas e identificando as melhores condições para estabelecimento das populações.

Quanto à correlação das espécies com as variáveis de ordenação, foram observados três grupos distintos. O primeiro (à direita no gráfico) correlaciona temp., pH e H+Al, ordenando *Malouetia arborea*, *Cupania oblongifolia*, *Ocotea dyospirifolia*, *Rudjajasmineoides* e *Euterpe edulis*. O segundo grupo, também à direita, foi constituído por *Guapira opposita*, *Ocotea longifolia* e *Pseudopiptadenia contorta*, sendo esse, sem correlação com nenhuma variável ambiental utilizada na análise. Já o terceiro grupo, à esquerda, correlaciona ur, S e Mg às espécies *Soroceabomplandii*, *Protium heptaphyllum* e *Brosimum guianensis*.

O primeiro grupo de espécies pode ser caracterizado pela predileção por ambientes de sombra, temperaturas amenas, solos ácidos e com baixa disponibilidade de bases. Tais condições podem ser associadas a estágios avançados de sucessão, pois, apesar de não serem observadas diferenças significativas entre as médias de temperatura, existe uma diferença estrutural entre os estágios avançados e inicial. Tal diferença permitiu o estabelecimento de um sub-bosque em FEA e FEM, estrato florestal onde predominam as espécies citadas. A predileção deste grupo pelas condições ambientais típicas de estágios avançados pode ser evidenciada pela redução do valor de importância das referidas espécies no estágio inicial, e por sua classificação ecológica como espécies secundárias tardias ou clímax (LORENZZI, 2002; CARVALHO 2003).

Quanto ao segundo grupo de espécies, a ausência de correlação com as variáveis testadas indica a sua indiferença às condições ambientais, sendo sua ocorrência registrada em inúmeras fisionomias florestais de Mata Atlântica. *Guapira opposita*, por exemplo, é citada por Lima (2011) como espécie típica de florestas ombrófilas do estado do Rio de Janeiro e, de acordo com Siqueira (1994), encontram-se entre as 10 espécies mais citadas em estudos da Mata Atlântica, ocorrendo em cerca de 50% dos levantamentos realizados no território brasileiro. A mesma capacidade generalista é observada para *Pseudopiptadenia contorta*, sendo citada por Medeiros (2015) como indiferente às condições edafoclimáticas e geomorfológicas avaliadas, indicando elevada capacidade adaptativa. Já a ocorrência de *Ocotea longifolia* neste grupo, permite a inclusão dessa espécie em listas de espécies generalistas a serem utilizadas em projetos de recuperação de ecossistemas, sendo sua capacidade adaptativa confirmada pela sua abrangência geográfica, ocorrendo em formações florestais desde o Norte e Nordeste até o Sudeste do País (QUINET et al., 2015).

O terceiro grupo de espécies é também constituído por táxons generalistas, com ocorrência reconhecida em inúmeras formações florestais no país (FLORA DO BRASIL 2020 em construção). Porém, no PNI, são associadas a solos com maior teor de bases e umidade relativa elevada, o que corresponde às características descritas na literatura quanto à preferência por ambientes típicos de estágios avançados de regeneração.

Quanto às análises de agrupamento realizadas para verificar similaridade entre os estágios sucessionais do PNI e outras fisionomias florestais no sudeste do Brasil, foi empregada a análise de cluster hierárquico aglomerativo. Como esperado, o cluster 1 agrupou espécies conforme a região em que ocorrem, sendo cada estágio sucessional do PNI pertencente a um

grupo diferente, indicando uma possível variação florística e estrutural das comunidades conforme o avanço da sucessão.

Os grupos formados na base de dados relacionaram FEM e FEI às comunidades de Floresta Estacional Semidecidual (Itatinga-SP e São José do Ubá – RJ), à Floresta Ombrófila Densa Montana (em região com predomínio de Floresta Estacional, em Santo André-SP), à Floresta Ombrófila Densa (em transição com Estacional, na reserva Biológica do Tinguá-RJ) e finalmente, com comunidades secundárias de Floresta Ombrófila, em diferentes estágios de sucessão, como na Ilha Grande-RJ, Rio Bonito e Cachoeira de Macacu-RJ. A formação desse grupo indica que os estágios iniciais de regeneração do PNI possuem características mais similares às formações ombrófilas em estágios iniciais de sucessão e estacionais, permitindo supor que as condições ambientais nesses estágios favoreçam o desenvolvimento de espécies típicas de florestas estacionais ou de ocorrência generalista. Já os grupos de comunidades associadas a FEA são formados por comunidades classificadas predominantemente como Floresta Ombrófila em diferentes estágios sucessionais, como no Rio de Janeiro-RJ, em Cachoeira de Macacu-RJ, Campos dos Goytacazes-RJ, Silva Jardim-RJ e Imbé-RJ.

Comportamento similar é observado para o cluster 2, sendo os grupos formados indicadores da associação de FEM e FEI às comunidades de Floresta Estacional Semidecidual Sub Montana à Floresta Ombrófila Densa Montana e, até mesmo, a Floresta Estacional Decidual (ocorrente em Piracicaba-SP). Cabe ressaltar, no entanto, que nos grupos em que FEM foi inserido predominam espécies típicas de Florestas Ombrófilas; já nos grupos de FEI observam-se espécies comuns em Florestas Estacionais. A formação desses grupos distintos permite supor que a Floresta Ombrófila em estágio inicial do PNI possui maior correlação florística e estrutural com Florestas Estacionais e, conforme o avanço dos processos de sucessão, ocorre gradativo aumento da similaridade com Florestas Ombrófilas. Essa afirmativa é corroborada pela análise dos componentes dos grupos em que FEA foi inserido, sendo predominante a ocorrência de espécies associadas a Florestas Ombrófilas.

Após várias análises reducionais e de ordenação, foram selecionadas as variáveis edáficas, microclimáticas e dendrométricas de maior correlação com o estoque de carbono, sendo essas utilizadas para construção de funções discriminantes. Tais funções são capazes de classificar comunidades florestais similares as do PNI como de elevado ou baixo potencial de estoque de carbono.

A primeira função, relativa ao estoque de carbono na fitomassa florestal, foi capaz de classificar novas áreas com um nível de acerto mediano (70,6%), sendo possível a melhoria ainda maior da predição com a inclusão futura de novas variáveis dendrométricas e com o aumento da amplitude dos dados. Já a segunda função gerada, associada ao estoque de carbono no solo, foi capaz de classificar corretamente 86,7% das novas áreas, valor considerado elevado por Costa (2014). Contudo, é também provável que a inclusão de novas variáveis dendrométricas e relativas à fertilidade do solo possam elevar ainda mais a capacidade de classificação de novas comunidades.

Para obtenção dos estoques e taxas de carbono nas florestas brasileiras, são aplicados vários métodos, que apesar de eficientes apresentam, geralmente, elevada complexidade. Como exemplo, citamos os trabalhos de Stapeet al. (2011) que usaram o método de parcelas permanentes para avaliar as taxas e estoques de carbono. Após a realização do inventário florestal, os autores selecionaram indivíduos das espécies com maior valor de importância na comunidade, das quais foram retiradas amostras para determinação da matéria seca do tronco, densidade básica e o teor de carbono na madeira. A partir desses dados foram desenvolvidas equações alométricas que permitiram estimar a fitomassa de tronco em função do diâmetro e altura (GEHRING et al., 2004; TOREZAN & SILVEIRA, 2000). Tal processo mostrou-se

eficiente na determinação dos estoques de carbono na fitomassa; assim como o método de análise de digestão ácida de Yeomans e Bremmer (1988) que permite quantificar o estoque de carbono no solo. Contudo, em ambos, é demandado um aporte elevado de recurso financeiro e humano, além de longo período de tempo para as avaliações.

Metodologia similar foi utilizada por Souza et al. (2012) para estimar variáveis estruturais e as taxas de sequestro de carbono na fitomassa de floresta tropical úmida, em Manaus-MA. Após a instalação de parcelas permanentes e a mensuração em diferentes ocasiões (2005 a 2007 e 2007 a 2009), os autores coletaram dados de diâmetro e altura comercial dos indivíduos arbóreos, sendo utilizada equação proposta por Higuchi et al. (1997) para determinação do volume de madeira em cada ocasião. Posteriormente, com base nos resultados do inventário florestal, foram usadas equações de expansão de volume, segundo Silva (2007), para cada período, para determinar a fitomassa e então calcular as taxas de sequestro de carbono pela floresta. Novamente verifica-se o elevado custo para coleta dos dados e tempo considerável para obtenção das variáveis.

Outros estudos com métodos indiretos utilizaram a fitomassa de troncos e galhos para estimar o estoque de carbono em florestas tropicais. Castilho et al. (2006), por exemplo, obtiveram para floresta madura na Amazônia central, estimativas de fitomassa baseados no diâmetro e altura comercial dos fustes, aplicando a partir daí constantes matemáticas com base no teor de carbono dos tecidos de espécies tropicais. O mesmo critério metodológico é encontrado em Saldarriaga et al. (1988) e Jordan & Uhl (1978).

Apesar dos métodos de quantificação mostrarem-se eficientes, fica evidente sua natureza dispendiosa e lenta. Desta forma, funções baseadas em variáveis de fácil obtenção e com baixo erro associado podem facilitar diagnósticos ambientais e a valoração de ecossistemas, permitindo a inclusão de unidades de conservação e propriedades rurais no mercado de créditos de carbono, bem como, em programas de pagamento por serviços ecossistêmicos.

CONCLUSÕES

As médias das variáveis microclimáticas avaliadas não mostraram diferenças significativas entre os diferentes estágios sucessionais, sendo esse comportamento provavelmente decorrente da precipitação pluviométrica elevada durante todo o ano e da baixa variação altitudinal entre estágios sucessionais.

A análise conjunta das variáveis estruturais, florísticas e microclimáticas, permitiu confirmar a classificação fitofisionômica da comunidade florestal no PNI, realizada em outros estudos, tratando-se de uma Floresta Ombrófila Densa secundária, em diferentes estágios de sucessão ecológica.

As análises reducionistas e de ordenação foram capazes de selecionar variáveis ambientais e dendrométricas, que acumularam elevado grau de explicação da variância e possibilitaram explicar o comportamento do estoque de carbono no solo e na fitomassa.

Para explicação do comportamento do estoque de carbono na fitomassa, apenas as variáveis dendrométricas apresentaram correlação significativa, sendo verificada baixa correlação entre essas variáveis e o estoque de carbono total.

Assim como verificado no capítulo 2, foram observados maiores estoques totais na fitomassa das florestas no estágio avançado, seguido pelo estágio médio e inicial, corroborando com estudos que verificaram o aumento do estoque conforme o avanço do estágio sucessional.

As variáveis ambientais selecionadas não mostram correlação com *Pseudopiptadenia contorta*, *Guapira oppositae* e *Ocotea longifolia*, indicando que tais espécies têm boa tolerância diante de diferentes condições ambientais; portanto, possuem bom potencial para compor reflorestamentos mistos.

As variáveis pH, Al, V e argila, assim como em outros estudos no sudeste brasileiro, foram capazes de influenciar a distribuição da maioria das espécies correlacionadas, sendo provável a existência de um padrão edáfico associado a comunidades secundárias nessas regiões.

Os diferentes grupos identificados pela análise de agrupamento indicam possível gradiente de correlação estrutural e florístico para a Floresta Ombrófila secundária do PNI, onde, os estágios iniciais são associados a Florestas Estacionais e estágios avançados a Florestas Ombrófilas Densas.

As variáveis selecionadas ao longo do estudo permitiram a construção de funções discriminantes capazes de classificar comunidades florestais quanto ao seu potencial de estoque de carbono. Sendo ainda possível, contudo, a melhoria dessa capacidade de classificação, especialmente para a função relativa ao estoque na fitomassa.

CONCLUSÕES GERAIS

As diferentes coberturas do solo, especificamente os estágios de regeneração da floresta secundária e pastagem não manejada, associadas a declividade e a pluviosidade acentuada, influenciaram significativamente a dinâmica da nutrientes e da matéria orgânica do solo (MOS), indicando a necessidade de abordagens diferenciadas para o manejo das diferentes coberturas no âmbito de projetos conservacionistas ou preservacionistas na região.

Quanto ao estoque de carbono no solo, as restrições de uso impostas pelo PNI permitiram o desenvolvimento de biomassa radicular em pastagens, elevando das médias de estoque e a substituição do carbono previamente estocado (C_3) por carbono de origem C_4 . É importante ressaltar a presença de carbono de origem florestal, em profundidade, em todas as coberturas, indicando provável predomínio de plantas florestais na encosta estudada apesar de seu histórico de uso agrícola no passado. Já o aumento dos estoques na fitomassa florestal, conforme o avanço sucessional, decorre do incremento das médias das variáveis dendrométricas conforme o avanço sucessional.

A estrutura e composição florística das florestas secundárias do PNI possuem diferenças pontuais conforme o avanço dos estágios sucessionais, contudo, tais diferenças são insuficientes para determinação de comunidades específicas. Já quando comparada a outras formações vegetais no sudeste brasileiro verifica-se um gradiente de correlação entre a porção da comunidade em estágios inicial, com florestas estacionais, e as porções em estágios médio e avançado com florestas ombrófilas. Essa correlação se deve provavelmente a proximidade de zonas de propágulos provenientes de florestas estacionais, mais próximas a FEI, e as características da estrutura fitossociológica desse estágio, mais semelhante a florestas estacionais.

As variáveis edáficas associadas ao complexo sortivo, acidez e teor de argila, as variáveis dendrométricas área basal e altura total e a variável microclimática umidade relativa são os principais influenciadores do estoque de C no solo e da fitomassa nas áreas de florestas secundárias avaliadas no PNI.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo dos quatro capítulos, descrevemos as alterações ocorrentes no solo, microclima, condições edáficas, estruturais e florísticas, conforme as mudanças do uso e cobertura, sendo ao final, essas variáveis associadas ao estoque de carbono.

Considerando as condições de isolamento do PNI, associada às características climáticas e altitudinais locais, foi possível supor que o desenvolvimento da pastagem avaliada se deu em uma condição similar à de pastagens manejadas. Tais condições favoreceram o incremento da fertilidade do solo e o estoque de carbono na profundidade 0-40 cm, sendo verificada elevada conversão de carbono de origem C_3 em C_4 . Contudo, quando comparadas às médias totais de estoque, os estágios sucessionais de Floresta Ombrófila apresentaram valores superiores, confirmando a eficiência de florestas secundárias para a mitigação de carbono atmosférico. Ressalta-se, também, o aumento da estabilidade da matéria orgânica conforme o avanço dos estágios sucessionais.

Quanto à estrutura, florística e diversidade observada no PNI, foram verificados os mesmos padrões para Floresta Ombrófila Densa do sudeste brasileiro. Contudo, a análise individual de cada estágio sucessional indica que estágios iniciais apresentam condições florísticas e estruturais similares a Florestas Estacionais, enquanto o estágio avançado apresenta características típicas de Florestas Ombrófilas, indicando um gradiente de mudanças estruturais e florísticas conforme o avanço sucessional.

As funções discriminantes foram capazes de classificar qualitativamente o estoque de carbono em florestas secundárias do PNI. Esses modelos preditivos, detentores de elevada capacidade de classificação, podem oferecer parâmetros qualitativos sobre o potencial de estoque de uma comunidade através de variáveis de fácil mensuração, permitindo assim a valoração ambiental de ecossistemas com baixo custo e em curto período de tempo. Tais modelos podem ainda, facilitar inferências sobre o potencial de realização de serviços ecossistêmicos de comunidade florestais na região.

Em resumo, as informações obtidas permitiram a caracterização das coberturas avaliadas e poderão colaborar com a elaboração de critérios para recuperação e preservação de ecossistemas similares, além do nortear políticas públicas eficientes na conservação dos recursos naturais e uso racional por populações humanas. Cabe ressaltar ainda, a necessidade de continuação dos estudos, especialmente as múltiplas mensurações das parcelas permanentes, o que permitiria quantificar as taxas de sequestro de carbono nos diferentes estágios sucessionais, resultados ainda não verificados para florestas secundárias no estado do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETO, C. G.; CAMPOS, J. B.; ROBERTO, D. M.; ROBERTO, D. M.; SCHWARZSTEIN, N. T.; ALVES, G. S. G.; COELHO, C. **Plano de Manejo do Parque Nacional do Itatiaia. Encarte 2 e 3 - Análise da Unidade de Conservação**. Brasília. 2013.

BOTREL, A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Brasilica**, v. 25, n.2, p. 195-213, 2002.

BORÉM, B.A.T.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Fitossociologia do estrato arbóreo em uma toposseqüência alterada de Mata Atlântica, no Município de Silva Jardim-RJ, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.6, p.727-742, 2002.

BROSIMUM in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10110>>. Acesso em: 21 Maio, 2019.

BURSERACEAE in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB6593>>. Acesso em: 21 Maio, 2019

CAMPOS, C. P. A. Conservação das florestas no Brasil, mudança do clima e o mecanismo de desenvolvimento limpo do Protocolo de Quioto. Dissertação, UFRJ, área de estudo em Planejamento Energético, Rio de Janeiro, 2001. 169p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, Ed. Embrapa Informação Tecnológica, ed. 1, 2003.

CARVALHO, F. A.; NASCIMENTO, M. T.; BRAGA, J. M. A. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo de um remanescente de Mata Atlântica submontana no município de Rio Bonito, RJ, Brasil (Mata Rio Vermelho). **Revista Árvore** [online]. v. 31, p.717-730, 2007.

CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; CURI, N.; VAN DEN BERG, E.; FONTES, M. A. L.; BOTEZELLI, L. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 2, p.329-345, 2005.

COSTA, G. G. O. **Análise multivariada Light**. Ed. Atlas, 2014. 200 p.

CUNHA, L. O.; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRA, A. D.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Análise multivariada da vegetação como ferramenta para avaliar a reabilitação de dunas litorâneas mineradas em Mataraca, Paraíba, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 4, p. 503-515, 2003.

CRUZ, A.R.; SILVA-GONÇALVES, K.C.; NUNES-FREITAS, A.F. Estrutura e florística de comunidade arbórea em duas áreas de Floresta Ombrófila densa em Macaé, RJ. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 4, p. 791-805, 2013.

DAN, M. L.; BRAGA, J. M.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura da comunidade arbórea de fragmentos da Bacia do rio São Domingos, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 61, n. 4, p. 749-766, 2010.

DALANESI, P.E.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; FONTES, M.A.L. Flora e estrutura do componente arbóreo da floresta do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG, e correlações entre a distribuição das espécies e variáveis ambientais. **Acta Botânica Brasilica**, Brasília, DF, v. 18, n. 4, p. 737-757, 2004.

ESPÍRITO-SANTO, F. D. B.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; MACHADO, E. L. M.; SOUZA, J. S.; FONTES, M. A. L.; MARQUES, J. J. G. S. M. Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. **Acta Botânica Brasilica**, Brasília, DF, v. 16, n. 3, p. 331-356, 2002.

FELFILI, J.M.; EISENLOHR, P.V.; FIUZZA de MELO, M.M.R.; ANDRADE, L.A.; MEIRA-NETO, J.A.A. **Fitosociologia no Brasil, Métodos e estudos de casos**. Ed UFV, Viçosa, MG, v. 1, 2011. 556 p.

FERREIRA-JUNIOR, W. G.; SILVA, A. S.; SCHAEFER, C. E.; MEIRA-NETO, J. A. A.; IGNÁCIO, M.; MEDEIROS, M. C. M. P. Influência dos solos e gradiente topográfico sobre a distribuição de espécies arbóreas em floresta estacional. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 64, n. 2, p. 137-157, 2007.

FERREIRA, R. L. C.; MOTA, A. C.; SILVA, J. A. A.; MARANGON, L. C.; SANTOS, E. S. Comparação de duas metodologias multivariadas no estudo de similaridade entre fragmentos de Floresta Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 03, p. 511-521, 2008.

FLOSS, P. A.; LONGHI, S. J.; COSTA, M. P.; FLOSS, E. C. S. Environmental structure and relationships in the setting of natural water springs in a Lower Highland Seasonal Forest in Brazilian South. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 48, n. 11, p. 1-10, 2018.

GEHRING, C.; PARK, S.; DENICH, M. Liana allometric biomass equations for Amazonian primary and secondary forest. **Forest Ecology and Management**, v. 195, n. 1, p. 69-83, 2004.

GONZAGA, A. P. D.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; MACHADO, E. L. M.; HARGREAVES, P.; MACHADO, J. N. M. Diagnóstico florístico-estrutural do componente arbóreo da floresta da Serra de São José, Tiradentes, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 22, p. 505-520, 2008.

GUEDES-BRUNI, R. R.; SILVA NETO, S.J.; MORIM, M. P.; MANTOVANI, W. Composição florística e estrutura de dossel em trecho de floresta ombrófila densa atlântica sobre morrote mamelonar na Reserva Biológica de Poço Das Antas, Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 57, n. 3, p. 429-442, 2006.

KURTZ, B. C.; ARAÚJO, D. S. D. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de um trecho de Mata Atlântica na Estação Ecológica Estadual do Paraíso, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 51, n. 78, p. 69-111, 2000.

HOBO ware - Version 3.1 Onset Computer Corporation. All rights reserved. 2010.

IPCC. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., **Cambridge University Press**, Cambridge, UK, 2007.976 p.

IVANAUSKAS, N. M.; RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G. Fitossociologia de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Scientia forestalis**, v. 56, p. 83-99, 1999.

IVANAUSKAS, N. M.; MONTEIRO, R.; RODRIGUES, R. R. Similaridade florística entre áreas de Floresta Atlântica no estado de São Paulo. **Brazilian Journal of Ecology**, v. 1, p. 71-81, 2000.

JAMES, F. C.; MCCULLOCH, C. E. Multivariate analysis in ecology and systematic: panacea or pandora's box? *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 21, p. 129-166, 1990. In FELFILI et al. **Fitossociologia no Brasil, Métodos e estudos de casos**. Ed. UFV, v. 1, Viçosa, MG, 2011. 556 p.

LACERDA, J. S.; COUTO, H. T. Z.; HIROTA, M. M.; PASISHNYK, N., POLIZEL, J. L. Estimativa da biomassa e carbono em áreas restauradas com plantio de essências nativas. **Metrum**, v. 5, p. 1-23, 2009.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. *Numerical Ecology*. Elsevier, Amsterdam, ed. 2 ed., 1988. In FELFILI et al. **Fitossociologia no Brasil, Métodos e estudos de casos**. Ed. UFV, v. 1, Viçosa, MG, 2011. 556 p.

LIMA, M.E.L.; CORDEIRO, I.; MORENO, P.R.H.; Estrutura Do Componente Arbóreo Em Floresta Ombrófila Densa Montana no Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba (PNMNP), Santo André, SP, BRASIL. **Hoehnea**, v. 38, n. 1, p. 73-96, 2011.

LINGNER, D. V. A floresta ombrófila densa em Santa Catarina – composição e padrões estruturais condicionados por variáveis geoclimáticas. Dissertação, FURB, área de estudo em Engenharia Ambiental, Blumenau, 2011.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa, Ed. Instituto Plantarum, ed. 4rd, v. 2, 1998. 352p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa, Ed. Instituto Plantarum, ed. 4rd, v. 2, 2002. 368p.

LORENZ, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa, Ed. Instituto Plantarum, ed. 4rd, v. 2, 2009. 384p.

MACHADO, D. L. Atributos indicadores da dinâmica sucessional em fragmento de Mata Atlântica na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, Rio de Janeiro. **Dissertação**, UFRRJ, área de estudo Ciências Ambientais e Florestais. Seropédica, 2011.

MEDEIROS, A. S. Influência da pedofoma sobre a composição florística e a estrutura da floresta estacional fluminense, Pinheiral – RJ. **Dissertação**, UFRRJ, área de estudo em Ciências Florestais e Ambientais. Seropédica, 2015.

MEDEIROS, A. S.; PEREIRA, M. G.; BRAZ, D. M. Estrutura e Conservação de um Trecho de Floresta Estacional em Piraí, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 330-339, 2016.

MENEZES, C. E. G. Integridade de paisagem, manejo e atributos do solo no médio vale do Paraíba do Sul. **Tese**, UFRRJ, área de estudo em Agronomia. Seropédica, 2008.

MORENO, M. R.; NASCIMENTO, M. T.; KURTZ, B. C. Estrutura e composição florística do estrato arbórea em duas matas altitudinais na mata atlântica de encosta da região do Imbé, RJ. **Acta Botânica Brasilica**, v. 17, p.371 – 386, 2003.

NETTESHEIM, F. C.; MENEZES, L. F. T.; CARVALHO, D. C.; CONDE, M. M. S.; ARAUJO, D. S. D. Influence of environmental variation on Atlantic Forest tree-shrub-layer phytogeography in southeast Brazil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 24, n. 2, p. 369-377, 2010.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Patterns of Floristic Differentiation among Atlântic Forest in Southeastern Brazil and the Influence of Climate. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 793-810, 2000.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CURI, N.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A. Variation in tree community composition and structure with changes in soil properties within a fragment of semideciduous forest in south- eastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 58, p. 139-158, 2001.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; CARVALHO, D. A.; FONTES, M. A. L.; VAN DEN BERG E.; CURI, N.; CARVALHO, W. A. C. Variações estruturais do compartimento arbóreo de uma floresta semidecíduaalto-montana na chapada das Perdizes, Carrancas, MG. **Revista Brasilica Botânica**, v. 27, n. 2, p. 291-309, 2004.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; VAN DEN BERG, E.; FONTES, M. A. L.; VILELA, E. A.; MARQUES, J. J.; CARVALHO, W. A. C. Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta ombrófila alto-montana às margens do rio Grande, Douglas Antônio de Carvalho Bocaina de Minas, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 19, n. 1, p. 91-109, 2005.

OLIVEIRA, R. R.; ZAÚ, A. S.; LIMA, D. F.; SILVA, M. B. R.; VIANNA, M. C.; SODRÉ; D. O.; SAMPAIO, P. O. Significado ecológico da orientação de encostas no Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro. In **Oecologia Brasiliensis**. V.I: **Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros**. Rio de Janeiro, v.1, p. 523-524, 1995.

ORLÓCI, L. Geometric models in ecology. I. the theory and application of some ordination methods. *Journal of Ecology*, v. 74, p. 2215-2230, 1966. In FELFILI et al. **Fitossociologia no Brasil, Métodos e estudos de casos**. Ed UFV, Viçosa, MG, v.1, 2011. 556 p.

PEARSON, K. On lines and planes of closest fit to a system of points in space. 1901. In: GOTELLI, N.J. **Princípios da estatística ecológica**. Tradução FabrícioBeggiatoBaccaro...[et al.]. Ed. Artmed, Porto Alegre, 2011.528p.

PEREIRA, I. M.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BOTELHO, S. A.; CARVALHO, W. A. C.; FONTES, M. A. L.; SCHIAVINI, I.; SILVA, A. F. Composição Florística do Compartimento Arbóreo de Cinco Remanescentes Florestais do Maciço do Itatiaia, Minas Gerais e Rio de Janeiro. **Rodriguésia**, v. 57, n. 1, p. 103-126, 2006.

QUINET, A.; BAITELLO, J. B.; MORAES, P. L. R.; ASSIS, L.; ALVES, F. M. **Lauraceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro**.Disponível em:<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB8470>>.2015.

QURESHI A.; BADOLA, R.; HUSSAIN, S. A. A review of protocols used for assessment of carbon stock in forested landscapes. **Environmental Science&Policy**, v. 16, p. 81-89, 2012.

ROCHA, C. T.; CARVALHO, D. A.; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; VAN DEN BERG, E.; MARQUES, J. J. G. S. M. Comunidade arbórea de um *continuum* entre floresta paludosa e de encosta em Coqueiral, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n.2, p.203-218, 2005.

RODRIGUES, L. A.; CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; CURI, N. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. *RevistaÁrvore*, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.25-35, 2007.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLF, S.; NAVE, A. G. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecologyand Management**, v. 261, p. 1605-1613, 2011.

SANTOS, G. L. Efeito da Pedoforma no Processo de Sucessão Secundária em Fragmentos Florestais na Região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, RJ. Dissertação, UFRRJ, área de estudo Ciências Ambientais e Florestais. Seropédica, 2014. 130p.

SILVA, G. C.; NASCIMENTO, M. T. Fitossociologia de um remanescente de mata sobre tabuleiros no norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, p. 51-62, 2001.

SILVA NETO, S. J.; PEIXOTO, A. L. **Rubiaceae do Parque Nacional do Itatiaia, Rio de Janeiro Brasil**: Boletim Técnico nº 14. 2012.

SOARES, M. S. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta estacional semidecidual em Araras, SP, Carlos : UFSCar, 49 f. **Dissertação** (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos. 2007.

SOLÓRZANO, A.; GUEDES-BRUNI, R. R.; OLIVEIRA, R. R. Composição florística e estrutura de um trecho de floresta ombrófila densa atlântica com uso pretérito de produção de Banana, no Parque Estadual da Pedra Branca, Rio de Janeiro, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, n.3, p.451-462, 2012.

SANTANA, L. D.; RIBEIRO, J. H. C.; IVANAUSKAS, N. C.; CARVALHO, F. A. Estrutura, diversidade e heterogeneidade de uma floresta Ombrófila Mista Altomontana em seu extremo norte de distribuição (Minas Gerais). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 567-579, 2018.

TER BRAAK, C. J. F.; PRENTICE, I. C. A theory of gradient analysis. **Advances in Ecological Research**, v. 18, p. 271-313, 1988.

TER BRAAK, C. J. F. The analysis of vegetation – environment relationship by canonical correspondence analysis. **Vegetation**, v. 69, p. 69-77, 1987.

PINTO SOBRINHO, F. de A.; CHRISTO, A. G.; GUEDES-BRUNI, R. R. SOBRINHO, F.A.P., CHRISTO, A.G., GUEDES-BRUNI, R.R. SOBRINHO. Fitossociologia do componente arbóreo num remanescente de floresta ombrófila densa submontana limítrofe à reserva biológica do Tinguá, Rio de Janeiro. **Revista Floresta**, Curitiba-PR, v. 40, n. 1, p. 111-124, 2010.

SOROCEA in. **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB31440>>. Acesso em: 21 Mai. 2019

SOUZA, J. S.; ESPÍRITO-SANTO, F. D. B.; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BOTEZELLI, L. Análise Das Variações Florísticas E Estruturais da Comunidade Arbórea de um Fragmento de Floresta Semidecídua às Margens do Rio Capivari, Lavras-Mg. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 2, p. 185-206, 2003.

STAPE, J. L.; SOUZA, V. C.; TORRADO, P. V.; VIDAL, P.; RODRIGUEZ, L. C. V.. **Estimativas das taxas de sequestro de carbono na Reserva Particular do Patrimônio Natural SESC Pantanal**. Rio de Janeiro, 2011. 144 p.

TOREZAN, J. M. D.; SILVEIRA, M. The biomass of bamboo (*Guadua weberbaueri* PILGER) in open forest of the southwestern Amazon. **Ecotropica**, n. 6, p. 71-76, 2000.

VEIGA L. G. Estoque de madeira morta ao longo de um gradiente altitudinal de Mata Atlântica no nordeste do estado de São Paulo. **Dissertação**, UEP, área de Biologia Vegetal. Campinas, 2010. 71p.

9. ANEXO

Tabela 82. Parâmetros Fitossociológicos calculados para a Floresta Ombrófila Densa em estágio avançado de sucessão ecológica, PNI-RJ.

ESPÉCIES	AB	NI	ABTi	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI	H'	J'
<i>Euterpe edulis</i>	156	20	2,412	0,039	18,616	0,5	4,454	0,00060	15,331	33,947	38,401	-0,313	-0,8
<i>Ocoteadyospirifolia</i>	66	18	0,586	0,017	7,876	0,45	4,009	0,00015	3,725	11,601	15,61	-0,2	
<i>Rudgeajasmimoides</i>	52	19	0,695	0,013	6,205	0,475	4,232	0,00017	4,422	10,627	14,859	-0,172	
<i>Guapiraopposita</i>	46	20	0,682	0,012	5,489	0,5	4,454	0,00017	4,338	9,827	14,282	-0,159	
Morto	41	18	0,815	0,01	4,893	0,45	4,009	0,00020	5,18	10,072	14,081	-0,148	
<i>Cupaniaoblongifolia</i>	23	15	0,485	0,006	2,745	0,375	3,341	0,00012	3,081	5,826	9,166	-0,099	
<i>Vockysiabifalcata</i>	12	9	0,648	0,003	1,432	0,225	2,004	0,00016	4,118	5,55	7,555	-0,061	
<i>Tapiriraguianensis</i>	17	12	0,374	0,004	2,029	0,3	2,673	0,00009	2,381	4,409	7,082	-0,079	
<i>Pterocarpusrohrii</i>	7	5	0,667	0,002	0,835	0,125	1,114	0,00017	4,239	5,075	6,188	-0,04	
<i>Licaniakunthiana</i>	14	9	0,363	0,004	1,671	0,225	2,004	0,00009	2,306	3,976	5,981	-0,068	
<i>Ocotealongifolia</i>	10	5	0,465	0,003	1,193	0,125	1,114	0,00012	2,956	4,149	5,263	-0,053	
<i>Eugenia candolleana</i>	15	9	0,144	0,004	1,79	0,225	2,004	0,00004	0,917	2,707	4,711	-0,072	
<i>Soroceaguilleminiana</i>	15	8	0,149	0,004	1,79	0,2	1,782	0,00004	0,95	2,74	4,522	-0,072	
<i>Scheffleramorototoni</i>	9	5	0,351	0,002	1,074	0,125	1,114	0,00009	2,23	3,304	4,417	-0,049	
<i>Cabralea canjerana</i>	14	7	0,182	0,004	1,671	0,175	1,559	0,00005	1,158	2,829	4,388	-0,068	
<i>Anibafirmula</i>	5	5	0,417	0,001	0,597	0,125	1,114	0,00010	2,649	3,246	4,36	-0,031	
<i>Protiumheptaphyllum</i>	13	10	0,08	0,003	1,551	0,25	2,227	0,00002	0,511	2,062	4,289	-0,065	
<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	4	3	0,479	0,001	0,477	0,075	0,668	0,00012	3,046	3,523	4,191	-0,026	
<i>Eriothecapentaphylla</i>	2	2	0,529	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00013	3,363	3,601	4,047	-0,014	
<i>Malouetiaarborea</i>	11	8	0,121	0,003	1,313	0,2	1,782	0,00003	0,767	2,08	3,861	-0,057	
<i>Nectandraoppositifolia</i>	8	5	0,254	0,002	0,955	0,125	1,114	0,00006	1,616	2,571	3,685	-0,044	
<i>Hirtellahebeclada</i>	6	4	0,321	0,002	0,716	0,1	0,891	0,00008	2,044	2,76	3,651	-0,035	
<i>Pera glabrata</i>	13	6	0,1	0,003	1,551	0,15	1,336	0,00002	0,635	2,186	3,523	-0,065	
<i>Myrciasp.1</i>	11	8	0,058	0,003	1,313	0,2	1,782	0,00001	0,369	1,682	3,464	-0,057	
<i>Guapira hirsuta</i>	11	8	0,057	0,003	1,313	0,2	1,782	0,00001	0,361	1,673	3,455	-0,057	
<i>Swartziaflaemingii</i>	9	3	0,268	0,002	1,074	0,075	0,668	0,00007	1,705	2,779	3,447	-0,049	
<i>Indeterminada sp.1</i>	9	8	0,088	0,002	1,074	0,2	1,782	0,00002	0,557	1,631	3,412	-0,049	
<i>Astrocaryumaculeatissimum</i>	11	6	0,08	0,003	1,313	0,15	1,336	0,00002	0,511	1,824	3,16	-0,057	
<i>Myrciasplendens</i>	8	7	0,077	0,002	0,955	0,175	1,559	0,00002	0,487	1,442	3,001	-0,044	
<i>Actinostemonverticillatus</i>	8	6	0,035	0,002	0,955	0,15	1,336	0,00001	0,222	1,177	2,513	-0,044	
<i>Nectandramembranacea</i>	4	4	0,178	0,001	0,477	0,1	0,891	0,00004	1,129	1,606	2,497	-0,026	
<i>Duguetiasalicifolia</i>	10	4	0,05	0,003	1,193	0,1	0,891	0,00001	0,321	1,514	2,405	-0,053	
<i>Oreopanaxcapitatus</i>	8	5	0,05	0,002	0,955	0,125	1,114	0,00001	0,318	1,273	2,387	-0,044	
<i>Alchorneaatriplinervia</i>	7	5	0,065	0,002	0,835	0,125	1,114	0,00002	0,41	1,246	2,359	-0,04	
<i>Bathysaaustralis</i>	6	5	0,083	0,002	0,716	0,125	1,114	0,00002	0,527	1,243	2,356	-0,035	

Continua...

Tabela 82. Continuação.

ESPECIES	AB	NI	ABTi	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI	H'	J'
<i>Cariniaestrellensis</i>	1	1	0,306	0	0,119	0,025	0,223	0,00008	1,944	2,063	2,286	-0,008	
<i>Abaremacochliacarpos</i>	3	3	0,192	0,001	0,358	0,075	0,668	0,00005	1,224	1,582	2,25	-0,02	
<i>Ficusenormis</i>	4	4	0,127	0,001	0,477	0,1	0,891	0,00003	0,805	1,283	2,173	-0,026	
<i>Trichilia lepidota</i>	5	4	0,103	0,001	0,597	0,1	0,891	0,00003	0,652	1,249	2,139	-0,031	
<i>Pera heteranthera</i>	3	3	0,174	0,001	0,358	0,075	0,668	0,00004	1,105	1,463	2,131	-0,02	
<i>Guatteriaaustralis</i>	6	5	0,044	0,002	0,716	0,125	1,114	0,00001	0,281	0,997	2,111	-0,035	
<i>Guareamacrophylla</i>	6	5	0,033	0,002	0,716	0,125	1,114	0,00001	0,207	0,923	2,036	-0,035	
<i>Campomanesiaxanthocarpa</i>	4	4	0,099	0,001	0,477	0,1	0,891	0,00002	0,632	1,11	2	-0,026	
<i>Amaiouaguanensis</i>	6	3	0,094	0,002	0,716	0,075	0,668	0,00002	0,599	1,315	1,983	-0,035	
<i>Jacaratiaspinosa</i>	4	4	0,091	0,001	0,477	0,1	0,891	0,00002	0,58	1,058	1,948	-0,026	
<i>Guatterianigrescens</i>	5	5	0,028	0,001	0,597	0,125	1,114	0,00001	0,176	0,773	1,886	-0,031	
<i>Cecropiaholeuca</i>	2	2	0,188	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00005	1,193	1,432	1,878	-0,014	
<i>Coccolobamollis</i>	5	5	0,02	0,001	0,597	0,125	1,114	0,00001	0,13	0,726	1,84	-0,031	
<i>Indeterminada sp.2</i>	4	3	0,099	0,001	0,477	0,075	0,668	0,00002	0,629	1,107	1,775	-0,026	
<i>Pouteriasp.2</i>	3	2	0,143	0,001	0,358	0,05	0,445	0,00004	0,906	1,264	1,71	-0,02	
<i>Crotonechnocarpus</i>	4	4	0,052	0,001	0,477	0,1	0,891	0,00001	0,332	0,809	1,7	-0,026	
<i>Tabernaemontanahystrix</i>	5	4	0,031	0,001	0,597	0,1	0,891	0,00001	0,198	0,795	1,686	-0,031	
<i>Tabebuia roseoalba</i>	4	4	0,048	0,001	0,477	0,1	0,891	0,00001	0,303	0,78	1,671	-0,026	
<i>Dicksoniasellowiana</i>	5	4	0,023	0,001	0,597	0,1	0,891	0,00001	0,146	0,742	1,633	-0,031	
<i>Endlicheriapaniculata</i>	5	4	0,019	0,001	0,597	0,1	0,891	0,00000	0,123	0,72	1,611	-0,031	
<i>Vockysiasp.1</i>	3	3	0,068	0,001	0,358	0,075	0,668	0,00002	0,435	0,793	1,461	-0,02	
<i>Xylopia brasiliensis</i>	3	3	0,06	0,001	0,358	0,075	0,668	0,00001	0,381	0,739	1,407	-0,02	
<i>Casearia obliqua</i>	3	1	0,117	0,001	0,358	0,025	0,223	0,00003	0,743	1,101	1,323	-0,02	
<i>Trichiliacasaretti</i>	4	3	0,023	0,001	0,477	0,075	0,668	0,00001	0,148	0,625	1,293	-0,026	
<i>Marliereaexcoriata</i>	3	3	0,025	0,001	0,358	0,075	0,668	0,00001	0,157	0,515	1,183	-0,02	
<i>Pseudobombaxgrandeflorum</i>	2	1	0,109	0,001	0,239	0,025	0,223	0,00003	0,696	0,934	1,157	-0,014	
<i>Diospyrossp.1</i>	3	3	0,02	0,001	0,358	0,075	0,668	0,00001	0,13	0,488	1,156	-0,02	
<i>Aspidospermopolynuron</i>	2	2	0,059	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00001	0,372	0,611	1,057	-0,014	
<i>Ammonasylvatica</i>	3	2	0,026	0,001	0,358	0,05	0,445	0,00001	0,165	0,523	0,968	-0,02	
<i>Dalbergiafoliolosa</i>	2	2	0,043	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00001	0,271	0,51	0,955	-0,014	
<i>Byrsonimasericea</i>	1	1	0,096	0	0,119	0,025	0,223	0,00002	0,612	0,731	0,954	-0,008	
<i>Virola oleifera</i>	2	2	0,039	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00001	0,246	0,485	0,93	-0,014	
<i>Nectandrapuberula</i>	3	2	0,014	0,001	0,358	0,05	0,445	0,00000	0,09	0,448	0,893	-0,02	
<i>Swartzialangsdorffii</i>	2	2	0,033	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00001	0,207	0,446	0,892	-0,014	
<i>Kielmeyera excelsa</i>	2	2	0,026	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00001	0,164	0,402	0,848	-0,014	
<i>Indeterminada sp.6</i>	2	2	0,021	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00001	0,135	0,373	0,819	-0,014	
<i>Calyptanthesgrandifolia</i>	2	2	0,019	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00000	0,122	0,361	0,807	-0,014	
<i>Ingalenticelata</i>	2	2	0,017	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00000	0,106	0,345	0,79	-0,014	
<i>Guettardaviburnoides</i>	2	2	0,012	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00000	0,079	0,317	0,763	-0,014	
<i>Aspidospermoparvifolium</i>	2	2	0,012	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00000	0,074	0,313	0,758	-0,014	
<i>Pliniaedulis</i>	2	2	0,01	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00000	0,063	0,302	0,747	-0,014	
<i>Myrciariafloribunda</i>	2	2	0,008	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00000	0,054	0,292	0,738	-0,014	
<i>Ocoteabrachybotra</i>	2	2	0,008	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00000	0,049	0,288	0,733	-0,014	
<i>Alseisfloribunda</i>	2	2	0,007	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00000	0,043	0,281	0,727	-0,014	

Continua...

Tabela 82. Continuação.

ESPÉCIES	AB	NI	ABTi	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI	H'	J'
<i>Psidium rufum</i>	2	2	0,006	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00000	0,04	0,278	0,724	-0,014	
<i>Miconia pusilliflora</i>	2	2	0,006	0,001	0,239	0,05	0,445	0,00000	0,037	0,275	0,721	-0,014	
<i>Myrocarpus frondosus</i>	1	1	0,051	0	0,119	0,025	0,223	0,00001	0,324	0,443	0,666	-0,008	
<i>Vitex polygama</i>	1	1	0,051	0	0,119	0,025	0,223	0,00001	0,324	0,443	0,666	-0,008	
<i>Protium widgrenii</i>	1	1	0,045	0	0,119	0,025	0,223	0,00001	0,285	0,404	0,627	-0,008	
<i>Tibouchina granulosa</i>	1	1	0,039	0	0,119	0,025	0,223	0,00001	0,248	0,367	0,59	-0,008	
<i>Xylopiasericca</i>	1	1	0,039	0	0,119	0,025	0,223	0,00001	0,248	0,367	0,59	-0,008	
<i>Allophylus melanophloeus</i>	2	1	0,02	0,001	0,239	0,025	0,223	0,00000	0,125	0,364	0,586	-0,014	
<i>Indeterminada sp.3</i>	1	1	0,035	0	0,119	0,025	0,223	0,00001	0,22	0,34	0,562	-0,008	
<i>Aspidospermasp.1</i>	1	1	0,032	0	0,119	0,025	0,223	0,00001	0,201	0,32	0,543	-0,008	
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	2	1	0,005	0,001	0,239	0,025	0,223	0,00000	0,033	0,272	0,495	-0,014	
<i>Casearia sylvestris</i>	1	1	0,02	0	0,119	0,025	0,223	0,00000	0,126	0,246	0,469	-0,008	
<i>Plathymenia reticulata</i>	1	1	0,02	0	0,119	0,025	0,223	0,00000	0,126	0,246	0,469	-0,008	
<i>Myrtaceaes.2</i>	1	1	0,019	0	0,119	0,025	0,223	0,00000	0,121	0,241	0,464	-0,008	
<i>Coccolobasp.1</i>	1	1	0,015	0	0,119	0,025	0,223	0,00000	0,094	0,213	0,436	-0,008	
<i>Sloanea retusa</i>	1	1	0,013	0	0,119	0,025	0,223	0,00000	0,081	0,2	0,423	-0,008	
<i>Sebastiania commersoniana</i>	1	1	0,012	0	0,119	0,025	0,223	0,00000	0,077	0,196	0,419	-0,008	
<i>Allophylus edulis</i>	1	1	0,008	0	0,119	0,025	0,223	0,00000	0,052	0,171	0,394	-0,008	
<i>Croton floribundus</i>	1	1	0,007	0	0,119	0,025	0,223	0,00000	0,043	0,162	0,385	-0,008	
<i>Machaerium myctitans</i>	1	1	0,005	0	0,119	0,025	0,223	0,00000	0,032	0,151	0,374	-0,008	
<i>Posoqueria latifolia</i>	1	1	0,004	0	0,119	0,025	0,223	0,00000	0,027	0,146	0,369	-0,008	
<i>Brosimum guianense</i>	1	1	0,004	0	0,119	0,025	0,223	0,00000	0,022	0,142	0,364	-0,008	
<i>Humiriaceaes.1</i>	1	1	0,004	0	0,119	0,025	0,223	0,00000	0,022	0,142	0,364	-0,008	
<i>Jacarandamacrantha</i>	1	1	0,003	0	0,119	0,025	0,223	0,00000	0,016	0,136	0,358	-0,008	
<i>Bauhinia forficata</i>	1	1	0,002	0	0,119	0,025	0,223	0,00000	0,015	0,134	0,357	-0,008	
<i>Eugenia sp.1</i>	1	1	0,002	0	0,119	0,025	0,223	0,00000	0,015	0,134	0,357	-0,008	
<i>Coutarea hexandra</i>	1	1	0,002	0	0,119	0,025	0,223	0,00000	0,013	0,132	0,355	-0,008	
<i>Dalbergia frutescens</i>	1	1	0,002	0	0,119	0,025	0,223	0,00000	0,013	0,132	0,355	-0,008	
TOTAL	838	449	15,729	0,21	100	11,225	100	0,00000	100	200	300	-3,746	-0,8

Tabela 83. Continuação.

ESPÉCIES	AB	NI	ABTi	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI	H'	J'
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	1	1	0,004	0,000	0,147	0,025	0,259	0,000001	0,029	0,176	0,435	-0,010	
<i>Annona sp.1</i>	1	1	0,004	0,000	0,147	0,025	0,259	0,000001	0,026	0,173	0,432	-0,010	
<i>Indeterminada sp.5</i>	1	1	0,003	0,000	0,147	0,025	0,259	0,000001	0,024	0,171	0,430	-0,010	
<i>Myrtaceae sp.2</i>	1	1	0,003	0,000	0,147	0,025	0,259	0,000001	0,024	0,171	0,430	-0,010	
<i>Abaremacochliacarpus</i> (Gomes) Barneby&J.W.Grimes	1	1	0,003	0,000	0,147	0,025	0,259	0,000001	0,022	0,169	0,428	-0,010	
<i>Siparunaguianensis</i> Aubl.	1	1	0,003	0,000	0,147	0,025	0,259	0,000001	0,022	0,169	0,428	-0,010	
<i>Amaiouaguianensis</i> Aubl.	1	1	0,003	0,000	0,147	0,025	0,259	0,000001	0,019	0,166	0,425	-0,010	
<i>Casearia obliqua</i> Spreng.	1	1	0,003	0,000	0,147	0,025	0,259	0,000001	0,019	0,166	0,425	-0,010	
<i>Eugenia multicostata</i> D. Legrand	1	1	0,003	0,000	0,147	0,025	0,259	0,000001	0,019	0,166	0,425	-0,010	
<i>Licania sp.1</i>	1	1	0,003	0,000	0,147	0,025	0,259	0,000001	0,019	0,166	0,425	-0,010	
<i>Pliniaedulis</i> (Vell.) Sobral	1	1	0,002	0,000	0,147	0,025	0,259	0,000001	0,017	0,164	0,423	-0,010	
<i>Dicksoniasellowiana</i> Hook.	1	1	0,002	0,000	0,147	0,025	0,259	0,000001	0,015	0,162	0,421	-0,010	
<i>Myrciariafloribunda</i> (West) O.Berg	1	1	0,002	0,000	0,147	0,025	0,259	0,000001	0,015	0,162	0,421	-0,010	
<i>Virola gardneri</i> (A. DC.) Warb	1	1	0,002	0,000	0,147	0,025	0,259	0,000001	0,015	0,162	0,421	-0,010	
TOTAL	680	386	13,326	0,170	100,000	9,650	100,000	0,003331	100,043	200,043	300,043	-3,549	-0,76

Tabela 84. Parâmetros Fitossociológicos calculados para a Floresta Ombrófila Densa em estágio inicial de sucessão ecológica, PNI-RJ.

ESPÉCIES	AB	NI	ABTi	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI	H'	J'
<i>Brosimumguianense</i> (Aubl.) Huber	59	17	0,867	0,015	9,949	0,425	4,632	0,00022	10,223	20,172	24,805	-0,230	-0,84
<i>Pseudopiptadenia contorta</i> (DC.) G.P. Lewis & M.P.Lima	20	12	1,046	0,005	3,373	0,300	3,270	0,00026	12,327	15,700	18,970	-0,114	
<i>Soroceaguilleminiana</i> (Baill.) W. C. Burguer	47	15	0,466	0,012	7,926	0,375	4,087	0,00012	5,499	13,424	17,512	-0,201	
Morto	35	16	0,541	0,009	5,902	0,400	4,360	0,00014	6,379	12,281	16,641	-0,167	
<i>Guapiraopposita</i> (Vell.) Reitz	32	13	0,279	0,008	5,396	0,325	3,542	0,00007	3,286	8,682	12,224	-0,158	
<i>Protiumheptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	29	12	0,227	0,007	4,890	0,300	3,270	0,00006	2,672	7,562	10,832	-0,148	
<i>Malouetiaarborea</i> (Vell.) Miers	24	14	0,120	0,006	4,047	0,350	3,815	0,00003	1,414	5,461	9,276	-0,130	
<i>Indeterminada</i> sp.4	8	7	0,402	0,002	1,349	0,175	1,907	0,00010	4,733	6,082	7,990	-0,058	
<i>Anibafirmula</i> (Ness& Mart) Mez	13	7	0,235	0,003	2,192	0,175	1,907	0,00006	2,776	4,968	6,876	-0,084	
<i>Myrciasplendens</i> (Swart) DC.	17	10	0,081	0,004	2,867	0,250	2,725	0,00002	0,959	3,826	6,551	-0,102	
<i>Ficusgomelleira</i> Kunth & Bouché	1	1	0,497	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00012	5,863	6,032	6,305	-0,011	
<i>Trichiliacasaretti</i> C.DC	16	6	0,150	0,004	2,698	0,150	1,635	0,00004	1,763	4,461	6,096	-0,097	
<i>Astrocaryumaculeatissimum</i> (Schott) Burret	13	9	0,121	0,003	2,192	0,225	2,452	0,00003	1,432	3,624	6,076	-0,084	
<i>Aparisthmiumcordatum</i> (Juss.) Bail.	12	6	0,127	0,003	2,024	0,150	1,635	0,00003	1,493	3,517	5,152	-0,079	
<i>Tapiriraguianensis</i> Aubl.	6	5	0,231	0,002	1,012	0,125	1,362	0,00006	2,725	3,737	5,099	-0,046	
<i>Ingaedulis</i> Mart.	8	6	0,177	0,002	1,349	0,150	1,635	0,00004	2,089	3,438	5,073	-0,058	
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	9	8	0,115	0,002	1,518	0,200	2,180	0,00003	1,355	2,872	5,052	-0,064	
<i>Ocotealoblongifolia</i> Kunth	8	8	0,126	0,002	1,349	0,200	2,180	0,00003	1,485	2,834	5,014	-0,058	
<i>Swartziaflaemingii</i> Raddi	11	6	0,068	0,003	1,855	0,150	1,635	0,00002	0,804	2,658	4,293	-0,074	
<i>Bathysaaustralis</i> (A.St.-Hil.) Benth. & Hook. f.	7	7	0,093	0,002	1,180	0,175	1,907	0,00002	1,096	2,276	4,184	-0,052	
<i>Ocoteadyospirifolia</i> (Meisn.) Mez	11	6	0,053	0,003	1,855	0,150	1,635	0,00001	0,626	2,481	4,116	-0,074	
<i>Mataybaelaeagnoides</i> Radlk	9	7	0,054	0,002	1,518	0,175	1,907	0,00001	0,631	2,149	4,057	-0,064	
<i>Cupaniaoblongifolia</i> Mart.	8	7	0,052	0,002	1,349	0,175	1,907	0,00001	0,609	1,958	3,865	-0,058	
<i>Ormosiaarborea</i> (Vell.) Harms	7	5	0,099	0,002	1,180	0,125	1,362	0,00002	1,169	2,350	3,712	-0,052	
<i>Lecythispisonis</i> Cambess.	2	2	0,210	0,001	0,337	0,050	0,545	0,00005	2,472	2,810	3,355	-0,019	
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	6	3	0,118	0,002	1,012	0,075	0,817	0,00003	1,392	2,403	3,221	-0,046	
<i>Siparunaguianensis</i> Aubl.	8	5	0,028	0,002	1,349	0,125	1,362	0,00001	0,329	1,678	3,041	-0,058	
<i>Vockysiabifalcata</i> Warm	4	4	0,089	0,001	0,675	0,100	1,090	0,00002	1,045	1,720	2,810	-0,034	
<i>Casearia obliqua</i> Spreng.	5	5	0,051	0,001	0,843	0,125	1,362	0,00001	0,601	1,444	2,807	-0,040	
<i>Endlicheriapaniculata</i> (Spreng.) J.F. Macbr	6	5	0,034	0,002	1,012	0,125	1,362	0,00001	0,402	1,414	2,776	-0,046	
<i>Rudgeajasmínoides</i> (Cham.) Müll. Arg.	5	5	0,030	0,001	0,843	0,125	1,362	0,00001	0,356	1,199	2,561	-0,040	
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	5	4	0,039	0,001	0,843	0,100	1,090	0,00001	0,465	1,309	2,399	-0,040	
<i>Virola oleifera</i> (Schott) A.C. Sm.	5	4	0,038	0,001	0,843	0,100	1,090	0,00001	0,452	1,295	2,385	-0,040	
<i>Licaniakunthiana</i> Hook. f.	4	4	0,046	0,001	0,675	0,100	1,090	0,00001	0,545	1,220	2,310	-0,034	
<i>Cecropiaglaziiovii</i> Sneathl.	3	3	0,070	0,001	0,506	0,075	0,817	0,00002	0,829	1,335	2,153	-0,027	
<i>Genipa americana</i> L.	4	3	0,046	0,001	0,675	0,075	0,817	0,00001	0,540	1,214	2,032	-0,034	
<i>Miconia discolor</i> DC.	4	4	0,022	0,001	0,675	0,100	1,090	0,00001	0,260	0,935	2,025	-0,034	
<i>Pera heteranthera</i> Poit. exBaill	5	3	0,030	0,001	0,843	0,075	0,817	0,00001	0,351	1,194	2,012	-0,040	

Continua...

Tabela 84. Continuação.

ESPÉCIES	AB	NI	ABTi	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI	H'	J'
<i>Nectandraoppositifolia</i> Ness& Mart.	3	3	0,024	0,001	0,506	0,075	0,817	0,00001	0,281	0,787	1,604	-0,027	
<i>Marliereaexcoriata</i> Mart.	3	3	0,020	0,001	0,506	0,075	0,817	0,00001	0,238	0,744	1,561	-0,027	
<i>Crotonfloribundus</i> Spreng.	2	2	0,057	0,001	0,337	0,050	0,545	0,00001	0,670	1,008	1,553	-0,019	
<i>Kielmeyera excelsa</i> Cambess	3	3	0,018	0,001	0,506	0,075	0,817	0,00000	0,215	0,721	1,538	-0,027	
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britt	3	3	0,012	0,001	0,506	0,075	0,817	0,00000	0,147	0,653	1,470	-0,027	
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil.) Radlk.	3	3	0,012	0,001	0,506	0,075	0,817	0,00000	0,136	0,642	1,460	-0,027	
<i>Bauhiniaforficata</i> Link	3	3	0,011	0,001	0,506	0,075	0,817	0,00000	0,132	0,638	1,455	-0,027	
<i>Guareamacrophylla</i> Vahl.	3	3	0,011	0,001	0,506	0,075	0,817	0,00000	0,126	0,632	1,450	-0,027	
<i>Pera glabrata</i> Baill	4	2	0,017	0,001	0,675	0,050	0,545	0,00000	0,203	0,878	1,423	-0,034	
<i>Pouteria</i> sp.2	1	1	0,080	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00002	0,938	1,107	1,379	-0,011	
<i>Xylopia brasiliensis</i> Sprengel	2	1	0,054	0,001	0,337	0,025	0,272	0,00001	0,633	0,970	1,243	-0,019	
<i>Pachystromalongifolium</i> (Nees) Johnston	3	2	0,014	0,001	0,506	0,050	0,545	0,00000	0,169	0,675	1,220	-0,027	
<i>Apuleialeiocarpa</i> (vogel) J.F.Macbr.	1	1	0,064	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00002	0,760	0,929	1,201	-0,011	
<i>Sparattospermaleucanthum</i> (Vell.) K. Schum.	1	1	0,062	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00002	0,727	0,895	1,168	-0,011	
<i>Calyptranthesgrandifolia</i> O.Berg.	3	2	0,008	0,001	0,506	0,050	0,545	0,00000	0,097	0,602	1,147	-0,027	
<i>Sapiumglandulatum</i> (Vell.) Pax	2	2	0,019	0,001	0,337	0,050	0,545	0,00000	0,224	0,562	1,107	-0,019	
<i>Campomanesiaanthocarpa</i> O.Berg	2	2	0,013	0,001	0,337	0,050	0,545	0,00000	0,149	0,486	1,031	-0,019	
<i>Eugenia candolleana</i> DC.	2	2	0,011	0,001	0,337	0,050	0,545	0,00000	0,136	0,473	1,018	-0,019	
<i>Trichilia lepidota</i> Mart.	2	2	0,011	0,001	0,337	0,050	0,545	0,00000	0,124	0,462	1,007	-0,019	
<i>Trichiliacatigua</i> A. Juss.	2	2	0,010	0,001	0,337	0,050	0,545	0,00000	0,122	0,460	1,005	-0,019	
<i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.	2	2	0,010	0,001	0,337	0,050	0,545	0,00000	0,122	0,459	1,004	-0,019	
<i>Abaremacochliacarpus</i> (Gomes) Barneby&J.W.Grimes	2	2	0,010	0,001	0,337	0,050	0,545	0,00000	0,113	0,450	0,995	-0,019	
<i>Myrciaria</i> sp.1	2	2	0,008	0,001	0,337	0,050	0,545	0,00000	0,100	0,437	0,982	-0,019	
<i>Sloanearetusa</i> Uittien	2	2	0,008	0,001	0,337	0,050	0,545	0,00000	0,099	0,437	0,981	-0,019	
<i>Myrcia</i> sp.1	2	1	0,030	0,001	0,337	0,025	0,272	0,00001	0,348	0,685	0,958	-0,019	
<i>Myrciariafloribunda</i> (West) O.Berg	2	2	0,005	0,001	0,337	0,050	0,545	0,00000	0,058	0,395	0,940	-0,019	
<i>Myrcia</i> sp.2	2	2	0,004	0,001	0,337	0,050	0,545	0,00000	0,051	0,388	0,933	-0,019	
<i>Ingacylindrica</i> (Vell.) Mart. exBenth	2	1	0,021	0,001	0,337	0,025	0,272	0,00001	0,247	0,584	0,856	-0,019	
<i>Miconia</i> sp.1	2	1	0,017	0,001	0,337	0,025	0,272	0,00000	0,199	0,536	0,809	-0,019	
<i>Ingalenticelata</i> Benth.	2	1	0,015	0,001	0,337	0,025	0,272	0,00000	0,175	0,512	0,785	-0,019	
<i>Crotonchnocarpus</i> Müll. Arg	1	1	0,027	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00001	0,316	0,484	0,757	-0,011	
<i>Macluratinctoria</i> (L.) D.DonexSteud.	1	1	0,025	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00001	0,294	0,463	0,735	-0,011	
<i>Actinostemonverticillatus</i> (Klotzsch) Baill.	2	1	0,010	0,001	0,337	0,025	0,272	0,00000	0,117	0,455	0,727	-0,019	
<i>Myrtaceae</i> sp.3	1	1	0,021	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00001	0,244	0,413	0,685	-0,011	
<i>Piptocarphamacropoda</i> (DC.) Baker	1	1	0,020	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,235	0,403	0,676	-0,011	
<i>Aegiphilaselowiana</i> Cham.	1	1	0,016	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,190	0,359	0,631	-0,011	
<i>Eriothecapentaphylla</i> (Vell.) A. Royns	1	1	0,014	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,165	0,334	0,607	-0,011	
<i>Indeterminada</i> sp.7	1	1	0,014	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,165	0,334	0,607	-0,011	
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S. Irwin &Barneby	1	1	0,014	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,165	0,334	0,607	-0,011	
<i>Annona glabra</i> L.	1	1	0,013	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,150	0,319	0,591	-0,011	
<i>Guatteriaaustralis</i> A.St.-Hil.	1	1	0,011	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,135	0,304	0,577	-0,011	
<i>Vockysiatucanorum</i> Warm	1	1	0,011	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,135	0,304	0,577	-0,011	
<i>Pouteriafilipes</i> Eyma	1	1	0,009	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,108	0,277	0,550	-0,011	
<i>Sloanea monosperma</i> Vell.	1	1	0,009	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,108	0,277	0,550	-0,011	

Continua...

Tabela 43. Continuação.

ESPECIES	AB	NI	ABTi	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI	H'	J'
<i>Ingalaurina</i> (Sw.) Willd.	1	1	0,009	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,102	0,271	0,543	-0,011	
<i>Protiumwidgrenii</i> Engl.	1	1	0,008	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,090	0,259	0,531	-0,011	
<i>Lueheadivaricata</i> Mart. &Zucc.	1	1	0,005	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,063	0,232	0,505	-0,011	
<i>Cupaniatenuivalvis</i> Radlk.	1	1	0,005	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,059	0,227	0,500	-0,011	
<i>Duguetiasalicifolia</i> R.E.Fries	1	1	0,005	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,059	0,227	0,500	-0,011	
<i>Cordiasellowiana</i> Cham.	1	1	0,004	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,050	0,218	0,491	-0,011	
<i>Micropholisgardneriana</i> (A.DC.) Pierre	1	1	0,004	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,050	0,218	0,491	-0,011	
<i>Alseisfloribunda</i> Schott	1	1	0,004	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,045	0,214	0,487	-0,011	
<i>Licania</i> sp.1	1	1	0,004	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,045	0,214	0,487	-0,011	
<i>Indeterminada</i> sp.1	1	1	0,004	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,041	0,210	0,482	-0,011	
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz &Pav.) Radlk.	1	1	0,003	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,038	0,206	0,479	-0,011	
<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam	1	1	0,003	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,034	0,203	0,475	-0,011	
<i>Guatterianigrescens</i> Mart.	1	1	0,003	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,030	0,199	0,472	-0,011	
<i>Andirafraxinifolia</i> Benth.	1	1	0,002	0,000	0,169	0,025	0,272	0,00000	0,027	0,196	0,468	-0,011	
TOTAL	593	367	8,482	0,148	100,000	9,175	100,000	0,00212	100,000	200,000	300,000	-3,912	-0,84