



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Sorocaba

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

Ciências Ambientais

OCIMAR JOSÉ BAPTISTA BIM

**RESTAURAÇÃO PASSIVA EM BANANAIS ABANDONADOS: UMA
CONTRIBUIÇÃO PARA A ANÁLISE ECOLÓGICA E ESPACIAL**

Sorocaba
2023

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências
ambientais*



OCIMAR JOSÉ BAPTISTA BIM

**RESTAURAÇÃO PASSIVA EM BANANAIS ABANDONADOS: UMA CONTRIBUIÇÃO
PARA A ANÁLISE ECOLÓGICA E ESPACIAL**

Tese apresentada como requisito para a obtenção
do título de Doutor em Ciências Ambientais da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho” na Área de Concentração Diagnóstico,
Tratamento e Recuperação Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Admilson Írio Ribeiro

Coorientadora: Profa. Dra. Francisca Alcivania de
Melo e Silva

Sorocaba
2023

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em
*ciências
ambientais*  unesp
Sorocaba

B611r Bim, Ocimar José Baptista.
Restauração passiva em bananais abandonados: uma contribuição
para a análise ecológica e espacial / Ocimar José Baptista Bim. --
Sorocaba, 2023
153 f. : il., tabs., fotos, mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba
Orientador: Admilson Írio Ribeiro

Coorientadora: Francisca Alcivania de Melo e Silva

1. Recuperação ecológica. 2. Recuperação e remediação ambiental.
3. Recursos naturais - Conservação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor.

Essa ficha não pode ser modificada.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

O trabalho amplia os estudos sobre restauração passiva em região de Mata Atlântica e em áreas antes utilizadas com a cultura da banana no Vale do Ribeira, possibilitando que pequenos agricultores cumpram a legislação ambiental, recuperando áreas de preservação permanente sem a necessidade de aporte de recursos financeiros. A pesquisa se alinha com Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 13 e ODS 15).

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This research expands studies on passive restoration in the Atlantic Forest region and in areas previously used for banana cultivation in the Vale do Ribeira region, enabling small farmers to comply with environmental legislation by restoring permanent preservation areas without the need for financial resources. The research aligns with the Sustainable Development Goals (SDGs 13 and 15).



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Sorocaba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: RESTAURAÇÃO PASSIVA EM BANANAIS ABANDONADOS: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A ANÁLISE ECOLÓGICA E ESPACIAL

AUTOR: OCIMAR JOSE BAPTISTA BIM

ORIENTADOR: ADMILSON IRIO RIBEIRO

COORIENTADORA: FRANCISCA ALCIVANIA DE MELO SILVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ciências Ambientais, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ADMILSON IRIO RIBEIRO (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Ambiental / Unesp - Campus Sorocaba

Prof. Dr. AFONSO PECHE FILHO (Participação Virtual)
Centro de Engenharia e Automação (CEA) / Instituto Agrônomo de Campinas (IAC)

Prof. Dr. FERNANDO SILVEIRA FRANCO (Participação Virtual)
Ciências Ambientais / Universidade Federal de São Carlos

Documento assinado digitalmente
gov.br FERNANDO SILVEIRA FRANCO
Data: 12/09/2023 08:54:33-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. BRUNA ANGELA BRANCHI (Participação Virtual)
Departamento de Economia e Administração / Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC Campinas)

Prof. Dr. FELIPE HASHIMOTO FENGLER (Participação Virtual)
Engenharia Agrônoma / Centro Universitário FACENS

Sorocaba, 11 de setembro de 2023

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Engenheiro Agrícola por formação (FECIVEL/PR/1986), especialista em Manejo e Administração de Unidades de Conservação (UEMG/1996) e mestre em Ciências (FFLCH/USP/2012), a minha trajetória na área da Ciência Ambiental se iniciou na região do Vale do Ribeira/SP, em 1993, quando exerci a função de técnico e gestor do Parque Estadual Intervales, depois no Ibama até chegar à função de pesquisador científico no antigo Parque Estadual de Jacupiranga (em 2004) hoje Parque Estadual do Rio Turvo, onde continuo trilhando os caminhos da pesquisa e extensão na área da Ciência Ambiental.

No mestrado fiz uma análise socioambiental da implantação da lei que criou o Mosaico de Unidades de Conservação do Jacupiranga (MOJAC), área onde atuo como pesquisador científico do atual Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA) – antes Instituto Florestal (IF), órgão vinculado à Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do estado de São Paulo (SEMIL). Após o mestrado, concluído em 2012, intensifiquei meu trabalho na área do desenvolvimento local junto às comunidades que vivem na região do Mosaico, buscando formas de promover a boa convivência das populações locais com a floresta, por meio de ações e projetos que buscam aliar a sustentabilidade com a geração de renda e trabalho às comunidades. Uma das formas que entendemos ser possível alcançar essa meta no Mosaico é o incentivo ao trabalho com a produção de mudas e coleta de sementes de espécies nativas para recuperação de áreas degradadas ou para recomposição de florestas.

Desta forma, concentrei meu trabalho como pesquisador na área da Restauração Ecológica para recuperação de áreas degradadas no MOJAC, mais especificamente no Parque Estadual do Rio Turvo, onde coordenamos a implantação de mais de 1000 (hum mil) hectares de projetos de restauração, sob os mais variados modelos. Entre esses modelos, a restauração passiva.

Sempre procuramos estudar e comparar as áreas restauradas pelo modelo do plantio total, enriquecimento com a regeneração natural, que ocorria tanto em áreas de pastagens e áreas de roças quanto de bananais abandonados. Ao longo do tempo, fomos acompanhando o processo que ali foi ocorrendo, gerando diversas oportunidades de estudos, como é o caso das duas áreas que são objeto desse estudo, e que estão localizadas no interior do Parque Estadual do Rio Turvo e da Área de Proteção Ambiental APA-Cajati, cujos bananais foram abandonados em função de processos judiciais ali decorrentes.

A discussão “bananais abandonados viram floresta?” é muito presente na região do Vale do Ribeira. Participei de muitos debates sobre o tema junto com técnicos de universidades, do Ministério Público Estadual e outros órgãos da área, em que, por muitas vezes, se levantava a discussão de que a regeneração natural até poderia acontecer, porém, sem diversidade. Entre as diversas portas que se abriram em decorrência da minha atuação em campo, tive a oportunidade de conhecer o meu orientador e, ao discutir

essa temática, surgiu a proposta de apresentar o projeto de doutorado para avaliação da regeneração natural, que também chamamos de restauração passiva, em bananais abandonados.

Entre cursar as disciplinas, os trabalhos de campo e o período de desenvolvimento da tese foram mais de 4 anos de trabalho, incluídos aí o tempo da pandemia da Covid-19, que impossibilitou as idas e coletas de materiais a campo durante quase dois anos, em função do fechamento das Unidades de Conservação à visitação e trabalhos de pesquisa.

Este momento de finalização do trabalho coincide com o foco institucional e governamental que está sendo dado à temática da restauração. Em decorrência do agravamento das mudanças climáticas, o Brasil se propõe a restaurar mais de 12 milhões de hectares, como parte do esforço global em reduzir a emissão dos gases que causam o efeito estufa. E é nesse contexto - de tentar contribuir para o aprofundamento do debate sobre o tema da restauração passiva - que apresento todo o caminho trilhado para o desenvolvimento dessa pesquisa e seus resultados.

Dedico essa tese aos restauradores e restauradoras de florestas e agrofloresteiros(as) do Vale do Ribeira e aos meus amigos amigas e familiares.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Instituto de Ciências e Tecnologia Campus Sorocaba, por oferecer o curso de pós-graduação em Ciências Ambientais.

Ao meu orientador Prof. Dr. Admilson Irio Ribeiro pela oportunidade, orientação e o aprendizado durante todo o processo de elaboração do trabalho.

À minha coorientadora Profa. Dra. Francisca Alcivânia de Melo e Silva, pela atenção, conselhos dicas e apoio sempre muito pronto.

À Margarete, minha companheira de vida, pela ajuda, incentivo e suporte dado ao longo da pesquisa e da escrita do trabalho.

Ao sr. Miguel Theodoro companheiro mateiro, pelo acompanhamento no trabalho de campo, em pleno período de pandemia pós-vacina, um senhor de 70 anos de idade que me ajudou muito com sua vasta experiência e conhecimento da Mata e de suas particularidades, plantas e bichos.

Ao Thiago Vecki, gestor do Parque Estadual do Rio Turvo (PERT), que sempre me deu todo apoio do ponto de vista funcional, operacional, viabilizando estrutura e veículo, autorizando a realização da pesquisa na área protegida, sempre muito pronto para atender às demandas do meu trabalho.

Aos meus amigos (todos e todas) do escritório da Fundação Florestal e Instituto Florestal/Instituto de Pesquisas Ambientais, que sempre me incentivaram e compreenderam a minha ausência nos diversos momentos da escrita do trabalho.

Ao Evandro Fortes, funcionário do IF/IPA que muito contribuiu no trabalho de campo.

A todos e todas funcionários/as do Núcleo Capelinha do PERT, pelo pronto atendimento em minhas demandas de trabalho.

Ao pesquisador científico Miguel Freitas do IF/IPA, que viabilizou projeto de iniciação científica com conteúdo da tese, possibilitando uma bolsa que contribuiu muito com a pesquisa.

Aos colegas da Faculdade, em especial ao Antonio Roveri Neto, que me apresentou à Éllen Rimkevicius Carbognin; juntos, contribuíram muito nas análises estatísticas da tese.

Ao Jo Vinicius Barrozo Chaves, doutorando da UNESP Sorocaba, pelo apoio e ensinamentos.

À Ana Belloto, bolsista do PIBIC e a Fabiana Gomes, estagiária, que me apoiaram no trabalho das coletas e nas análises da física do solo no Laboratório de Solos da Unesp Registro.

Ao Jean Lincoln de Sousa Ferreira, que sempre foi muito pronto no processo de secagem das amostras de serrapilheira.

Ao professor Reginaldo Barbosa da Silva, que disponibilizou o Laboratório de Solos da Unesp de Registro para que pudesse fazer todas as análises de física do solo e também cedeu um equipamento para as análises de compactação do solo; pelo apoio e incentivo.

Ao Jeferson Cabral, técnico e gestor ambiental, sempre pronto a ajudar nos trabalhos de campo e nas conversas sobre a pesquisa.

Aos pesquisadores e técnicos do IPA/IF, que apoiaram essa empreitada.

Aos amigos Roberto Resende e Wagner Portilho, pelas conversas e sugestões sempre pertinentes.

À equipe de campo da Iniciativa Verde, pelo apoio em diversas oportunidades, fazendo roçadas para que pusesse chegar às parcelas e fazer as coletas de campo.

Ao Artur Lima da COOPERAFLORESTA, pelo apoio e incentivo em vários momentos da pesquisa.

Ao meu irmão mais velho Olival Bim Jr, que me ajudou na identificação de varias espécies e pelo incentivo.

Aos amigos e amigas de vida e de trabalho, que sempre torceram para que eu cumprisse da melhor forma essa jornada.

Às minhas famílias Bim, Baptista, Ferrari e Micheletti pelo incentivo e apoio.

Aos meus pais, em memória, que me deram uma formação cidadã.

Ao meu filho João Pedro, pela inspiração e pelo momento que passamos juntos: ele no mestrado e eu no doutorado, sempre me incentivando a seguir em frente.

RESUMO

As técnicas de recuperação de áreas degradadas por revegetação necessitam de razoável aporte de recursos financeiros para sua execução, o que acaba dificultando ou inviabilizando a condução de projetos de restauração assistida por parte de produtores rurais. Assim, o abandono de áreas antes ocupadas com cultivo agrícola para fins de recuperação, se apresenta como uma possibilidade de restauração ecológica. O objetivo deste trabalho foi analisar o processo de regeneração passiva em áreas de bananais abandonados, por meio de levantamentos e análises da florística, do estoque da serrapilheira, dos índices de diversidade, da cobertura de copas e das condições físicas e químicas do solo e suas relações com a radiação solar, os ventos, a declividade e as vertentes. A geoestatística foi utilizada para análise da dependência espacial, por meio do ajuste dos semivariogramas, validação cruzada e krigagem ordinária. Foram estudadas duas áreas cujo manejo dos bananais foi abandonado em diferentes tempos: a Área 1, com 8 anos de abandono, e a Área 2, com 4 anos, ambas localizadas no município de Cajati, região do Vale do Ribeira/SP e no interior de Unidades de Conservação. As parcelas (total de 52 na Área 1 e 53 na Área 2) foram georreferenciadas em formato circular com 100 m² cada. Os resultados indicam que está ocorrendo a regeneração natural nas duas áreas, com a Área 1 apresentando resultados mais adequados que a Área 2 em termos de quantidade de indivíduos regenerantes, famílias, espécies e diversidade. No total, foram inventariados 4361 indivíduos regenerantes, pertencentes a 32 famílias botânicas e 81 espécies. A família mais abundante encontrada foi a *Fabaceae*, representando 20% do total inventariado. Na Área 1, foram registrados 2455 indivíduos regenerantes (4721 ind.ha⁻¹) distribuídos em 81 espécies e 32 famílias botânicas. Na Área 2, 1906 indivíduos regenerantes (3592 ind.ha⁻¹) distribuídos em 23 famílias botânicas e 52 espécies. O índice de Shannon H' da Área 1 (3,326) está próximo do limite máximo do índice, indicando alta diversidade. Na Área 2 o índice de Shannon H' apresenta valor menor (2,72), e que pode estar associado ao menor tempo de abandono do manejo do bananal. O estoque de serrapilheira no solo totalizou 4,7t.ha⁻¹ (Área 1) e 2,7t.ha⁻¹ (Área 2). A cobertura de copas na Área 1 é de 80,0% e Área 2 de 60,0%. A fertilidade e as condições do solo das duas áreas apresentaram bons indicadores para culturas florestais. A análise geoestatística demonstrou que, das oito variáveis analisadas nas duas áreas, apenas quatro (Nº de espécies, Nº de indivíduos, Nº de pés de banana e Serrapilheira) apresentaram dependência espacial forte, possibilitando a interpolação por krigagem ordinária e resultando em mapas de espacialização. A boa condição física e química do solo, a localização próxima a florestas bem preservadas, e as condições de relevo, radiação solar e vertentes, formam uma conjunção de fatores positivos influenciando no processo de regeneração passiva das áreas estudadas. Os resultados do estudo comprovam que áreas com bananais abandonados podem, ao longo do tempo, se transformar em floresta.

Palavras-chave: restauração passiva; bananais abandonados; regenerantes; diversidade; geoestatística; dependência espacial.

ABSTRACT

The techniques for recovering degraded areas through revegetation require a significant financial investment for their execution, making it difficult or even impractical for rural producers to conduct assisted restoration projects. Therefore, the abandonment of areas previously used for agricultural cultivation emerges as a possibility for ecological restoration. The objective of this study was to analyze the process of passive regeneration in abandoned banana groves, through surveys and analyses of floristics, litter stock, diversity indices, canopy cover, and the physical and chemical conditions of the soil, as well as their relationships with solar radiation, winds, declivity and river slopes. Geostatistics were used for spatial dependence analysis, through the fitting of semivariograms, cross-validation, and ordinary kriging. Two areas were studied, where banana management had been abandoned for different periods: Area 1, abandoned for 8 years, and Area 2, abandoned for 4 years, both located within Conservation Units in the municipality of Cajati, in the Vale do Ribeira region of São Paulo. The plots (a total of 52 in Area 1 and 53 in Area 2) were georeferenced in circular plots of 100 m² each. The results indicate that natural regeneration is occurring in both areas, with Area 1 showing more favorable results than Area 2 in terms of the quantity of regenerating individuals, families, species, and diversity. In total, 4,361 regenerating individuals were inventoried, belonging to 32 botanical families and 81 species. The most abundant family found was Fabaceae, representing 20% of the total inventory. In Area 1, 2,455 regenerating individuals (4,721 ind.ha⁻¹) were recorded, distributed in 81 species and 32 botanical families. In Area 2, 1,906 regenerating individuals (3,592 ind.ha⁻¹) were distributed among 23 botanical families and 52 species. The Shannon Diversity Index H' for Area 1 (3.326) is close to the maximum limit of the index, indicating high diversity. In Area 2, the Shannon Diversity Index H' has a lower value (2.72), which may be associated with the shorter abandonment time of the banana plantation management. The litter stock in the soil totaled 4.7 t.ha⁻¹ (Area 1) and 2.7 t.ha⁻¹ (Area 2). Canopy cover in Area 1 is 80.0% and in Area 2 is 60.0%. The soil fertility and conditions of both areas showed good indicators for forest restoration. The geostatistical analysis demonstrated that, out of the eight variables analyzed in both areas, only four (Number of species, Number of individuals, Number of banana plants, and Litter) showed strong spatial dependence, enabling interpolation through ordinary kriging and resulting in spatialization maps. The good physical and chemical condition of the soil, the proximity to well-preserved forests, and the conditions of relief, solar radiation, and slopes form a conjunction of positive factors influencing the process of passive regeneration in the studied areas. The study results confirm that areas with abandoned banana groves can, over time, transform into forests.

Keywords: passive restoration; abandoned banana plantations; regenerating individuals; diversity; geostatistics; spatial dependence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Localização da área de estudo.	40
Figura 2- Representação das Áreas 1 (8anos de abandono) e 2 (4 anos de abandono) e pontos centrais das parcelas.	43
Figura 3-Representação das parcelas.....	45
Figura 4- Modelo Digital de terreno da região do estudo.....	47
Figura 5-Representação das vertentes.	48
Figura 6-Processo de coleta em campo.	51
Figura 7-Bananais no interior da parcela.....	52
Figura 8- Coleta cobertura do solo.	53
Figura 9-Preparação das amostras de serrapilheira.	54
Figura 10-Coleta dos dados da cobertura de copas.	55
Figura 11-Coleta de solos com anel volumétrico.	56
Figura 12-Solo preparado para análises de densidade de porosidade.	57
Figura 13-Mapa com as glebas amostradas.....	58
Figura 14-Coleta de solo em campo.....	59
Figura 15-Mapas da Cobertura Florestal e Uso do Solo do Entorno da Área 1 e Área 2.	65
Figura 16-Mapa de Solos da Área 1 e Área 2.....	66
Figura 17-Mapa de Vertentes da Área 1 e Área 2.	67
Figura 18-Mapas do Relevo das Áreas 1 e 2.....	69
Figura 19-Mapa de declividade das Área 1e 2.....	70
Figura 20-Mapa da Radiação Solar das Área 1 e 2.	72
Figura 21-Área 1 em 2014 e 2022 e Área 2 em 2019 e 2022.....	83
Figura 22-Matriz de correlação de Spearman para a florística e.....	84
Figura 23-Mapa fatorial das parcelas das Áreas 1 e 2.....	100
Figura 24-Mapa fatorial das parcelas.	101
Figura 25-Mapa de fatores qualitativos.....	101
Figura 26-Classificação Hierárquica Ascendente das parcelas Áreas 1 e 2.	103
Figura 27-Mapa fatorial das parcelas e grafico de fatores das variáveis.....	105
Figura 28-Classificação Hierárquica Ascendente.....	106
Figura 29-Mapa fatorial das parcelas e gráfico de fatores das variáveis.....	108
Figura 30 - Classificação Hierárquica Ascendente área 2.	110
Figura 31-Matriz de correlação de Spearman para Área 1+ Área 2.....	111

Figura 32-Matriz de Spearmam para as Áreas 1 e 2.....	112
Figura 33-Gráficos Box plot das variáveis amostradas para as Áreas 1 e 2.....	115
Figura 34-Semivariograma e Validação Cruzada N° de Espécies.	119
Figura 35-Mapas de isovalores n° de espécies, uso e cupação do solo,	120
Figura 36-Semivariograma e Validação Cruzada N° de indivíduos.	121
Figura 37-Mapas de isovalores N° de Indivíduos, uso e ocupação do solo,	122
Figura 38-Semivariograma e Validação Cruzada N° Pé de banana.	123
Figura 39-Mapas de isovalores N° de pés de banana, uso e ocupação do solo,	124
Figura 40- Semivariograma e Validação Cruzada serrapilheira (g).	125
Figura 41-Mapas de isovalores serrapilheira, uso e ocupação do solo,.....	126
Figura 42-Semivariograma e Validação Cruzada N° de Espécies.	128
Figura 43-Mapas de isovalores N° de espécies, uso e ocupação do solo,radiação solar, vertentes e relevo da Área 2	129
Figura 44-Variograma e Validação Cruzada N° Indivíduos.	130
Figura 45-Mapas de isovalores N° de indivíduos, uso e ocupação do solo,	131
Figura 46-Semivariograma e Validação Cruzada Pés de banana.	132
Figura 47-Mapas de isovalores N° de pés de banana, uso e ocupação do solo,.....	133
Figura 48-Semivariograma e Validação Cruzada Serrapilheira.	134
Figura 49-Mapas de isovalores serrapilheira, uso e ocupação do solo.....	135

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - N° de espécies por famílias nas Áreas 1 e 2	77
Gráfico 2 - Estratificação da altura do regenerantes nas Áreas 1 e 2	79
Gráfico 3 - Síndromes de dispersão das espécies presentes nas Áreas 1 e 2.....	80
Gráfico 4 - Grupos sucessionais nas Áreas 1 e 2.....	82
Gráfico 5 - Cobertura de Copas áreas 1 e 2.....	87
Gráfico 6 -Variáveis CP Área 1(V) + Área 2(N)	97
Gráfico 7 - Decomposição das Dimensões do CP Área 1 + Área 2	98
Gráfico 8-Mapa de fatores das variáveis	100
Gráfico 9 - Decomposição das Dimensões do CP área 1	104
Gráfico 10 - Decomposição das Dimensões do CP área 2	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Relação das amostras/respectivas áreas.....	58
Tabela 2- Espécies amostradas nas Áreas 1 e 2.....	73
Tabela 3- Índice de diversidade Áreas 1 e 2.....	86
Tabela 4- Situação do Bananal nas Áreas 1 e 2.....	88
Tabela 5- Características químicas do solo nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm	90
Tabela 6- Autovalores e % da variância.....	98
Tabela 7- Teste de normalidade Shapiro Wilker área 1 + área 2	111
Tabela 8-Parâmetros variográficos e validação cruzada Áreas 1(8 anos de abandono) e 2(4 anos de abandono)	118

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Alcance
Al	Alumínio
Ane	Anemocórica
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
Aut	Autocórica
BR	Brasil
Ca	Cálcio
Co	Efeito Pepita
Co+C	Patamar
CTC	Capacidade de troca catiônica
Ds	Densidade do solo
GDE	Grau de dependência espacial
GPS	Global positioning system = sistema de posicionamento global
GS	Grupo sucessional
ha	Hectares
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IAA	Instituto do açúcar e álcool
ISA	Instituto Sócio Ambiental
FAO	Organização da ONU para a Alimentação e a Agricultura
FECIVEL	Fundação Faculdade de Ciências e Letras de Cascavel PR
FFLCH	Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas
K	Potássio
L	Leste
MDE	Modelo digital de terreno
Mg	Mega gramas
Mg	Magnésio
MO	Matéria Orgânica
MOJAC	Mosaico de Unidades de Conservação do Jacupiranga
N	Nitrogênio
NP	Não Pioneiras

N	Norte
NI	Número de indivíduos
O	Oeste
P	Fosforo
P	Pioneiras
PNUMA	Programas para o Meio Ambiente
PERT	Parque Estadual do Rio Turvo
Pt	Porosidade total do solo
R ²	Coefficiente de determinação
S	Sul
SEMIL	Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística
SB	Saturação de bases
SD	Síndrome de dispersão
SE	Erro padrão
SQR	Soma dos quadrados dos resíduos
USP	Universidade de São Paulo
UTM	Universal Transversa de Mercator
V	Saturação de bases (%)
Zoo	Zoocórica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 JUSTIFICATIVA	23
3 OBJETIVOS E HIPOTESE	24
3.1 OBJETIVO GERAL	24
3.1.1 Objetivos Específicos	24
3.2 HIPÓTESE	24
4 RESENHA BIBLIOGRÁFICA	25
4.1 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	25
4.2 RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA	25
4.3 REGENERAÇÃO NATURAL/PASSIVA	26
4.4 INDICADORES ECOLÓGICOS	29
4.4.1 Sucessão Ecológica.....	29
4.4.2 Cobertura de Copas	30
4.4.3 Serrapilheira.....	31
4.4.4 Solos	31
4.5 A CULTURA DA BANANA	33
4.6 ESTATÍSTICA DESCRITIVA, MULTIVARIADA E GEOESTATÍSTICA	34
5 MATERIAIS E METODOS	37
5.1 O VALE DO RIBEIRA.....	37
5.2 AS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	38
5.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	39
5.3.1 Arranjo Experimental	41
5.3.2 Materiais utilizados para a coleta de dados	44
5.3.3 Locação e instalação das parcelas em campo	44
5.3.4 Etapas do trabalho de campo	46
5.4 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DAS ÁREAS DE ESTUDO	46
5.4.1 Mapa de cobertura florestal e Uso do Solo	47
5.4.2 Mapas de Vertentes, Radiação Solar, Declividade e Curvas de nível.....	48
5.5 CARACTERIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS	49
5.5.1 Levantamento de campo dos atributos florísticos	50

5.5.2 Os Índices de diversidade	51
5.5.4 Cobertura do Solo	52
5.5.5 Indicador de luminosidade/cobertura de copas	54
5.5.6 Atributos físicos e químicos do solo.....	55
5.5.6.1 Atributos físicos Densidade e Porosidade Total	55
5.5.6.2 Atributos Químicos do solo	57
5.6 ANÁLISES ESTATÍSTICA E GEOESTATÍSTICA	59
5.7 SISTEMATIZAÇÃO ANÁLISE E COMPARAÇÃO DOS DADOS.....	62
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
6.1 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DAS ÁREAS DE ESTUDO	64
6.1.1 Mapas da Cobertura Florestal e Usos do Solo das Áreas 1 e 2	64
6.1.2 Mapas de Vertentes das Áreas 1 e 2	67
6.1.3 Mapas do Relevo das Áreas 1 e 2.....	68
6.1.4 Mapas da Altimetria das Áreas 1 e 2	70
6.1.5 Mapas de Radiação Solar Áreas 1 e 2	71
6.2 CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DAS ÁREAS.....	73
6.2.1 Florística na Área 1 (8 anos de abandono)	75
6.2.2 Florística na Área 2 (4 anos de abandono)	76
6.2.3 Síndrome de dispersão nas Áreas 1 e 2	79
6.2.4 Grupos Sucessionais nas Áreas 1 e 2	81
6.2.5 Correlação de Spearman Área 1 e Área 2.....	83
6.3 INDICADOR DE LUMINOSIDADE ÁREAS 1 E 2.....	86
6.4 CARACTERIZAÇÃO DOS BANANAIS ÁREAS 1 E 2	87
6.5 SERRAPILHEIRA ÁREAS 1 E 2.....	89
6.6 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO ÁREAS 1 E 2.....	90
6.7 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO ÁREA 1 E 2	92
6.8 ANÁLISE DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA	94
6.8.1 Área 1 (velha- 8 anos de abandono)	95
6.8.2 Área 2 (nova - 4 anos de abandono)	95
6.9 ESTATÍSTICA MULTIVARIADA	97
6.9.1 Componentes Principais Área 1 + Área 2 (CP).....	97
6.9.1.1 Classificação hierárquica das variáveis analisadas.....	103
6.9.2 Componentes Principais para Área 1- 8 anos de abandono do bananal	104

6.9.2.1 Classificação Hierárquica das variáveis analisadas	106
6.9.3 Componentes Principais Para Área 2 - 4 anos de abandono do bananal.....	107
6.9.3.2 Classificação Hierárquica das variáveis analisadas	109
6.9.4 Correlações de Spearman	111
6.9.4.1 Teste de Shapiro Wilker.....	111
6.9.4.2 Correlação de Spearman Área 1 + Área 2	111
6.9.4.3 Correlação de Spearman para Área 1 e Área 2.....	112
6.9.5 Box Plot e Tukey	114
6.10 ANÁLISE VARIOGRÁFICA	116
6.10.1 Análise Variográfica - Área 1.....	119
6.10.2 Análise Variográfica - Área 2.....	128
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	138
7.1 APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	139
8 CONCLUSÃO.....	141
REFERÊNCIAS	142

1 INTRODUÇÃO

Diante da emergência climática, a Organização das Nações Unidas (ONU) instituiu a Década da Restauração de ecossistemas (2020 a 2030), com o objetivo de engajar governos e sociedades em um esforço global para o desenvolvimento de ações e iniciativas de restauração em todo o mundo (ONU, 2022). O que se propõe às sociedades humanas de todo o planeta é avançar ainda mais no caminho que busca mitigar os impactos das mudanças climáticas. Além de proteger a biodiversidade e conservar as florestas existentes, é preciso também restaurar áreas desmatadas ou degradadas.

Estima-se que será preciso que a recuperação das áreas degradadas, através da restauração ecológica, alcance 25% das áreas ocupadas no planeta. Recuperar toda esta área contribuiria para amenizar os efeitos das mudanças climáticas, principalmente a emissão de gases do efeito estufa e a perda de biodiversidade (CHAZDON et al., 2016).

No Brasil, a degradação e a destruição de grande parte das formações florestais originais são consequências principalmente da expansão da conversão de áreas de floresta para o desenvolvimento de processos agrícolas (ARIMA et al., 2005; VERÍSSIMO et al., 1996; FERREIRA et al., 2005). No caso da Mata Atlântica, um dos biomas mais diversos do país, os processos de desenvolvimento socioeconômico e de urbanização acabaram por quase que devastar a Mata Atlântica por completo (DEAM, 1996). Segundo Attanasio (2006) mais de 80% da área do estado de São Paulo era recoberta por florestas; no entanto, o intenso processo de ocupação do interior paulista, conduzido pela expansão da agricultura, levou a uma drástica redução dessa cobertura nos últimos 150 anos, correspondendo a cerca de apenas 7% da área do Estado.

O problema dos impactos causados pelos processos de ocupação das terras para produção agrícola começou a ser enfrentado ainda no século XIX, tendo um dos primeiros trabalhos de recuperação florestal ocorrido no ano de 1862, na atual Floresta Nacional da Tijuca, município do Rio de Janeiro, visando à preservação das nascentes e regularização do abastecimento público de água (CEZAR, 1992). Desde essa época, são muitos trabalhos e pesquisas com vistas a enfrentar o desafio de recuperar as florestas brasileiras.

A preocupação maior era com o papel da floresta como protetora dos recursos hídricos e dos solos, na proteção e recuperação de bacias hidrográficas degradadas e na estabilização das encostas, servindo de justificativa para a elaboração, desde o século XVII, de um conjunto de leis

visando a proteção e a recomposição das florestas nativas brasileiras (KAGEYAMA e CASTRO, 1989).

Nos últimos anos, esforços têm sido empreendidos no Brasil no sentido de ampliar a recuperação de ecossistemas degradados, tema que tem provocado grande envolvimento de pesquisadores, órgãos de governos e organizações não governamentais. A implementação da nova lei florestal, a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, faz parte desse esforço. Entre seus objetivos está a recuperação de 12 milhões de hectares de florestas até 2030, através do Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg), lançado em 2017, em um processo coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente com o apoio de uma rede de especialistas (BRASIL, 2017). Outro objetivo é implantar a agricultura de baixo carbono em outros 10 milhões de hectares, metade em integração Lavoura, Pecuária e Floresta e metade em recuperação de pastagens.

Especificamente em relação à Mata Atlântica, há avanços visando sua recuperação, com iniciativas executadas em grande parte pela sociedade civil organizada. O Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, por exemplo, que reúne centenas de organizações não governamentais, tem como meta restaurar 15 milhões de hectares até 2050.

A recuperação florestal das Áreas de Preservação Permanente (APPs), também prevista na Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012), é uma forma de ampliar as florestas e contribuir para a melhoria da condição ambiental das regiões que foram desmatadas ao longo dos anos. Trata-se de uma situação comum a todas as regiões do Brasil, lembrando que, mesmo em regiões onde ainda existem remanescentes florestais, as APPs deverão ser recuperadas.

É o caso da região do Vale do Ribeira (SP), que tem como principal atividade econômica o cultivo da banana, responsável por 60% da produção do estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2015). Maior produtora da fruta no Estado, a região apresenta uma área plantada de 33.855 mil hectares. Ocorre que, das áreas ocupadas por bananais, 7.394 hectares estão localizados em APP (ISA, 2014), o que representa 21,84% da área cultivada com banana.

O Vale do Ribeira é a região que possui mais de 60% de sua área territorial coberta por Mata Atlântica, com florestas bem conservadas e legalmente protegidas (BIM, 2012), restando, portanto, 30% a 40% de áreas onde é possível o desenvolvimento de atividades agrícolas. São nessas parcelas de áreas que estão as APPs, com restrições ambientais para o seu uso.

A legislação ambiental que trata da ocupação das APPs é de 1935, referente ao primeiro Código Florestal, que foi revisado em 1965 e 1988, mas que teve pouca eficiência ao longo dos

anos. Porém, com a promulgação da Lei 12.651/2012 e seus novos mecanismos de controle, o cumprimento da recuperação das APPs passou a ser exigido com maior efetividade pelos órgãos de controle (BRASIL, 2012).

Diante disso, mesmo apresentando significativa área contínua de Mata Atlântica preservada, a recuperação de áreas de APPs no Vale do Ribeira se impõe como um desafio, principalmente aos pequenos agricultores e produtores de banana da região, em função dos custos elevados da recuperação. Na Mata Atlântica, dependendo das condições ambientais das áreas, esses custos podem chegar a até R\$ 21 mil reais por hectare. (TNC, 2017).

Neste sentido, a restauração passiva/regeneração natural pode ser uma alternativa para a redução dos custos de restauração e a consequente ampliação das áreas com vegetação nas APPs.

Diante da importância tanto da cultura da banana na economia da região do Vale do Ribeira como da necessidade de garantir a conservação ambiental, o presente trabalho se propôs a avaliar o processo de restauração passiva em áreas com bananais abandonados que ocupam APPs, partindo da hipótese de que a utilização da restauração passiva se constitui como uma eficiente alternativa de recuperação de áreas degradadas, com baixo investimento e com vistas ao cumprimento da nova lei florestal e de contribuir para a redução dos impactos das mudanças climáticas.

Procuramos, ao longo desse trabalho, caracterizar as transformações ocorridas em áreas onde bananais foram abandonados, ou seja, onde as interferências antrópicas contínuas que eram praticadas - manejo, eliminação dos regenerantes, manutenção do solo exposto e alteração da drenagem no local, entre outras interferências - são cessadas. Com o passar do tempo, o processo de regeneração natural começa a ocorrer e essas áreas podem se transformar em floresta.

O trabalho fez uma caracterização desse processo de regeneração ecológica, com levantamento de dados para a caracterização física, ecológica, numérica e espacial, através da aplicação da estatística descritiva e multivariada, e da geoestatística como um instrumento cartográfico. A elaboração dos mapas temáticos mostra as transformações espaciais ocorridas nas áreas após terem cessado as perturbações antrópicas nos locais.

2 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho teve como motivação a necessidade de se ampliar os estudos sobre a restauração passiva ou regeneração natural em áreas anteriormente utilizadas para a cultura da banana no Vale do Ribeira. Trata-se de uma cultura relevante na região do ponto de vista econômico, além do fato de que boa parte das áreas onde se cultivam esses bananais está inserida em Áreas de Preservação Permanente (APPs) de cursos d'água. Por força da Lei 12.651/2012, essas áreas terão que ser recuperadas, já que esta norma florestal exige que áreas ocupadas por atividades agrícolas deverão retornar à situação original, ou seja, deverão ser recuperadas ou reflorestadas.

Como são poucos os estudos de avaliação da restauração florestal de forma passiva em áreas de Mata Atlântica, especialmente no Vale do Ribeira, esse estudo pode contribuir para melhor entendimento do processo de restauração ecológica, gerando conhecimento para tomadas de decisões por parte de agricultores e órgãos de controle.

Trata-se do segundo estudo desse gênero no Estado, em que se analisa a composição florística, do solo e do entorno de áreas em processo de recuperação com bananais abandonados, para se compreender como os processos naturais que ocorrem nessas áreas podem comprovar a capacidade de se autorecuperarem naturalmente.

A proposta é contribuir para ampliar os estudos sobre restauração passiva em áreas de Mata Atlântica, tendo como horizontes a sua aplicabilidade por pequenos agricultores e o cumprimento da legislação ambiental.

3 OBJETIVOS E HIPOTESE

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o processo de evolução da restauração passiva em duas áreas de bananais abandonados no Vale do Ribeira/SP, por meio da caracterização ecológica e espacial do processo de regeneração natural, com utilização de análises estatísticas e geoestatística.

3.1.1 Objetivos Específicos

- Identificar áreas de bananais abandonadas dentro de Áreas de Preservação Permanente com diferentes estágios de regeneração;
- Diagnosticar e caracterizar a regeneração natural nas áreas de estudo por meio das seguintes variáveis: número de indivíduos regenerantes; n° de espécies, índice de Shannon, número de indivíduos de banana, massa de serrapilheira estocada, cobertura de copas;
- Diagnosticar e caracterizar as condições químicas e físicas dos solos.
- Verificar o grau de dependência espacial das variáveis amostradas: número de espécies e indivíduos regenerantes; índice de Shannon, número de pés de banana e massa de serrapilheira estocada.
- Analisar a interação espacial entre o número de espécies; indivíduos regenerantes; índice de Shannon, número de pés de banana e massa de serrapilheira estocada, em relação a radiação local, declividade, vertentes e uso e ocupação do entorno imediato das áreas estudadas
- Discutir sobre restauração passiva de espécies nativas em bananais abandonados.

3.2 HIPÓTESE

Áreas com bananais abandonados podem se transformar em floresta por meio da regeneração passiva.

4 RESENHA BIBLIOGRÁFICA

4.1 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

O termo recuperação engloba todas as atividades que permitam o desenvolvimento da vegetação ou qualquer outra utilização racional do local alterado por ações antrópicas. Na maioria das vezes, as atividades de recuperação visam recolocar uma cobertura vegetal na área explorada e essas atividades incluem operações que vão, desde a estética paisagística, até a revegetação completa da área, procurando manter as espécies típicas da região (RIBEIRO, 2005).

Áreas degradadas podem ser constituídas por solos degradados (manejo inadequado, desmatamento, áreas irrigadas salinizadas, pastagens degradadas, erosão, áreas de empréstimo, etc.), depósito de resíduos industriais e jazidas de mineração. Em cada situação, os prejuízos para o ecossistema podem ser diferentes, como perda de solo, baixa produtividade, contaminação de mananciais, desmoronamento de encostas em estradas e cidades, poluição do solo, geração de poeira e consequente poluição do ar, assoreamento de rios e cursos d'água, etc. (RIBEIRO, 2005).

4.2 RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

O processo de auxiliar no restabelecimento da vegetação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído é definido como restauração ecológica. A restauração florestal é uma modalidade da restauração ecológica que visa a recuperação de ecossistemas florestais degradados por atividades humanas para promover o retorno da floresta original.

A restauração ecológica é uma ciência ampla que abarca ecossistemas naturais, que vão desde os recifes de corais até as florestas tropicais. Brancalion et al. (2015) sugerem usar o termo restauração florestal quando se trata de restaurar florestas.

Segundo Gann et al. (2019) independente do tempo de recuperação, todas as ações que objetivam recuperar um ecossistema podem ser denominadas de restauração ecológica. Estas ações procuram restabelecer os aspectos paisagísticos até a restauração das espécies da região (RIBEIRO, 2005).

Segundo Rodrigues et al. (2009) o principal objetivo da restauração é recuperar a integridade do ecossistema e sua biodiversidade em longo prazo, porém existem grupos de

profissionais que acreditam que retornar ao estado original de um ecossistema que foi destruído devido à intensidade dos danos seria muito difícil. O restabelecimento do estado anterior depende da elevada presença da diversidade de espécies locais, envolvendo não só árvores, mas como as demais formas de fauna e flora e essa diversidade pode ser implantada diretamente nas ações de restauração ou garantida ao longo do tempo, pela própria restauração dos processos da dinâmica florestal. A ação continuada da restauração ocasiona um processo de sucessão ecológica, que é a forma que a comunidade vegetal irá evoluir no tempo aumentando sua diversificação.

4.3 REGENERAÇÃO NATURAL/PASSIVA

São várias as técnicas utilizadas para a recuperação de áreas degradadas através da restauração ecológica. As mais utilizadas são: Regeneração Passiva /Regeneração Natural, Condução de regeneração natural, Enriquecimento de espécies, Sistemas agroflorestais, Nucleação, Consórcios de espécies ou reflorestamento.

De acordo com a Embrapa (2016), uma área pode ser restaurada se aproveitando da regeneração natural de duas formas:

Regeneração natural sem manejo: Consiste em deixar os processos naturais atuarem livremente. Esses locais apresentam alta densidade e diversidade de plantas nativas regenerantes, incluindo rebrotas, devido principalmente à proximidade com remanescentes de vegetação nativa, ao solo pouco compactado; e baixa presença de espécies invasoras (ex.: gramíneas). Como o potencial de regeneração natural do local a ser recuperado é alto (identificado por levantamento), a tomada de algumas medidas, como o isolamento da área por meio de cercamento ou da construção/manutenção de aceiros, permitirá o retorno da vegetação;

Regeneração natural com manejo: Dependendo da área, a natureza precisa de uma ajuda da ação humana para se regenerar. Nesse caso, além do isolamento, outras medidas são necessárias para permitir que a regeneração aconteça, como controle de plantas competidoras, controle de formigas, adubação, entre outras.

Conforme já descrito, para a restauração de áreas degradadas são utilizados dois modos principais: o passivo (regeneração natural), quando não há intervenção direta; ou o modo ativo ou assistido, quando há intervenções para a recuperação de áreas degradadas com maior nível de impacto, em que precisam ser realizados o plantio de mudas de espécies nativas e a reconstituição do solo, entre outras ações.

A restauração passiva tem sido apontada como uma forma econômica de reestruturação da floresta, pois não há a utilização de nenhuma técnica de plantio ou de práticas silviculturais, fato

que mantém a biodiversidade e minimiza os custos. Ferretti (2002) destaca que a regeneração natural tem sido proposta como modelo de restauração de áreas degradadas, principalmente pelos custos serem baixos quando comparado com outros processos.

Mas Brancalion et al. (2015) reforçam ser importante compreender os fatores naturais e antrópicos que interferem na resiliência do local e do entorno das áreas a serem recuperadas, para a tomada de decisão de se adotar a restauração passiva, e para que ela tenha sucesso.

Para Fiorentin et al. (2015) os processos naturais de reestruturação da floresta e o ciclo de restabelecimento possibilitam a ampliação de eventos na floresta e, conseqüentemente, a perpetuação das espécies.

Segundo Carpanezzi (2003), para que uma área degradada tenha condições para se auto-regenerar, ela depende da disponibilidade na própria área do banco de sementes, germinação, rebrota e crescimento de plantas ou de meios externos, como fragmentos florestais próximos que apresentem um rico reservatório de sementes. Para Carneiro e Rodrigues (2007) as sementes vindas dos fragmentos próximos, as quais formam o banco de sementes no solo, contribuem para que a área se transforme sozinha, fazendo da restauração um processo natural de restabelecimento da vegetação.

Com base em uma série de experiências, a restauração passiva tem apresentado resultados positivos, através dos quais se questiona se a restauração ativa é realmente necessária em todos os casos, visto que esta última demanda maior necessidade de recursos, o que pode ser evitado em áreas em que a restauração passiva seria suficiente (TRENTIN et al., 2018).

No entanto, conforme já descrito, a aplicabilidade da regeneração passiva depende de vários fatores para garantir o sucesso da recuperação da área degradada, como a resiliência local, a proximidade de áreas florestadas, as condições do solo e dos fatores externos de degradação, como a presença humana, fogo, invasão de gramíneas, acesso de bovinos e outros animais, entre outros fatores que podem prejudicar o processo de restauração. Nesse sentido, ressalta-se que a restauração passiva não é o simples abandono da área em questão e, sim, uma sistematização pormenorizada de medidas para garantir que o processo ecológico aconteça (TRENTIN et al., 2018).

Na restauração passiva não deve ser realizado nenhum tipo de intervenção ao longo de todo o período de desenvolvimento natural, de modo a representar o potencial de regeneração natural

da vegetação. A não ser em casos quando se torna necessário o cercamento da área e a eliminação de agentes externos com potencial de degradação (CAVA et al., 2016).

A desassistência agronômica ou paisagística de um local, proporcionando a recomposição natural da vegetação, é uma estratégia de longo prazo que permite a recuperação de áreas degradadas com alta resiliência e tem sido indicada (EMBRAPA, 2016), pois contribui para o aparecimento de arbustos e árvores, dando início ao restabelecimento de formações florestais, possibilitando ainda: absorção da água para camadas mais profundas do solo, absorção de carbono atmosférico, estabilização dos solos promovida pelo sistema radicular das plantas e diminuição dos processos erosivos, o que contribui para a estabilização das margens dos rios.

Estudo feito recentemente em áreas utilizadas para roças de pousio (GOMES et al., 2013), onde houve corte da vegetação nativa e queima para a produção de cultivos agrícolas em territórios quilombolas, analisou a sucessão florestal dessas áreas, e mostrou a formação e consolidação de florestas, a partir da regeneração natural, mostrando que a dinâmica dessas áreas é muito mais rica e complexa do que se pode imaginar.

Esta metodologia é viável quando existem fragmentos de vegetação próximos à área, situação bastante comum na região do Vale do Ribeira. Estudos realizados no Rio de Janeiro, Bahia e em São Paulo, na Estação Ecológica da Juréia, também indicaram que a restauração passiva através do abandono de bananais pode ser suficiente para a recuperação florestal de uma área (MOURA, 2016).

Moura e Mantovani (2017), descrevendo a evolução do processo de restauração da vegetação em áreas antes ocupadas pela bananicultura, observaram que esses ambientes se mostraram capazes de desencadear os processos de regeneração natural com elevada riqueza de espécies e densidade de indivíduos, apenas com a interrupção dos tratos culturais. Tal comportamento foi atribuído ao histórico de uso e à presença de remanescentes florestais (fonte de propágulos) próximos às áreas estudadas.

4.4 INDICADORES ECOLÓGICOS

Para se constatar o êxito da restauração ecológica de uma determinada área, deve-se utilizar indicadores que ajudam a compreender esses processos (MARTINS, 2013). Conforme Rodrigues et.al. (2009), os indicadores são variáveis que permitem compreender o processo de degradação ou conservação de uma área em processo de restauração. A utilização de indicadores possibilita aferir como as espécies nativas vão ocupando o espaço ao longo do tempo, de que forma esse processo vai se estabelecendo, qual a intensidade do processo e como ocorrem as transformações da paisagem (NBL, 2013). Silva (2017) estima que o desempenho dos processos ecológicos da restauração deve ser analisado por indicadores que permitam detectar a colonização gradativa das espécies de uma área.

Os indicadores permitem a comparação entre áreas em processo de restauração e ecossistemas de referências (CARNAUBA, 2020).

4.4.1 Sucessão Ecológica

O processo de recuperação natural de uma área florestal degradada é o mesmo que faz surgir vegetação em locais onde não existia nenhum tipo de vegetação como, por exemplo, em áreas provenientes de lavas de vulcão após seu resfriamento. A recuperação de uma formação vegetal do início do processo vai se modificando e se transformando em outra, com surgimento de novas espécies. Ao longo do processo, algumas espécies desaparecem, outras aumentam e voltam a desaparecer. Esse processo de transformação na vegetação natural é chamado de sucessão ecológica (BRANCALION et al., 2015).

A sucessão ecológica é definida por Odum (1969) em três premissas: processo ordenado de desenvolvimento da comunidade, sendo por esta razão direcional e previsível; resultado da modificação do ambiente físico, feita pela própria comunidade, isto é, a sucessão é controlada pela comunidade, embora o ambiente físico determine o padrão, taxa de mudança e, frequentemente, o conjunto limitado de como o desenvolvimento deve seguir; e culmina na estabilidade do ecossistema, com um ecossistema persistente, o clímax (ODUM, 1969). A sucessão ecológica na floresta tropical é o mecanismo pelo qual ela se renova, pela cicatrização de locais perturbados que ocorrem a cada momento em diferentes pontos da floresta (KAGEYAMA e CASTRO, 1989).

As espécies pioneiras são árvores que não toleram muita sombra, contam com sementes fotoblásticas e tem reprodução precoce, de crescimento rápido e vivem pouco tempo na floresta - por volta de 20 anos de vida, enquanto o grupo das não pioneiras, que são subdivididas em secundárias e clímax, essas são tolerantes à sombra e têm ciclo de vida mais longo: 40 anos para as secundárias e mais de 100 anos para as clímax (BRANCALION et al. 2015).

4.4.2 Cobertura de Copas

A cobertura de copas está associada singularmente com as mudanças na estrutura do micro ecossistemas. Alterações no microclima interno de área florestada, como o aumento da umidade, a diminuição da temperatura do solo nos períodos secos (HOLL, 1999) ampliam condições para germinação e estabelecimento de novas espécies regenerantes (KAGEYAMA e CASTRO, 1989). O estabelecimento e a ampliação da cobertura das copas das árvores contribuem de forma direta para a restauração dos processos hidrológicos das áreas florestadas, do aumento do estoque de serrapilheira e, conseqüentemente, a ampliação da ciclagem de nutrientes, o aumento da capacidade de infiltração da água no solo e ampliação da fertilidade do solo e tem uma contribuição indireta, possibilitando a criação de abrigos para a avifauna (KAGEYAMA e CASTRO, 1989).

A chegada de gramíneas invasoras se transforma numa dificuldade aos processos de restauração, prejudicando o processo de sucessão das espécies nativas, pois as agressividades das gramíneas estabelecem uma competição por água, luz e nutrientes com as espécies nativas (AGUIRRE, 2012).

As copas das árvores são decisivas no controle de gramíneas invasoras (MELO et al. 2007) e funciona como um colchão na proteção do solo dos impactos das gotas de chuva, ajudando a reduzir o escoamento superficial e reduzindo a erosão no interior das áreas (HAMILTON, 2008).

A cobertura de copas cumpre um papel importante para o aparecimento de espécies pioneiras e de sub-bosque na área de restauração, pois quando as folhas caem a disponibilidade de luz aumenta e diminui a interceptação de chuvas, favorecendo o estabelecimento dessas espécies (GANDOLFI et al. 2007).

4.4.3 Serrapilheira

Nas formações florestais, o processo de aporte e decomposição da serrapilheira representa preponderante papel de acúmulo da matéria orgânica e transição de nutrientes para o solo, ao ponto de serem considerados processos essenciais da reciclagem bioquímica no solo (BARLOW et al., 2007). A matéria orgânica que cobre o solo das florestas e de áreas em regeneração advém da vegetação emergente e, no presente estudo, das bananeiras presentes no sistema. Essa matéria orgânica, ao se incorporar ao solo, funciona como um condicionador e fornecedor dos macros e micros nutrientes do solo e agindo como uma capa protetora do solo à erosão causada pelas chuvas. A matéria orgânica do solo é composta das folhas, galhos, frutos, flores, cascas, raízes e animais que vivem no solo. A serrapilheira formada pelos derivados da vegetação e que fica armazenada na superfície do solo é a grande produtora da matéria orgânica necessária para a manutenção da vida no solo (ALCÂNTARA, 2017).

O estoque de serrapilheira, através do acúmulo na superfície do solo de áreas florestadas, é considerado um bom indicador para a avaliação e monitoramento dos processos de regeneração de uma área em processo de recuperação (RODRIGUES, 1998).

4.4.4 Solos

O solo constitui um recurso natural que deve ser conservado e usado conscientemente para que as próximas gerações tenham a mesma disponibilidade existente hoje. O solo possui atributos químicos, físicos e biológicos, e todos sofrem alterações com o manejo empregado nas culturas agrícolas. Para Mafra et al. (2008) estas alterações estão relacionadas com o comportamento da matéria orgânica e o ciclo biogeoquímico dos nutrientes, modificando assim a fertilidade e a capacidade do ecossistema.

As propriedades dos solos, densidade e porosidade estão associadas com a interação com matéria orgânica, ao tamanho, distribuição e atração das partículas, bem como a biota do solo e sentem as mudanças do manejo do solo e das culturas cultivadas (FROUFE, 2019).

Para Godefroy e Jacquín (1975), introduzir sistemas agrícolas em áreas florestais causa o desequilíbrio no ecossistema, pois modificam as propriedades do solo que variam com as condições de clima, usos e manejos adotados e a natureza do solo.

O solo e a floresta encontram-se interligados. A floresta exerce um importante papel na melhoria das características nutricionais e físicas de um solo. Para Schumacher e Hoppe (1999), o solo constitui um abastecedor de água e nutrientes em relação às florestas e à vegetação, os quais dependem das condições climáticas, do relevo, da matéria orgânica disponível e dos micro-organismos existentes. O solo também influencia na presença de determinadas espécies e na composição florística.

Conforme mencionam Coote e Ramsey (1983), o uso intensivo dos solos causa diferentes impactos aos ecossistemas naturais, deteriorando as suas propriedades físicas. A estrutura do solo é um dos mais importantes atributos para a adaptação das espécies, podendo ser avaliada através da densidade do solo, macroporosidade e microporosidade, da resistência à penetração, umidade, entre outros.

De acordo com Silva (2002) a floresta proporciona benefícios para o solo, contribuindo para a redução da compactação e a erosão, e o impacto da chuva pela existência da manta orgânica formada sobre o solo, além da serapilheira, que juntos proporcionam uma melhor estrutura do solo.

Doran e Parkin (1994) destacam o solo como sendo um “importante componente central da biosfera terrestre, não apenas para a produção de alimentos e fibras, mas também para a manutenção local, regional e global da qualidade ambiental”.

Nos últimos 30 anos, o conceito e formas de avaliação da qualidade do solo vêm evoluindo e se ampliando (ARAÚJO et al. 2012), com o desenvolvimento de vários mecanismos tecnológicos de análises química e física do solo, que tem facilitado a avaliação analítica e interpretação de resultados. Houve uma evolução muito grande na direção de se estabelecer indicadores químicos e físicos de qualidade dos solos (SILVA 2002), tais como pH do solo, a capacidade de troca catiônica, a matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes, textura e estrutura do solo, agregação das partículas, densidade, condutividade hidráulica, resistência à penetração de raízes, taxa de infiltração de água, porosidade.

Acredita-se que formas de manejo e práticas conservacionistas nos sistemas agrícolas reduzem as perdas das condições produtivas do solo (água, nutrientes, matéria orgânica, biomassa microbiana, etc.) e trazem mais benefícios para a melhoria da qualidade do solo (FROUFE, 2019).

A presença de componentes arbóreos em uma área, como é preconizada nos sistemas agroflorestais (SAFs), são amostras de que a produção agrícola em meio ao plantio de árvores, com diversidade de espécies e a produção de biomassa oriunda do manejo de podas, favorecem a

conservação e a qualidade do solo, contribuindo para a sustentabilidade dos processos agrícolas no meio rural (BHAGWAT et al., 2008).

4.5 A CULTURA DA BANANA

Dentre as frutas in natura comercializadas nos principais centros consumidores mundiais, a banana é a que apresenta o maior movimento financeiro; é a segunda fruta mais consumida no mundo, com $11,4 \text{ kg.hab}^{-1}\text{ano}^{-1}$, perdendo apenas para a laranja, com $12 \text{ kg.hab}^{-1}\text{ano}^{-1}$. O continente americano é o maior consumidor de banana, com $15,2 \text{ kg.hab}^{-1}\text{ano}^{-1}$, destacando-se os mercados da América do Sul, com $20 \text{ kg.hab}^{-1}\text{ano}^{-1}$ e da América Central, com $13 \text{ kg.hab}^{-1}\text{ano}^{-1}$. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de banana, com cerca de 7 milhões de toneladas/ano (CATI, 2015).

Principal cultura na base econômica do Vale do Ribeira, a bananicultura também é responsável por ajudar a danificar boa parte de áreas de preservação dentro da Mata Atlântica, as quais foram desmatadas para a instalação da lavoura. A região é considerada a maior produtora de banana do estado de São Paulo, contudo, foi a cultura que mais gerou problemas ambientais e legais por ter ocupado APPs. Nos anos 1970 houve uma intensificação da bananicultura e a teicultura, que agravaram os impactos ambientais na região, como o desmatamento, fator contributivo para a erosão dos solos e assoreamento dos rios. Além do esgotamento do solo, a proliferação de doenças e pragas na cultura agrícola levou ao uso em grande escala de agrotóxicos, fator de risco aos mananciais de abastecimento de água (LIOTTE, 2000).

Quando os tratos culturais nos bananais são cessados, há uma ampliação das doenças mais comuns, entre elas as causadas por nematoides, e as doenças causadas por fungos, como a sigatoka amarela e negra, mancha de clorídeo, mancha de cladospório, mancha de cordana musae, mal do Panamá, mosaico da bananeira, vírus das estrias da bananeira, moko, além das doenças que surgem no pós-colheita do fruto. Nos plantios manejados, essas pragas e doenças que podem ocorrer esporadicamente são controladas de várias formas. Já em um bananal abandonado, elas são potencializadas e acabam levando os bananais ao declínio (LIVRAMENTO, 2016).

Moura (2016) mostrou que é possível a regeneração natural em áreas de bananais e que o abandono é o suficiente para a recomposição da vegetação, pois favorece o desenvolvimento de uma floresta secundária. Solórzano et al. (2012) relataram que o abandono de áreas dos bananais

contribui para a regeneração natural da vegetação e serve como porta de entrada para espécies estratégicas que auxiliam na consolidação da floresta, em condições de pouca luminosidade.

Segundo Moura (2016), que estudou áreas de bananais abandonados na região da Juréia, o isolamento dessas áreas e o abandono favorecem a regeneração natural da vegetação nativa. Ainda segundo o autor, a vegetação nativa ultrapassa as bananeiras no período de seis meses e já provoca um sombreamento que interfere no desenvolvimento da bananeira, que vai sendo eliminada naturalmente ao longo do tempo, dando lugar a uma formação florestal secundária.

4.6 ESTATÍSTICA DESCRITIVA, MULTIVARIADA E GEOESTATÍSTICA

A análise estatística descritiva é considerada uma fase preliminar das análises da estrutura espacial dos dados. As métricas usualmente calculadas das três classes estatísticas são: posição central (valores mínimos e máximo, média, mediana e moda); de dispersão (variância, desvio padrão e coeficiente de variação); e de forma (coeficiente de assimetria e curtose) (SPIEGEL, 1993).

A caracterização de uma área em processo de restauração se dá através das análises de inúmeras informações, onde são muitas as variáveis a serem levadas em conta para se apresentar um resultado que represente de fato a situação em campo. Uma forma efetiva de se compreender quais variáveis possuem importância é através das técnicas da estatística multivariada. A análise multivariada é um conjunto de técnicas estatísticas que trabalha os dados equivalentes de muitas variáveis ao mesmo tempo (GERHARDT et al. 2001). É um artifício que realiza vasta quantidade de informações, expressando uma visão geral do processo em uma quantidade menor de variáveis (VICINI, 2005).

A análise das correlações entre distintas variáveis expressa inteiramente o resultado concreto de uma variável em relação a outra, em especial na modelagem de estudos florestais. Os usos dos coeficientes de correlação são úteis para verificar o estágio de associação das variáveis (SALLA et al. 2015). Porém, há possibilidade da correlação não estar relacionada a uma medida de causa e efeito, e sua explicação direta resultar em erros do processo de escolha das variáveis para a análise, pois duas ou mais variáveis podem apresentar associações entre si. Quando as variáveis retratam alta correlação, isso deve ser resultado da ação de uma ou de um conjunto de variáveis.

A correlação de Spearman possibilita aferir a categorização entre as variáveis sem presumir que tenham linearidade na relação e certa distribuição de frequência estabelecida. O coeficiente de Spearman representa um coeficiente ordinal, onde são associados os pontos de cada observação, de 1 a n, de cada conjunto de variáveis de um teste, de modo que sejam dispostos em ordem crescente, para serem associados e observados a fase da relação entre os pontos atribuídos a cada variável na comparação. O coeficiente de correlação varia de -1 a 1. Esse indicador representa o sentido e a força da relação entre as variáveis analisadas (HOFFMANN, 2006; ALVES e PEDERIVA, 2015). Se os valores são negativos, isso possibilita concluir a presença de uma relação oposta entre as variáveis, os valores nulos demonstram a ausência de relação, já os valores acima de zero indicam uma relação positiva entre as variáveis analisadas (HOFFMANN, 2006; ALVES e PEDERIVA, 2015).

A geoestatística tem sido utilizada para a análise de processos de recuperação florestal em conjunto da estatística descritiva, disponibilizando assim respostas a várias questões existentes e que, até pouco tempo, não eram levadas em consideração (NEVES, 2013).

A análise geoestatística tem a premissa de que é mais provável que valores medidos em pontos separados por pequenas distâncias apresentem valores mais próximos entre si, do que os valores medidos a maiores distâncias. Essa análise é feita pelo cálculo do semivariograma, modelo que representa a dependência espacial entre os pontos analisados. Compreende-se que na geoestatística exista a auto correlação espacial entre os valores analisados. Para se comprovar essa hipótese se lança mão da análise realizada através dos semivariogramas dos atributos estudados. De certa forma, o semivariograma é uma ferramenta para medir a auto correlação espacial dos atributos (NEVES, 2013).

Para a determinação do grau de dependência espacial (GDE) de cada atributo foi utilizado o método proposto por Cambardella et al. (1994). A razão entre a variância estrutural, o efeito pepita (C) em relação ao patamar (C+Co), classificando a dependência espacial forte onde GDE for menor ou igual que 25%; moderada quando GDE estiver entre 25% e 75%; fraca quando GDE for maior que 75%.

O semivariograma analisa o grau de dependência espacial entre amostras de uma área experimental, além de definir parâmetros da estimativa de valores para locais não amostrados, através da técnica de krigagem (SALVIANO, 1996). O Semivariograma é determinado a partir das medidas feitas em pontos amostrados em campo, localizados à distância (h), que são os “lag”,

definidos para as análises (WEBSTER, 1985), onde os pontos X e Y são representados por um par de coordenadas, e o valor Z é o valor do atributo analisado.

Segundo Vieira (2000), em estudos de variáveis agronômicas como solo e planta, os modelos matemáticos dos semivariogramas são o Esférico, Exponencial e Gaussiano, que contam com patamar, alcance e efeito pepita, sendo a interpolação feita através da krigagem, que possibilita uma maior exatidão e fidelidade aos dados amostrados em campo, possibilitando a confecção de mapas das variáveis estudadas.

Para Trangmar et al. (1985) um efeito pepita de 0% indica que a possibilidade de erro experimental é praticamente nulo e que não existe variação significativa a distâncias menores que a amostrada. Quanto menor a proporção do efeito pepita para o patamar, maior será a semelhança entre os valores vizinhos e a continuidade do fenômeno e menor a variância da estimativa e, portanto, maior a confiança que se pode ter nas estimativas (VIEIRA, 1997).

5 MATERIAIS E METODOS

5.1 O VALE DO RIBEIRA

A área de estudo está situada na Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, sub-bacia do Rio Jacupiranguinha, no município de Cajati, região do Vale do Ribeira, São Paulo. Com características ambientais e sociais peculiares, o Vale do Ribeira é um dos pontos de colonização mais antigos do país e possui o maior índice de cobertura vegetal natural do Estado de São Paulo, com mais de 60% de sua área coberta por Floresta Ombrófila Densa em vários estágios sucessionais de regeneração. São cerca de 1,2 milhões de hectares de nítida vocação florestal (LEPSCH, 1990).

A Floresta Ombrófila Densa ocorre paralelamente à costa litorânea brasileira, originalmente desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, em regiões de clima quente (médias de 25°C) e de alta precipitação bem distribuída ao longo do ano (VELOSO et al. 1991). Esta formação florestal, segundo a classificação do IBGE, apresenta uma fisionomia alta e densa, consequência da variedade de espécies pertencentes a várias formas biológicas e estratos - seus elementos mais altos podem alcançar de 25 a 30 metros. O grande número de lianas, epífitas, fetos arborescentes e palmeiras dá a esta floresta um caráter tipicamente tropical.

A região é cortada pelo Rio Ribeira de Iguape e abriga um rico e diversificado ambiente natural, com a maior extensão contínua e conservada da Mata Atlântica no Brasil. A vegetação da região apresenta variada formação, contando com diversas fisionomias do domínio da Mata Atlântica: Manguezais, Floresta sobre Restinga, Floresta Ombrófila Densa de diferentes altitudes e Floresta Ombrófila Mista, apresentando-se em alguns locais como vegetação ribeirinha e/ou sobre afloramento de calcário. Em algumas áreas, a vegetação na região se encontra degradada, em diferentes intensidades, em função do extrativismo seletivo ou pela ocupação antrópica com a agricultura e a pecuária, além de um intrínseco sistema viário com estradas estaduais, municipais e uma rodovia federal, a BR-116 (BIM, 2013).

A área da região desprovida de cobertura florestal é constituída por atividades agropecuárias, predominando o cultivo da banana - cuja área plantada atinge 33,8 mil ha (SÃO PAULO, 2015), o que torna a região a maior produtora da fruta no Estado. O Vale conta ainda com plantios permanentes de pupunha, chá, além de culturas de subsistência, agroflorestas e

também pastagens - nesta última, destaque para a bubalinocultura, setor que abriga o maior rebanho do estado de São Paulo.

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, é do tipo Cfa - Cfb,¹ com temperatura média do mês mais quente superior a 18°C, variando entre 24°C e 25°C nos meses de janeiro e fevereiro. A precipitação média anual da região está em torno de 1.500 mm, com uma variação positiva ou negativa em torno de 250 mm (ALVARES et al. 2013). A média total de chuvas durante o mês mais frio (junho) alcança 60 mm.

Ocorrem na região solos orgânicos e hidromorfos com domínio dos Cambissolos, nas planícies ao longo das vertentes, nas planícies aluviais. São constituídos de minerais com horizonte A, pouco espesso, chegando no máximo a 40 cm, e com o horizonte B pouco desenvolvido.

O relevo é formado por pequenas planícies, vales fluviais e um vasto conjunto serrano, composto pelas Serras Gigante, Cadeado, Guaraú, Virgem Maria, Andorinhas, André Lopes, entre outras. Seus rios, muitos dos quais encachoeirados devido às altas declividades, contribuem com o aporte de água doce para o complexo estuarino-lagunar de Iguape-Cananéia (SÃO PAULO, 2000). Nas serras costeiras predominam Cambissolos distróficos, associados a Latossolos Vermelho-Amarelo e Litossolos, ambos distróficos (MANTOVANI, 1993).

5.2 AS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

O estudo foi realizado em duas áreas localizadas em unidades pertencentes ao Mosaico de Unidades de Conservação do Jacupiranga: a Área de Proteção Ambiental de Cajati (APA Cajati) e o Parque Estadual do Rio Turvo (PERT), que pertencem ao Mosaico de Unidades de Conservação do Jacupiranga (MOJAC).

As áreas de uso do Mosaico são ocupadas por agricultores, onde há o parcelamento do solo através das posses, com muitos fragmentos de vegetação de pequeno e médio porte, entremeados a áreas com agricultura permanente, em especial a banana, e a produção de alimentos, agroflorestas e áreas com pastagens, porém descontínuas. Isso tudo associado a um relevo acidentado, com rios

¹ Cfa Temperado úmido com verão quente e Cfb Temperado úmido com verão temperado –(C-temperado/ f- sem estação seca/ a- verão quente/ b- verão fresco/temperado) (informação do autor.)

encaixados nos vales, e áreas florestadas em suas margens que funcionam como corredores, além das áreas dos Parques, muito bem preservadas em seu interior (BIM, 2013).

A APA Cajati está localizada no município de Cajati, com área de 2.9975,71 ha e é formada por apenas uma gleba de terras. É ocupada por 363 famílias, distribuídas por cinco bairros rurais consolidados, que ficam em áreas próximas à BR-116. As terras são públicas e os usos do solo predominantes são a agricultura para produção de alimentos, a monocultura da banana e a pecuária de corte e leite. Nesta unidade há uma rede hidrográfica significativa, com destaque para a Bacia do Rio Jacupiranguinha, principal manancial de abastecimento de água do município de Cajati (BIM, 2013).

O PERT está localizado nos municípios de Barra do Turvo, Cajati e Jacupiranga, possui área de 73.893,87 ha e conta com cachoeiras, caverna, trilhas, centro de apoio ao visitante e museu, possibilitando aos ocupantes e moradores do entorno o uso para o lazer, educação ambiental e contemplação. A unidade protege uma das maiores extensões (89,8% de sua área) de Floresta Ombrófila Densa e Mista em bom estado de conservação e espécies ameaçadas de extinção, como o papagaio do peito roxo, entre outras (BIM, 2013).

Tanto na APA como no PERT há áreas degradadas que estão sendo recuperadas por diversos projetos de restauração ecológica, por meio de vários modelos de restauração. Algumas áreas estão sendo recuperadas pelo simples abandono, ou seja, é possível inferir que no local esteja ocorrendo processo de restauração passiva, situação em que se encontram as áreas desse estudo. A paisagem local encontra-se muito bem preservada, onde a agricultura é desenvolvida entre fragmentos florestais de pequeno a grande porte que variam de 1 ha a 1000 ha. Em alguns casos as atividades agrícolas estão encravadas em meio à floresta nativa.

5.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

A escolha das duas áreas definidas para esse estudo se deu em virtude de estarem sob controle do Estado - pois se localizam dentro dos limites de Unidades de Conservação - e por contarem com áreas de bananais abandonados em dimensões consideráveis e disponíveis para os estudos do presente trabalho.

Estão localizadas no município de Cajati/SP, dentro dos limites do MOJAC, nas unidades APA Cajati e PERT, e foram utilizadas por longos anos com o manejo agrícola, através do cultivo

de bananais. Por motivos legais, seus proprietários tiveram que cessar a atividade agrícola, com o consequente abandono da cultura.

As áreas têm dimensões similares, porém com formatos e idades diferentes: a Área 1 (localizada no PERT) possui 7 ha e é composta por um bananal, cujo manejo foi abandonado há 8 anos; enquanto a Área 2 (localizada na APA Cajati) possui 6,51 ha e com manejo do bananal abandonado há 4 anos.

Figura 1-Localização da área de estudo.



Fonte: Autoria própria

A localização geográfica das áreas é dada pelas coordenadas UTM 22 J 778677 - 7,247989 (Área 1), e 22J 778900 - 7,250070 (Área 2). A Figura 01 traz a localização da área de estudo na região.

Os bananais foram abandonados com diferentes idades e foram implantados no final dos anos 80, com manejos distintos (informação do autor).

Área 1 (8 anos de abandono) - Está localizada a 409 metros de altitude. O bananal teve o manejo abandonado no ano de 2014. A variedade de banana era a Prata (*Musa sp* - subgrupo prata), com plantio em linhas e um espaçamento médio de 3,0m x 3,0m; contava com um manejo simplificado, apenas com aplicação manual de óleo mineral para controle do mal de sigatoka (amarela e negra), uma vez por mês, e aplicação esporádica de agrotóxico para controle de pragas e doenças; de herbicida para controle de plantas “invasoras” e de NPK três vezes ao ano.

A área é cortada por um córrego que a percorre de norte a sul. A Área de Preservação Permanente (APP) do córrego foi toda ocupada pelos bananais. Também há uma estrada de serviço que corta a área na sua porção Norte e corre paralela à área até o final da porção Sul. Esse caminho de serviço tem contribuído para o surgimento de processos erosivos na área. Segundo a classificação do solo de Rossi (2020), toda a área 1 está no Cambissolo Háplico.

Área 2 (4 anos de abandono) - Está localizada a 228 metros de altitude. O bananal foi abandonado no ano de 2018. A variedade de banana era a nanica (*Musa sp* - subgroup Cavendish), com espaçamento 2,0m x 2,0m. Contava com um manejo mais complexo, com aplicação regular de herbicidas, pulverização aérea sistemática para o controle da sigatoka (amarela e negra) de 20 em 20 dias e aplicações de agrotóxico para controle de pragas e doenças duas vezes por ano; de herbicida e aplicação de NPK quatro vezes ao ano, baseadas em análise química do solo. A área também é cortada por um córrego na sua parte central no sentido norte-sul, com o bananal ocupando quase toda APP da área. Há uma estrada de serviço que corta a área de Norte a Sul, que também vem provocando processos erosivos na área. Apesar de estar próxima de áreas florestadas, em seu entorno imediato é cercada por pastagens e bananais ativos.

Segundo a classificação do solo de Rossi (2017) a Área 2 tem 72,0% Argissolo e 28,0% em Cambissolo Háplico.

A vegetação no entorno das duas áreas é a Floresta Ombrófila Densa sub-montana (VELOSO et al. 1991). As variedades de banana cultivadas no entorno imediato das duas áreas são: na Área 1, banana-prata grande, e na Área 2, a nanica. Os bananais das áreas de estudo apresentavam manejo e tratos culturais em situações similares aos praticados nos bananais do Vale do Ribeira, com os bananais sendo conduzidos no sistema família, por meio de desbastes, deixando-se apenas um perfilho por geração, de acordo com informação dos antigos proprietários. Além dos bananais, as áreas eram ocupadas em seu entorno com pastagens, com as gramíneas brachiara (*Brachiaria decumbens*), Colonião (*Panicum maximum*) e Napier (*Pennisetum purpureum*).

5.3.1 Arranjo Experimental

O trabalho analisou a dinâmica e a estrutura da regeneração natural, identificou os tipos e os agentes de dispersão; estudou a distribuição espacial, através de uma modelagem geoestatística,

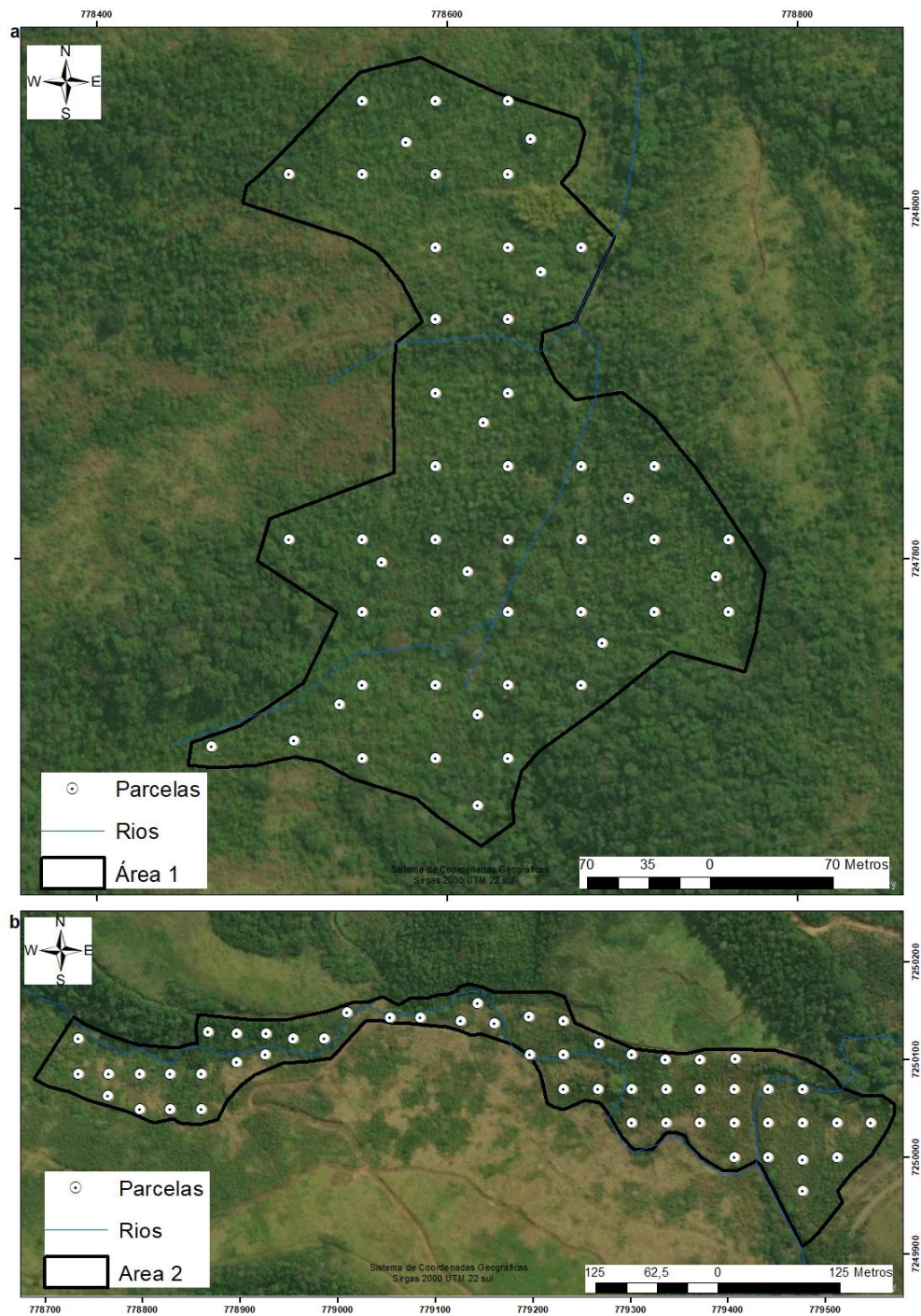
das espécies e indivíduos, e suas relações com o solo, agentes físicos externos e o entorno, integrando essas informações numéricas e espaciais para a compreensão da dependência espacial dos fatores que podem afetar o processo de regeneração natural das áreas ocupadas por bananais.

A definição da localização das parcelas foi realizada em escritório, com o auxílio do software Arcgis através do ArcMap 10.8, gerando a grade amostral em mapas digitais das duas áreas. Foram geradas coordenadas geográficas dos pontos centrais das parcelas, que foram exportadas para um receptor de GPS, utilizando o software TrackMaker Pro® e possibilitando a alocação em campo. A Figura 02 apresenta o mapa da área com a locação dos pontos centrais das parcelas.

As áreas têm dimensões similares (Área 1 com 7,1 ha e Área 2 com 6,5 ha), mas formatos distintos, como pode ser constatado na Figura 02. A similaridade da análise se deu no número, dimensões e formato das parcelas, e na área amostrada (7,1% e 8,14% para Áreas 1 e 2 respectivamente), em um esforço amostral compatível com projetos de restauração em região da Mata Atlântica.

Em função do número mínimo de 50 pontos necessários para viabilizar a análise geoestatística, foram instaladas 52 parcelas na Área 1 e 53 parcelas na Área 2. As parcelas são circulares, medindo 100 m² cada (5,54 m de raio). O arranjo amostral permitiu que por volta de 7,0% da área total fosse amostrada, possibilitando assim as análises da dependência espacial entre as variáveis, através da geoestatística.

Figura 2- Representação das Áreas 1 (8anos de abandono) e 2 (4 anos de abandono) e pontos centrais das parcelas.



Fonte: Autoria própria utilizando o software ArcGis, ESRI (2021)

Legenda: a) Área 1; b) Área 2

O esforço amostral procurou selecionar os melhores indicadores e que representassem a qualidade do processo de restauração das áreas estudadas, com o intuito de testar a hipótese de que áreas de bananais abandonados com diferentes idades, e sem nenhum tipo de manejo, podem se converter em florestas quando comparadas a projetos de restauração ecológica já instalados e com as mesmas idades.

5.3.2 Materiais utilizados para a coleta de dados

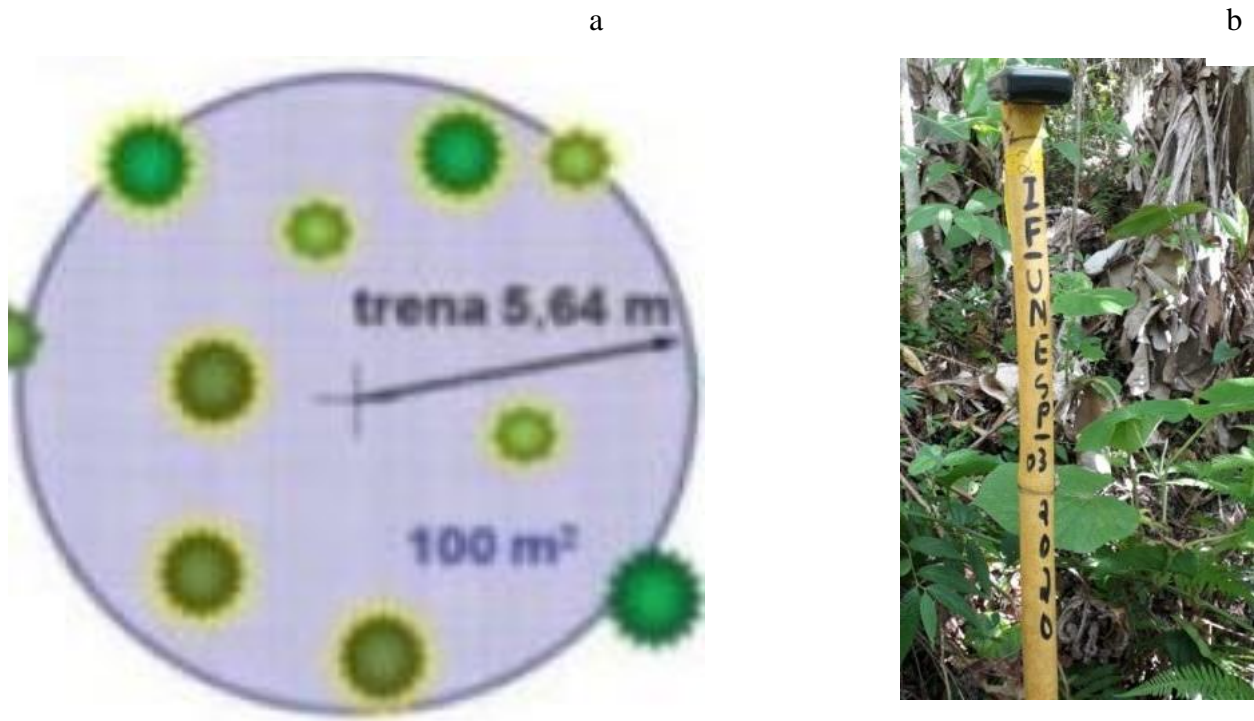
Para a realização do trabalho de campo foram utilizados os seguintes equipamentos: GPS Garmin, trena, bússola, facão, foice, trado holandês, penetrômetro, densiômetro florestal, régua de PVC, fita métrica, peneira, caderneta de campo e prancheta. Entre os softwares e programas utilizados, destaque para o R, Past, Gs+, Arcgis/Arcmap Excel, Google Earth, Imagens de Satélite e Fotos Aéreas.

5.3.3 Locação e instalação das parcelas em campo

No ponto central de cada parcela experimental (Figura 03) foi cravada uma estaca identificada com o número da parcela e uma fita colorida, para facilitar a visualização em campo. As parcelas foram identificadas a partir das coordenadas geográficas de cada ponto central da parcela. De formato circular, com raio de 5,64 e 100 m² de área, conforme demonstra a Figura 03. O ponto central de cada parcela encontra-se a uma distância média de 40 m entre parcelas, para as duas áreas estudadas, sendo 52 parcelas na Área 1, com 5.200 m² de área amostrada, correspondendo a 7,10% da Área 1, e 53 parcelas na Área 2, com 5.300 m² de área amostrada, correspondendo a 8,14% da Área 2.

Para a demarcação em campo, com auxílio de bússola de mão e GPS, os pontos foram buscados através de caminhadas pelo local; no ponto foi cravada uma estaca de bambu. Com auxílio de um “compasso” feito com estaca de bambu e cordão de nylon com 5,67m de comprimento, foi realizada a demarcação física da parcela, simulando uma rosa dos ventos, viabilizando a área circular da parcela.

Figura 3-Representação das parcelas.



Fonte: Acervo pessoal

Legenda: a) Representação esquemática das unidades amostrais; b) Estaca de bambu no centro da parcela com a fita colorida com a identificação da parcela e GPS para locação do ponto com suas coordenadas.

Essas parcelas permanecem identificadas em campo, com objetivo de facilitar a sua localização para pesquisas ali conduzidas, bem como contribuir para reutilização da área para outras pesquisas e experimentos que eventualmente possam ser realizados.

Como já destacado, ambas as áreas estudadas estão inseridas em Unidades de Conservação em bom estado de conservação, o que proporciona a presença de maciços florestais muito próximos das mesmas. A distância mínima desses maciços bem conservados é de 20 metros, o que provavelmente pode ser uma forte fonte de propagação. Destaca-se novamente também que há áreas de pastagens próximas às áreas estudadas.

5.3.4 Etapas do trabalho de campo

O trabalho de campo foi dividido em etapas. Na primeira etapa, foram realizadas as coletas dos dados referentes à vegetação regenerante e cobertura de solo e, na segunda, foi realizada a coleta dos dados de solos, para as análises química e física do solo.

Todos os trabalhos de campo foram realizados pelo pesquisador com apoio de um mateiro (contratado pelo pesquisador), por funcionários do Parque e por um bolsista PIBIC que participou do projeto.

As coletas de dados em campo iniciaram em março de 2020, foram interrompidas em função do início da pandemia da Covid-19, e retomadas em fevereiro de 2021. O trabalho em campo se prolongou até julho do mesmo ano.

5.4 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DAS ÁREAS DE ESTUDO

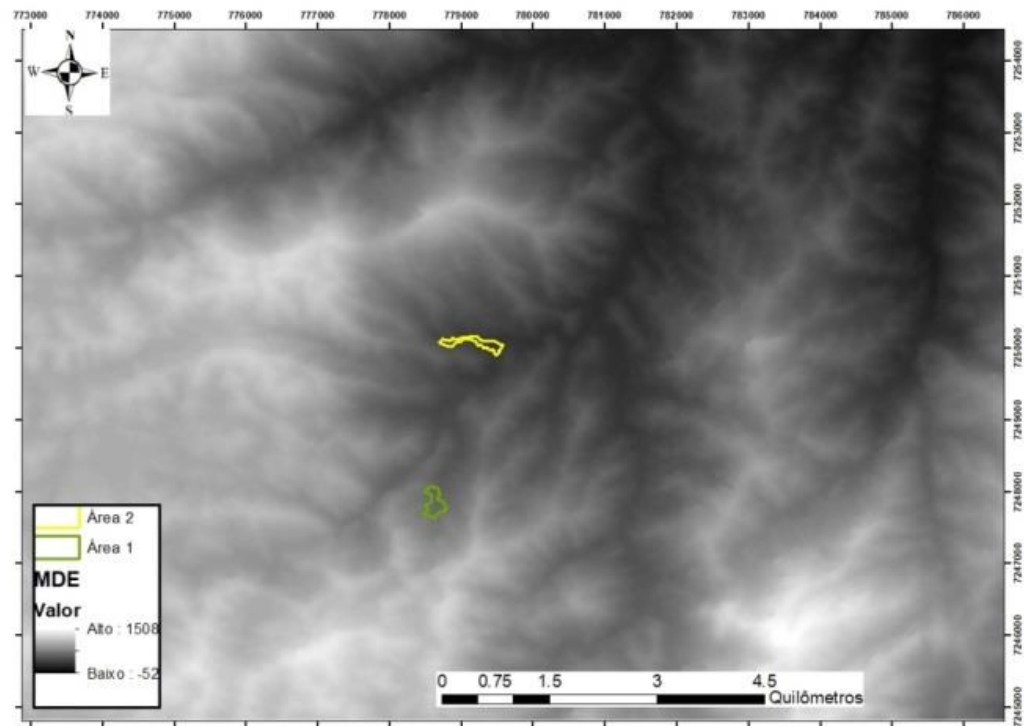
Para a caracterização fisiográfica foram elaborados mapas temáticos das áreas estudadas: solo, uso do solo e cobertura florestal, radiação solar, vertentes, ventos, declividade e curvas de nível. Foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para as análises ambientais. O sistema de projeção das coordenadas foi UTM e *datum* WGS 1984 e SIRGAS 2000.

Entre as técnicas utilizamos fotos aéreas do ano de 2010 da EMPLASA, o mapeamento de uso e cobertura da terra adotado foi o do Inventário Florestal de 2010, do Instituto Florestal de SP (SÃO PAULO, 2010) e o mapa de solos de 2017 (ROSSI, 2017).

Para baixar o Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno foi realizado o *download* no site EARTHDATA, importou-se imagens georreferenciadas e projetadas no sistema UTM WGS 84, de alta resolução (entre 12,5 a 30 m), foram baixadas as imagens da região captadas pelo sensor PALSAR do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) (NASA, 2022), projetado com instrumentos para contribuir no mapeamento topográfico da terra e precisão no monitoramento da cobertura vegetal, entre outros levantamentos. Por meio do ArcGis, as imagens baixadas (com 12,00 m) foram processadas para a elaboração do MDE, que possibilita a estimativa da radiação solar interceptada pela superfície do terreno bem como o relevo as curvas de nível e a orientação das vertentes. No caso da radiação solar é possível se fazer as estimativas para uma determina

época, no estudo foi arbitrado o ano de 2020. Com o MDE baixado, os mapas foram elaborados através das ferramentas do *Arcgis /ArcMap* (ESRI,2021).

Figura 4- Modelo Digital de terreno da região do estudo.



Fonte: National Aeronautics and Space Administration-NASA (2022).

A produção dos mapas temáticos foi ancorada em produtos cartográficos para caracterização fisiográfica das duas áreas de estudo e seu entorno imediato. Também foram adicionados *Shapefile* como rios e estradas.

5.4.1 Mapa de cobertura florestal e Uso do Solo

Para a elaboração do mapa de uso do solo e cobertura florestal foi criado um *Buffer* no entorno das duas áreas estudadas de 2 km. O mapa de usos do solo foi realizado com base no Inventário Florestal (IF) do estado de São Paulo do ano de 2010, e utilizando-se técnicas de fotointerpretação no software *ArcGis/ArcMap* 10.8. Os fragmentos do entorno foram mapeados, destacando os usos, a cobertura florestal, os usos agrícolas, através da aplicação de métricas da

paisagem da região. Analisamos relações entre a área estudada com os usos do entorno imediato e sua influência no processo da restauração. Foram utilizadas também imagens aéreas do mesmo ano (2010) para a checagem da situação antes dos bananais terem seus tratos culturais abandonados. O ano de 2010 foi utilizado para a análise do uso do solo por se tratar de um período que antecede o processo de abandono dos tratos culturais dos bananais, e pela disponibilidade de imagens provenientes de um voo realizado pela EMPALA no ano de 2010, cedidas pelo Instituto Florestal (IF) à época.

5.4.2 Mapas de Vertentes, Radiação Solar, Declividade e Curvas de nível

Com base no MDE foi gerado no *Arcmap/ArcGis* usando o comando *AecToolbox* ir para *Topo to Raster* (em *3D Analyst Tools >> Raster interpolation*), possibilitando a geração dos mapas. As imagens foram retiradas do site no ano de 2021 durante a pesquisa. Utilizando o comando *aspct* (em *Spatial Analyst Tools>> surfasse*) do *AcGIS* 10.1, que gerou o mapa da orientação das vertentes que foram classificadas automaticamente em 9 classes. Em cada área foi calculada a porcentagem das classes das vertentes de acordo com a Figura 05.

Figura 5-Representação das vertentes.

Vertente	Orientação	Cor
Plano	-1° e 0°	
Norte	0° a 22,5° e 337,5° a 360°	
Nordeste	22,5° a 67,5°	
Leste	67,5° a 112,5°	
Sudeste	112,5° a 157,5°	
Sul	157,5° a 202,5°	
Sudoeste	202,5° a 247,5°	
Oeste	247,5° a 292,5°	
Noroeste	292,5° a 337,5°	

Fonte: LEPSCH et al. (2001).

Para a elaboração dos mapas de radiação solar global, utilizou-se o comando *Área Solar Radiation* (no *Spatial Analyst Tools> solar RAdiation*), do *ArcGIS* 10.1, que calculou a radiação global em porcentagem de cada classe de radiação. O mapa foi baseado na distribuição da radiação solar pelo relevo, disponibilizado pelo MDE, que se aplica para escalas locais.

O mapa de declividade e curvas de nível foram gerados no ArcGIS, através no comando Slope que está disponível no *ArcToolbox*, podendo ativá-la na caixa de ferramentas *3D Analyst Tools > Raster Surface > Slope*, ou *Spatial Analyst Tools > Surface > Slope*.

Todos os mapas (Relevo, radiação e vertentes) que foram gerados a partir das imagens raster foram reclassificados pelas ferramentas *Spatial Analyst Tools – Reclass – Reclassify* e transformados em shapfile pela ferramenta *Conversion tools – raster to polygon do Arc Map Arcgis*.

Após, os mapas (relevo, radiação e vertentes) foram reclassificados pelas ferramentas *Spatial Analyst Tools – Reclass – Reclassify* e transformados em *shapefile* pela ferramenta *Conversion tools – raster to polygon do Arc Map Arcgis*, para melhor análise e apresentação dos mapas.

5.5 CARACTERIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS

Para melhor estudar o processo de regeneração natural de um bananal abandonado, foram selecionados atributos ecológicos que podem interferir no processo e apontar se há dependência espacial entre eles. São atributos de avaliação relativamente fáceis (DALE e BEYELER, 2001), que têm significado ecológico relevante e são integrativos, ou seja, o conjunto de indicadores proporcionam a avaliação de diversos aspectos do ecossistema, relativos à sua estrutura, diversidade e funcionamento, e vão contribuir na análise do processo de regeneração natural das áreas estudadas. Para a análise geoestatística foram escolhidas apenas variáveis que tiveram correlação direta com o processo de transformação de um bananal abandonado em floresta e com forte dependência espacial e variáveis que não apresentaram efeito pepita puro. Foram coletados e analisados dados de 19 variáveis, porém foram priorizados 8 para análise estatística e 4 para análise geoestatística. Foram levantadas as variáveis dos seguintes atributos:

Atributos da Vegetação Regenerante

Nº de Indivíduos Regenerantes; Nº de Espécies; Nº de Famílias; Índice de Simpson D; Índice de Equabilidade; Síndrome de Dispersão e Grupo Sucessional.

Atributos do Bananal

Nº de indivíduos; Nº de folhas por indivíduo; Produção; Estado Sanitário.

Atributos Físicos do Solo

Densidade e Porosidade total;

Atributos Químicos do Solo

Matéria orgânica; Capacidade de troca de cátions; Potencial de hidrogênio; Saturação de bases; H^+ e Al^{3+} trocáveis; Teores de macronutrientes: P, K, Ca e Mg; Acidez do solo (H^+); Micronutrientes e alumínio presente na amostra.

Atributos da Cobertura do Solo

Presença de serrapilheira; Cobertura viva do solo; Cobertura morta; Solo exposto; Cobertura de copa.

5.5.1 Levantamento de campo dos atributos florísticos

Foram levantados dados relacionados à florística de cada parcela, onde a partir da rosa dos ventos, os dados foram coletados em subquadrantes - Sul a Leste, Leste a Norte, Norte a Oeste e Oeste a Sul. Nesses subquadrantes, levantou-se todos os indivíduos a partir de 0,3m de altura; cada indivíduo foi numerado e identificado com o nome popular da região

Em escritório, foi feita a identificação taxonômica para identificação da espécie e famílias botânicas, contudo, as espécies mais raras foram coletadas, prensadas e encaminhadas para identificação por especialista. Também foi utilizado o conhecimento do mateiro e do próprio pesquisador sobre as espécies, além de contar com o auxílio de literatura disponível para as espécies mais comuns. Os materiais consultados foram: Lista de espécies do Anais do VI Simpósio de Restauração Ecológica 2015 (SÃO PAULO, 2016), e Herbário Virtual do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (REFLORA, 2023), que ajudaram a proceder a identificação botânica das espécies às quais pertenciam os indivíduos.

Os dados coletados em campo foram transcritos para planilhas eletrônicas Excel, sendo confeccionada uma planilha para cada área. Em cada planilha, as formas de vida foram catalogadas por parcelas, além de transcritos os números de indivíduos arbóreos e arbustivos por parcela, com altura maior de 30 cm. Para as classes de altura do perfil do dossel foram atribuídas 7 classes: Classe 1 indivíduos arbóreos de 0,3m a 1,0m de altura; Classe 2 de 1,1m a 2,0m; Classe 3 de 2,1m a 3,0m; Classe 4 de 3,1m a 4,0m; Classe 5 de 4,1m a 5,0 m; Classe 6 de 5,1m a 6,0m e Classe 7 indivíduos arbóreos acima de 6,1m.

Foi identificada a tipologia; e as espécies foram classificadas quanto à síndrome de dispersão (caracterizando-as em zoocóricas, autocóricas e anemocóricas), e quanto ao estágio sucessional em pioneiras (P) e não-pioneiras (NP), de acordo com classificação do Instituto de Botânica (SÃO PAULO, 2015).

5.5.2 Os Índices de diversidade

Com o auxílio do programa PAST, foram calculados os índices de Shannon, Equabilidade de Pielou e Simpson para ambas as áreas de estudo. Esses índices dão suporte para a análise sobre a diversidade presente na área.

Para a análise dos índices de diversidade foram trabalhados os dados referentes ao número de espécies e indivíduos arbóreos e arbustivos regenerantes presentes nas duas áreas estudadas, que indicam o grau de diversidade das áreas amostrais, combinando a análise dos componentes de riqueza de espécies e equabilidade para cada área.

Onde o Índice de Simpson, gera um valor de 0 a 1, quando maior o valor mais próximo de 1, indica maior dominância por uma ou poucas espécies; Índice de Shannon-Wiener (H'), com valores frequentemente encontrados entre 1,5 e 3,5, que, quanto maiores, refletem a maior diversidade da área amostrada; e Índice de Equabilidade de Pielou (J'), representa a distribuição do número de indivíduos em relação às espécies e varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, representa a situação em que todas as espécies possuem a mesma abundância, ou seja, a mesma quantidade de indivíduos.

Figura 6-Processo de coleta em campo.



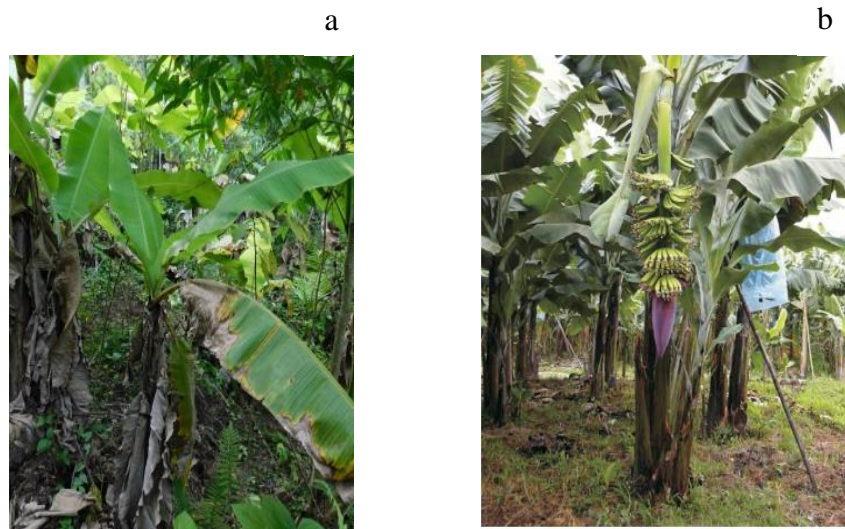
Fonte: Acervo pessoal

Legenda: a) Materiais para coleta de dados; b) Preparação da parcela para coleta; c) Material para ser identificado.

5.5.3 Os Bananais

Para que essa análise pudesse ser realizada, foi contado todo indivíduo vivo de banana de cada touceira, a partir de 20cm de altura, encontrado nas duas áreas. A altura foi aferida com auxílio de uma régua graduada de PVC; também foi verificado e contado o número de folhas sadias e doentes para avaliação da sanidade da fruta; além de aferido se havia a presença de cachos de banana, verificando assim a produção das áreas estudadas. Conforme já relatado, a variedade do bananal abandonado na Área 1 é a prata grande, e na Área 2, a nanica.

Figura 7-Bananais no interior da parcela.



Fonte: Acervo pessoal

Legenda: a) Detalhe do bananal; b) Família/touceira: planta mãe, filha e neta.

As coletas de campo foram realizadas entre março a junho de 2021.

5.5.4 Cobertura do Solo

Os indicadores de cobertura do solo com serrapilheira, cobertura de herbáceas e gramíneas foram mensurados com auxílio de um quadrante de 0,50 x 0,50 cm, dividido em quatro quadrículas de 0,25 m x 0,25 m fabricado em cano de PVC. Foi lançado em quatro pontos das parcelas, nas direções Sul/Leste, Leste/Norte, Norte/Oeste e Oeste/Sul das duas áreas, totalizando 420 lançamentos (repetições) do quadrante, como demonstra a Figura 08. Em cada lançamento, aferia-se o preenchimento da quadrícula; se fosse preenchida em mais da metade de sua área representaria

25% de cobertura na quadrícula e, a partir daí, somava-se o valor preenchido de cada quadrícula para se aferir o valor final de cobertura. O resultado foi anotado em planilha de campo e transcrito para planilha Excel para cada área respectiva.

Figura 8- Coleta cobertura do solo.



Fonte: Acervo pessoal

Legenda: a) Coletor com 100 % de cobertura viva; b) 80% cobertura morta; c) 100 % de solo exposto

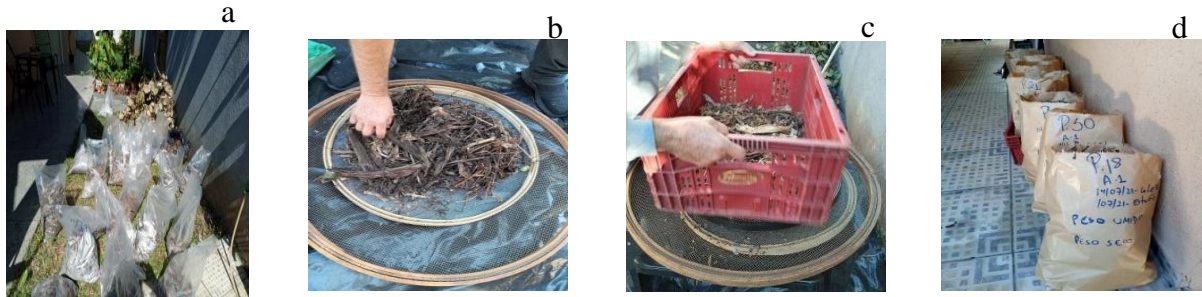
A serrapilheira coletada foi acondicionada em sacos plásticos e as amostras das duas áreas passaram por uma secagem a pleno sol e, em seguida, preparadas para limpeza das impurezas. Esse preparo se deu através da passagem do material em três peneiradas; numa primeira etapa, com peneiras de plástico com furos de 5 a 10 mm; em seguida por uma peneira de aço com malha de 4 mm e, após, em peneira com malha de 2 mm, para a retirada de solo e pedras. Esse material foi acondicionado em sacos de papel, identificados por parcelas e levados para o Laboratório da UNESP Registro para serem pesados e secos em estufa a 70 graus centígrados. A Figura 09 mostra o processo de preparação das amostras de serrapilheira.

O processo de secagem na estufa se deu até o tempo de estabilização da secagem das amostras. Foram feitas quatro aferições até a estabilização do material seco. Ao final do processo de secagem, o material foi novamente pesado e aferido um valor em gramas para cada amostra, totalizando 105 amostras, sendo 52 amostras da Área 1 e 53 amostras da Área 2. A coleta dos atributos da cobertura do solo se baseou em protocolo adaptado do método MESMIS (MASSERA et al. 1999; PIÑA-RODRIGUES et al. 2012).

O aporte de serrapilheira é a principal forma do estabelecimento da matéria orgânica nas camadas do solo. O material depositado, ao longo do tempo, vai se decompondo. Esse processo da decomposição da serrapilheira é ajustado por condições ecológicas e abióticas. A quantificação do

estoque da serrapilheira coletado nas duas áreas de estudo foi somada após serem secos, obtendo-se assim o estoque de serrapilheira nas áreas de estudo.

Figura 9-Preparação das amostras de serrapilheira.



Fonte: Acervo pessoal

Legenda: a) Amostras vindas do campo e secando; b) 1º Peneiragem; c) 2º e 3º Peneiragem; d) Amostras prontas para irem para a estufa

As coletas de campo foram realizadas em julho de 2021.

5.5.5 Indicador de luminosidade/cobertura de copas

O indicador de incidência de luz ou cobertura de copas, que mede a quantidade de sombra/luminosidade no interior da área estudada, foi aferido por meio do densiômetro florestal, conforme indica a Figura 10, adaptado por Pina (2012), um espelho de 0,2 x 0,2 m subdividido em 40 quadrículas, suspenso a 1,30 m de altura, através da coleta da luminosidade com 4 repetições, feitas a partir do ponto central da parcela nas direções N, S, L, O. O número de quadrados do espelho livres de sombra são contados, mensurando assim a porcentagem de luz que incide em cada ponto; posteriormente é calculada a média da porcentagem de luz nas parcelas.

Para se realizar a leitura dos dados é necessário posicionar o densiômetro a uma altura de 1,30 m do solo, apoiado numa estaca de madeira, posicionado longe da superfície do operador, a fim de evitar que partes do corpo sejam refletidas no aparelho que, com apoio de uma bússola, posiciona o densiômetro na direção desejada. Em escritório foi calculada a média de cobertura de sombra em cada parcela. Para se obtenção do indicador de cobertura de solo na área, faz-se a somatória das médias da cobertura de copas em cada parcela e divide-se pelo número de parcela de cada área conforme a equação:

$$\text{Indicador de Cobertura (\%)} = \frac{\text{Parc},1 + \text{parc},2 + \dots + \text{Parcelas } n}{n} \quad [1]$$

Figura 10-Coleta dos dados da cobertura de copas.



Fonte: Acervo pessoal

Legenda: a) Densiômetro florestal; b) Aferição da entrada de luz

As coletas de campo foram realizadas em outubro de 2021.

5.5.6 Atributos físicos e químicos do solo

Em relação aos atributos químicos do solo foram analisados: fertilidade do solo, através da determinação da matéria orgânica; capacidade de troca de cátions; potencial de hidrogênio; saturação de bases; H^+ e Al^{3+} trocáveis; teores de macro nutrientes: P, K, Ca e Mg; acidez do solo (h+al); micronutrientes e alumínio.

Quanto aos atributos físicos do solo foram analisadas: determinação da (%) de umidade na parcela; densidade do solo (Ds); porosidade total (Pt).

5.5.6.1 Atributos físicos Densidade e Porosidade Total

Para a aferição da densidade e porosidade, foram realizadas amostragens nas profundidades de 0-20 cm através de coletas de amostras indeformadas nas parcelas, utilizando-se o anel volumétrico de inox com 5x5 cm (EMBRAPA, 2017), em uma pequena trincheira de 0,2 m x 0,2 m. As coletas de solo foram realizadas com auxílio do amostrador Castelo. As amostras foram

acondicionadas em parafina e papel filme, e posteriormente colocadas em caixas plásticas, para evitar a perda da estrutura do solo. A Figura 11 mostra a coleta de amostra indeformada de solo.

Figura 11-Coleta de solos com anel volumétrico.

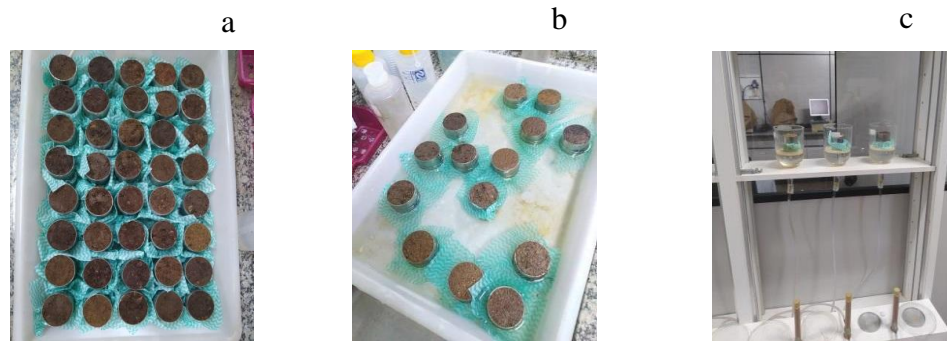


Fonte: Acervo pessoal

Legenda: a) Trincheira; b) Anel volumétrico, marreta e castelinho,

As amostras foram enviadas para o Laboratório de Solos da UNESP - Registro, para determinação das variáveis: densidade do solo (D_s), Porosidade total (P_t). No laboratório, as amostras foram preparadas e envoltas num tecido com liga de borracha, foi preso na parte inferior de cada amostra, onde se obteve o conjunto amostra-cilindro-tecido-liga. Os conjuntos amostra-cilindro-tecido-liga foram pesados e, após, colocados em bandeja plástica; foi adicionada água destilada com 4 cm de lâmina d'água, à temperatura ambiente, para obtenção da saturação da amostra por capilaridade. Após saturados, cada conjunto amostra-cilindro-tecido-liga foi colocado na respectiva tampa e novamente pesados. Posteriormente, foram todos colocados em mesa de tensão, aplicando-se tensão de 0,60 m de coluna de água (6 kPa), e novamente pesados após o equilíbrio. A Figura 12 mostra as amostras de solo sendo preparadas para as análises laboratoriais.

Figura 12-Solo preparado para análises de densidade de porosidade.



Fonte: Acervo pessoal

Legenda: a) Conjuntos amostra-cilindro-tecido-liga; b) Amostra em processo de saturação; c) Amostra saturados na mesa de tensão - porosidade

Após esses procedimentos, as amostras foram secadas em estufa a 105°C por 24 horas, para a aferição da densidade, pelo método do anel volumétrico (BLAKE e HARTGE, 1986). O cálculo da Porosidade total (Pt) foi feito através do Método direto, conforme manual da Embrapa (2017). O método é representado pela relação “peso amostra-cilindro-tecido-liga-saturado”; “peso seco após estufa”.

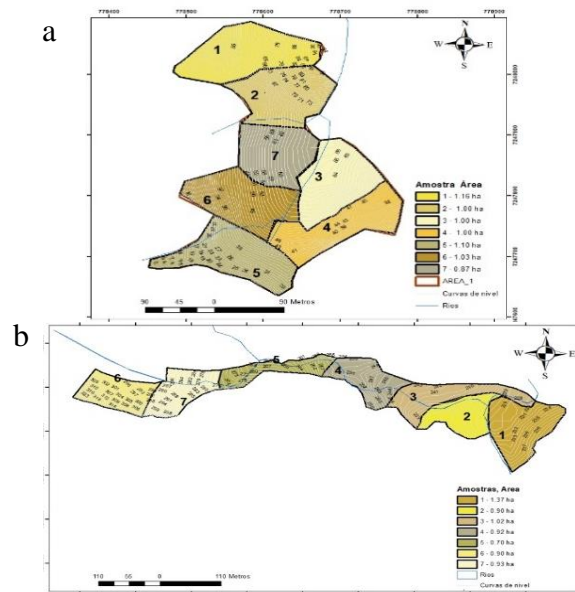
A porosidade e a densidade foram escolhidas para contribuir nas análises da qualidade do solo, pois são bons indicadores para esse fim, são de fácil determinação e possuem propriedades dinâmicas, que se relacionam à compactação e ao crescimento radicular da vegetação (ARSHAD e MARTIN, 2002).

As coletas de solo foram realizadas em setembro de 2021.

5.5.6.2 Atributos Químicos do solo

A análise química do solo é um fator importante para se compreender o processo de transformação de áreas de uso agrícola em floresta. Para a análise desses atributos, as duas áreas foram subdivididas em sete talhões de aproximadamente 1 ha cada; os talhões foram agrupados por semelhança de relevo e radiação solar. A figura 13 apresenta os mapas dos talhões das amostras de solo.

Figura 13-Mapa com as glebas amostradas



Fonte: autoria própria

Legenda: a) mapa da Área 1; b) Mapa da Área 2 - Ambas divididas em 7 talhões cada para a amostragem do solo.

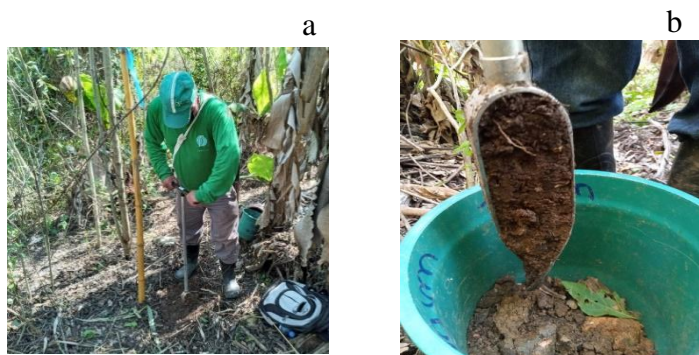
Tabela 1- Relação das amostras/respectivas áreas.....

Amostras	Área 1 ha	Área 2 ha
Amostra 1	1,16	1,37
Amostra 2	0,99	0,87
Amostra 3	1,0	1,027
Amostra 4	0,98	0,92
Amostra 5	1,01	0,69
Amostra 6	1,03	0,89
Amostra 7	0,88	0,93

Fonte: Autoria própria

Em cada talhão as coletas foram realizadas nas profundidades de 0-20cm e 20 a 40 cm; foram realizadas 5 coletas de amostras simples no ponto central de cada parcela do talhão, com o auxílio de um trado tipo holandês, conforme mostra a Figura 14. O material coletado foi acondicionado em baldes plásticos e, depois da homogeneização, retirou-se cerca de 500 g de solo/ponto que foram devidamente acondicionados em embalagem plástica identificada, proporcionando uma amostra composta para cada talhão. Após as coletas, as amostras foram preparadas e acondicionadas em pequenos sacos plásticos com 500 gramas cada e encaminhadas para o Laboratório de análises químicas do solo da UNESP - Registro.

Figura 14-Coleta de solo em campo



Fonte: Acervo pessoal

Legenda: a) Coleta com trado holandês; b) detalhe do solo no balde para ser homogeneizado,

O material foi enviado ao laboratório de fertilidade do solo para determinação do pH, Matéria Orgânica, P, Al 3+, H + Al, K, Cálcio, Magnésio, SB, CTC, V. Os resultados de cada amostra foram submetidos a tratamentos estatísticos e foram apresentadas as médias de cada atributo químico do solo.

As coletas de solo foram realizadas em agosto de 2021.

5.6 ANÁLISES ESTATÍSTICA E GEOESTATÍSTICA

A análise exploratória será composta por duas técnicas estatísticas: a descritiva e a multivariada (componentes principais, correlação e testes de Shapiro Wilker e Tukey) sendo realizadas com o auxílio dos Softwares PAST e R. Os cálculos foram realizados para todas as parcelas da Área 1 e da Área 2. A estatística foi utilizada durante todo o processo de análise tanto para as análises gerais tanto para a escolha das melhores variáveis para uma melhor explicação do processo.

Para a escolha das variáveis mais importantes foi realizada a análise dos componentes principais (ACP), através do software XLSTAT, para averiguar a relação mais significativa. Após a definição das variáveis foi realizada a análise de correlação entre os coeficientes de autovalores e auto vetores, para detectar as variáveis que apresentam relações mais expressivas entre os componentes escolhidos. A ACP foi realizada para as duas áreas juntas (Área 1 + Área 2) e para

cada área separadamente; para facilitar a compreensão denominamos a Área 1 como Velha (V) e a Área 2 como Nova (N).

Na Análise de Componentes Principais a característica da interpretação de uma variável é dada pela proximidade do extremo da variável com círculo de raio 1, o que pode ser visto no gráfico de fatores das variáveis. As variáveis são representadas por setas, que indicam a direção do gradiente máximo, em que o comprimento da seta é proporcional à correlação da característica com os eixos e à sua importância na explicação da variância projetada em cada eixo (THEODORO et al. 2003). A correlação entre duas variáveis é expressa pelo ângulo que os vetores equivalentes compõem e a qualidade da representação de uma variável se pela proximidade do seu extremo ao círculo dos Gráficos.

Para a análise de correlação entre as variáveis, verificou-se a relação entre as variáveis escolhidas e o tempo de abandono do bananal das duas áreas: Área 1 com oito anos de abandono, Área 2 com quatro anos de abandono. Verificou-se a diferença estatística entre as áreas nas diferentes variáveis e qual o tipo de correlação seria melhor para a análise: Spearman ou Pearson.

Pearson: para dados paramétricos, usa-se quando não há outliers, quando se tem relação linear e quando não se sabe sobre a independência entre os dados.

Spearman: para dados não paramétricos, pode ser utilizado quando se tem dados com outliers, variáveis contínuas ou ordinais. Ela mede relações lineares e não lineares.

As inferências sobre o valor de Spearman (ρ) foram baseadas em Vieira (2016): correlação pequena ($0 < \rho \leq 0,25$ ou $0 < \rho \leq -0,25$); correlação fraca ($0,25 < \rho \leq 0,50$ ou $-0,25 < \rho \leq -0,50$); correlação moderada ($0,50 < \rho \leq 0,75$ ou $-0,50 < \rho \leq -0,75$); e correlação forte ($0,75 < \rho \leq 1,00$ ou $-0,75 < \rho \leq -1,00$).

Por meio do software R Studio versão R (THE R FOUNDATION, 2023), os dados foram submetidos ao teste de Shapiro – Wilk para o teste de normalidade com o pacote de dados “nortest”, e para a construção das matrizes de correlação, sendo utilizada a correlação de Spearman através dos pacotes Corrplot e Corrgram; e para a análise da significância das correlações foi utilizado o teste de Tukey, para a identificação do valor de ρ e o p valor, indicando a significação e a linearidade das correlações das variáveis das duas áreas juntas e separadas. E foram elaborados os gráficos box plot de cada variável das duas áreas para se verificar a presença ou não dos outliers e sua distribuição, e a identificação dos percentis, a amplitude interquartil, e demonstrar a distribuição dos dados das duas áreas.

Foi utilizada a análise de Tukey para comparação de médias entre as áreas do estudo. Para isso, foram utilizados os pacotes agrícolas e ggplot2 para gerar o resultado do teste bem como para a confecção dos gráficos boxplot, respectivamente. As letras diferentes representam diferença estatística através do teste de Tukey ($\alpha=0,05$) (THE R FOUNDATION, 2023).

Para caracterizar e analisar a representação da variabilidade espacial das características dos atributos das duas áreas foram utilizados os dados consolidados em planilhas Excel e importados para o programa Geoestatístico GS+ versão 9,0 Demonstrativo (Copyright 1989-2022), desenvolvido pela Gama Desing Software, onde foi realizada a análise geoestatística. Os resultados foram exportados para o software ArcGis/ArcMap para produzir os mapas da Krigagem, que possui melhor qualidade visual do que os mapas gerados pelo GS+. As análises geoestatísticas foram realizadas através do cálculo do semivariograma experimental, quando os dados foram testados para os três modelos de semivariogramas com patamar Esférico, Exponencial e Gaussiano; cada modelo foi checado na validação cruzada, para a escolha do semivariograma com melhores resultados.

Como as áreas de estudo têm formatos diferentes, para o cálculo dos semivariogramas foram utilizadas distâncias diferentes de análise para cada área: na Área 1 foi utilizado 290 m de distância máxima e 40 m para distância mínima; já na Área 2 a distância máxima foi de 490 m e a mínima de 40 m. Nessas distâncias o primeiro lag de pontos ficou com no mínimo 30 pares de pontos. Para o cálculo dos semivariogramas as variáveis que contavam com valores extremos os outliers foram retiradas para uma melhor modelagem do semivariograma.

A escolha dos melhores ajustes foi baseada na tentativa e erro para o melhor semivariograma, utilizando-se da validação cruzada, onde é estimado o valor de cada variável amostrada, por meio dos semivariogramas e ajustado pela validação cruzada que plota dos valores observados em função dos valores estimados (PELLISARI et al. 2012), o que permite comparar os valores reais e estimados, e representados por duas linhas, uma pontilhada que representa os dados estimados, e a linha cheia que representa os dados reais. Quando as linhas ficam sobrepostas é o ideal, pois essa sobreposição representa que os dados reais e estimados apresentam pequenas diferenças, o que indica estar havendo uniformidade na distribuição dos dados ao longo das retas, situação muito desejada na validação cruzada, representando que houve uma boa estimação dos dados.

Essa técnica possibilita analisar qual a qualidade do método da estimativa dos dados, pode definir com maior exatidão o número de pontos vizinhos mais próximos, utilizando como critérios de decisão o erro reduzido e a variância do erro reduzido, que quanto mais próximo ao valor de 1 é o ideal.

Foi utilizado o critério da menor soma dos quadrados dos resíduos (SQR), pois quanto menor for o seu valor, melhor será o modelo do semivariograma a ser escolhido.

Para a confirmação do melhor modelo a se utilizar levou-se em conta os valores numéricos da validação cruzada, pelo maior coeficiente de correlação, pelo menor valor do erro padrão SE e pelo valor do ponto de interseção de Y que deve ser próximo de zero.

Para a determinação do grau de dependência espacial (GDE) de cada atributo foi utilizado o método proposto por Cambardella et al. (1994), pela equação:

$$GD = \left(\frac{C}{C+Co} \right) * 100 \quad [2]$$

Onde:

GD = Grau de dependência espacial

C = Efeito pepita

C + Co = Patamar

5.7 Sistematização Análise e Comparação dos Dados

Para sistematização dos dados foram utilizadas planilhas eletrônicas no Excel e transferidas para os programas PAST, GS+ e Arcgis/Arcmap, GLSTATIC, R.

Em projetos de restauração ecológica assistida, protocolos de monitoramento são realizados para a checagem do sucesso desses empreendimentos. No presente estudo, por se tratar de análise com vistas a comprovar a hipótese de que um bananal abandonado pode se transformar em uma floresta, em um processo análogo ao que ocorre nos projetos de restauração ecológica, utilizamos muitos dos parâmetros e indicadores ecológicos desses projetos para comparar com os resultados do presente estudo.

Para estimar a densidade por hectare de uma determinada variável (SÃO PAULO, 2015), os valores encontrados em cada parcela são divididos por 0,01 e somados e divididos pelo número de parcelas para a determinação da densidade por hectare, com as seguintes fórmulas:

Densidade na parcela (ind.ha^{-1}) =

$$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ encontrados na parcela;}}{0,01}$$

Densidade por hectare (ind.ha^{-1}) =

$$\frac{\text{dens. parc.1} + \text{dens.parc.2} + \dots + \text{dens. parc. n}}{N}$$

Além dos protocolos de monitoramento há várias publicações que disponibilizam dados e parâmetros de referência para estabelecer valores de comparação com outras áreas restauradas e áreas de referências, como por exemplo, o banco de dados de monitoramento em projetos de restauração ecológica do Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal da ESALQ/USP (FERREIRA, 2019), que são baseados no Pacto pela Restauração da Mata Atlântica (RODRIGUES et al. 2009)². Outros instrumentos de monitoramento foram utilizados, como a Resolução SMA/32 (SÃO PAULO, 2014) que trata de monitoramento de projetos de restauração no estado de São Paulo. Para estabelecer os valores de referência de cada variável analisada, realizamos pesquisa na literatura científica, baseada em estudos realizados em florestas maduras da Mata Atlântica brasileira. Realizamos buscas em plataformas digitais como Scielo, Oasis, Google Acadêmico, entre outras, utilizando palavras chaves como ‘restauração ecológica’ e ‘mata atlântica’, ‘regeneração natural’, ‘áreas abandonadas’, indicadores ecológicos’. A comparação com os valores das áreas de referência permite aferir se os valores de uma área em processo de recuperação se assemelham, e quando isso acontece pode se considerar que a área está restaurada ou em processo de restauração desejável (BRANCALION et al. 2015).

² O Pacto foi lançado em 2009 e articula várias instituições no sentido de reunir esforços e recursos técnicos e científicos para restauração ecológica da Mata Atlântica

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSIOGRÁFICA DAS ÁREAS DE ESTUDO

A caracterização dos parâmetros das áreas busca o entendimento para compreensão dos processos da restauração. Os parâmetros abordados no estudo foram: uso - ocupação do solo e cobertura florestal do entorno das áreas, radiação solar, vertentes, declividade e relevo

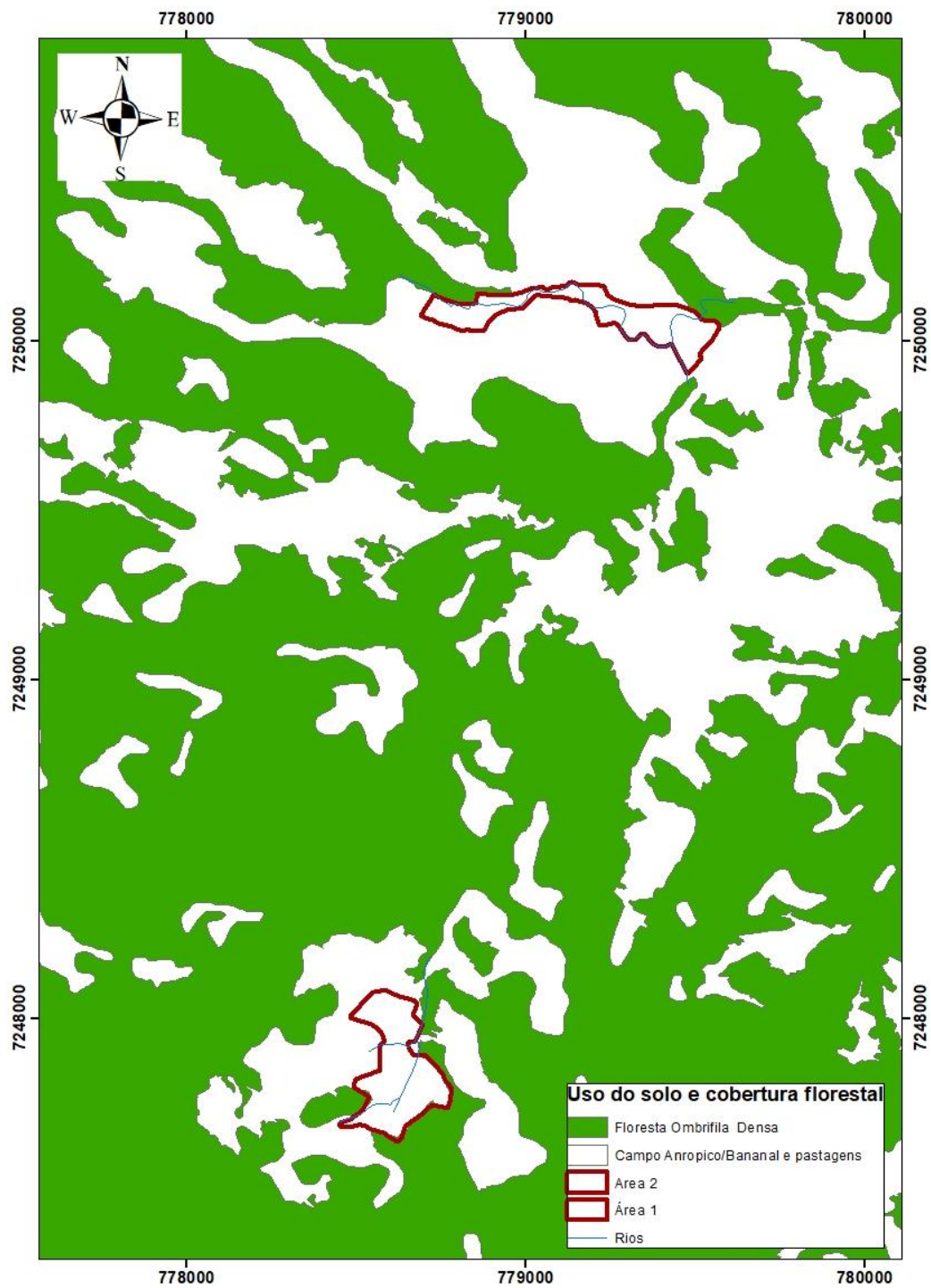
6.1.1 Mapas da Cobertura Florestal e Usos do Solo das Áreas 1 e 2

Nos mapas de uso do solo das duas áreas (Figura 15), tendo como base o ano de 2010, foi possível constatar que a Área 1 é praticamente cercada por maciços florestais por todos os lados, o que contribui para a regeneração natural que vem ocorrendo, com 42,00% de seu perímetro em contato com vegetação de florestal bem conservada, concentrando-se nas direções Norte, Sul e Leste. Com a vegetação lindeira ao bananal, a área é cortada por um córrego em sua porção central e conta com uma nascente na porção Sul, e há duas estradas de serviços que dão acesso a toda área.

Enquanto que a Área 2 tem uma situação inversa. Com formato estreito e alongado, com seu entorno imediato composto por pastagens e bananais ativos, com apenas 18,00% de seu perímetro em contato com vegetação florestal bem conservada, o que pode estar influenciando a presença de gramíneas em boa parte da área. Há floresta em apenas dois pontos vizinhos da área, uma pequena porção nos extremos Leste e Oeste, enquanto que o restante da área estava cercada por pastagens e bananal, no ano de 2010.

E os usos do entorno das áreas, em 2010, são similares, sendo predominante a cultura da banana, pastagens e área recobertas com floresta Ombrófila Densa em bom estado de conservação. Segundo Brancalion (2015) a proximidade de áreas em processo de regeneração com grandes fragmentos florestais bem conservados e que abrigam espécies clímax, são mais suscetíveis ao enriquecimento natural. Essas espécies vão colonizando as áreas e, gradualmente, promovendo o seu incremento natural. Esse fenômeno vem ocorrendo nas duas áreas estudadas, com mais vigor na Área 1 que está há mais tempo abandonada. Pode-se verificar que, nas áreas, as APPs em 2010 eram ocupadas por bananais em praticamente toda a sua extensão. As áreas florestadas do entorno imediato das duas áreas estão ligadas a grandes fragmentos florestais existentes na região.

Figura 15-Mapas da Cobertura Florestal e Uso do Solo do Entorno da Área 1 e Área 2.



Fonte: Adaptado de São Paulo (2010)

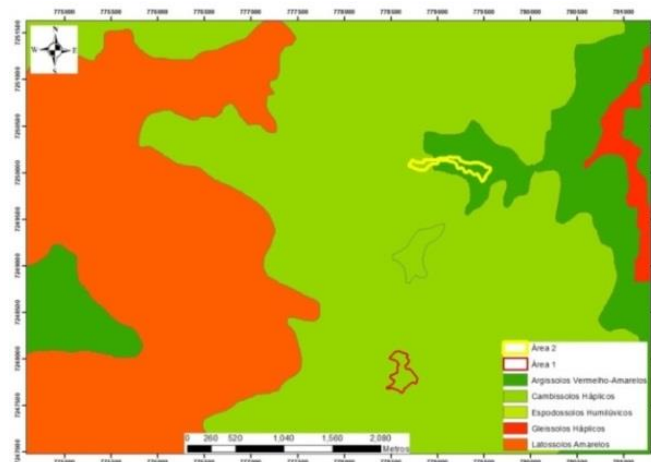
6.1.2 Mapa de Solos

A Área 1 encontra-se toda numa “associação Cambissolo Háplico Distrófico e Eutrófico, ou Latossólico textura argilosa e média, horizonte A moderado e proeminente + Argissolo Amarelo/Vermelho-Amarelo Distrófico textura média/argilosa e argilosa, não rochoso e rochoso” (ROSSI, 2017). Os Cambissolos ocorrem nos topos de morro, e relevo ondulado e fortemente ondulado, possuem material mineral e o horizonte A é rico em matéria orgânica com espessura inferior a 40 cm, com horizonte B incipiente. Nas regiões de relevo carstico os Cambissolos têm textura mais argiloso e quase sempre são distróficos. Normalmente ocorrem associações entre os Cambissolos e os Argissolos em regiões muito declivosas que é o caso da Área 1 (ROSSI, 1999 e OLIVEIRA, 1999).

A Área 2 tem 72,0% de “Argissolo Vermelho-Amarelo/Amarelo Distrófico Latossólico, horizonte A moderado textura argilosa ou argilosa/muito argilosa, fase relevo forte ondulado” e 28,0% da área em Cambissolo Háplico Distrófico e Eutrófico”(ROSSI, 2017). Os argissolos são encontrados ao longo de vertentes e áreas com diferentes declives em relevo ondulado, forte ondulado, e nas planícies aluviais, também são associados aos Cambissolos, são solos mais profundos e mais desenvolvidos constituídos de materiais minerais com baixa atividade de argila, e contam com um horizonte B textural logo após o horizonte A (LEPSCH, 1999 e ROSSI, 1999).

São solos característicos da região e onde a floresta Atlântica se desenvolve muito bem (LEPSCH, 1990). A Figura 16 apresenta o mapa a classificação dos solos da região de estudo (ROSSI, 2017).

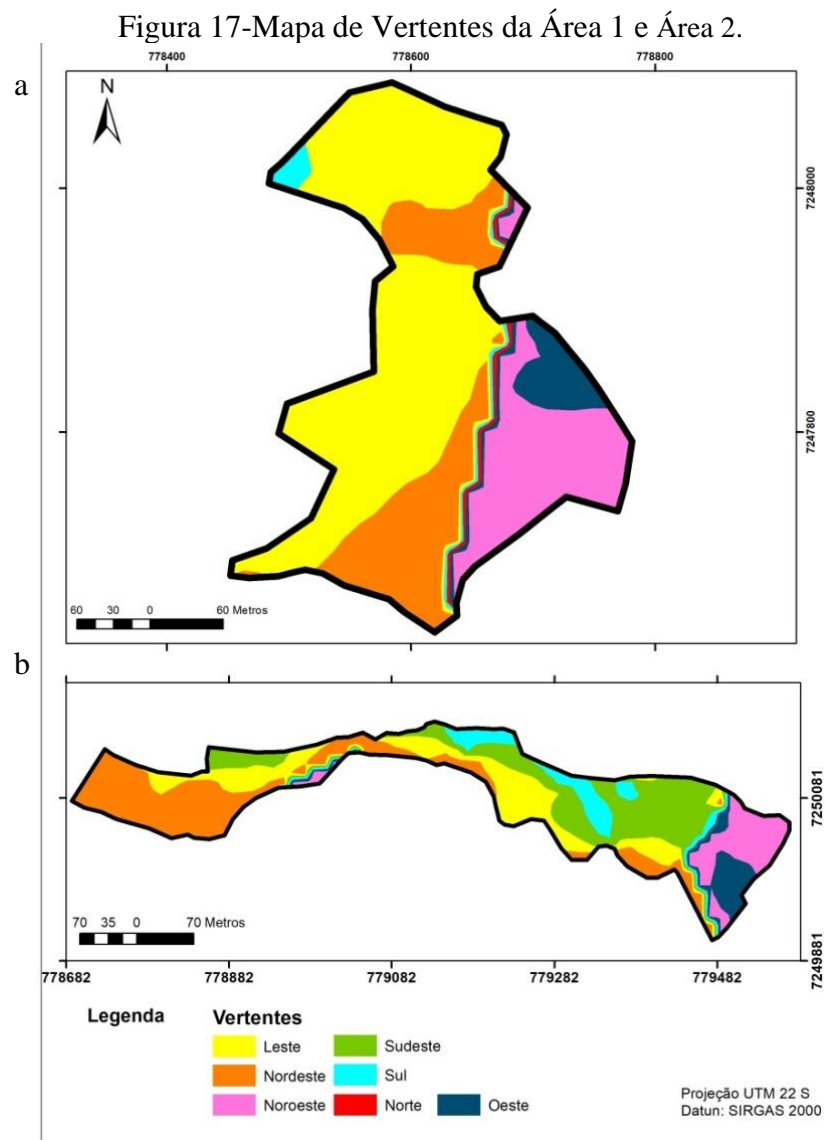
Figura 16-Mapa de Solos da Área 1 e Área 2.



Fonte: Adaptado de Rossi (2017)

6.1.2 Mapas de Vertentes das Áreas 1 e 2

Na Área 1 (Figura 17a), constata-se que as vertentes mais representativas concentram-se nas direções Leste com 52,02%, a Nordeste com 19,80%, e na direção Noroeste com 18,00% da área, as direções Oeste com 6,83%, Sul com 2,09% e Norte com 1,26%. Na Área 2 (Figura 17b) as direções das vertentes mais significativas concentram-se na direção Nordeste com 27,51%, a Sudeste com 26,18%, Leste com 21,01% e a Noroeste com 10,50%, as direções Sul com 8,23% e Oeste com 6,21%.



Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Mapa de vertentes Área 1; b) Mapa de vertentes Área 2

A orientação de vertentes indica a intensidade da radiação solar global que chega à superfície, a partir da qual ocorrem variações microclimáticas, podendo ser um elemento essencial para a definição de características de uma comunidade de plantas (MELLO, 2009).

Fernandes Filho e Sá (2007) e Mello (2009) citam que nas regiões subtropicais, as regiões com orientação das vertentes voltadas para o Norte, recebem maior incidência da radiação solar, principalmente nos períodos da tarde, em que as radiações solares são mais intensas, do que as vertentes voltadas para o Sul e Leste, resultando numa maior evapotranspiração com menores umidades, o que pode influenciar no desenvolvimento da vegetação. As vertentes voltadas para o Sul e Leste concentram a radiação solar no período da manhã, em que a insolação é mais amena com menos evapotranspiração, o que influencia positivamente na vegetação.

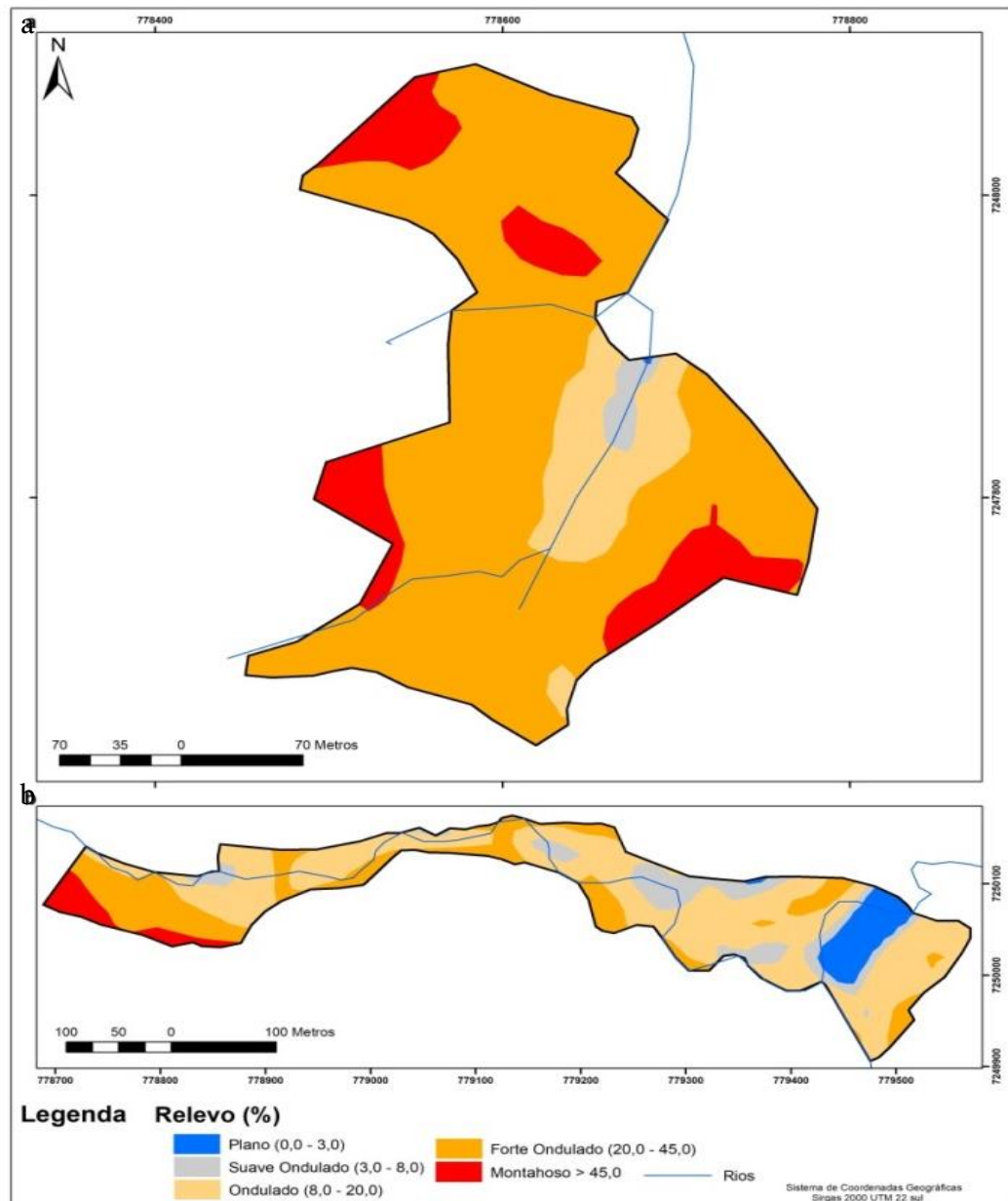
Na Área 1, predominam as vertentes para Leste, Nordeste e Noroeste, o que pode contribuir para o desenvolvimento mais homogêneo da regeneração natural; enquanto que na Área 2, vertentes voltadas para o Oeste e Norte, o que pode comprometer o desenvolvimento da regeneração.

6.1.3 Mapas do Relevo das Áreas 1 e 2

A Área 1 (Figura 18a) apresenta 0.03% da área com relevo plano $= (0-3\%)$, 1,42% da área relevo suave ondulado $(3-8\%)$, 10,7% da área onduladas $(8 \text{ a } 20\%)$, 73,9% da área com relevo forte ondulada $= (20-45\%)$, e 14,0% com relevo montanhoso acima de 45% concentrando 87,9% das áreas entre forte ondulado e montanhosa. As áreas planas são insignificantes. Uma situação de relevo muito ondulado indica a potencialidade de processos erosivos na área, o que foi constatado principalmente ao longo das estradas de serviços existentes no interior da área. Com o surgimento das espécies regenerantes, os processos erosivos são reduzidos. Os pontos de maior elevação da área estão distribuídos em todas as direções da área.

Na Área 2 (Figura 18b) 6,79% do relevo apresenta relevo plano a quase plana $(0-3\%)$, 12,00% suave onduladas $(3-8\%)$, 53,46 % de ondulado e 23,33% forte ondulado $(20-45\%)$. Concentrando 87,00% da área entre ondulado e forte ondulado. A elevação da área se dá na direção Leste para Oeste, onde se concentram as maiores declividades. A Figura 18 mostra o relevo das áreas.

Figura 18-Mapas do Relevo das Áreas 1 e 2



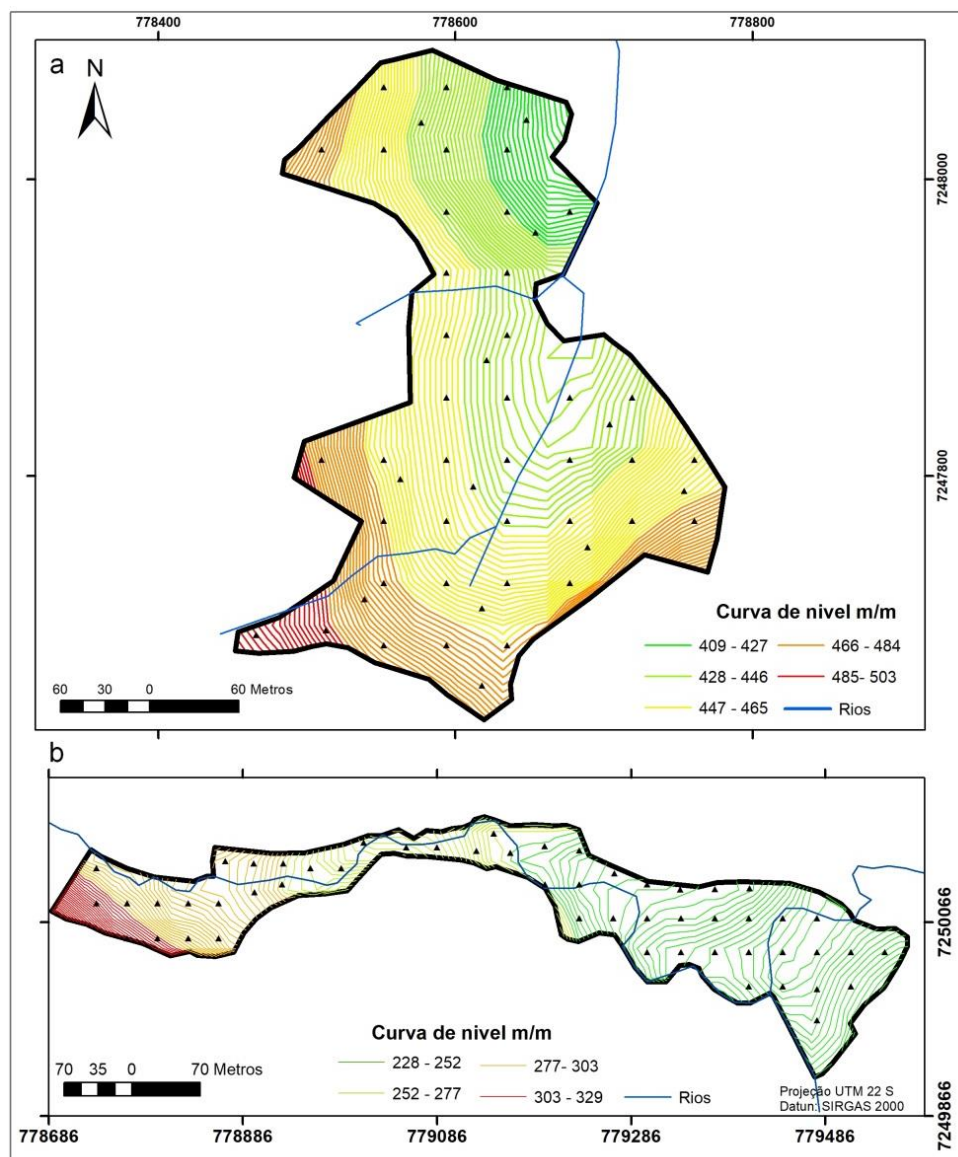
Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Mapa do relevo da área 1; Mapa do relevo da área 2

6.1.4 Mapas da Altimetria das Áreas 1 e 2

Após delineamento das curvas de nível para cotas com valores de metro em metro, verifica-se que na Área 1 (Figura 19 a) a maior parte da área está concentrada entre 409 a 460 metros de altitude; enquanto que na Área 2 (Figura 19b) a maior parte da área está concentrada entre 228 a 270 metros de altitude. São declividades que podem acarretar processos erosivos.

Figura 19-Mapa de declividade das Área 1e 2



Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Mapa de Curvas de nível e rios área 1; b) Mapa de Curvas de nível e rios área 2.

6.1.5 Mapas de Radiação Solar Áreas 1 e 2

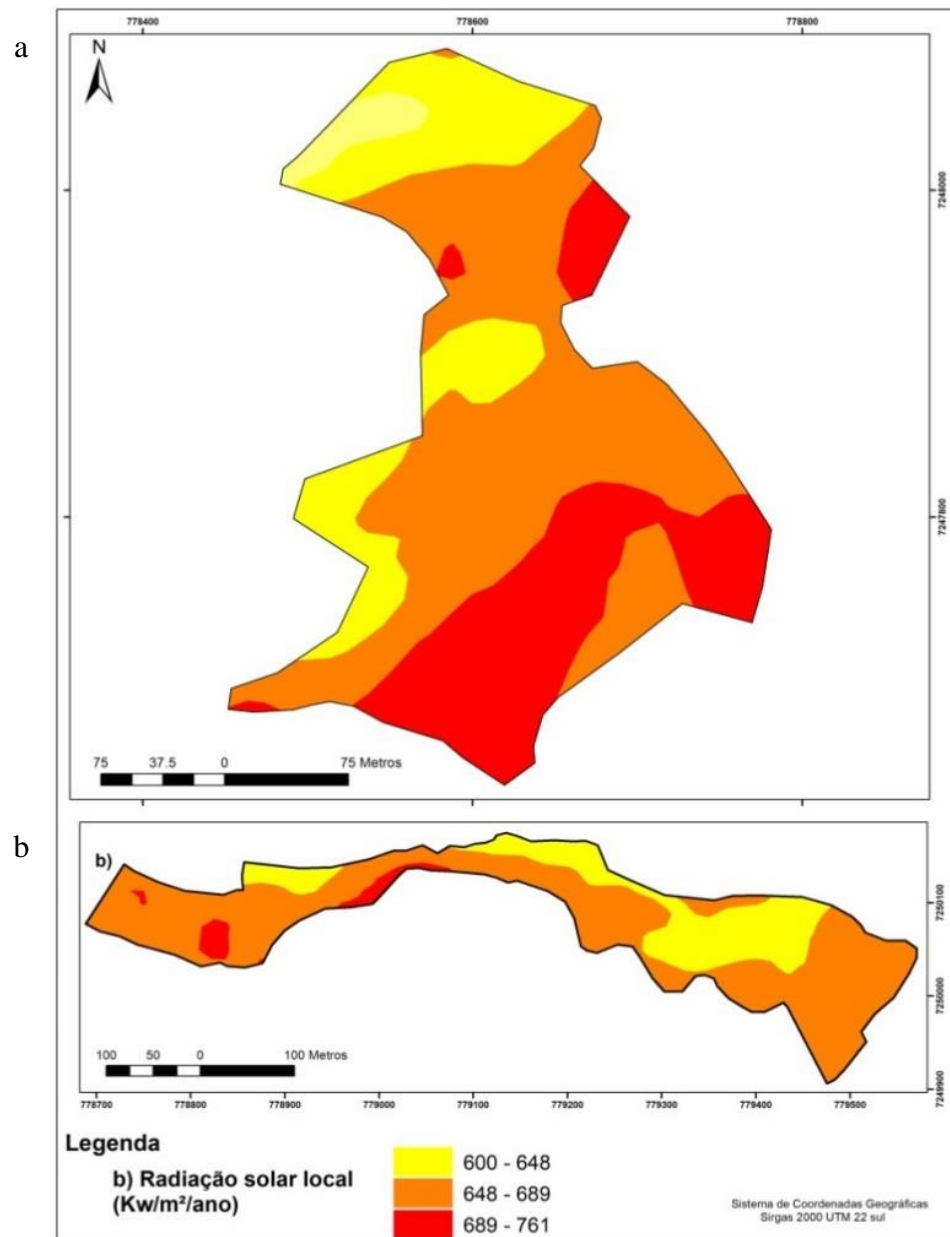
Nas duas áreas (Figura 20) a radiação solar global foi de média a alta variando de 600 a 761 $\text{kw.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, entre 97% a 100% das duas áreas, em praticamente toda as direções das vertentes, indicando forte radiação solar, o que pode justificar o rápido crescimento das espécies pioneiras. Com destaque para a radiação de 648 a 689 $\text{kw.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ que na Área 1 (Figura 20 a) representou 50,00% e na Área 2 representou 70,33% da área. As incidências da radiação mais altas, acima de 689 $\text{kw.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ na Área 1 estão nas direções a Leste, Nordeste e Noroeste; para Área 2 (Figura 20 b) a radiação está entre 600 a 689 $\text{kw.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ocorre em praticamente toda a área, apenas uma pequena porção a Norte está acima de 689 $\text{kw.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ indicando alta radiação.

A comparação por análise visual dos resultados da distribuição da radiação solar nas duas áreas demonstrou que o relevo e a orientação das vertentes tiveram mais influência na Área 1 onde ocorreram valores mais altos para o relevo mais declivoso, de forte ondulado a montanhoso e nas direções Leste, Nordeste e Noroeste. Na Área 2 a variação da radiação solar foi um pouco menor, para o relevo ondulado é predominante, nas direções Nordeste, Sudeste e Leste.

Em estudos de Buffo et al., (1972) concluíram que em diferentes declividades ocorrem variações da radiação solar à medida que o relevo se torna mais montanhoso (apud – LUCIANO, 2015, p.59).

Os dados adquiridos na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a menos de 20 km no Parque Estadual do Rio Turvo e das áreas de estudo, para o ano de 2020 apresentam resultados similares ao descrito acima (Informações do autor).

Figura 20-Mapa da Radiação Solar das Área 1 e 2.



Fonte: Autoria própria

Legenda: a) mapa da radiação solar global e ventos; b) Mapa dos ventos-ambos para o ano de 2021

6.2 CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DAS ÁREAS

Os resultados da estrutura arbórea e arbustiva nas duas áreas estudadas apontaram o total de 4361 indivíduos inventariados, pertencentes a 32 famílias e 81 espécies, e estão apresentados na Tabela 2. A família mais abundante inventariada foi a Fabaceae, representando 20% do total encontrado.

Ressalta-se novamente que a Área 1 é circundada por áreas de florestas em estágio médio e avançado de regeneração natural e por áreas de pastagens em processo de recuperação florestal; enquanto que a Área 2 é circundada por áreas de pastagens, bananais produtivos e áreas florestadas em estágios médio e avançado de regeneração natural.

A Tabela 2 traz a lista dos indivíduos inventariados nas Áreas 1 e 2, com as respectivas espécies e famílias, grupo sucessional, síndrome de dispersão e hábito de vida.

Tabela 2- Espécies amostradas nas Áreas 1 e 2

(Continua)

Família	Nome popular	Espécie	NºI A1	NºI A2	GS	SD	Habito
Piperaceae	Jaborandi	<i>Piper aduncum</i> L,	334	360	P	zoo	Arbusto
Fabaceae	Embira Sapo	<i>Lanchocarpus cultratus</i>	304	16	NP	ane	Arvore
Urticaceae	Embaúba	<i>Cecropia pachystachya</i>	217	98	P	zoo	Arvore
Boraginaceae	Babosa Branca	<i>Cordia superba</i> Cham,	145	6	P	zoo	Arvore
Lauraceae	Canela Preta	<i>Ocotea nectandrifolia</i>	138	21	NP	zoo	Arvore
Primulaceae	Capororoca	<i>Myrsine coriacea</i>	116	137	P	zoo	Arvore
Asteraceae	Assa Peixe	<i>Vernonanthura phosphorica</i>	109	468	P	ane	Arbusto
Urticaceae	Lixa folha larga	<i>Boehmeria caudata</i>	93	59	NP	zoo	Arvore
Euphorbiaceae	Tapiá	<i>Alchornea triplinervia</i>	80	50	P	zoo	Arvore
Euphorbiaceae	Caquera	<i>Senna multijuga</i>	78	61	P	zoo	Arvore
Fabaceae	Sapuva	<i>Machaerium stipitatum</i>	58	8	NP	ane	Arvore
Fabaceae	Pau-jacaré	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	49	0	P	aut	Arvore
Fabaceae	Bago de porco	<i>Lanchocarpus</i> Sp	48	8	P	zoo	Arvore
Sapotaceae	Guapeva	<i>Pouteria torta</i>	45	22	NP	zoo	Arvore
Asteraceae	Vassoura	<i>Baccharis elaeagnoides</i>	44	48	P	ane	Arvore
Fabaceae	Arariba	<i>Centrolobium robustum</i>	44	2	NP	ane	Arvore
Moraceae	Taiuva	<i>Maclura tinctoria</i>	44	0	NP	zoo	Arvore
Lauraceae	Canela Inhuva	<i>Ocotea tabacifolia</i>	28	11	NP	zoo	Arvore
Mestolomatacea	Jacatirão	<i>Miconia cabucu</i>	27	17	NP	zoo	Arvore
Verbanaceae	Lixeira	<i>Aloysia virgata</i>	27	9	P	zoo	Arvore
Solanaceae	Canema	<i>Solanum pseudoquina</i>	26	5	P	zoo	Arvore
Arecaceae	Indaiá	<i>Attalea dubia</i>	23	1	NP	zoo	Arvore
Fabaceae	Inga Feijão	<i>Inga marginata</i>	23	1	NP	zoo	Arvore
Fabaceae	Sacambu	<i>Platymiscium floribundum</i>	21	1	NP	Ane	Arvore

Tabela 2 - Espécies amostradas nas Áreas 1 e 2

(Continuação)

Família	Nome popular	Espécie	NI A1	NIA 2	GS	SD	Habito
Fabaceae	Inga Feijão	<i>Inga marginata</i>	23	1	NP	zoo	Arvore
Fabaceae	Inga Feijão	<i>Inga marginata</i>	23	1	NP	zoo	Arvore
Fabaceae	Sacambu	<i>Platymiscium floribundum</i>	21	1	NP	Ane	Arvore
Canabaceae	Crindiuva	<i>Trema micrantha</i>	20	86	P	zoo	Arvore
Meliaceae	Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>	20	0	NP	ane	Arvore
Melastomataceae	Jacatirão Copas	<i>Miconia cinnamomifolia</i>	19	1	NP	zoo	Arvore
Laurecea	Canela nhutinga	<i>Nectandra oppositifolia</i>	22	1	P	zoo	Arvore
Apocynaceae	Guatambu	<i>Aspidosperma parvifolium</i>	17	0	NP	ane	Arvore
Solanaceae	Cuvitinga	<i>Solanum mauritianum</i>	16	37	P	zoo	Arvore
Myrtaceae	Jambolão	<i>Syzygium cumini</i>	14	4	P	zoo	Arvore
Myrtaceae	Goiaba	<i>Psidium guajava</i>	13	47	P	zoo	Arvore
Solanaceae	Erva Moura *	<i>Solanum americanum</i>	13	0	P	zoo	Arbusto
Fabaceae	Passuaré	<i>Tachigali denudata</i>	10	0	NP	ane	Arvore
Melastomateceae	Canela de Veadó	<i>Miconia cubatanensis</i>	10	1	P	zoo	Arvore
Rubiaceae	Quina	<i>Alseis floribunda</i>	10	0	NP	aut	Arvore
Annonaceae	Pindaíba	<i>Duguetia lanceolata</i>	9	0	NP	zoo	Arvore
Anacardiaceae	Aroeira	<i>Schinus terebinthifolius</i>	9	118	P	zoo	Arvore
Arecaceae	Jerivá	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	8	1	NP	zoo	Arvore
Sabiaceae	Erva de Macuco	<i>Meliosma sellowii</i>	8	0	NP	zoo	Arvore
Fabaceae	Pata de Vaca	<i>Bauhinia forficata</i>	7	0	P	aut	Arvore
Asteraceae	Carobinha/caroba	<i>Jacaranda micrantha</i>	6	2	P	ane	Arvore
Mirtacea	Gabiroba	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	6	0	NP	zoo	Arvore
Urticaceae	Araticum bravo	<i>Annona sylvatica</i>	6	5	P	zoo	Arvore
Asteraceae	Cambará	<i>Moquiniastrum polymorphum</i>	5	0	P	ane	Arvore
Moraceae	Araça	<i>Psidium araca</i> Raddi	5	1	P	zoo	Arvore
Rubiaceae	Mamica de porca	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	5	1	NP	zoo	Arvore
Solanaceae	Cupanea	<i>Cupania oblongifolia</i>	5	0	P	zoo	Arvore
Caricaceae	Angico	<i>Anadenanthera colubrina</i>	4	1	NP	aut	Arvore
Melastomataceae	Figueira Branca	<i>Ficus guaranitica</i>	4	1	P	zoo	Arvore
Myrtaceae	Jambo Amarelo *	<i>Syzygium jambos</i> *	4	68	P	zoo	Arvore
Myrtaceae	Guamirim	<i>Myrcia splendens</i>	3	8	NP	zoo	Arvore
Phytolaccaceae	Pau de charco	<i>Ardisia guianensis</i>	3	0	NP	zoo	Arvore
Rubiaceae	Marmelo	<i>Cordia macrophylla</i>	3	0	NP	zoo	Arbusto
Arecaceae	Tucum	<i>Bactris setosa</i>	2	0	NP	zoo	Arvore
Asteraceae	Cambará Preto	<i>Piptocarpha axillaris</i>	2	0	P	ane	Arvore
Cannabaceae	Pica-cu	<i>Sapium glandulosum</i>	2	0	P	zoo	Arvore
Fabaceae	Bico de Pato	<i>Machaerium nyctitans</i>	2	2	NP	ane	Arvore
Melastomataceae	Café bravo	<i>Guarea macrophylla</i>	2	0	NP	zoo	Arvore
Meliaceae	Cega olho	<i>Sorocea bonplandii</i>	2	0	NP	zoo	Arvore
Myrtaceae	Limão bravo	<i>Ximenia americana</i> ,	2	1	NP	zoo	Arvore
Myrtaceae	Murta Preta	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	2	0	NP	zoo	Arvore

Tabela 2 - Espécies amostradas nas Áreas 1 e 2

(Conclusão)

Família	Nome popular	Espécie	NI A1	NIA 2	GS	SD	Habito
Peraceae	Tabocuva	<i>Pera glabrata</i>	2	0	P	zoo	Arvore
Primulaceae	Amora do Mato	<i>Rubus urticifolius</i> Poir,	2	0	P	zoo	Arvore
Primulaceae	Pessegueiro Bravo	<i>Prunus myrtifolia</i>	2	0	NP	zoo	Arvore
Rosaceae	Limão Cravo*	<i>Citrus limonia</i> *	2	1	P	aut	Arvore
Rubiaceae	Cafezinho mato	<i>Psychotria laciniata</i>	2	2	NP	zoo	Arbusto
Annonaceae	Vatinga	<i>Dendropanax monogynus</i>	1	0	P	zoo	Arvore
Arecaceae	Guanandi	<i>Calophyllum brasiliense</i>	1	0	NP	zoo	Arvore
Calophyllaceae	Jaracatia	<i>Jacaratia spinosa</i>	1	0	NP	zoo	Arvore
Lauraceae	Canela Sassafras	<i>Ocotea odorifera</i>	1	9	NP	zoo	Arvore
Melastomataceae	Micinia brennea	<i>Miconia cinnamomifolia</i>	1	9	NP	zoo	Arvore
Meliaceae	Canjarana	<i>Cabralea canjerana</i>	1	2	NP	zoo	Arvore
Olacaceae	Pau-d'alho	<i>Gallesia integrifolia</i>	1	0	NP	ane	Arvore
Primulaceae	Caporocão	<i>Myrsine umbellata</i>	1	0	P	aut	Arvore
Rosaceae	Café *	<i>Coffea sp</i> *	1	0	NP	zoo	Arbusto
Sabiaceae	Camboatá	<i>Cupania vernalis</i>	1	0	NP	zoo	Arvore
Sapotaceae	Jurubeba	<i>Solanum cinnamomeum</i>	1	40	NP	zoo	Arvore
Myrtaceae	Jaboticaba	<i>Plinia peruviana</i>	0	10	NP	zoo	Arvore
Rubiaceae	Quina	<i>Alseis floribunda</i>	0	9	NP	aut	Arvore
Myrtaceae	Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i>	0	7	NP	zoo	Arvore

Fonte: Autoria própria

Legenda: NºI) Número de indivíduos; A1) Área 1; A2) Área 2; GS) Grupos sucessionais; P) Pioneira; NP) Não pioneira; SD) Síndrome de dispersão: aut/autocoria, ane/anemocoria, zoo/zoocoria; - *Espécies exóticas

6.2.1 Florística na Área 1 (8 anos de abandono)

Na Área 1 foram registrados 2455 indivíduos regenerantes (IR) representando 4721 ind. ha⁻¹. Os indivíduos se distribuem em 80 espécies e 32 famílias botânicas. Dessas, apenas 3 (três) espécies não são nativas da Mata Atlântica: cafeeiro (*Coffea sp*, Rubiaceae), limoeiro (*Citrus sp*, Rutaceae) e erva moura (Solanaceae), espécies remanescentes das plantas introduzidas pelos agricultores durante o antigo manejo do bananal.

Das famílias amostradas na Área 1 (Tabela 2), as que se destacam com maiores riquezas de espécies são Fabaceae, com doze espécies e 582 indivíduos, representando 23% do total dos indivíduos; Urticaceae com apenas duas espécies, porém com 310 indivíduos, representando 12,63% dos indivíduos; as Lauraceae com quatro espécies e 189 indivíduos, representando 7,70% dos indivíduos; as Asteraceae com três espécies e 166 indivíduos representando 6,76% dos

indivíduos; as Mirtáceas com seis espécies, porém com apenas 47 indivíduos; as Melastomataceae, Moraceae e Rosaceae com 4 (quatro) espécies cada; Arecaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae e Solanaceae, Meliaceae apresentaram 3 (três) espécies cada; e com 2 (duas) espécies cada encontradas figuram as famílias Annonaceae, Meliaceae, Primulaceae, Phytolaccaceae, Urticaceae e Peraceae. Já as famílias, Anacardiaceae, Apocynaceae, Araliaceae, Boraginaceae, Cannabaceae, Calophyllaceae, Caricaceae, Olacaceae, Piperaceae, Phytolaccaceae, Sabiaceae, Sapotaceae, Rutaceae e Verbenaceae apresentaram 1 (uma) espécie cada.

As cinco espécies que apresentaram o maior número de indivíduos foram *Ocotea nectandrifoli* (n= 138); *Cordia superba* (n= 145); *Cecropia pachystachya* (n= 217); *Lanchocarpus cultratus* (n= 304) e *Piper aduncum* (n= 334) que, juntas, representam 64,40% dos indivíduos encontrados na área. Cabe destacar o jaborandi (*Piper aduncum*), com 334 indivíduos representando 13,6% do total de indivíduos amostrados. De porte arbustivo, é uma espécie que ocorre em quase todo território nacional (GUIMARÃES et al. 2016) e sua presença expressiva nas áreas de estudo indica a importância dessa espécie no processo de restauração. Por ser uma espécie zoocórica, exerce papel importante na colonização da área e na atração da fauna, que aprecia o seu fruto abundante.

6.2.2 Florística na Área 2 (4 anos de abandono)

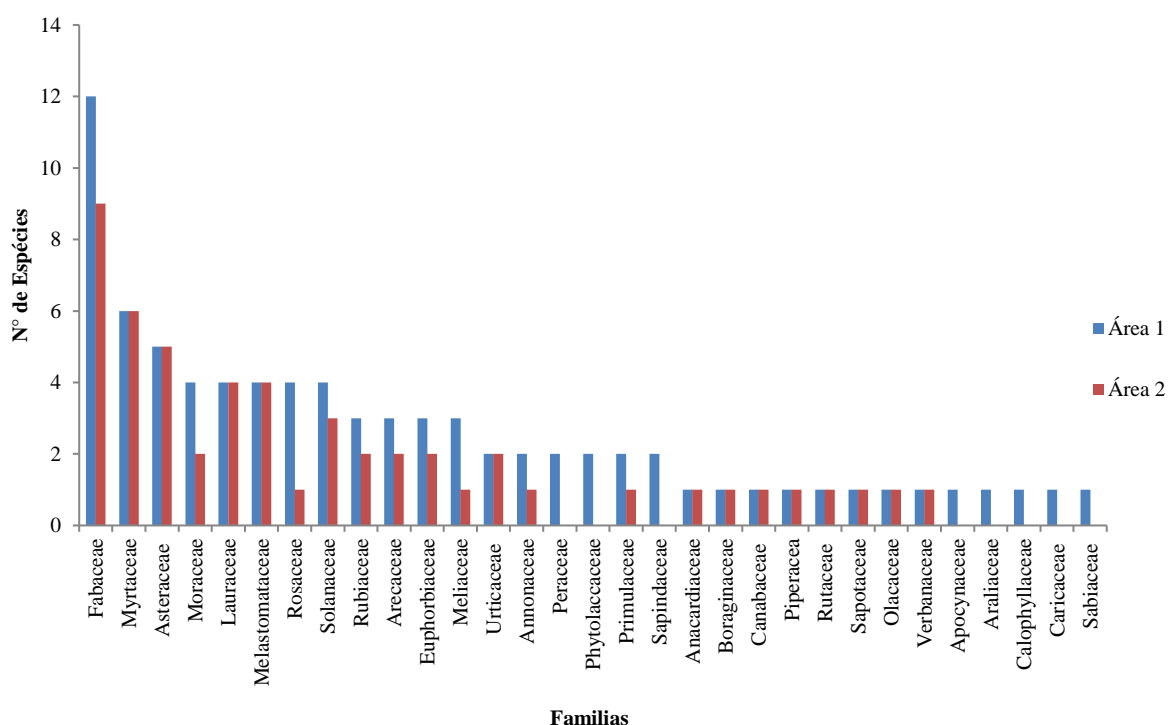
Na Área 2, em 6,51 ha foram registrados 1906 indivíduos regenerantes representando 3592 ind.ha⁻¹. Do total de 53 parcelas, em 49 foram encontrados indivíduos arbóreos, distribuídos em 23 famílias botânicas e 52 espécies. Dessas, apenas 3 (três) não são nativas da Mata Atlântica: limoeiro (*Citrus limonea*), jambo amarelo (*Syzygium jambos*) e abacate (Lauraceae), espécies remanescentes das plantas introduzidas pelos agricultores durante o antigo manejo do bananal.

Das famílias amostradas na Área 2 (Tabela 2), as cinco famílias com maiores riquezas de espécies e indivíduos são a Fabaceae com 11 espécies e 120 indivíduos amostrados, Myrtaceae com 9 (nove) espécies e 148 indivíduos amostrados, Lauraceae com 7 (sete) espécies e 42 indivíduos, Melastomataceae com 4 (quatro) espécies e 29 indivíduos e as famílias Rubiaceae e Solanaceae, ambas com 4 (quatro) espécies cada. As famílias Annonaceae e Euphorbiaceae apresentam 3 (três) espécies cada. Na família Asteraceae foram registradas 2 (duas) espécies e 516 indivíduos, e as famílias Arecaceae, Boraginaceae, Meliaceae, Moraceae, Peraceae, Rutaceae, e

Urticaceae totalizaram 2 (duas) espécies cada. Já as famílias Anacardiaceae, Apocynaceae, Araliaceae, Bignoniaceae, Calophyllaceae, Cannabaceae, Caricaceae, Celastraceae, Olacaceae, Phytolaccaceae, Piperaceae, Primulaceae, Rosaceae, Sabiaceae, Sapotaceae e Verbenaceae apresentaram 1 (uma) espécie cada. Além das espécies nativas foram identificadas 03 espécies exóticas, a acácia (Fabaceae), jambo amarelo (Myrtaceae) e abacate (Lauraceae).

O Gráfico 1 apresenta o número de espécies por famílias nas duas áreas, demonstrando quais famílias se destacaram nas duas áreas.

Gráfico 1 - N° de espécies por famílias nas Áreas 1 e 2



Fonte: Autoria própria

As cinco espécies que apresentaram o maior número de indivíduos foram: *Cecropia pachystachy* (n= 98); *Myrsine coriácea* (n= 137); *Schinus terebinthifolius* (n= 118); *Piper aduncum* (n= 360) e *Vernonanthura phosphorica* (n= 468), que, juntas, representam 58,00% dos indivíduos encontrados na área.

O Assapeixe (*Vernonanthura phosphorica*) é a espécie mais presente, exercendo papel importante, pois atrai muitas abelhas em razão do seu néctar abundante. Como ocorre na Área 1, o

jaborandi (*Piper aduncum*) também é abundante na Área 2, tendo papel singular no início do processo de sucessão.

São duas as espécies que se destacaram nas duas áreas: a Embaúba (*Cecropia pachystachya*) com 217 IR à Área 1 e 98 IR na Área 2 e o Jaborandi (*Piper aduncum*) com 334 IR na Área 1 e 360 IR na Área 2.

Estudos em Floresta Ombrófila Densa Montana, feitos em locais com certa similaridade com as áreas em questão, demonstram a importância ecológica das famílias que se destacam nas Áreas 1 e 2 na composição florística, com maior importância para a família das Fabaceas, seguida das Myrtaceas, Rubiáceas e Lauraceas. Segundo Campello (1998), as Fabaceas contribuem para a disponibilização contínua de nitrogênio e matéria orgânica de decomposição rápida e tem rápida cobertura florestal. Para Tabalreli et al. (1994), nos estágios iniciais de regeneração no domínio da Mata Atlântica, a presença das famílias Myrtaceas e Rubiáceas exercem um papel importante na formação dos sub-bosques da Floresta Atlântica. E as presenças das Lauraceas e Meliáceas são indicativas da transformação do estágio inicial para estágios médio e avançado da floresta.

Em relação à classificação quanto ao hábito de vida, na Área 1, das espécies encontradas 6,25% são arbustos e 93,75% são árvores; dos indivíduos amostrados, 81,40% são árvores e 18,60% são arbustos. Já na Área 2, das espécies encontradas 94,23% são árvores e 4,77% arbustos, para os indivíduos 54,40% são árvores e 45,60% são arbustos. Essa predominância das árvores nas duas áreas indica ótima condição dos hábitos de vida da florística das áreas.

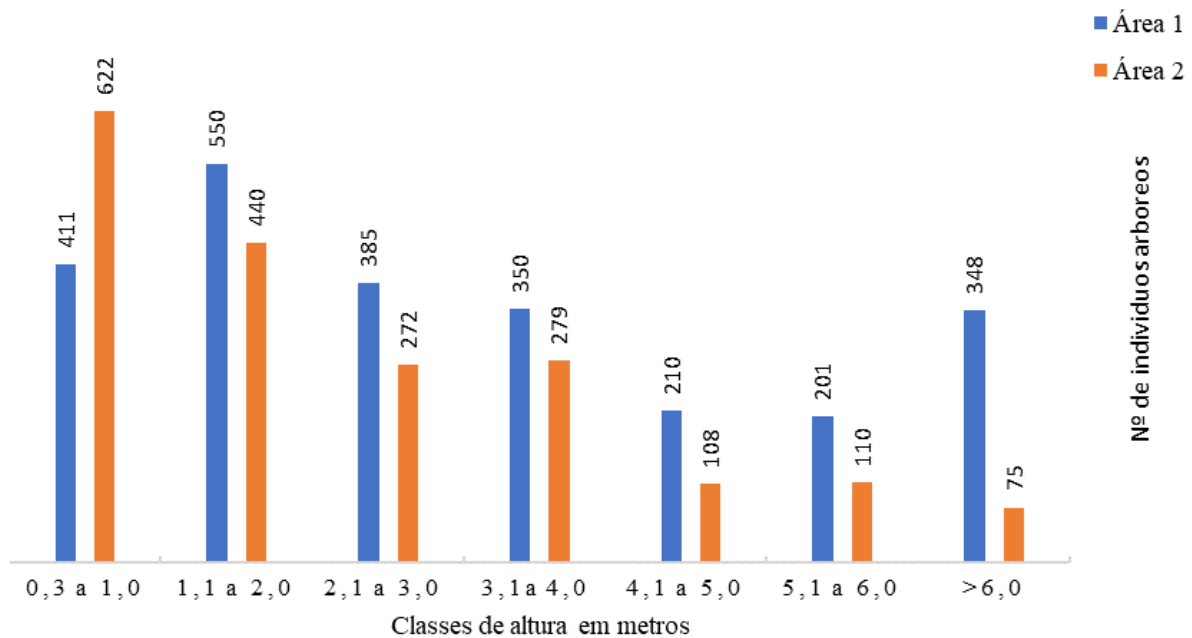
As duas áreas apresentaram densidade arbórea estimada de 4721 ind.ha⁻¹ para Área 1 e 3592 ind.ha⁻¹ para Área 2. São maiores que os encontrados por Ferreira (2019) em ecossistemas de referência de Floresta Ombrófila Densa e em projetos de restauração com idade similar.

“””Quanto à riqueza de espécies regenerantes, constatamos a Área 1 com 80 espécies sendo apenas 3 exóticas, e a Área 2 com 53 espécies, também com apenas 3 exóticas, onde a primeira está acima e a segunda um pouco abaixo do encontrado por Ferreira (2019) no ecossistema de referência, que é de 60 espécies, porém acima dos resultados encontrados em projetos de restauração, que ficam próximos de 50 espécies no sexto ano de projeto. Nas duas áreas o número de espécies nativas regionais ficou acima de 95,00%, limite próximo à naturalidade da floresta atlântica (FERREIRA, 2019).

O Gráfico 2 apresenta o resultado da caracterização do perfil vertical do dossel das duas áreas: a Área 1 conta com 44,6% e a Área 2 com 15,4% dos seus indivíduos regenerantes entre 3,0

a 6,0 m de altura, indicando que Área 1 está em processo de formação de dossel e sub bosque, enquanto que Área 2 ainda apresenta uma fisionomia inicial de regeneração, segundo a resolução Conjunta SMA/Ibama/SP-1, de 17/02/94 “define vegetação primária e secundária nos estágios pioneiro, inicial, médio e avançado de regeneração de Mata Atlântica e orienta os procedimentos de licenciamento de exploração vegetação nativa em SP” (SÃO PAULO, 1994).

Gráfico 2 - Estratificação da altura do regenerantes nas Áreas 1 e 2



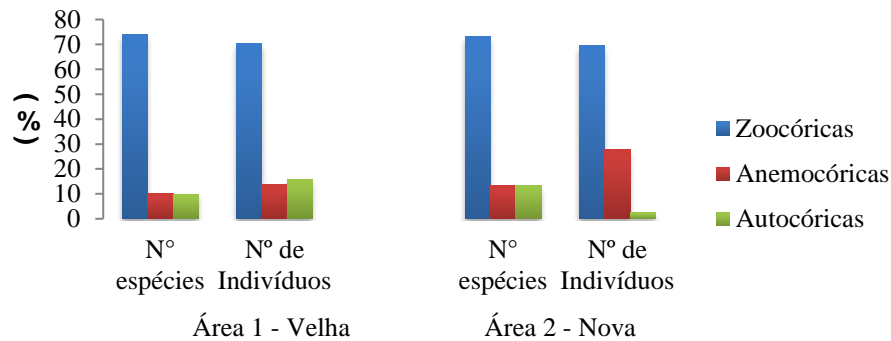
Fonte: Autoria própria

6.2.3 Síndrome de dispersão nas Áreas 1 e 2

Quanto à Síndrome de Dispersão para as espécies, na Área 1 74,07% são zoocóricas, 10,05% são anemocóricas e 9,88% são autocóricas. Para o nº de indivíduos, 70,37% são zoocóricas, 15,94% são autocóricas, e 13,69% são anemocóricas.

Na Área 2, 73,08% das espécies são zoocóricas, 13,46% anemocóricas e 13,46% autocóricas. Para o nº de indivíduos, 69,59% são zoocóricas, 27,89 anemocóricas e 2,52% de autocóricas. O Gráfico 3 apresenta o resultado da síndrome de dispersão nas duas áreas estudadas.

Gráfico 3 - Síndromes de dispersão das espécies presentes nas Áreas 1 e 2



Fonte: Autoria própria

Esse resultado deve-se à localização das duas áreas, próximas a maciços florestais muito bem preservados, fontes de propagação e com fauna abundante presente no ecossistema próximo do Parque Estadual do Rio Turvo (BIM, 2013), o que favorece a dispersão de sementes zoocóricas, corroborando com o que demonstraram estudos feitos em florestas tropicais (HOWE e SMALLWOOD, 1982).

Além da proximidade com as áreas florestadas, a oferta de alimentos disponibilizados pelos bananais, que ainda estão em produção, e a própria estrutura arbórea dos bananais, facilitam o trânsito da fauna nas áreas. Durante as coletas em campo, encontramos vários vestígios, como pegadas e fezes de diversos mamíferos, bem como também ocorreu o avistamento de diversas aves. Esses vestígios indicam que há presença de fauna na região contribuindo com a predominância das zoocóricas nas duas áreas.

Os altos valores de espécies zoocóricas entre espécies e indivíduos regenerantes das duas áreas são considerados indicadores de êxito de processos de restauração, comprovando que a fauna dispersora está presente no local, facilitando a chegada de propágulos à comunidade vegetal em formação (SUGANUMA et al. 2013) e (ZIPARRO et al. 2005). Em estudos realizados em áreas de Floresta Ombrófila Densa, no Parque Estadual Intervales, foi identificada a síndrome de dispersão zoocórica em 80,7% das espécies encontradas. Em trabalhos realizados em outras localidades de Mata Atlântica, a dispersão zoocórica chegou a 89,2% das espécies arbustivo-arbóreas (TALORA e MORELLATO, 2000), corroborando com Ferreira (2019), que encontrou

uma proporção de zoocóricas similares para os ecossistemas de referência e em projetos de restauração ativa e assistida.

6.2.4 Grupos Sucessionais nas Áreas 1 e 2

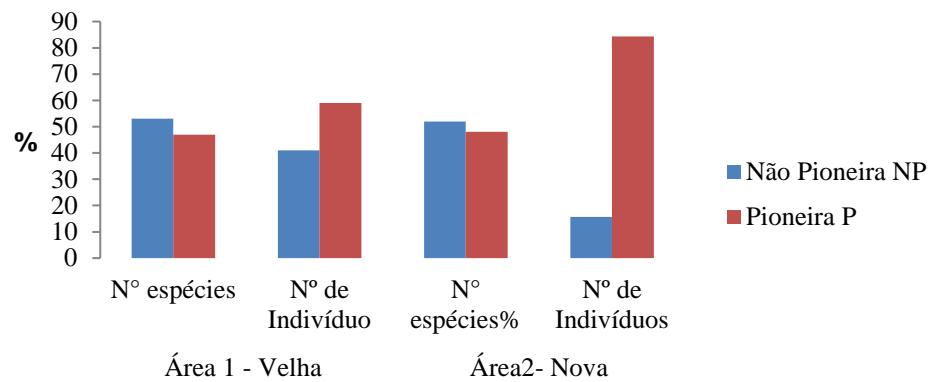
Para a Área 1, na classificação das espécies quando ao grupo sucessional, temos 47,00% pioneiras (P) e 53,00% não pioneiras (NP). Para a classificação dos indivíduos quanto ao grupo sucessional: 59,00% como pioneiros (P) e 41,00% não pioneiros (NP), conforme a Tabela 02. Foram amostradas 4 (quatro) espécies exóticas com 20 indivíduos.

Na Área 2, temos uma proporção de 52,00% não pioneiras (NP) para 48,00% pioneiras (P) para as espécies. Para os indivíduos regenerantes a proporção é de 84,30% de pioneiros (P) e 15,70 % não pioneiras (NP), conforme a Tabela 02. Também foram amostradas 3 (três) espécies exóticas com 69 indivíduos.

Nenhuma das espécies exóticas encontradas nas duas áreas é considerada invasora pela Convenção sobre a Diversidade Biológica CDB (ONU, 1982)³, pois são espécies características de áreas com uso agrícola. O Gráfico 4 apresenta os grupos sucessionais nas áreas.

³ **Espécie exótica:** é exótica ou não nativa para uma determinada região biogeográfica uma espécie oriunda de alguma outra região e que ali não ocorre naturalmente. Compreende espécies cultivadas (ornamentais ou comerciais) e espécies invasoras. Muitas vezes o conceito é aplicado com base nos limites territoriais de um país, o que é um equívoco, não tendo nenhum respaldo científico. Por exemplo, espécies amazônicas devem ser consideradas exóticas na Mata Atlântica, e espécies exclusivas da Mata Atlântica do Nordeste são exóticas na Mata Atlântica do Sudeste. **Espécie invasora:** espécie não nativa (animal, vegetal ou microrganismo) que coloniza e, sem intervenção humana, expande sua população em um ecossistema que não ocupava naturalmente. Uma espécie nativa que apresenta aumento incomum em sua população e/ou no território que ocupa não deve ser considerada invasora, embora demande atenção e, em alguns casos, manejo.

Gráfico 4 - Grupos sucessionais nas Áreas 1 e 2



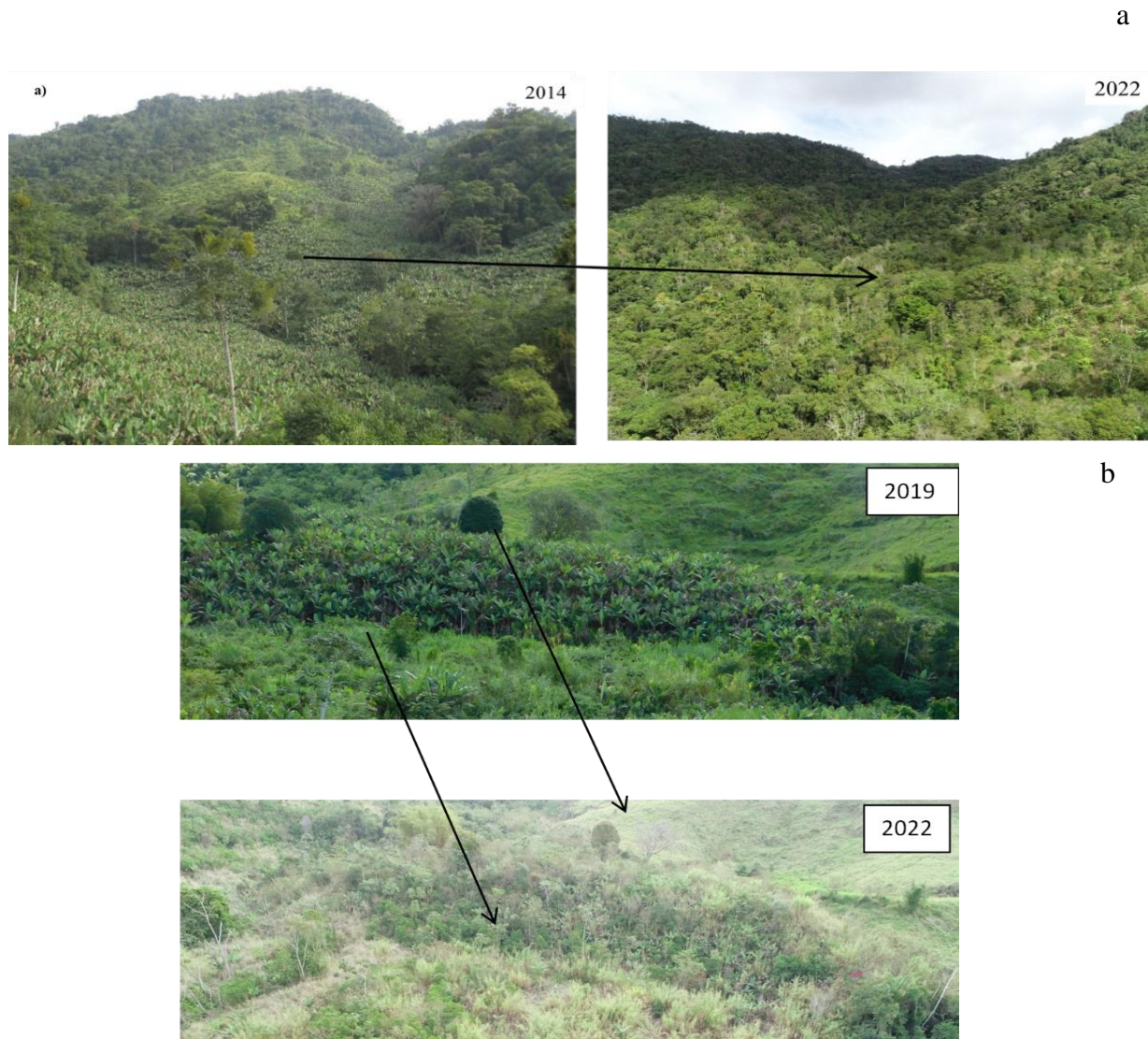
Fonte: Autoria própria

As proporções entre espécies pioneiras e não pioneiras encontradas nas duas áreas foram com 57% (P) e 43% (NP) na Área 1; e 48% (P) e 58% (NP) na Área 2, bem como a proporção para indivíduos de 41% (P) e 59% (NP) na Área 1; e 15% (NP) e 84,30% (P) na Área 2. São percentuais que se encontram acima do estabelecido pela Resolução SMA/SP nº 32/2014 (SÃO PAULO, 2014), que recomenda o plantio de um mínimo de 40% de espécies para cada grupo ecológico em processo de restauração, o que é considerado adequado para processos de regeneração passiva. A predominância dos indivíduos regenerantes NP (84,30%) na Área 2 era esperada em função do pouco tempo de abandono.

Os valores encontrados para as não pioneiras (NP) na Área 1 e para as espécies e indivíduos regenerantes na Área 2 estão abaixo dos encontrados por Ferreira (2019) em ecossistemas de referência, que são 80,00% para as NP. Porém, são similares aos valores encontrados em projetos de restauração assistida/passiva e ativa com idades similares às desse estudo.

A Figura 21 (a) apresenta parte da Área 1 em 2014, quando a área foi abandonada, e em 2022, após 8 anos de abandono dos tratos culturais do bananal. A Figura 21 (b) apresenta parte da Área 2 em 2019, e em 2022, após 4 anos de abandono do bananal. É possível constatar nas duas imagens que o processo de restauração ecológica está ocorrendo, tanto na Área 1 quanto na Área 2.

Figura 21-Área 1 em 2014 e 2022 e Área 2 em 2019 e 2022.



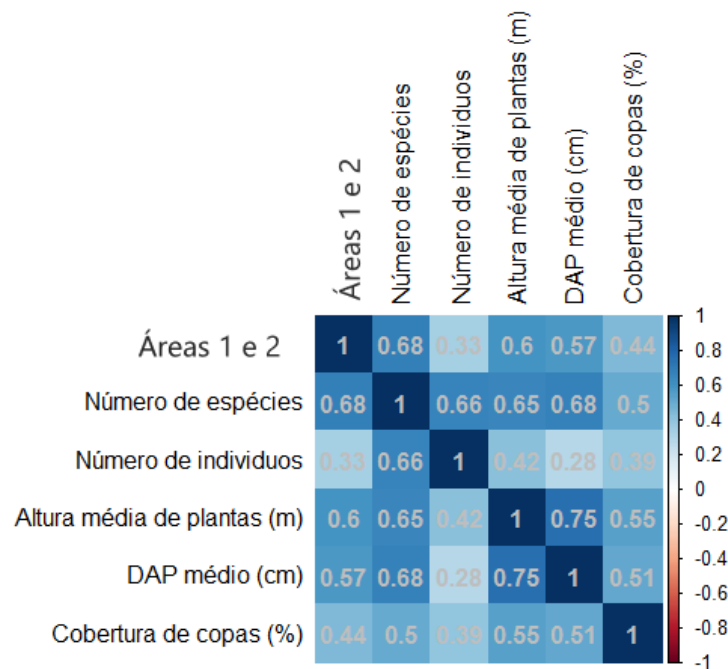
Fonte: Acervo pessoal

Legenda: a) Área 1 em 2014 com bananais, e em 2022 a mesma área em regeneração; b) Área 2 em 2019 com bananais, e em 2022 em processo de regeneração e em primeiro plano área ocupadas com gramíneas

6.2.5 Correlação de Spearman Área 1 e Área 2

Foi aplicada a correlação de Spearman, correlacionando a estrutura florística das duas áreas com o tempo de Abandono dos Bananais, sendo representado na matriz de correlação como Área 1 e Área 2 (Figura 22) em relação ao n° de espécies, n° de indivíduos, altura média de plantas, DAP média e cobertura de copas.

Figura 22-Matriz de correlação de Spearman para a florística e o tempo de abandono dos bananais das Áreas 1 e 2.



Fonte: Autoria própria

É possível observar que houve correlação positiva de fraca a moderada entre os indicadores ecológicos (florísticas e cobertura de copas) e tempo de abandono dos bananais (Áreas 1 e 2).

Cabe destacar que a correlação positiva e moderada entre tempo de abandono/nº de espécies ($p=0,68$), pode ser um indicativo de que a diversidade das áreas aumenta à medida em que aumenta o tempo de abandono dos bananais.

Já a correlação fraca ($p=0,33$) entre tempo de abandono e nº de indivíduos pode indicar que o aparecimento dos indivíduos regenerantes é mais lento em relação ao número de espécies. A correlação positiva e forte entre DAP/altura média ($p=0,75$) indica que à medida que a altura média das plantas aumenta, o DAP também aumenta. Os resultados apresentados na matriz de correlação demonstram que há correlação entre o tempo de abandono dos bananais e a regeneração natural que ocorre na área.

6.2.6 Índices de diversidade nas Áreas 1 e 2

A Tabela 3 apresenta o resultado dos índices de Diversidade de Simpson, Shannon e Equabilidade de Pielou das duas áreas, relativos a árvores e arbustos encontrados em ambas. Os indicadores de diversidade são restritos às espécies arbóreas e arbustivas que foram aferidas em campo. Por se tratar de áreas jovens, as outras formas de vida (lianas, pteridófitas, epífitas) não apresentam uma presença significativa e, portanto, não foram analisadas.

Os índices de diversidade de espécies (Tabela 3) encontrados em ambas as áreas indicam um índice de biodiversidade que se aproxima dos valores desejáveis de diversidade.

O índice de Shannon H' calculado para a Área 1 com 3,326 está próximo do limite do índice, o que indica uma diversidade alta. Na Área 2 o índice H ficou em 2,72. Apesar de mais baixo, se levarmos em conta a idade da regeneração, pode-se avaliar como aceitável para uma área cujo abandono tem apenas quatro anos. Pode-se afirmar que a Área 2, com o passar do tempo, poderá se aproximar da Área 1 em termos de diversidade.

O índice de Simpson D na Área 1, foi de 0,94 e para a Área 2 de 0,88, valores próximos do valor máximo e que indicam maior dominância de algumas espécies sobre o total de espécies.

O índice de Equabilidade J' de 0,75 para Área 1 e 0,68 para Área 2 representa uma média de uniformidade da distribuição de espécies na área.

Os índices das duas áreas estudadas apresentam valores de J' compatíveis com seus respectivos tempos de restauração. Já os valores de H' para a Área 1 encontram-se dentro do esperado para o tempo de restauração, enquanto que o valor de H para Área 2 encontra-se abaixo do esperado, porém há que se considerar o fato de ter apenas quatro anos de abandono do manejo do bananal e estar em processo de regeneração natural.

Tabela 3- Índice de diversidade Áreas 1 e 2

	Área 1	Área 2	Referencia
Shannon H	3,32	2,70	1 a 3,5
Simpson D	0,94	0,88	0 a 1
Equabilidade J	0,756	0,68	0 a 1

Fonte: Autoria própria

Em estudo realizado por Crepaldi e Peixoto (2013), em trecho de fragmento de floresta secundária de Mata Atlântica manejada por cerca de 40 anos por comunidades quilombolas no município de Eldorado/SP, município vizinho a Cajati, foram encontrados valores de Índice de Equabilidade (J') de 0,84 e Shannon (H') de 3,35.

Enquanto que Drumond e Neto (1999) encontraram Índices de Diversidade para área de vegetação secundária de Mata Atlântica, com 25 anos em processo de regeneração natural, no valor de 3,09 para Índice de Shannon (H').

Os valores encontrados nesses estudos por estes autores e em outros estudos correspondem às expectativas dos valores dos Índices de Diversidade encontrados nas duas áreas de restauração dessa pesquisa.

O valor baixo da equabilidade J, para as duas áreas, indicando a concentração relativamente alta de um pequeno número de espécies, que acabam dominando a comunidade arbórea e arbustiva pode estar influenciada curto espaço de tempo de regeneração das duas áreas.

6.3 INDICADOR DE LUMINOSIDADE ÁREAS 1 E 2

A medida da cobertura de copas (CB) foi aferida em porcentagem de área sombreada nas áreas. No Gráfico 5 são apresentados os resultados da cobertura de copas nas duas áreas. Na Área 1, com idade de abandono de 8 anos, em 4 parcelas a CB foi de (40,0 a 50,0%) o que representa 7,70% da área; em 10 parcelas a CB foi de (50,0 a 80%) com 19,20% da área; em 38 parcelas a CB foi de (80,0 a 98,0%) com 73,1% da área amostrada. Já na Área 2, com 4 anos de abandono, em 8 parcelas a CB foi de (5,0 a 20%) com 15,0% da área; em 9 parcelas a CB foi de (20 a 50%) com 16,9% da área; em 19 parcelas a CB foi de (50,0 a 80,0%) com 35,85 da área e, em 17 parcelas, a CB foi de 32,1% da área amostrada.

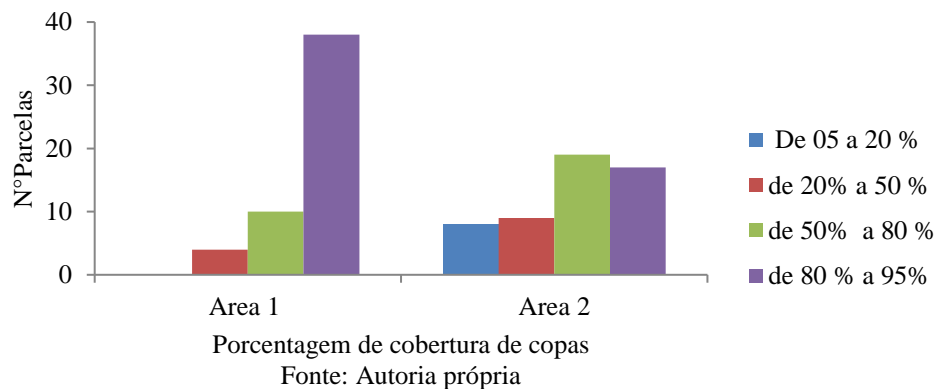
Utilizando as médias das porcentagens encontradas em cada área, obteve-se um indicador de cobertura de copas de 82,47% para a Área 1 enquanto que para a Área 2 foi de 60,75%.

Segundo Brancalion et al. (2015), no mínimo a cobertura de copas deve ser de 70% da área, para se assegurar uma estruturação mínima do dossel para a supressão das espécies rudes e o desenvolvimento do processo de restauração.

A Área 1 está adequada pelos critérios preconizados pela resolução SMA 32/2014 e pelo protocolo de monitoramento proposto pela Portaria CBRN 01 de 2015, que apoia a referida resolução, indicando que, para projetos com no mínimo 3 anos, os valores adequados são de mais de 80,00% (SÃO PAULO, 2014). Cabe destacar que na Área 1 a presença de gramíneas invasoras é ínfima. Enquanto que a Área 2 ainda não atingiu os valores adequados da referida resolução e portaria SMA, estando na faixa dos valores mínimos de mais de 60,00%. Isso pode estar ocorrendo em função do menor tempo de abandono do bananal e pela presença de gramíneas em boa parte da área, prejudicando o aparecimento dos indivíduos regenerantes.

Segundo Daronco (2013), a entrada de luz pode contribuir para o aparecimento e desenvolvimento de gramíneas invasoras, o que pode atrasar o processo sucessional, situação que está ocorrendo na Área 2.

Gráfico 5 - Cobertura de Copas áreas 1 e 2



6.4 CARACTERIZAÇÃO DOS BANANAIS ÁREAS 1 E 2

O total de pés de banana encontrados nas duas áreas foi de 3.524 pés, de vários tamanhos.

Na Área 1 foram encontradas 2.052 bananeiras representando 3.946 pés.ha⁻¹. Das amostras, 536 pés estão na idade adulta com altura variando entre 2 a 4 m de altura (26,12% do total de pés); desses adultos, 221 pés estavam produzindo, numa produção estimada de 425 cachos.ha⁻¹.ano⁻¹. E de uma produção estimada em torno de 8,5 t ano⁻¹.ha⁻¹.

Na Área 2 foram encontrados 1472 pés de banana da variedade nanica, representando 2.777 pés.ha⁻¹, sendo 330 pés com altura variando de 2,1 a 3 m (22,42% do total de pés); desses adultos, 161 pés estavam produzindo, numa produção estimada de 303 cachos ha⁻¹.ano⁻¹. E uma produção estimada em torno de 6,06t ano⁻¹.ha⁻¹.

No que se refere ao ataque de pragas e doenças, 87,64% dos pés de banana encontravam-se com boa sanidade. A produção em ambas as áreas ficou muito abaixo da média do estado de São Paulo de 21,7 t ano⁻¹. ha⁻¹ (IBGE, 2019).

A Tabela 4 apresenta a quantidade, altura e sanidade do bananal nas áreas.

Tabela 4- Situação do Bananal nas Áreas 1 e 2

Altura (m)	Nº Pés(n)	%	Sanidade	Nº Pés(n)	%
Área 1					
0,2 a 1,0	653	31,82	Boa	1708	83,24
1,1 a 2,0	863	42,06	Ruim	344	16,76
2,1 a 4	536	26,12			
Área 2					
0,2 a 1,0	610	41,44	Boa	1290	87,64
1,1 a 2,0	532	36,14	Ruim	182	12,36
2,1 a 3,0	330	22,42			

Fonte: Autoria própria

A Área 1 conta com 580 pés de banana a mais que a Área 2, diferença que se deu em todas as alturas analisadas. Essa diferença pode ser explicada pelos distúrbios que ali ocorreram (incêndio), além de parte da área ter sido tomada por gramíneas do tipo colônia (*Panicum maximum*) e napier (*Pennisetum purpureum*). Em virtude de o banco de sementes dessas gramíneas estar presente no solo – com a ocorrência de fogo, há quebra de dormência e as gramíneas colonizam o ambiente e prejudicam o desenvolvimento do bananal. Outro fator que pode ter causado a redução dos pés de banana na Área 2 (abandono mais recente) é em razão de a variedade plantada ser a Nanica, menos resistente ao ataque de doenças, principalmente a sigatoka

negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet)⁴, do que a variedade Prata, existente na Área 1. Na região, o fungo da sigatoka negra se desenvolve muito em função das altas temperaturas e umidade (NOMURA et al. 2020).

Isso demonstra que não é apenas o tempo de abandono que deve ser levado em conta, mas a possibilidade de situações adversas ao processo e as variedades utilizadas. A produtividade ao longo do tempo de abandono fica prejudicada, pois deve-se fazer periodicamente o controle das touceiras com desbastes dos “filhos”, mantendo-as com apenas três plantas. Isso é essencial para que não haja perdas na produção e se mantenha na touceira apenas três plantas. O desbaste deve ser feito rotineiramente através da retirada dos perfilhos que vão surgindo (NOMURA et al. 2020). Em função da falta desse manejo, a produção de banana entra em declínio.

6.5 SERRAPILHEIRA ÁREAS 1 E 2

Os valores do material coletado e seco foram registrados em grama e convertidos para toneladas e extrapolados para hectare. Na Área 1 obteve-se o valor total de 24170 g para 52 amostras, resultando em 4,65 t.ha⁻¹. Na Área 2, obteve-se 14310g para 53 amostras. Em 11 parcelas não ocorreu serrapilheira, resultando 2,7 tha⁻¹. A espessura da serrapilheira variou de 0,5 a 3,5cm para a Área 1 e de 0 a 2,12cm para Área 2. Na área 1 a cobertura média do solo com a serrapilheira foi de (80,70%) enquanto que na Área 2 foi de (61,00%) da área coberta com serrapilheira.

Ao compararmos com os estudos de Basi (2019) realizados no Parque Estadual Fontes do Ipiranga em áreas de floresta madura, e que encontrou estoques médios anuais de serrapilheira - acumulada durante o período de janeiro de 2014 a dezembro de 2018 - de 9,4 t.ha⁻¹, pode-se dizer que a Área 1 apresenta valores razoáveis, com 8 anos de abandono e o processo de regeneração que vem ocorrendo. Já a Área 2 apresenta valores bem abaixo dos estudos, o que pode ser devido à idade de abandono do bananal e por possuir áreas desprovidas de estoque de serrapilheira, prejudicando o acúmulo dos materiais na área. Corroborando com Vieira et al. (2011) que em estudos na Mata Atlântica encontrou um estoque mínimo de serrapilheira de 2,6 a 4,0 t.ha⁻¹.

⁴”sendo que a alta incidência do fungo, evidenciada pelas extensas necroses no limbo foliar, reduz drasticamente a área fotossintética ativa, causando morte prematura da folha, reduzindo o acúmulo de amido e o crescimento em diâmetro dos frutos e, conseqüentemente, perda acentuada na produção e alongamento do ciclo produtivo”. (Nomura et al, 2020)

O maior acúmulo de serrapilheira no solo da Área 1 deve ser devido ao número maior de indivíduos regenerantes e o fechamento das copas das árvores, que é superior ao da Área 2-

O' Connell e Sankaran (1997) apresentaram valores para florestas tropicais da América do Sul de estoque de serrapilheira variando entre 3,100 e 16,500kg ha^{-1} . São similares a estudos realizados por Kindel et al. (1999) em Florestas de Tabuleiro na Reserva Natural da Vale, em Linhares (ES), que encontrou valores médios de 4,000 kg. ha^{-1} entre o verão e o inverno.

6.6 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO ÁREAS 1 E 2

Os resultados das análises químicas do solo foram avaliados em profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm que são apresentados na Tabela 5 que indicam os valores médios de cada parâmetro analisado e foram comparados com os parâmetros do Boletim IAC 100 para culturas florestais (RAIJ, 1997).

Tabela 5- Características químicas do solo nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm (valores médios para as sete amostras)

Áreas/profundidades	Área 1		Área 2	
Parâmetros	0-20 cm	20 - 40 cm	0- 20 cm	20 - 40 cm
pH(CaCl_2)	5,60	5,40	6,04	5,69
M,O,(g. dm^{-3})	31,30	19,14	24,14	15,00
P(mg. dm^{-3})	9,60	6,14	26,0	12,71
Al^{3+} (mmol. $\text{c}.\text{dm}^{-3}$)	0,10	0,60	0,00	0,71
H + Al (mmol. $\text{c}.\text{dm}^{-3}$)	22,00	21,86	16,43	19,57
K (mmol. $\text{c}.\text{dm}^{-3}$)	0,70	0,84	0,81	0,87
Ca (mmol. $\text{c}.\text{dm}^{-3}$)	14,90	18,57	16,57	17,86
Mg (mmol. $\text{c}.\text{dm}^{-3}$)	7,30	12,14	7,57	9,86
SB (mmol. $\text{c}.\text{dm}^{-3}$)	22,70	31,43	25,00	28,43
CTC (mmol. $\text{c}.\text{dm}^{-3}$)	44,70	53,29	41,43	48,00
V(%)	50,70	58,29	59,71	56,71

Fonte: Autoria própria.

Legenda: pH) acidez do solo, MO) Matéria orgânica; P)- fosforo; Al) alumínio;H+ Al^{3+})Acidez potencial; K) potássio; Ca) Cálcio; Mg) Magnésio; SB) Saturação de bases; CTC) Capacidade de troca catiônica; V%) Saturação de bases.

O pH da Área 1 apresentou valores similares para as duas profundidades de 0 a 20 cm, pH=5,60 \pm 0,32; e na profundidade de 0 a 40 o pH=5,40 \pm 0,28. Na Área 2 ocorreu uma tendência para

menor acidez com $\text{pH}=6,04\pm0,08$ para a profundidade 0 a 20cm, $\text{pH}=5,69\pm0,23$ para 0 a 40 cm de profundidade. Os valores ficaram acima do pH encontrado em solos com vegetação de Mata Atlântica, que fica em torno de 4,5. Segundo Lepsch (2011) esses valores são comuns para solos tropicais devido ao intenso processo de lixiviação, com uma acidez baixa a média para culturais florestais, segundo Raij (1997).

Os teores médios de matéria orgânica (MO) de ambas as áreas ocorreu em maiores níveis nas camadas de 0 a 20 cm $31,30\pm50,1 \text{ g.dm}^{-3}$ área 1 e $24,14\pm5,52 \text{ g.dm}^{-3}$ para Área 2 diminuindo na 20 a 40 cm profundidade $19,14\pm2,91 \text{ g.dm}^{-3}$ para A1 e $15,00\pm2,16 \text{ g.dm}^{-3}$ para A2. A redução da MO em função do aumento da profundidade era esperado, visto que o acúmulo de matéria orgânica está diretamente relacionado ao aporte de serrapilheira depositado na superfície do solo. A MO exerce uma função importante para os processos físicos, químicos e biológicos do solo nos sistemas naturais e nos ambientes cultivados.

Verificaram-se nos teores de Fósforo (P) para ambas as áreas um decréscimo conforme aumento da profundidade. Na Área 1 com valores altos para profundidade de 0 a 20 cm $\text{P}=9,6 \pm 3,41 \text{ mg.dm}^{-3}$ e $\text{P}=6,14\text{mg.dm}^{-3} \pm 1,57$ para 0 a 40 cm. Na Área 2 os teores de P, na profundidade de 0 a 20cm e 0 a 40 são altos $\text{P}=26 \text{ mg.dm}^{-3} \pm 16,84$ e $12 \text{ mg.dm}^{-3} \pm 7,23$ respectivamente. Os altos teores de P na profundidade de 0 a 20 cm estão relacionados aos teores de MO que são maiores nessa profundidade, e também à ciclagem de P da serrapilheira, associados à baixa mobilidade de P no solo, tendo maior concentração nas camadas superficiais. Os teores mais altos encontrados na Área 2 nas duas profundidades se devem a resquícios das adubações pretéritas nas duas áreas, em razão de o manejo ter sido cessado há menos tempo (RAIJ, 1997).

Os teores de Potássio (K) na Área 1 para 0 a 20 cm de profundidade com valor muito baixo de $\text{K}= 0,70 \text{ mmolc.dm}^{-3} \pm 0,19$; e para 20 a 40 cm, teores médio baixos de $0,84 \text{ mmolc.dm}^{-3} \pm 0,46$. Na Área 2 para a profundidade de 0 a 20 cm, teores baixos de $\text{K}=0,81 \text{ mmolc.dm}^{-3} \pm 0,33$; para profundidade de 20 a 40 cm os teores também foram baixos $\text{K}=0,87 \text{ mmolc.dm}^{-3} \pm 0,60$. Não havendo variações expressivas nos valores de K para as duas áreas (RAIJ, 1997).

Os teores de Calcio (Ca) e Magnésio (Mg), em ambas as áreas, aumentaram conforme a profundidade. O Ca acima de $14,00 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ e o Mg acima de $7,30 \text{ mmolc.dm}^{-3}$. (RAIJ, 1997). Brandão e Silva (2021) aponta que os indicadores químicos, Cálcio, Magnésio e valor pH interferiram positivamente no processo de restauração florestal em estudo conduzido na Mata Atlântica, no município de Santo Antônio de Pádua/RJ.

Pode-se observar que os valores da CTC apresentaram na Área 1 valores médios de 44,77 $\text{mmolc.dm}^{-3} \pm 12,13$ para 0 a 20 cm de profundidade e de 53,29 $\text{mmolc.dm}^{-3} \pm 11,88$ para 0 a 40 de profundidade. Para a Área 2 a CTC média para 0 a 20 cm de profundidade foi de 41,43 $\text{mmolc.dm}^{-3} \pm 7,41$ e para a profundidade de 0 a 40 cm a CTC média foi de 48,00 $\text{mmolc.dm}^{-3} \pm 15,75$. Os resultados da CTC das duas áreas apresentam resultados próximos para as duas profundidades.

A saturação de bases média (V%) na Área 1 na profundidade de 0 a 20 cm foi alta de 50,0% $\pm 5,65$, e na profundidade de 0 a 40 cm também foi alta de 58,29% $\pm 7,36$, característica dos Cambissolos. Na Área 2 os valores de V% para 0 a 20 cm e 20 a 40 cm de profundidade foram de 59,71% $\pm 4,68$ e de 56,71% $\pm 9,69$ respectivamente (RAIJ, 1997).

Acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}^{3+}$), que corresponde a soma da acidez trocável e acidez não trocável, que situam-se absorvidas pela CTC do solo, apresentaram-se muito elevadas nas duas áreas. Os teores de Alumínio (AL), na profundidade de 0 a 20 cm foram baixos, na profundidade de 0 a 40 cm foram maiores, porém com valores considerados baixos, que não comprometem o processo (RAIJ, 1997).

De um modo geral, as análises do solo revelaram que as duas áreas apresentaram bons indicadores de fertilidade para culturas florestais, segundo Raij (1997), fato este esperado pelo tempo de abandono, pelo alto aporte de matéria orgânica advinda da serrapilheira estocada no solo, e dos resquícios da aplicação de adubação química e calagem. Cabe destacar os valores do fósforo disponível nas duas áreas, já que esse elemento é de grande importância para o desenvolvimento de florestas tropicais.

6.7 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO ÁREA 1 E 2

Na Área 1 os valores da densidade média foi de (1,27 $\text{gc.cm}^{-3} \pm 0,13$), para a porosidade média foi de (49,70% $\pm 5,50$), na Área 2 densidade média foi de (1,34 $\text{gc.m}^{-3} \pm 0,14$) e porosidade média foi de (53,20% $\pm 5,65$), demonstrando diferenças poucos significativas. Os valores um pouco maiores da Área 2 podem estar associados à presença de gramíneas em boa parte da área, contribuindo para aeração do solo, e também por ser a Área 2 mais plana. O Coeficiente de Variação baixo de ambas as áreas ficou por volta (10.0%), indicando uma homogeneidade da porosidade e densidade para as duas áreas, dentro do esperado, pois os solos tiveram o mesmo manejo e as mesmas condições climáticas.

A similaridade da densidade do solo verificado nas duas áreas deve-se em parte à espessa camada de serrapilheira e à grande presença de raízes finas, que promovem elevação no teor de matéria orgânica, ocasionando melhor agregação do solo.

De modo geral, os resultados de ambas as áreas estão dentro dos limites desejáveis. Os autores Torres e Saraiva (1999) afirmam que a densidade varia de acordo com as características do solo, sendo que em solos argilosos varia de 1,0 a 1,45 g.cm⁻³ para condições de mata e muito compactados, respectivamente; e para solos arenosos apresentam densidades variáveis entre 1,25 a 1,70 gcm⁻³, respectivamente. Já Camargo e Alleoni (1997) consideram crítico o valor de 1,55 gcm⁻³ em solos franco-argilosos a argilosos.

Estudos realizados por Araújo et al. (2004), em um Argissolo Amarelo na Amazônia, constataram maiores valores de densidade do solo para pastagem e menores valores em mata nativa na camada superficial (0-10cm), comportamento inverso ao apresentado pela porosidade. Melo (2003) encontrou valores de densidade do solo semelhantes em seu estudo no estado do Acre, com valores médios de 1,1 gcm⁻³ nas áreas de floresta. Os resultados médios encontrados nas duas áreas estão próximos aos encontrados em vários estudos e não comprometem o desenvolvimento da restauração.

A correlação entre a densidade e porosidade é significativa quando analisamos as duas áreas juntas, que foi negativa e alta com coeficiente de regressão de (-0,68) e $r^2 = 0,31$. Situação que se repete na análise feita separadamente das duas áreas, sendo na Área 1 (-0,66) e $r^2 = 0,22$, e de (-0,63) e $r^2 = 0,39$ para Área 2. À medida que a densidade aumenta, a porosidade diminui. Apesar do r^2 baixo o valor de $p > 0,05$, valores muito significativos. Este resultado evidencia as inter-relações existentes entre esses atributos físicos do solo.

Os solos de áreas florestadas e em processo de restauração apresentam seus atributos físicos como a densidade e a porosidade adequados para o desenvolvimento florestal, em função da disponibilidade da matéria orgânica advinda da serrapilheira depositada no solo (FROUFE, 2011).

6.8 ANÁLISE DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA

A estatística descritiva foi utilizada para as variáveis utilizadas e para a definição dos métodos utilizados, se paramétricos ou não paramétricos, qual a correlação a ser utilizada e para auxiliar as análises variográficas subsequentes.

As análises estatísticas das unidades amostrais da Área 1 (52 sub unidades) e Área 2 (53 sub unidades) foram feitas separadamente, e são apresentados na Tabela 6 os resultados das medidas de posição ou tendência central (média, mediana e moda), de dispersão (valores mínimo e máximo, desvio padrão e variância) e de forma (assimetria coeficiente de variação). Os resultados expressam as semelhanças e diferenças das duas áreas.

Tabela 6- Análise estatística descritiva para variáveis analisadas das Áreas 1 e 2

	Min	Max	Média	Mediana	Moda	Variância	Desvio Padrão	Assimetria	Ep (%)	CV %
Área 1 - 52 parcelas de 100m² circulares										
Espécies	7,0	23,0	15,2	15,00	15	14,34	3,78	-0,11	0,5	25,1
Indivíduos	16,0	111,0	47,3	44,5	44	350,9	18,73	0,98	2,6	39,0
Cob. copas	40,0	98,7	82,5	86,25	90	192,3	13,0	-1,71	1,9	16,8
Shannon H'	1,34	2,8	2,3	2,31	2,5	0,11	0,33	-1,37	0,05	14,4
Bananeiras	4,00	79,0	39,5	41,00	40	347,5	18,64	-0,12	2,6	47,2
Serrapilheira	205	1010	464,8	412,0	275	56357	162,35	1,01	22,2	34,9
Densidade	1,02	1,66	1,27	1,24	1,4	0,016	0,13	0,71	0,02	10,0
Porosidade	41,0	70,0	53,20	54,00	54	30,20	5,50	-0,16	0,8	10,3
Área 2- 53 parcelas de 100m² circulares										
Espécies	0,0	16,00	8,0	9,0	8,0	14,46	3,8	-0,7	0,5	47,0
Indivíduos	0,0	87,00	34,0	34,0	0,0	406,7	20,2	0,3	2,8	60,0
Cob. copas	5,0	96,2	60,7	67,5	45,0	779,5	27,92	-0,7	3,8	46,0
Shannon	0,0	2,57	1,60	1,78	0,0	0,41	0,64	-1,3	0,1	40,3
Bananeiras	0,0	77,00	28,0	24,0	0,0	397,9	19,95	0,4	2,7	72,0
Serrapilheira	0,0	665,0	270,0	300,0	0,0	30873	175,70	-0,2	24,1	65,0
Densidade	1,04	1,66	1,34	1,3	1,3	0,02	0,14	0,2	0,02	10,0
Porosidade	40,4	63,67	50,0	50,0	45	31,87	5,65	0,3	0,8	11,0

Fonte: Fonte: Autoria própria

Legenda: (CV) Coeficiente de variação, (Ep) Erro padrão

6.8.1 Área 1 (velha- 8 anos de abandono)

Os valores de posição (média, mediana e moda) indicam que houve semelhança entre as métricas na maioria das variáveis (nº de espécies, nº de indivíduos, cobertura de copas, Shannon, bananeiras, densidade e porosidade), apontando equilíbrio na distribuição dos dados. Apenas a serrapilheira apresentou a média e a mediana próximas, porém a moda com um resultado distante delas, indicando um certo desequilíbrio dos dados e uma tendência de assimetria dos dados. Salviano (1996) indica que valores das três medidas de posição, tendo proximidade ou iguais, demonstram um possível ajuste dos dados à distribuição normal. Quanto aos valores de dispersão, a variância e o desvio padrão tiveram um comportamento similar, onde o nº de espécies, Shannon, densidade e porosidade tiveram uma baixa variância, enquanto que nº de indivíduos, cobertura de copas, bananeiras e serrapilheira tiveram uma alta variância, indicando distância da média.

O coeficiente de variação (CV) para a maioria das variáveis: (nº de espécies, nº de indivíduos, cobertura de copas, Shannon, bananeiras e serrapilheira), está entre 16,8% a 47,2%, indicando médio coeficiente de variação, com uma média variabilidade, enquanto que a densidade e porosidade com um CV entre 10,05 a 11,0%, com uma baixa variabilidade, conforme Warrick e Nelson (1980), que indicam que valores abaixo de 12% são considerados de baixa variabilidade, de 12% a 60% média variabilidade e acima de 60% alta variabilidade, corroborando com valores encontrados em estudos de Andriotti (2003).

Quanto à forma, as variáveis nº de espécies e bananeiras apresentaram valores do coeficiente de assimetria negativa (CA) de (-0,11 e -0,12) respectivamente, bem próximas de zero, portanto, normais. A cobertura de copas e o índice de Shannon (CA) negativa de (-1,71 e -1,34), distantes do zero, portanto, assimétricos, não normais. Por outro lado, o CA positivo das variáveis nº de indivíduos e serrapilheira, com valores de 0,98 e 1,01 respectivamente, distantes do zero, indicando relativa normalidade.

6.8.2 Área 2 (nova - 4 anos de abandono)

Para os valores de posição (média, mediana e moda) houve semelhança para as variáveis nº de espécies, densidade e porosidade, indicando um equilíbrio dos dados. Já para a cobertura de copas houve similaridade entre os valores de média e mediana, porém, a moda um

pouco distante da média e da mediana, indicando um certo desequilíbrio dos dados. O restante das variáveis, n° de indivíduos, serrapilheira e Shannon, apresentou proximidade entre a média e a mediana, porém a moda muito discrepante com valor de zero, indicando anormalidade dos dados. Quanto aos valores de dispersão, a variância e o desvio padrão também tiveram um comportamento similar, n° de espécies, Shannon, densidade e porosidade, com uma baixa variância, enquanto que n° de indivíduos, cobertura de copas, bananeiras e serrapilheira tiveram uma alta variância, indicando distância da média. Isso pode ter ocorrido em função dos distúrbios ocorridos na área, onde várias parcelas apresentaram alta amplitude dos dados.

Quanto ao CV as variáveis n° espécies, n° de indivíduos, cobertura de copas e Shannon apresentam CV médio entre 40,0% a 60%, portanto, média variabilidade dos dados; as bananeiras e a serrapilheira tem um CV alto entre 60,0% a 72,0%, com alta variabilidade dos dados. Já a porosidade e densidade com CV em torno de 10,0%, com baixa variabilidade dos dados (ANDRIOTTI, 2003). Em referência à forma, a assimetria indica quatro variáveis (n° de espécies, cobertura de copas, índice de Shannon e serrapilheira) com assimetria negativa, com valores entre -0,2 a -1,3 com normalidade; e quatro variáveis n° de indivíduos, pés de banana, densidade, porosidade, com assimetria positiva, com valores variando entre 0,19 a 0,43, com certa proximidade do zero, indicando relativa normalidade.

Para as duas áreas a amplitude total é alta na maioria das variáveis, principalmente na área 2, indicando uma alta variabilidade dos dados. Os valores da média aritmética, mediana e moda ficaram próximos entre si, o que indica que o ponto central dos valores foi similar à média aritmética das variáveis, indicando que não há discordâncias marcantes entre elas.

Na Área 1 (velha) o CV% metade das variáveis apresentou baixo coeficiente de variação e a outra metade apresentou CV acima de 20,0% o que indica pouca instabilidade desses dados, enquanto que na Área 2 (nova), a maioria das variáveis apresentou o CV% alto, acima de 40%. O valor alto do CV pode ser resultante dos distúrbios que ali se apresenta, em virtude da presença de gramíneas em boa parte da área indicando alta instabilidade dos dados. Exceto para porosidade e densidade em que o CV foi baixo, em torno de 10%.

Os valores da assimetria indicam que na Área 1 a maioria das variáveis apresenta normalidade, enquanto que na Área 2 a maioria das variáveis não apresenta normalidade. Esse resultado pode estar relacionado ao tempo de abandono de cada área e a desuniformidade na

distribuição espacial dos dados, devido aos problemas com o fogo e a infestação de gramíneas em boa parte da Área 2, além de seu formato, que é reticulado e com regiões muito estreitas.

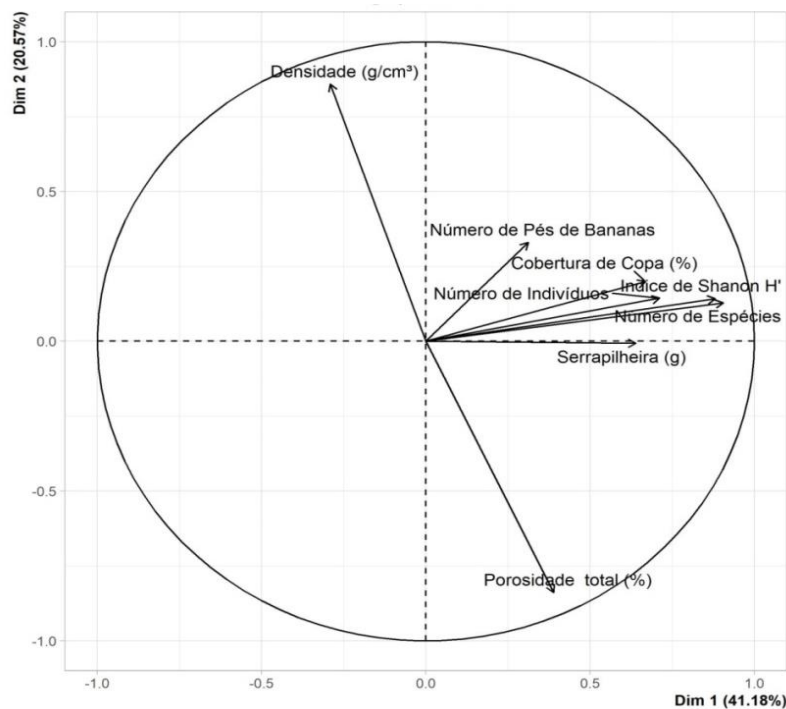
Os resultados demonstram que a Área 1 apresenta os dados menos dispersos e com certa homogeneidade, enquanto que na Área 2 os dados são mais heterogêneos e mais dispersos.

6.9 ESTATÍSTICA MULTIVARIADA

6.9.1 Componentes Principais Área 1 + Área 2 (CP)

As variáveis nº de espécies, nº de indivíduos, cobertura de copas, serrapilheira, índice de Shanonn e pés de banana, que estão dispostas próximas a linha do eixo X, com uma angulação próxima umas das outras, apresentam correlações entre elas. As variáveis porosidade e densidade do solo apresentam um comportamento oposto e destoam das demais variáveis, como pode ser observado no Gráfico 06.

Gráfico 6 -Variáveis CP Área 1(V) + Área 2(N)

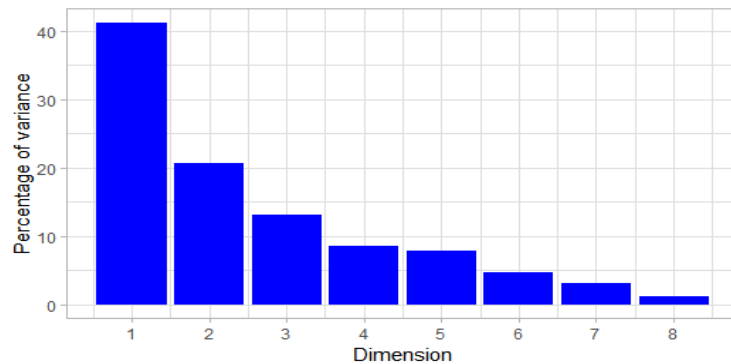


Fonte: Autoria própria

Legenda: a) gráfico da representação das variáveis; b) Gráfico de dispersão A1 (V) A2 (N).

O Gráfico 7 apresenta a decomposição das dimensões dos componentes principais da Área 1 + Área 2

Gráfico 7 - Decomposição das Dimensões do CP Área 1 + Área 2



Fonte: Autoria própria

A análise dos CP agrupou as variáveis em três principais eixos, onde autovalores apresentados na Tabela 6 indica que os 3 primeiros componentes principais da combinação linear das 8 variáveis avaliadas explicaram 74,78% de toda a variação das amostras das duas áreas estudadas.

Tabela 6- Autovalores e % da variância

Auto valores	Var.	(%) Var.	(%) Acumulada
Dim.1	3.294	41.18	41.18
Dim.2	1.646	20.57	61.75
Dim.3	1.042	13.02	74.78

Fonte: Autoria própria

As duas primeiras dimensões de análise expressam 61,75% da inércia total do conjunto de dados; isso significa que 61,75% da variabilidade total das variáveis é explicada pelo plano. Essa porcentagem é relativamente alta e, portanto, o primeiro plano representa bem a variabilidade dos dados. Este valor é fortemente maior que o valor de referência que é igual a 36,05%, a variabilidade explicada por este plano é, portanto, altamente significativa (o valor de referência é o quantil 0,95 da distribuição de porcentagens (THE R FOUNDATION, 2023)).

A partir dessas observações pode-se interpretar melhor as dimensões maiores ou iguais à terceira dimensão.

O primeiro eixo com autovalor de 3,29 explicou 41,18% da variância total, correlacionando positivamente as variáveis: espécies (0,51), Shanonn (0,49), indivíduos (0,40), serrapilheira (0,37), cobertura de copas (0,3), pés de banana (0,17) e porosidade (0,14). A variável densidade se correlacionou negativamente com -0,13.

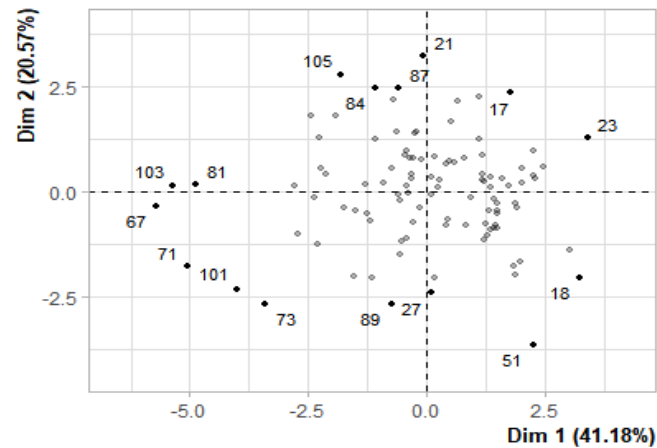
O segundo eixo com autovalor de 1,64 explica 20,50% da variância, com a maioria das variáveis se correlacionando negativamente e fraca: densidade (-0,67), pés de banana (-0,22), cobertura de copas (-0,15), indivíduos (-0,10), espécies (-0,06), Shanonn (-0,03) e serrapilheira (-0,02); apenas a porosidade teve correlação positiva de 0,67.

Esses eixos apresentam uma quantidade de inércia maior que as obtidas pelo quantil 0,95 de distribuições aleatórias (61,76% contra 36,05%). Essa observação sugere que apenas esses eixos estão carregando uma informação real. Como consequência, a descrição ficará de acordo com esses eixos.

O terceiro CP com um autovalor de 1,042 explicou 13,02% da VT, correlacionando positivamente pés de banana (0,80), cobertura de copas (0,15), serrapilheira (0,16), e porosidade (0,07). As variáveis com correlação negativa foram n° de indivíduos (-0,49), densidade (-0,15), n° de espécies (-0,14) e Shanonn (-0,03).

A proximidade entre os pontos indica a semelhança dos valores das variáveis de cada parcela e entre as parcelas analisadas, indicando grande variação entre as duas áreas. A Área 1 (V), se concentrou nos quadrantes da direita, enquanto que a Área 2 (N) ficou nos quadrantes da esquerda. No Gráfico 6 de dispersão é possível constatar essa distribuição em lados opostos. A representação das parcelas é indicada por pontos no espaço, denominadas de A1 para área mais velha (8 anos de abandono) e A2 para a área mais nova (4 anos de abandono) em relação ao tempo de abandono dos tratos culturais dos bananais.

Figura 23-Mapa fatorial das parcelas das Áreas 1 e 2.

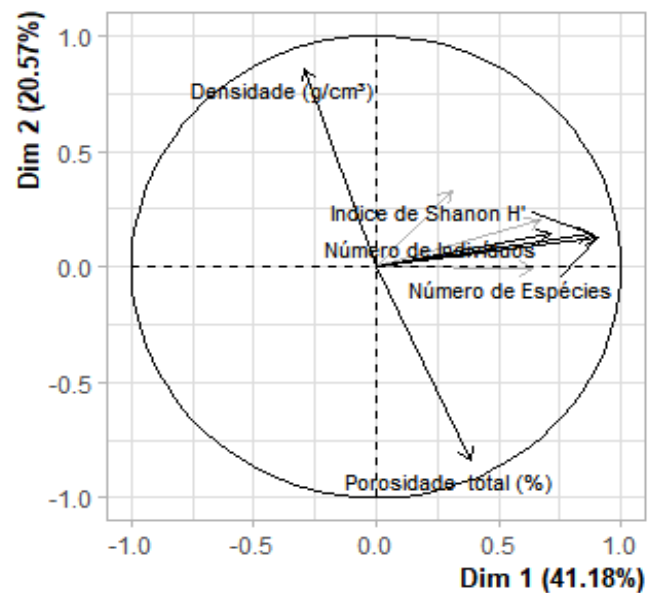


Fonte: Autoria própria

As parcelas rotuladas são aquelas com maior contribuição para a construção do plano

O mapa de fatores das variáveis (Gráfico 8) apresenta as variáveis que melhor se apresentam no plano (Nº de espécies e indivíduos, Shanonn, densidade e porosidade).

Gráfico 8-Mapa de fatores das variáveis

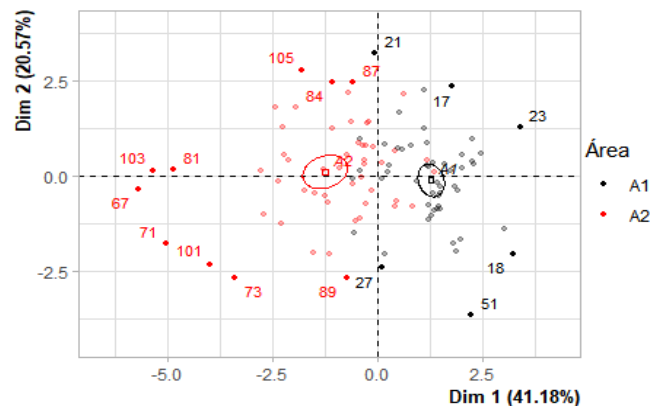


Fonte: Autoria própria

As variáveis qualitativas são representadas em A1 para a Área 1, apresentadas em pontos pretos, com 8 anos de abandono, e A2 para a Área 2, apresentados em pontos vermelhos, com 4 anos de abandono do bananal.

O mapa fatorial (Figura 24) ilustra o processo. As parcelas de 01 a 52 representam a Área 1 (A1); as parcelas de 53 a 103 representam a Área 2 (A2)

Figura 24-Mapa fatorial das parcelas.

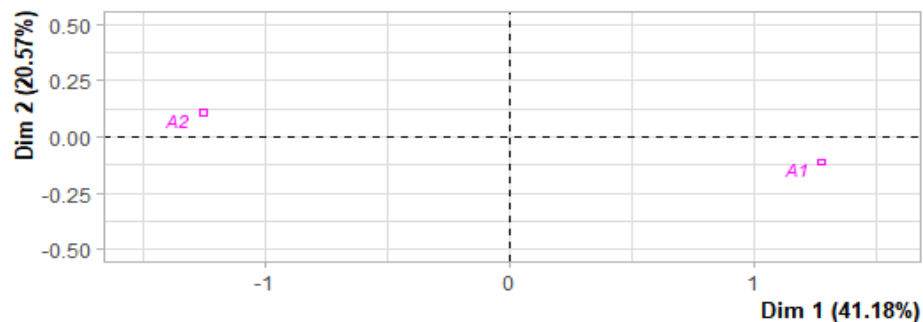


Fonte: Autoria própria

Os pontos rotulados são as parcelas com maior contribuição para a construção do plano, demonstrando que os valores das variáveis estudadas são maiores na Área 1.

O mapa de fatores qualitativos (Figura 25) apresenta como os fatores (Áreas) rotulados se apresentam melhor no plano.

Figura 25-Mapa de fatores qualitativos



Fonte: Autoria própria

A dimensão 1 opõe as parcelas 51, 18, 23 e 27 (à direita do gráfico, caracterizado por uma coordenada fortemente positiva no eixo), às parcelas 71, 67, 73, 103, 89, 81 e 101 (à esquerda do gráfico, caracterizada por uma coordenada fortemente negativa no eixo).

O grupo no qual se encontram as parcelas 51, 18, 23 e 27 (caracterizado por uma coordenada positiva no eixo) apresenta valores elevados para n° de espécies, porosidade, serrapilheira, Índice de Shanonn, cobertura de copas e n° de indivíduos (as variáveis são classificadas a partir das mais fortes). E valores baixos para a variável densidade.

O grupo no qual se encontram as parcelas 71, 67, 73, 103, 89, 81 e 101 (caracterizado por uma coordenada negativa no eixo) apresenta valores baixos para as variáveis índice de Shanonn, número de espécies, cobertura de copas, n° de indivíduos, serrapilheira e n° de pés banana (as variáveis são classificadas a partir das mais fracas).

A dimensão 2 opõe as parcelas 21, 105, 87, 84 e 17 (no topo do gráfico, caracterizado por uma coordenada fortemente positiva no eixo) às parcelas 71, 51, 67, 73, 103, 89, 18, 81, 23 e 101 (na parte inferior do gráfico, caracterizada por uma coordenada fortemente negativa no eixo).

O grupo em que se encontram as parcelas 21, 105, 87, 84 e 17 (caracterizado por uma coordenada positiva no eixo) apresenta valores altos para as variáveis densidade e n° de pés de banana (as variáveis são ordenadas a partir das mais fortes). E valores baixos para a variável porosidade.

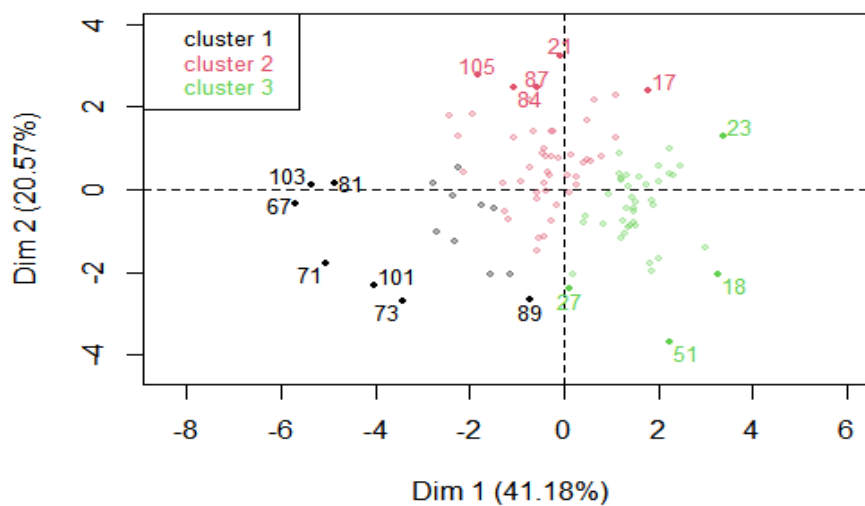
O grupo no qual se encontram as parcelas 71, 67, 73, 103, 89, 81 e 101 (caracterizado por uma coordenada negativa no eixo) apresenta valores baixos para as variáveis índice de Shanonn, n° de espécies, cobertura de copa, n° indivíduos, serrapilheira e n° de pés de banana (as variáveis são classificadas a partir das mais fracas).

O grupo em que se encontram as parcelas 51, 18, 23 e 27 (caracterizado por uma coordenada negativa no eixo) apresenta valores elevados para as variáveis n° de espécies, porosidade, serrapilheira, índice de Shanonn, cobertura de copa e n° indivíduos (as variáveis são classificadas a partir das mais fortes). E valores baixos para a variável densidade.

6.9.1.1 Classificação hierárquica das variáveis analisadas

A classificação hierárquica das parcelas e variáveis classificou as parcelas e três conjuntos de dados, que são apresentados na Figura 26. Os valores das variáveis são classificados a partir das mais fortes.

Figura 26-Classificação Hierárquica Ascendente das parcelas Áreas 1 e 2.



Fonte: Autoria própria

O conjunto de dados 1 é formado pelas parcelas 67, 71, 73, 81, 89, 101 e 103. Este grupo é caracterizado por baixos valores para as variáveis cobertura de copas, índice de Shanonn, n° espécies, n° de indivíduos, serrapilheira e n° pés de banana (as variáveis são classificadas a partir das mais fracas), com valores mais altos para porosidade do solo.

O conjunto de dados 2 é formado pelas parcelas 17, 21, 84, 87 e 105. Este grupo é caracterizado por altos valores para a densidade do solo e baixos valores para porosidade e serrapilheira.

O conjunto de dados 3 é composto pelas parcelas 18, 23, 27 e 51. Este grupo é caracterizado por valores elevados para o n° de espécies, serrapilheira, porosidade, índice de Shanonn, n° de indivíduos e cobertura de copas e valores baixos para a densidade.

6.9.2 Componentes Principais para Área 1- 8 anos de abandono do bananal

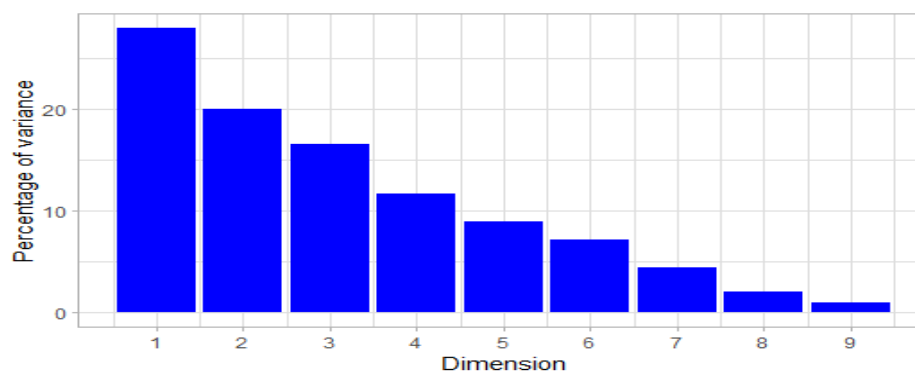
Este conjunto de dados contém 52 parcelas e 9 variáveis, 1 variável qualitativa é considerada ilustrativa.

A inércia das primeiras dimensões mostra se há fortes relações entre as variáveis e sugere o número de dimensões que devem ser estudadas.

As duas primeiras dimensões da análise expressam 48,03% da inércia total do conjunto de dados. Isso significa que 48,03% dos indivíduos (ou variáveis) da variabilidade total das nuvens são explicadas pelo plano. Essa é uma porcentagem intermediária e o primeiro plano representa uma parte da variabilidade dos dados. Este valor é superior ao valor de referência que é igual a 38,07%, sendo a variabilidade explicada por este plano significativa (o valor de referência é o quantil 0,95 da distribuição das percentagens de inércia obtida simulando 4127 tabelas de dados de tamanho equivalente com base numa distribuição normal).

A partir dessas observações, pode-se melhor interpretar também as dimensões maiores ou iguais à terceira.

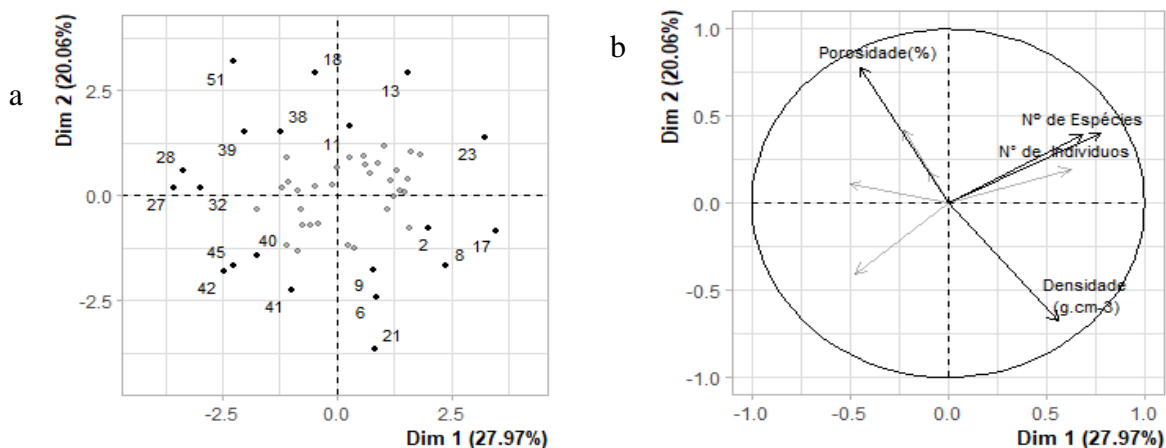
Gráfico 9 - Decomposição das Dimensões do CP área 1



Fonte: Autoria própria

Uma estimativa do número certo de eixos a interpretar sugere restringir a análise à descrição dos 3 primeiros eixos. Esses eixos apresentam uma quantidade de inércia maior que as obtidas pelo quantil 0,95 das distribuições aleatórias (64,57 % contra 652,275). Essa observação sugere que apenas esses eixos estão carregando uma informação real. Como consequência, a descrição ficará de acordo com esses eixos.

Figura 27-Mapa fatorial das parcelas e grafico de fatores das variáveis.



Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Mapa fatorial das parcelas; b) Mapa de fatores das variáveis

A dimensão 1 opõe as parcelas 17, 2, 8, 23, 13 e 11 (à direita do gráfico, caracterizado por uma coordenada fortemente positiva no eixo) a parcelas como 51, 39, 27, 38, 18, 32 e 28 (à esquerda do gráfico na Figura 27b, caracterizado por uma coordenada fortemente negativa no eixo).

O grupo em que as parcelas 17, 2, 8, 23, 13 e 11 se posicionam (caracterizado por uma coordenada positiva no eixo) apresenta valores elevados para o n° de espécies, n° de indivíduos e Shanonn (as variáveis são classificadas a partir das mais fortes), e valores baixos para n° pés de banana (as variáveis são classificadas das mais fracas).

O grupo em que as parcelas 51, 39, 27, 38, 18, 32 e 28 se posicionam (caracterizado por uma coordenada negativa no eixo) apresenta valores elevados para as variáveis porosidade e serrapilheira (as variáveis são classificadas a partir das mais fortes), e baixos valores para densidade e Shanonn (as variáveis são ordenadas das mais fracas).

A dimensão 2 opõe as parcelas 51, 39, 27, 38, 18, 32 e 28 (no topo do gráfico na Figura 27b), caracterizado por uma coordenada fortemente positiva no eixo) a parcelas 42, 21, 45, 40, 9 e 41 (ao final do gráfico, caracterizado por uma coordenada fortemente negativa no eixo).

O grupo em que se posicionam as parcelas 51, 39, 27, 38, 18, 32 e 28 (caracterizado por uma coordenada positiva no eixo) apresenta valores elevados para as variáveis porosidade e

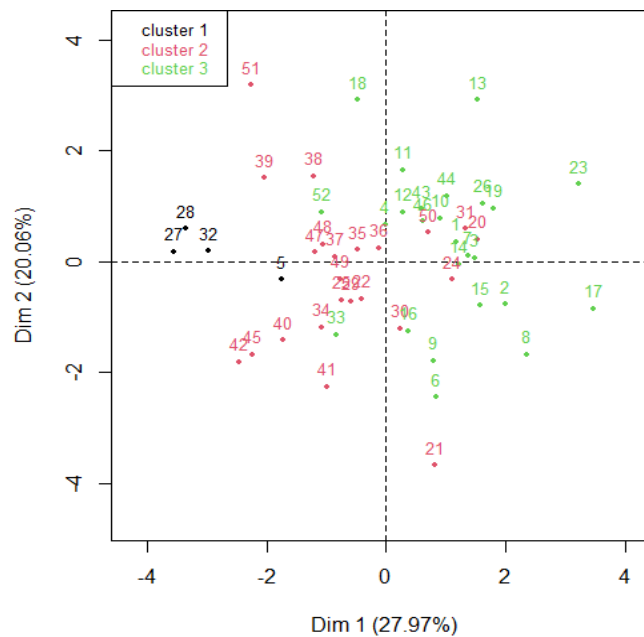
serrapilheira (as variáveis são classificadas a partir das mais fortes), e baixos valores para as variáveis densidade e Shanonn (as variáveis são ordenadas das mais fracas).

O grupo em que se posicionam as parcelas 42, 21, 45, 40, 9 e 41 (caracterizado por uma coordenada negativa no eixo) apresenta valores altos para a n° pés de banana, e valores baixos para n° de indivíduos, porosidade e n° de espécies (as variáveis são ordenadas a partir das mais fracas).

6.9.2.1 Classificação Hierárquica das variáveis analisadas

A classificação hierárquica das parcelas e variáveis classificou as parcelas e três conjuntos de dados que são apresentados na Figura 28. Os valores das variáveis são classificados a partir das mais fortes.

Figura 28-Classificação Hierárquica Ascendente.



Fonte: Autoria própria

A classificação feita na análise das parcelas revelou três (3) conjuntos de dados para a análise dos CP.

O conjunto de dados 1 é formado pelas parcelas 27, 28 e 32. Este grupo é caracterizado por altos valores para a variável porosidade, e valores baixos para as variáveis Shanonn, nº de espécies e densidade (as variáveis são classificadas a partir das mais fracas).

O conjunto de dados 2 é formado pelas parcelas 21, 38, 39, 40, 41, 42, 45 e 51. Este grupo é caracterizado por valores elevados para as variáveis nº pés de banana e cobertura copas (as variáveis são ordenadas a partir das mais fortes). E valores baixos para a variável nº de indivíduos.

O conjunto de dados 3 é formado pelas parcelas 2, 6, 8, 9, 11, 13, 17, 18 e 23. Este grupo é caracterizado por valores elevados para as variáveis nº de indivíduos e nº de espécies (as variáveis são ordenadas a partir das mais fortes) e valores baixos para as variáveis nº pés de bananas e cobertura copas (as variáveis são separadas das mais fracas) (THE R FOUNDATION, 2023).

6.9.3 Componentes Principais Para Área 2 - 4 anos de abandono do bananal

Este conjunto de dados contém 53 parcelas, sendo 9 variáveis, 1 variável qualitativa é considerada ilustrativa.

A inércia das primeiras dimensões mostra se existem fortes relações entre as variáveis e sugere o número de dimensões que devem ser estudadas.

As duas primeiras dimensões explicam 54,2% da inércia total do conjunto de dados; isso significa que 54,2% da variabilidade total das variáveis da nuvem é explicada pelo plano. Essa porcentagem é relativamente alta e, portanto, o primeiro plano representa bem a variabilidade dos dados. Este valor é maior que o valor de referência que é igual a 37,92%, a variabilidade explicada por este plano é, portanto, significativa (o valor de referência é o 0,95 quantil da distribuição de porcentagens de inércia obtido pela simulação de 4209 tabelas de dados de tamanho equivalente com base em uma distribuição normal).

A partir dessas observações, pode-se melhor interpretar também as dimensões maiores ou iguais à terceira. O Gráfico 10 apresenta a porcentagem das dimensões analisadas - Decomposição da inércia total.

A dimensão 1 opõe as parcelas 53, 35, 32, 52, 47, 9, 50 e 39 (à direita do gráfico, caracterizado por uma coordenada fortemente positiva no eixo) às parcelas 21, 19, 15, 51 e 29 (à esquerda do gráfico, caracterizada por uma coordenada fortemente negativa no eixo).

O grupo no qual se encontram as parcelas 53, 35, 32, 52, 47, 9, 50 e 39 (caracterizado por uma coordenada positiva no eixo) apresenta valores altos para as variáveis nº pés de bananas, densidade, serrapilheira, nº de espécies, Shanonn, nº de indivíduos e cobertura de copas (as variáveis são ordenadas a partir das mais fortes). Foram encontrados valores baixos para a variável porosidade (%).

O grupo no qual se encontram as parcelas 21, 19, 15, 51 e 29 se caracteriza por uma coordenada negativa no eixo, com valores baixos para as variáveis Shanonn, nº de espécies, nº de indivíduos, serrapilheira, nº pés de bananas e cobertura de copas (as variáveis são ordenadas a partir da mais fraca).

Na dimensão 2 opõem-se as parcelas 53, 35, 32, 52, 47, 9, 50 e 39 (estão no topo do gráfico, caracterizado por uma coordenada fortemente positiva no eixo) às parcelas 37, 5 e 6 (que estão na parte inferior do gráfico, caracterizada por uma coordenada fortemente negativa no eixo).

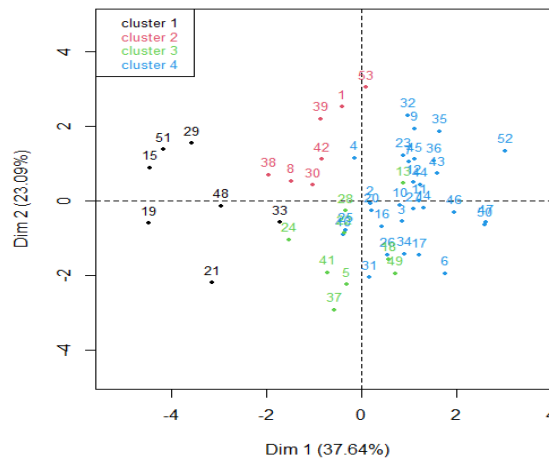
O grupo no qual se encontram as parcelas 53, 35, 32, 52, 47, 9, 50 e 39 (caracterizado por uma coordenada positiva no eixo) apresenta valores altos para as variáveis nº pés de bananas, densidade, serrapilheira, nº de espécies, Shanonn, nº de indivíduos e cobertura copas (as variáveis são ordenadas a partir das mais fortes) e valores baixos para a variável porosidade.

O grupo em que se encontram as parcelas 37, 5 e 6 (caracterizado por uma coordenada negativa no eixo) apresenta valores altos para a variável porosidade, e valores baixos para a densidade (classificadas das mais fracas).

6.9.3.2 Classificação Hierárquica das variáveis analisadas

A classificação hierárquica das parcelas e variáveis classificou as parcelas e três conjuntos de dados que são apresentados na Figura 30. Os valores das variáveis são classificados a partir das mais fortes.

Figura 30 - Classificação Hierárquica Ascendente área 2.



Fonte: Autoria própria

A classificação feita na análise das parcelas revelou quatro (4) conjuntos de dados para a análise dos CP.

O conjunto de dados 1 é composto pelas parcelas 15, 19, 21, 29, 48 e 51. Este grupo é caracterizado por valores baixos para as variáveis Shanon, nº de espécies, nº de indivíduos, nº pés de bananas e cobertura de copas (as variáveis são classificadas a partir da mais fraca).

O conjunto de dados 2 é composto pelas parcelas 1, 39 e 53. Este grupo é caracterizado por valores altos para a variável nº pés de bananas e valores baixos para as variáveis porosidade, nº de espécies e nº de indivíduos (as variáveis são ordenadas das mais fracas).

O conjunto de dados 3 é composto pelas parcelas 5, 37 e 49. Este grupo é caracterizado por valores altos para a variável porosidade e valores baixos para as variáveis densidade e cobertura de copas (as variáveis são ordenadas das mais fracas).

O conjunto de dados 4 é composto pelas parcelas 6, 9, 31, 32, 35, 47, 50 e 52, com valores elevados para as variáveis nº de espécies, Shannonn, cobertura de copas, nº de indivíduos, serrapilheira e densidade (as variáveis são classificadas a partir das mais fortes) (THE R FOUNDATION, 2023).

6.9.4 Correlações de Spearman

6.9.4.1 Teste de Shapiro Wilker

Para verificar a normalidade das variáveis aplicou-se o teste de Shapiro Wilker que indicou normalidade dos dados para nº de espécies, nº de indivíduos, densidade e porosidade, enquanto que as demais foram não-normais: cobertura de copas, nº de pés de banana, índice de Shannon e serrapilheira, conforme Tabela 5.

Tabela 7- Teste de normalidade Shapiro Wilker área 1 + área 2

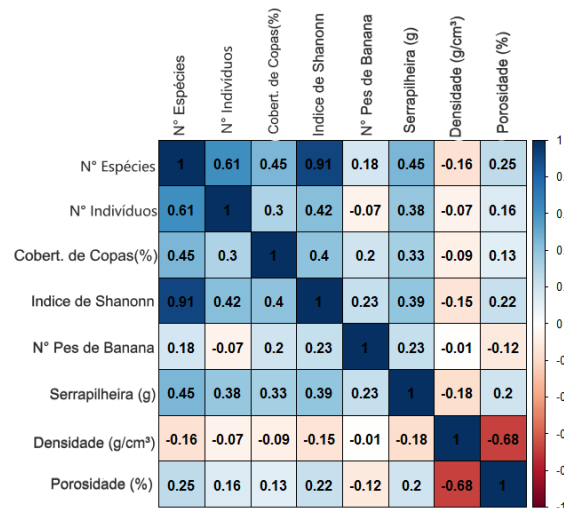
Teste de Shapiro Wilker	w	p-valor	Normal P>0,05	Não normal P<0,05
Nº de Espécies	0,98	0,1325	Normal*	
Nº de Indivíduos	0,98	0,08	Normal*	
Cobertura de Copa (%)	0,82	8,925e-10		Não normal
Índice de Shanon H'	0,87	4,951e-08		Não normal
Nº de Pés de Bananas	0,97	0,29		Não normal
Serrapilheira (g)	0,96	0,006		Não normal
Densidade (g/cm³)	0,98	0,29	Normal*	
Porosidade		0,98	Normal*	

Fonte: Autoria própria - Legenda: *Dados normais para teste de Shapiro-Wilk (p>0,05)

6.9.4.2 Correlação de Spearman Área 1 + Área 2

Levando-se em conta os resultados do teste de Shapiro-Wilk, optou-se pela correlação através do método de Spearman, mais utilizado quando há dados não paramétricos e presença muitas vezes de outliers, conforme Figura 31.

Figura 31-Matriz de correlação de Spearmam para Área 1+ Área 2.



Fonte: Autoria própria

Dessa forma, foi feita a correlação para as duas áreas (1 e 2) em conjunto e, após, foi feita a correlação das duas áreas em separado. As variáveis que tiveram maior correlação, sendo estas positivas, entre elas foram: índice de Shanonn, n° de espécies, n° de indivíduos, serrapilheira e cobertura de copas. Numa correlação de moderada a forte.

Destaque para a correlação positiva entre as variáveis n° de espécies e n° de indivíduos com $p < 0,001$, portanto, correlação significativa e $\rho = (0,6)$, o que representa uma correlação considerada forte. Já para as variáveis n° espécies e índice de Shanonn, os parâmetros foram $p < (2,2E-16)$ e $\rho = (0,91)$, ou seja, correlação significativa e muito forte.

Enquanto que as variáveis pés de banana, densidade e porosidade do solo, apresentaram uma correlação fraca entre elas e entre as outras variáveis relacionadas a florística entre $\rho = (-0,12$ a $0,2)$. A exceção foi a correlação entre porosidade e densidade que apresentaram correlação negativa e alta $\rho = (-0,68)$, o que era esperado, pois essas variáveis na natureza se apresentam sempre com valores inversamente proporcionais. Cabe destacar que a correlação da variável pés de banana com todas as demais foi fraca e positiva com n° de espécies $\rho = (0,18)$, índice de Shanonn $\rho = (0,23)$, cobertura de copas $\rho = (0,20)$ e serrapilheira $\rho = (0,23)$; já para as variáveis n° de indivíduos $\rho = (-0,7)$ densidade $\rho = (-0,01)$ e porosidade $\rho = (-0,12)$, a correlação foi negativa e fraca para com ρ entre também pouco significativa.

6.9.4.3 Correlação de Spearman para Área 1 e Área 2

Figura 32-Matriz de Spearman para as Áreas 1 e 2.

a

	N° Espécies	N° Indivíduos	Cobert. de Copas(%)	Índice de Shanonn	N° Pes de Banana	Serrapilheira (g)	Densidade (g/cm³)	Porosidade (%)
N° Espécies	1	0.61	0.09	0.77	-0.3	0.02	0.02	0.03
N° Indivíduos	0.61	1	0.07	0.21	-0.61	0.09	0.06	-0.02
Cobert. de Copas(%)	0.09	0.07	1	0.1	0.19	0.05	-0.03	-0.13
Índice de Shanonn	0.77	0.21	0.1	1	-0.07	-0.01	-0.01	0.03
N° Pes de Banana	-0.3	-0.61	0.19	-0.07	1	0.09	-0.05	-0.13
Serrapilheira (g)	0.02	0.09	0.05	-0.01	0.09	1	-0.1	0.25
Densidade (g/cm³)	0.02	0.06	-0.03	-0.01	-0.05	-0.1	1	-0.66
Porosidade (%)	0.03	-0.02	-0.13	0.03	-0.13	0.25	-0.66	1

b

	N° Espécies	N° Indivíduos	Cobert. de Copas(%)	Índice de Shanonn	N° Pes de Banana	Serrapilheira (g)	Densidade (g/cm²)	Porosidade (%)
N° Espécies	1	0.62	0.4	0.88	0.16	0.33	0.07	0.11
N° Indivíduos	0.62	1	0.36	0.45	0.26	0.42	-0.01	0.1
Cobert. de Copas(%)	0.4	0.36	1	0.32	0.04	0.18	0.13	0.03
Índice de Shanonn	0.88	0.45	0.32	1	0.16	0.27	0.05	0.08
N° Pes de Banana	0.16	0.26	0.04	0.16	1	0.17	0.18	-0.34
Serrapilheira (g)	0.33	0.42	0.18	0.27	0.17	1	0.07	-0.17
Densidade (g/cm²)	0.07	-0.01	0.13	0.05	0.18	0.07	1	-0.63
Porosidade (%)	0.11	0.1	0.03	0.08	-0.34	-0.17	-0.63	1

Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Matriz de correlação área 1; b) Matriz de correlação área 2.

Na Área 1 (Figura 32a) praticamente todas as variáveis tiveram correlações positivas. As correlações mais significativas foram n° de espécies/Shannon $p = (0,88)$, n° de espécies/n° de indivíduos $p = (0,62)$, n° de espécies/cobertura de copas $p = (0,40)$. O n° de espécies /serrapilheira $p = (0,33)$ tem correlação positiva e moderada. A porosidade e densidade do solo tem fraca correlação para todas as variáveis, porém entre elas a correlação é forte e negativa $p = (-0,63)$, resultado esperado, pois possuem comportamentos inversamente proporcionais.

Em relação aos pés de banana (PB) as correlações são positivas, porém fracas na maioria das variáveis: PB/n° de espécies $p = (0,16)$, PB/n° de indivíduos $p = (0,26)$, PB/cobertura $p = (0,04)$, PB/Shannon $p = (0,16)$, PB/serrapilheira $p = (0,17)$, PB/densidade $p = (0,18)$, demonstrando que a presença das bananeiras pouco interfere no processo, exceto para a porosidade, que tem correlação negativa e moderada $p = (-0,34)$ indicando que as bananeiras podem deixar o solo mais poroso.

A correlação serrapilheira/n° de indivíduos $p = (0,42)$ foi positiva e moderada em função da matéria seca ser em sua maioria proveniente dos regenerantes. O mesmo ocorrendo com cobertura de copas (CB) /n° de espécies $p = (0,40)$ e CB/n° de indivíduos $p = (0,36)$, correlações positivas e fracas. Porém, indica que há uma tendência de ampliação da diversidade na área, pois a cobertura de copas cria um ambiente favorável para o desenvolvimento das espécies e aparecimento dos indivíduos regenerantes.

Na Área 2 (Figura 32b) encontramos correlações fortes e positivas apenas para as variáveis n° de espécies/Shannon $p = (0,77)$ e n° de espécies/n° de indivíduos $p = (0,61)$. A correlação entre n° de indivíduos/Shannon é positiva, porém fraca de $(0,21)$, já esperado, pois o valor do índice de Shannon foi baixo.

Em relação ao n° de pés de bananas (NB), tem correlação negativa e moderada para o n° de espécies $p = (-0,3)$, e PB/n° de indivíduos a correlação é negativa e forte $p = (-0,61)$. As correlações fracas positivas e negativas entre PB/cobertura de copas $p = (0,19)$, PB/Shannon $p = (-0,07)$, PB/serrapilheira $p = (0,09)$, PB/densidade $p = (-0,05)$ e PB/porosidade $p = (-0,03)$ indicando que não há significância entre elas e as correlações praticamente são neutras, ou seja, o comportamento de uma não interfere na outra. A cobertura de copas (CB) tem correlações fracas positivas e negativas com todas as variáveis, demonstrando que na Área 2 a cobertura de copas não é significativa para o processo de regeneração da área, corroborando com o resultado da cobertura de copas, que ainda é mínimo.

Nas duas áreas a correlação entre densidade e porosidade do solo é negativa e forte o $p=(-0,63)$ na Área 1 e $p=(-0,66)$ na Área 2, que já era esperado, pois essas variáveis devem ter comportamentos inversamente proporcionais e que a presença das bananeiras contribui para esse resultado, pois quanto mais bananeiras, o solo é mais poroso.

A utilização da estatística multivariada possibilitou identificar o desenvolvimento do processo de regeneração natural nas duas áreas, através das variáveis escolhidas e suas correlações. As variáveis que mais contribuíram para explicar o processo foram índice de Shanonn, n° de espécies e n° de indivíduos nas duas áreas. A Área 1 apresentou melhor desempenho em todas as variáveis e isso deve-se ao maior tempo de abandono, pois esteve mais protegida dos distúrbios; enquanto que a Área 2 passou por dois incêndios ao longo do tempo de abandono.

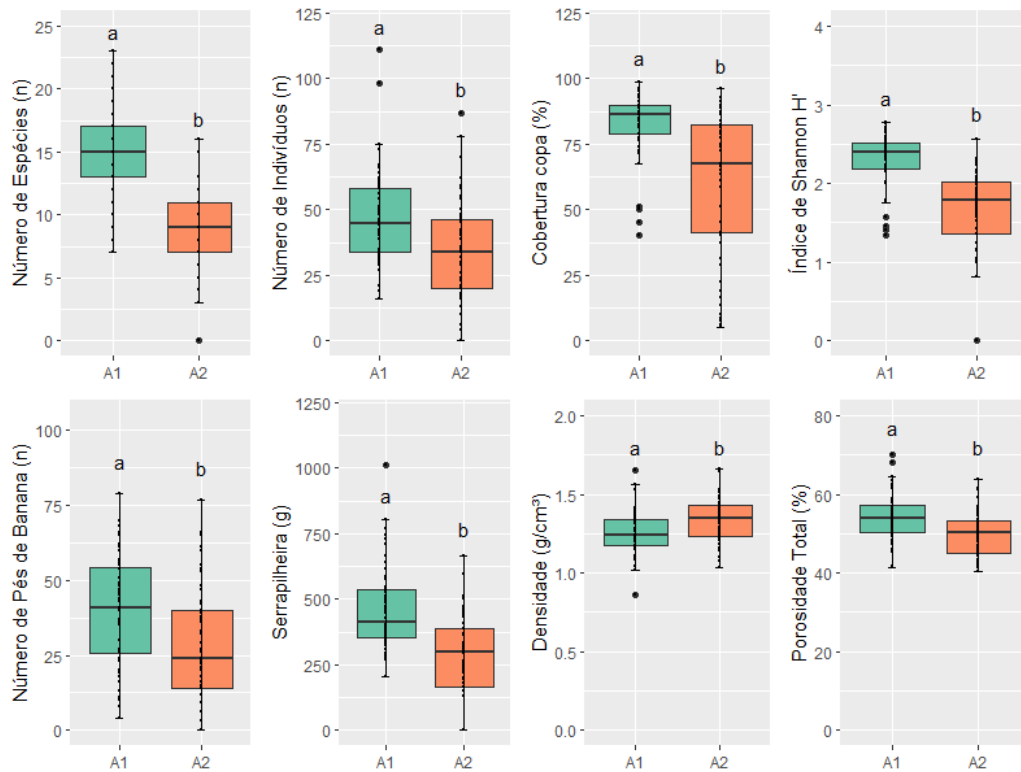
6.9.5 Box Plot e Tukey

Os resultados para as duas áreas apresentados na Figura 33 indicam que, para todas as variáveis, houve diferença estatística para o teste de médias entre as áreas. Os valores da Área 1 se mostraram maiores aos da Área 2, com exceção para a variável densidade.

Os resultados do box plot indicam que na Área 1 o n° de espécies, pés de banana e serrapilheira não apresentaram out liers. A presença de out liers para as variáveis n° de indivíduos e cobertura de copas estão associados à localização de várias parcelas, muito próximas das áreas florestadas do entorno e que acabam contribuindo para o aporte de sementes e matéria seca dessas áreas.

Na Área 2 a maioria das variáveis não apresentaram out liers em cobertura de copas, bananeiras, serrapilheira, densidade e porosidade. Já para n° de espécies, n° de indivíduos, índice de Shanonn apresentaram out liers. Isso pode ocorrer em função do tempo de abandono e das condições do entorno.

Figura 33-Gráficos Box plot das variáveis amostradas para as Áreas 1 e 2.



Fonte: Autoria própria,

Legenda: a – Área 1 Velha 8 anos de abandono, b – Área 2 Nova 4 anos de abandono –

As letras diferentes representam diferença estatística através do teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Os gráficos do box plot apresentados com as letras (a e b) representam diferença estatística através do teste de Tukey ($\alpha=0,05$) sendo (a) para Área 1 (A1) e (b) para Área 2 (A2), apresentados na Figura 33 indicando para todas as variáveis que houve diferença estatística para o teste de médias entre as áreas. Os valores da Área 1 se mostraram maiores aos da Área 2, apresentando diferenças significativas, com exceção para a variável densidade do solo, que foi maior na Área 2.

Os resultados indicam que na Área 1 o nº de espécies, pés de banana e serrapilheira não apresentaram out liers. A presença de out liers para as variáveis nº de indivíduos e cobertura de copas podem estar associados à localização, com a proximidade das áreas florestadas.

Na Área 2 a maioria das variáveis não apresentou out liers em cobertura de copas, bananeiras, serrapilheira, densidade e porosidade. Já nº de espécies, nº de indivíduos e índice de Shanonn apresentaram out liers.

Os resultados podem estar relacionados ao maior tempo de abandono na Área 1 (8 anos), somado com as condições de uma floresta muito bem conservada no entorno, enquanto que na Área 2 (4 anos de abandono), há menos áreas de floresta e mais áreas de uso no seu entorno imediato. O relevo mais plano e as vertentes voltadas para Norte e Oeste na Área 2, onde a radiação solar é maior, também podem ter contribuído para essa diferença significativa das duas áreas.

6.10 ANÁLISE VARIOGRÁFICA

Os resultados da análise variográfica são apresentados na Tabela 8, com o resumo dos modelos ajustados e respectivos parâmetros variográficos e a validação cruzada das 4 variáveis escolhidas (nº de espécies, nº de indivíduos, nº de pés de banana, serrapilheira (g)), que foram as variáveis que obtiveram os melhores parâmetros semivariográficos e boa qualidade dos ajustes para ambas as áreas estudadas.

A dependência espacial a curta distância foi calculada por meio de um quociente entre o efeito pepita (C_0) e o patamar ($C_0 + C$), denominado GDE, representando a proporção do componente estrutural na variância espacial, ou seja, o oposto ao efeito pepita puro, segundo Cambardella et al. (1994). Foram descritos o efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C$), alcance (A_0), coeficiente de determinação (R^2), soma do quadrado dos resíduos (SQR/RSS) e o grau de dependência espacial (GD) para os variogramas. Para a validação cruzada são apresentados o coeficiente de regressão (CF), erro padrão (SE), coeficiente de determinação (R^2) e ponto de intercepção em Y.

Das oito variáveis que foram analisadas inicialmente, na Área 1 apenas cobertura de copas não apresentou uma boa variabilidade espacial a curta distância, apresentando efeito pepita puro, e resultados ruins da validação cruzada, o que prejudicou a elaboração a interpolação pela Krigagem ordinária. Já na Área 2 as variáveis índice de Shanonn, cobertura de copas, densidade e porosidade do solo apresentaram efeito pepita puro e resultados ruins na validação cruzada. Amaral et al. (2013) constataram que distúrbios ocorridos em um fragmento de floresta ombrófila mista prejudicam a caracterização da variabilidade espacial, que provocam quebra da continuidade espacial, o que restringe a aplicação de técnicas geoestatísticas. Para Neves (2013), a ausência de variância estruturada de uma determinada variável demonstra que essas variáveis possuem distribuição aleatória.

Em função desse resultado a interpolação pela krigagem foi realizada apenas para as variáveis n° de espécies, n° de indivíduos, n° de pés de banana e serrapilheira, que apresentaram baixo efeito pepita e ajuste satisfatório para os semivariogramas (PELISSARI et al., 2012). Os mapas de isolinhas são apresentados em conjunto dos mapas do uso e ocupação do solo, radiação global e relevo, para a análise das relações entre as variáveis e os aspectos físicos do entorno e do interior das duas áreas. Os valores dos atributos apresentados seguem uma escala de cores em gradiente: os menores valores na cor vermelha e os maiores valores na cor verde.

Tabela 8-Parâmetros variográficos e validação cruzada Áreas 1(8 anos de abandono) e 2(4 anos de abandono)

Variáveis	Modelo	Efeito Pepita C(co)	Patamar (Co +C)	Alcance (m) Ao	R ²	SQR /RSS	GD Co/ (Co+C) *100	DE	CR	SE	R ²	I Y
Área 1(52 pontos)		Parâmetros variográficos				Validação Cruzada						
Nº de Espécies	ESF	1,42	14,82	68,00	0,802	5,81	9,58	Forte	0,652	0,257	0,114	5,27
Nº de Indivíduos	ESF	0,100	218,70	45,90	0,269	3765	0,046	Forte	1,042	0,244	0,274	1,42
Nº Pés de bananas	ESF	143,8	425,2	210,3	0,886	6262	33,81	Moderada	0,885	0,173	0,349	5,2
Serrapilheira (g)	ESF	870,00	21370,0	59,70	0,635	2,52E+07	4,071	Forte	0,409	0,230	0,060	273,24
Área 2 (53 pontos)		Parâmetros variográficos				Validação Cruzada						
Nº de Espécies	ESF	4,66	9,55	185,20	0,168	69,3	48,80	Moderada	0,710	0,270	0,131	2,60
Nº.de Indivíduos	ESF	35,80	344,20	60,70	0,071	73458	10,40	Forte	0,467	0,306	0,048	19,83
Nº Pés de bananas	ESF	23,00	405,40	54,60	0,291	11948	5,67	Forte	0,672	0,346	0,069	9,38
Serrapilheira (g)**	ESF	6410	18840	372,00	0,760	5,23E+07	34,02	Moderada	0,957	0,223	0,315	12,69

Fonte: Autoria própria

Legenda: ESF) Esférico; C(co)) Efeito pepita; C0+C)patamar; Ao) Alcance; R²)Coeficiente de determinação; SQR/RSS:)Soma dos quadrados dos resíduos; GD) Grau de dependência espacial; DE) Dependência Espacial; SE) Erro padrão; IY) Intercepção de Y. ** 48 pontos apenas

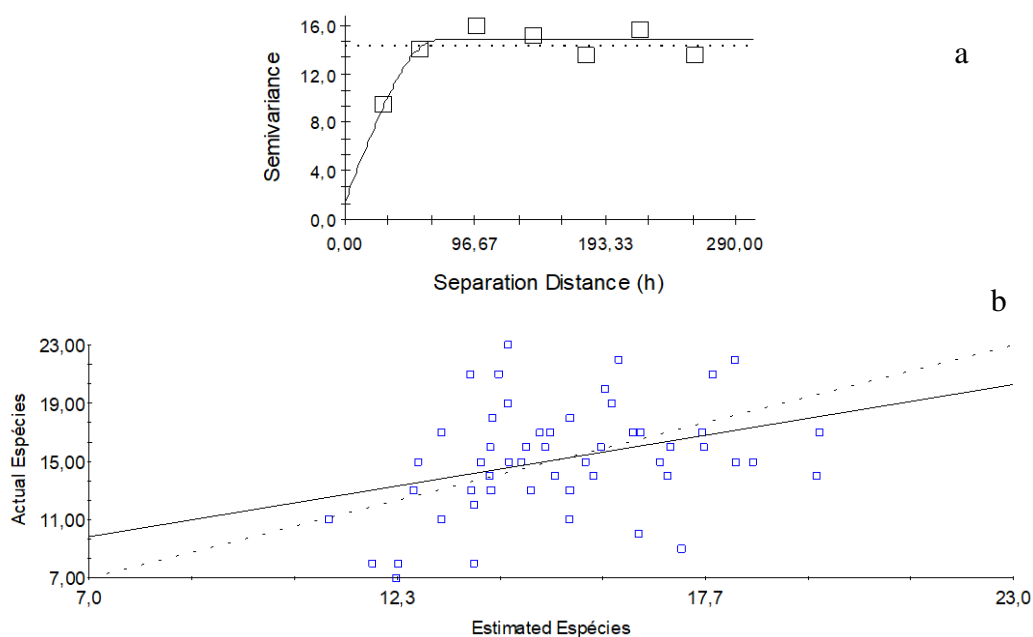
A seguir serão apresentados os resultados em forma de gráficos dos variogramas e da validação cruzada para cada variável, seguidas da interpolação por krigagem. Para todas as variáveis o modelo que teve melhor ajuste apresentando bons resultados para a análise variográfica foi o esférico.

6.10.1 Análise Variográfica - Área 1

Nº de Espécies

O semivariograma do número de espécies (Figura 34a). teve efeito pepita de 1,42, patamar 14,82, alcance 68,00 m e o $R^2 = 0,802$ e o $RSS = 5,81$, resultando numa dependência espacial forte de 9,5%, com a linha do patamar praticamente coincidindo com a linha da variância, resultando num bom mapa dos isovalores (Figura 34a).

Figura 34-Semivariograma e Validação Cruzada N° de Espécies.



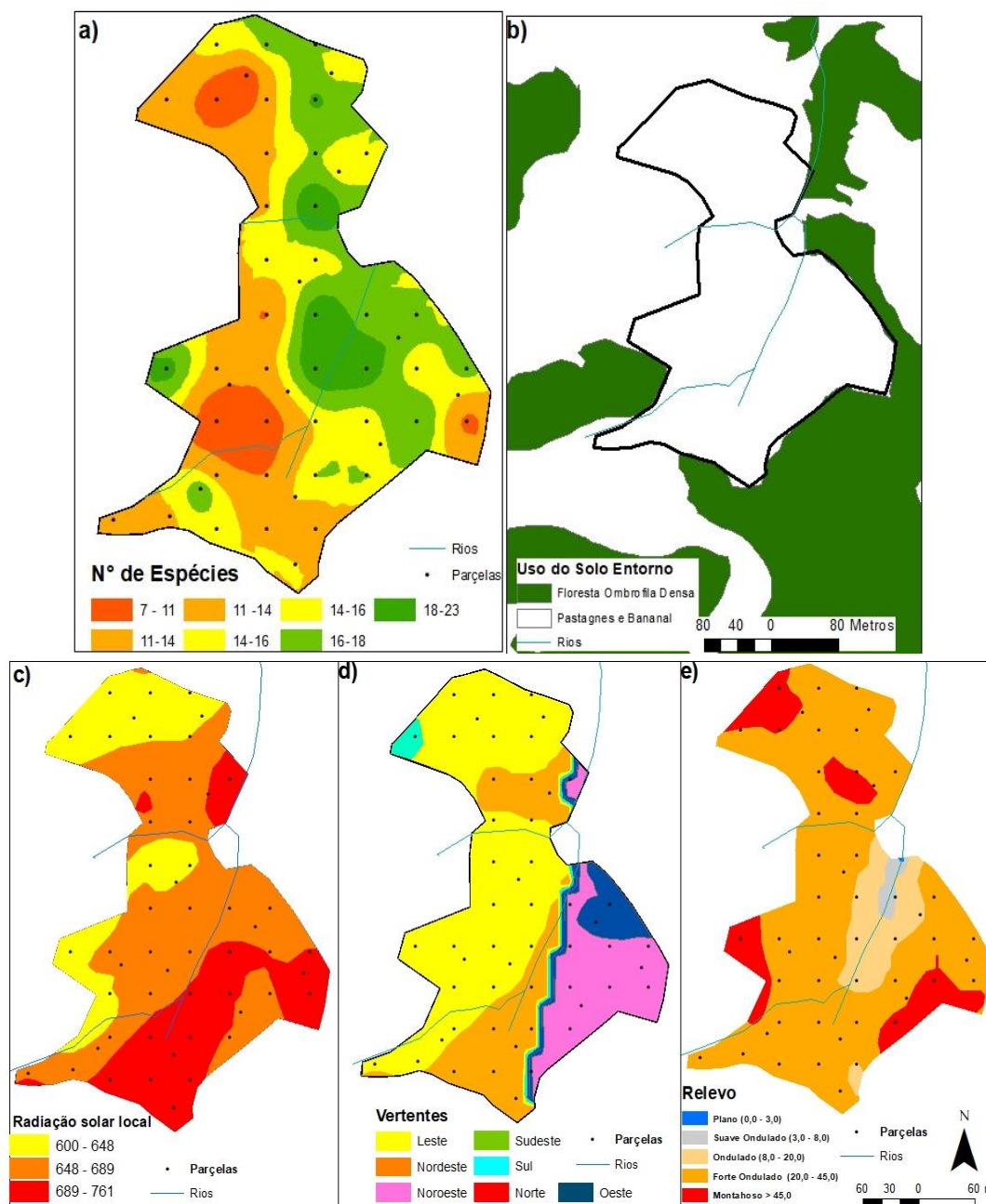
Fonte: Autoria própria

Legenda) Semivariograma; b) Validação cruzada

A validação cruzada (Figura 34 b), demonstra que há pequena diferença entre os dados reais em relação aos estimados, havendo uniformidade na distribuição dos pares de pontos ao longo da reta, demonstrando uniformidade da distribuição, que se apresentou próxima à desejada, representa que houve uma boa estimativa dos dados. Com um coeficiente de regressão 0,652, o valor de SE de 0,255 e o $R^2 = 0,114$, $SE = 0,257$, o ponto de interseção de $Y = 5,27$.

Apesar do ponto de intercessão do eixo Y estar distante de 1 que é o sempre desejado, mesmo assim é possível realizar a interpolação pela krigagem, pois possui certa uniformidade dos pontos ao longo das retas, indicando uma boa estimação dos dados e continuidade espacial.

Figura 35-Mapas de isovalores n° de espécies, uso e cupação do solo, radiação solar, vertentes e relevo da Área 1.



Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Mapa de N° de Espécies; b) Mapa de Uso e ocupação do solo ;c) Mapa de Radiação Solar; d) Mapa de vertentes; e) Mapa de relevo

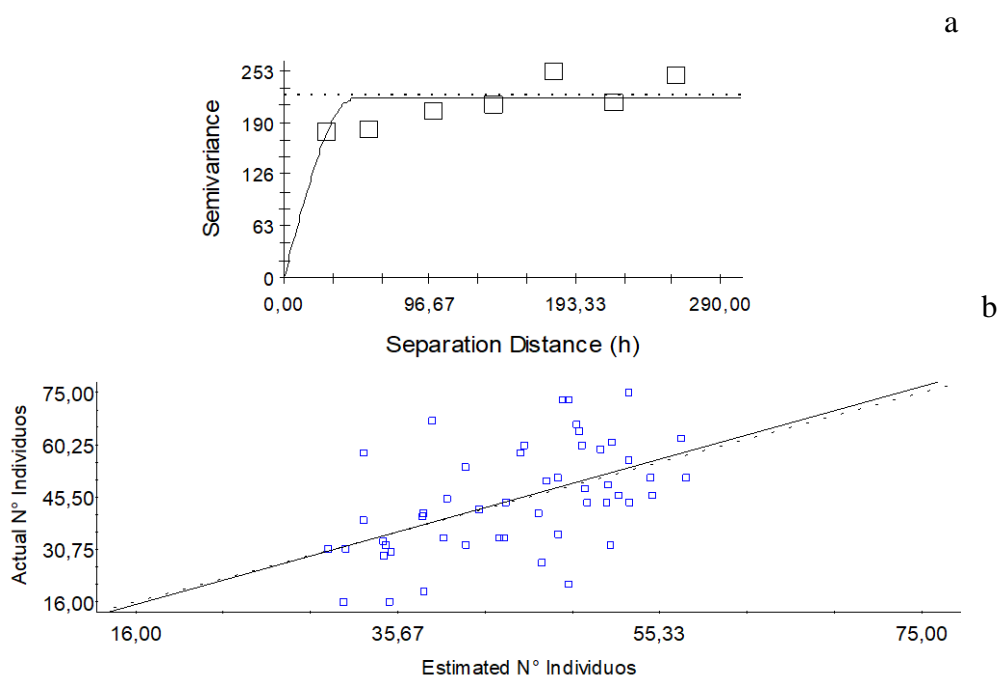
O mapa para n° de espécies (Figura 35-a) indica com clareza as maiores e menores concentrações das espécies. Com uma distribuição espacial interessante apresenta um mapa

sem o efeito bull eyes – olhos-de-boi, que indica uma boa interpolação por krigagem. Observa-se que há uma boa distribuição das espécies por toda a área. Nas vertentes Leste Nordeste e Noroeste há maior número de espécies, onde a radiação solar é mais alta no período da manhã, o que favorece o desenvolvimento das espécies, pois nesse período a radiação é mais amena, favorecendo o desenvolvimento da vegetação (MELLO, 2009). Essa região coincide com o relevo mais declivoso e está próxima aos maciços florestais existentes.

Nº de Indivíduos

Para o semivariograma do número de indivíduos (Figura 36 a), apresentando um efeito pepita de 0,10, patamar de 218,7, alcance de 45,90 e o $R^2 = 0,269$, com forte dependência espacial de 19,50%, com linha da variância muito próxima da linha do patamar, o que indica um bom semivariograma e resultando em bom mapa de isovalores.

Figura 36-Semivariograma e Validação Cruzada N° de indivíduos.

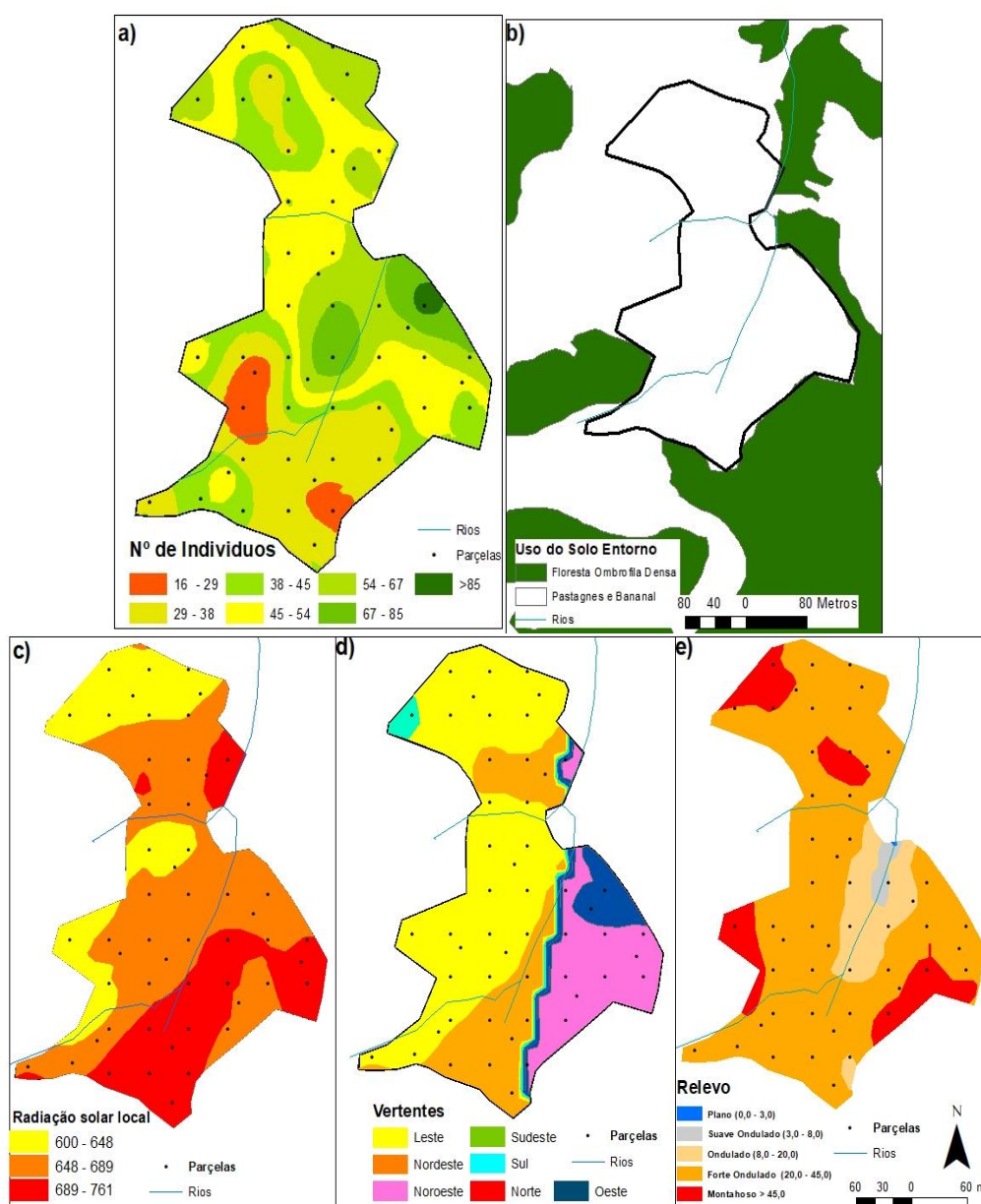


Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Variograma; b) Validação Cruzada n° de espécies.

A validação cruzada (Figura 36 b), demonstrou praticamente a sobreposição das linhas dos dados reais com os estimados, o coeficiente de regressão de 0,42, SE = 0,244, $R^2 = 0,274$ e o ponto de intercessão de Y apesar de negativo de -1,42, o que é muito desejado e demonstra que há uma pequena diferença entre os dados reais e os estimados, sendo considerado um bom ajuste e de que há uma uniformidade na distribuição dos pontos ao longo das retas, uma situação próxima à desejada. Demonstra-se que houve uma boa estimação dos dados.

Figura 37-Mapas de isovalores N° de Indivíduos, uso e ocupação do solo, radiação solar, vertentes e relevo da Área 1.



Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Mapa de N° de Indivíduos; b) Mapa de Uso e ocupação do solo; c) Mapa de Radiação Solar; d) Mapa de Vertentes; e) Mapa de relevo

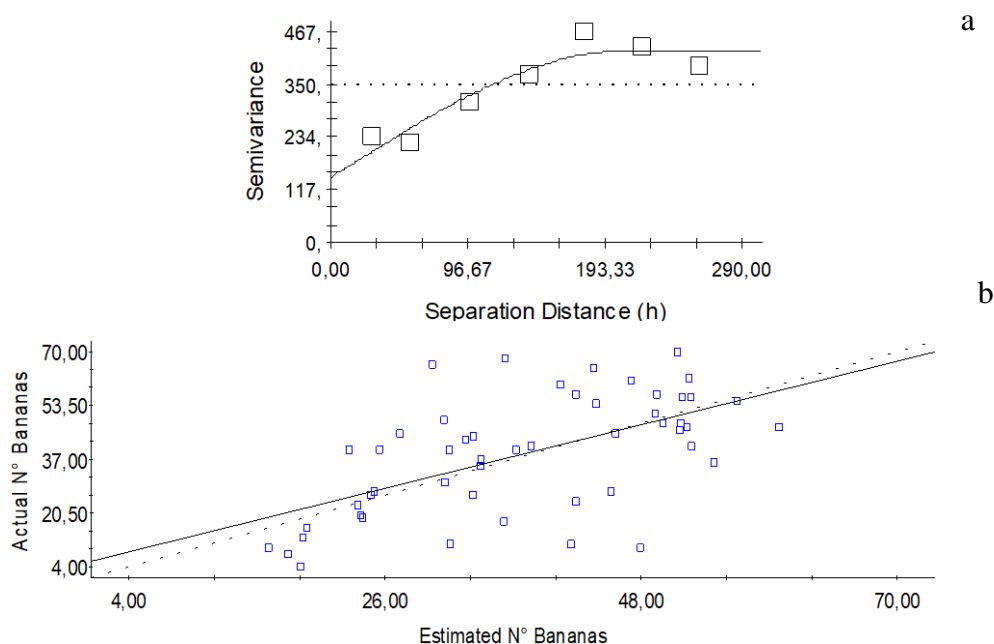
O mapa do n° de indivíduos (Figura 37a) indica claramente onde ocorre a concentração dos regenerantes, o maior número de indivíduos sobre a mesma região onde há uma coincidência com o maior número de espécies, o que já era esperado nas regiões onde a radiação é alta e o relevo predominante ondulado e próximo aos rios. E há também o fato da proximidade dos maciços florestais, o que pode estar contribuindo para a boa distribuição dos indivíduos,

pois a fauna existente distribui as sementes - a predominância da dispersão das sementes é a zoocórica em toda a área. Corroborando com Brancalion (2015), que aponta que um dos sucessos da restauração está na resiliência da região. Em relação a orientação das vertentes, tendo a maior área a Leste, há um maior número de indivíduos regenerantes, em função da radiação solar ser mais amena nessas regiões, o que favorece o aparecimento dos indivíduos regenerantes. Porém, nas partes mais declivosas há uma redução dos indivíduos.

Pés de Banana

Para o semivariograma dos pés de banana (Figura 38 a), efeito de 143,8, patamar de 425,00, alcance de 210 e $R^2=0,88$ apresentou dependência espacial moderada 34,20%, a linha da variância distante da linha da dependência espacial, o que prejudicou o semivariograma.

Figura 38-Semivariograma e Validação Cruzada N° Pé de banana.

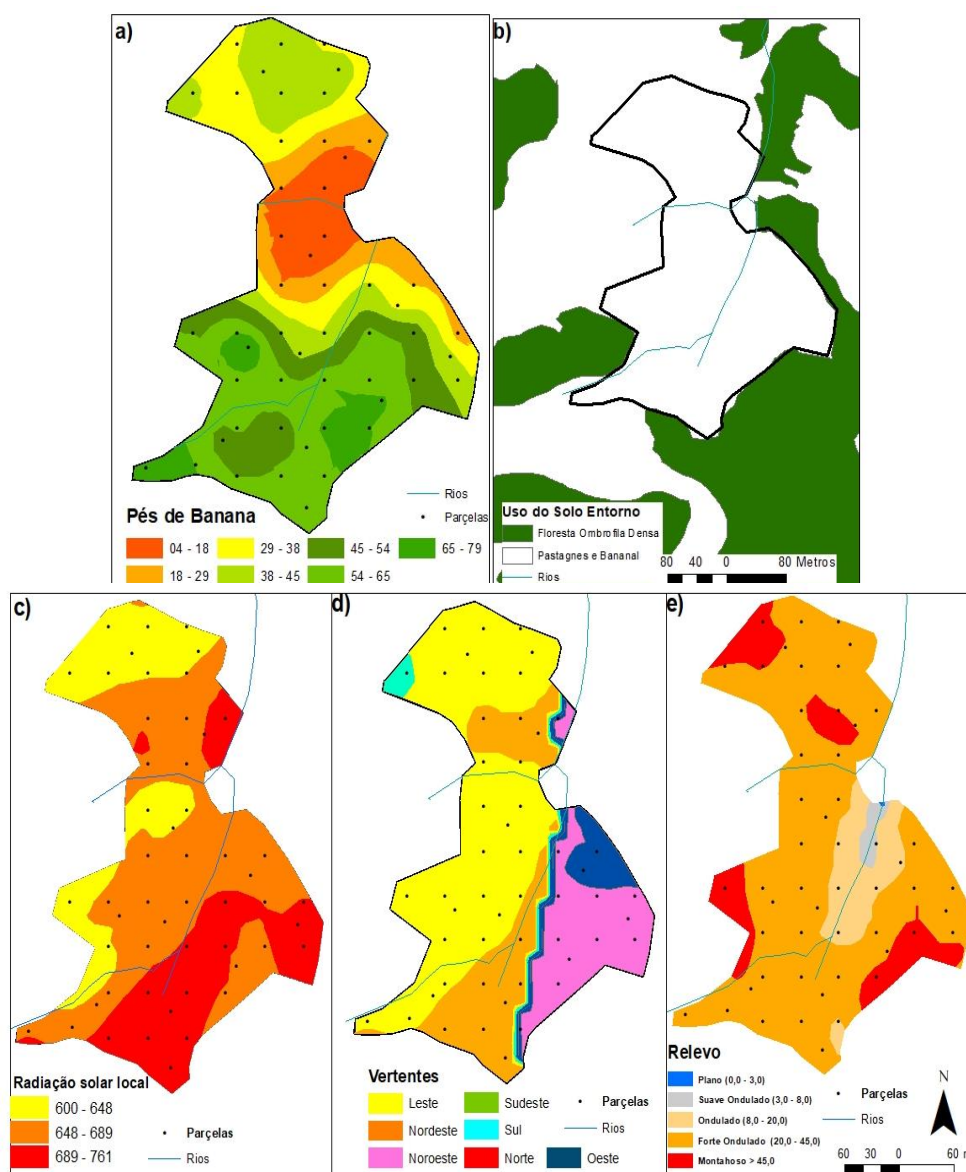


Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Variograma; b) Validação Cruzada.

A validação cruzada (Figura 38 b) apresentou coeficiente de regressão alto de 0,915 e o $SE = 0,173$ e o ponto de interseção de Y de 5,12, onde as linhas dos dados estimados e reais (b) muito próximas uma da outra, havendo uma uniformidade na distribuição dos pontos ao longo das retas, com valores desejáveis na geoestatística, bons indicadores de dependência espacial, demonstrando uma boa estimativa dos dados. Este resultado também se deve ao plantio do bananal em linhas, com espaçamentos definidos e constantes.

Figura 39-Mapas de isovalores N° de pés de banana, uso e ocupação do solo, radiação solar ,vertentes e relevo da Área 1.



Fonte: Autoria própria

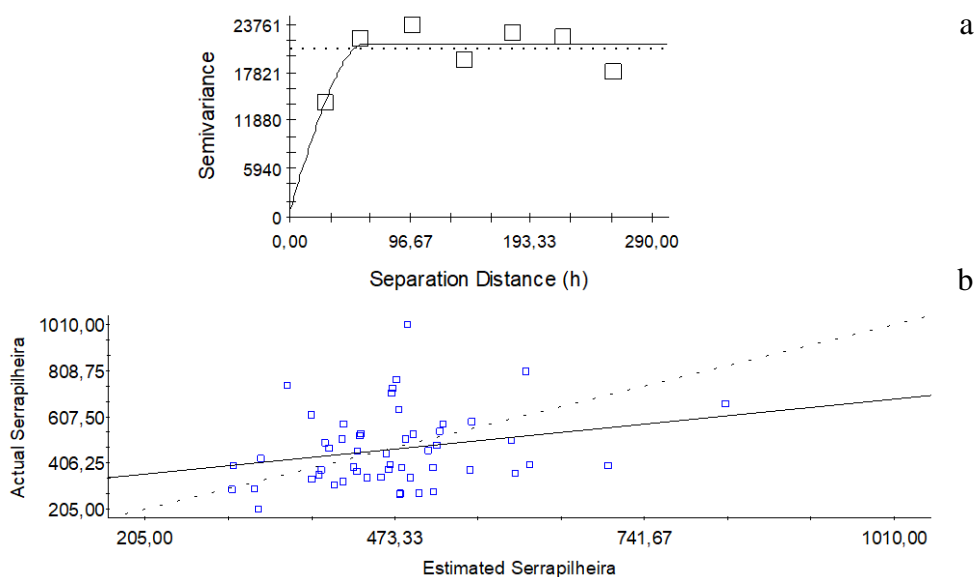
Legenda: a) N° de pés de banana; b) Mapa de Uso e ocupação do solo; c) Mapa de Radiação Solar; d) Mapa de vertentes; e) Mapa de relevo

O mapa para as bananeiras (Figura 39a) indica os locais onde há maior distribuição dos pés de banana pela área. Deixa claro que onde ainda há uma quantidade alta de pés de banana, há uma redução de espécies e indivíduos regenerantes. Porém, constata-se que há uma uniformidade da distribuição espacial, devido ao plantio de bananais ser bem uniforme e em linhas, e que, mesmo ao longo do tempo, ainda mantém certa uniformidade, não apresentando nenhum olho de boi. Também há uma concentração maior de pés de banana nas vertentes Leste, Noroeste e Nordeste, onde a radiação solar é mais amena.

Serrapilheira

Para o semivariograma serrapilheira (Figura 40 a) apresentou efeito pepita muito alto de 870, patamar de 21370,00 alcance de 59,70 e $R^2 = 0,635$, com forte dependência espacial 2,25%, com o patamar sobreposto a linha da variância, situação ideal para o semivariograma, com variabilidade espacial na curta escala.

Figura 40- Semivariograma e Validação Cruzada serrapilheira (g).

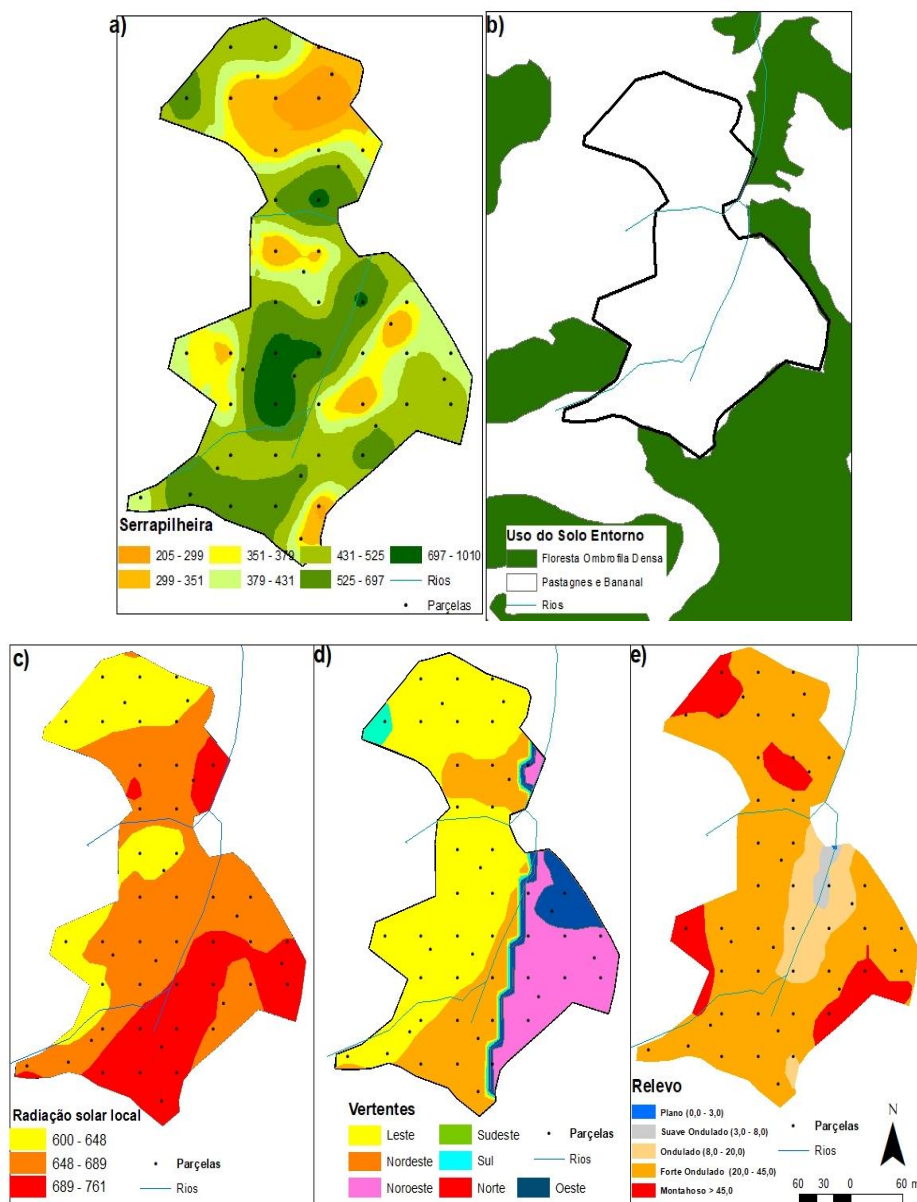


Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Variograma; b) Validação Cruzada

A validação cruzada (Figura 40 b) apresenta um coeficiente e regressão baixo de 0,49, $SE = 0,230$ porém, o ponto de intersecção de Y de 273 é muito alto, resultando no afastamento das linhas dos dados reais e estimados e com alguns pares de pontos dispersos, indicando certa desuniformidade na distribuição dos pontos ao longo das retas.

Figura 41-Mapas de isovalores serrapilheira, uso e ocupação do solo, Radiação solar, vertentes e relevo da Área 1.



Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Mapa de Serrapilheira; b) Mapa de Uso e ocupação do solo; c) Mapa de Radiação Solar; d) Mapa de vertentes; e) Mapa de relevo

Apesar da análise variográfica não ser muito satisfatória, o mapa (Figura 41a) demonstra claramente a distribuição espacial da serrapilheira acompanhando os locais com a maior presença de indivíduos arbóreos, o que pode indicar a boa distribuição da serrapilheira sobre a área, também associada à maior presença dos pés de banana e os indivíduos regenerantes, fatores que contribuem com os maiores volumes de serrapilheira. A alta radiação solar, e a

orientação das vertentes concentradas para Leste, Noroeste e Nordeste, pode ter contribuído para essa distribuição.

Os mapas de Isovalores da Área 1

Observou-se que na Área 1 a maioria das variáveis apresenta dependência espacial de moderada a forte nos variogramas, segundo Cambardella et al. (1994). Os parâmetros variográficos obtidos na análise geoestatística configuram boa variabilidade espacial a curta distância, para a maioria das variáveis escolhidas com valores muito próximos dos desejáveis (Tabela 06) possibilitando a obtenção de boa superfície interpolada por krigagem ordinária.

É possível constatar a influência do entorno da área no processo de regeneração. É nítido na distribuição espacial que as áreas mais próximas da floresta do entorno apresentam valores mais altos. Os mapas da krigagem permitiram detectar que as regiões onde ainda persiste o maior número de pés de banana é onde ocorrem menor número de espécies e de indivíduos, porém sem interferir negativamente na restauração.

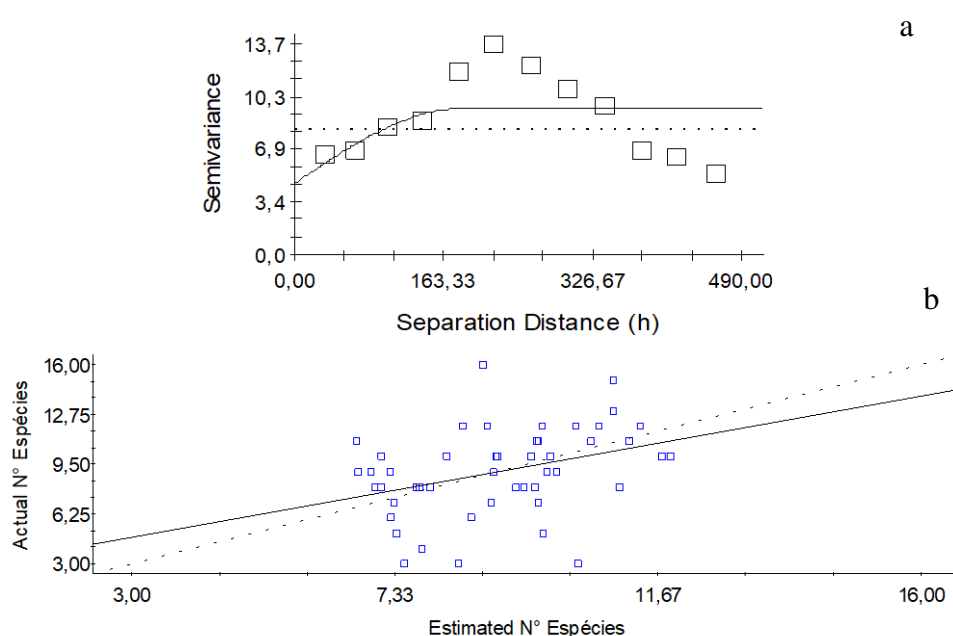
Ao analisarmos o conjunto dos mapas é possível constatar que a distribuição espacial do número de espécies e indivíduos tem uma distribuição semelhante e uniforme, onde há o aumento do n° de espécies há o aumento dos indivíduos, numa correlação forte e positiva. Por outro lado, essas variáveis apresentam valores menores onde a banana tem presença significativa, mesmo nas regiões mais próximas da floresta. A distribuição uniforme da serrapilheira por toda a área indica que há contribuição de matéria seca tanto da vegetação quanto dos bananais.

6.10.2 Análise Variográfica - Área 2

Nº de Espécies

Para o semivariograma do número de espécies (Figura 42 a), com efeito pepita de 4,66, um patamar de 9,55, alcance de 185,20 e $R^2 = 0,162$, uma dependência espacial moderada de 48,8 %, a linha da variância abaixo da linha da semivariância, resultados razoáveis para análise variográfica.

Figura 42-Semivariograma e Validação Cruzada N° de Espécies.

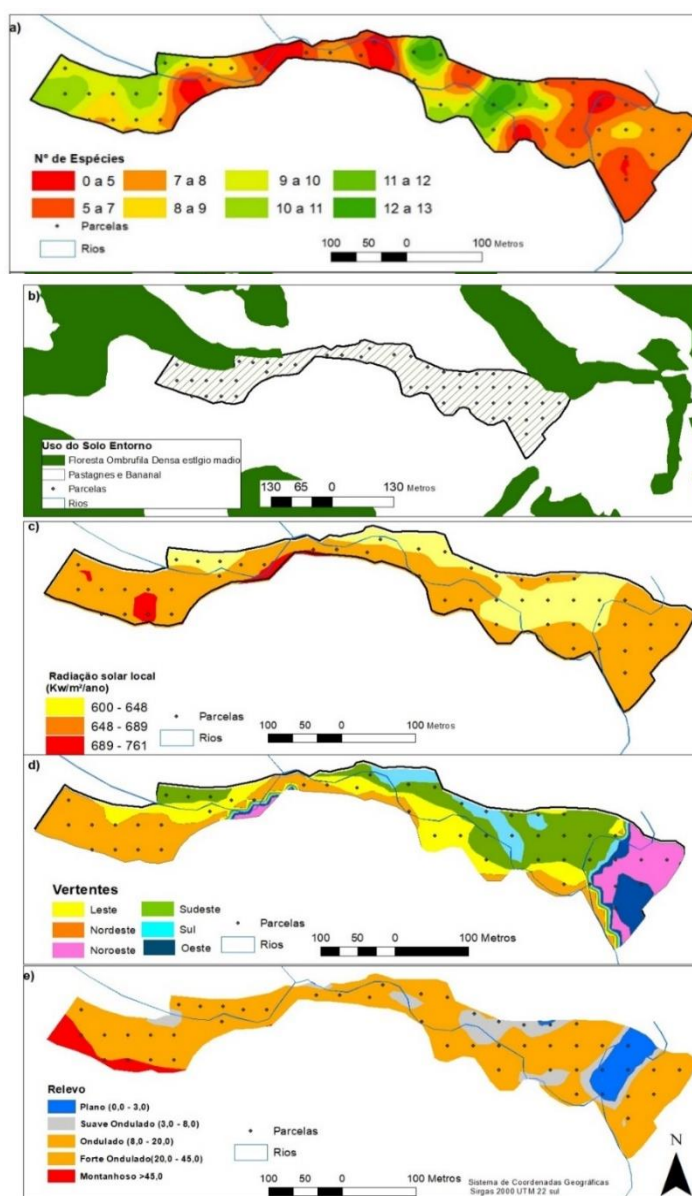


Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Variograma; b) Validação Cruzada

A validação cruzada (Figura 42 b) com o coeficiente de regressão alto de 0,710, $SE = 0,270$ baixo e o ponto de interseção de Y de 2,60, indica que há certa uniformidade na distribuição dos pontos ao longo da reta, e há proximidade dos dados reais em relação aos estimados, próximo ao desejado, com alguns pares de pontos distantes das retas. Esses resultados demonstram que há continuidade espacial na curta escala e que há dependência espacial entre os pares de pontos.

Figura 43-Mapas de isovalores N° de espécies, uso e ocupação do solo, radiação solar, vertentes e relevo da Área 2.



Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Mapa de N° de Espécies; b) Mapa de Uso e ocupação do solo; c) Mapa de Radiação Solar; d) Mapa de vertentes

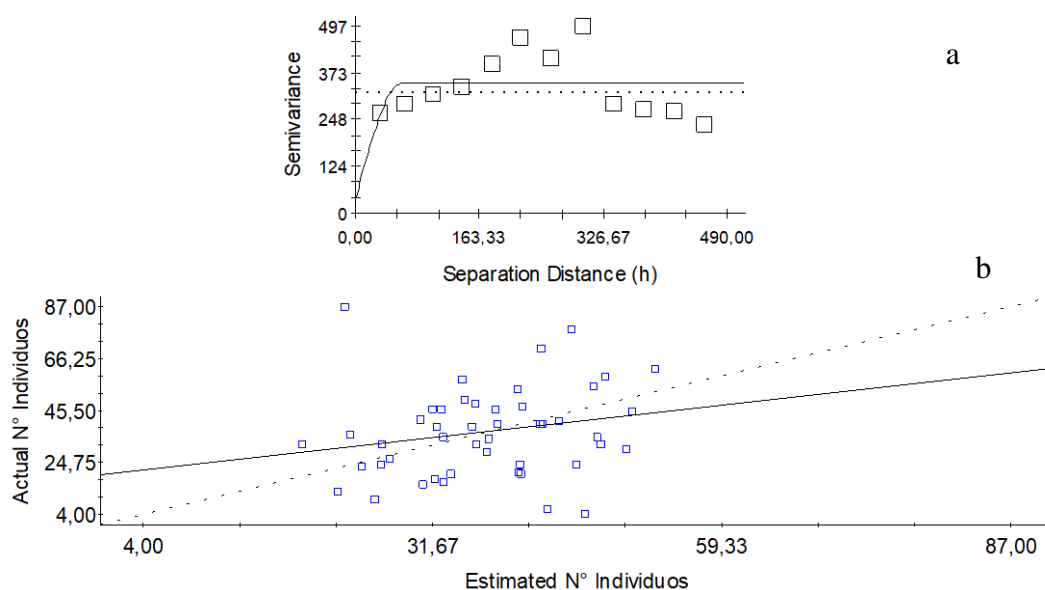
O mapa para n° de espécies (Figura 43a) indica onde há a maior e menor concentração das espécies. A distribuição espacial está bem definida, não há presença de olhos-de-boi, os locais onde há menos espécies estão muito próximos às áreas de uso e as estradas de serviço, e ocupadas por gramíneas. As regiões onde a distribuição espacial concentra os maiores valores são na vertente Leste, Sudeste e Nordeste e nas regiões mais próximas ao córrego e onde a mata tem contato com a área.

As áreas mais planas coincidem com as vertentes orientadas para Noroeste e Oeste, locais onde há um número menor de espécies, essas regiões recebem uma radiação solar maior durante o período da tarde deixando o ambiente mais quente e seco, o que pode ter favorecido a ocorrência dos incêndios nessa região. Também na região do estreitamento das áreas há uma redução do número de espécies, o que pode estar relacionado com o uso do solo do entorno, onde predominam gramíneas e bananais ativos.

Nº de Indivíduos

Para o semivariograma nº de indivíduos (Figura 44 a) apresentou efeito pepita alto de 35,8, patamar 344,20, alcance de 60,70 e $R^2=0,071$, com dependência espacial forte com 10,40%, alguns pares de pontos distantes da linha do patamar e variância indicando que não há uma boa uniformidade na distribuição dos dados, portanto baixa variabilidade espacial.

Figura 44-Variograma e Validação Cruzada N° Indivíduos.



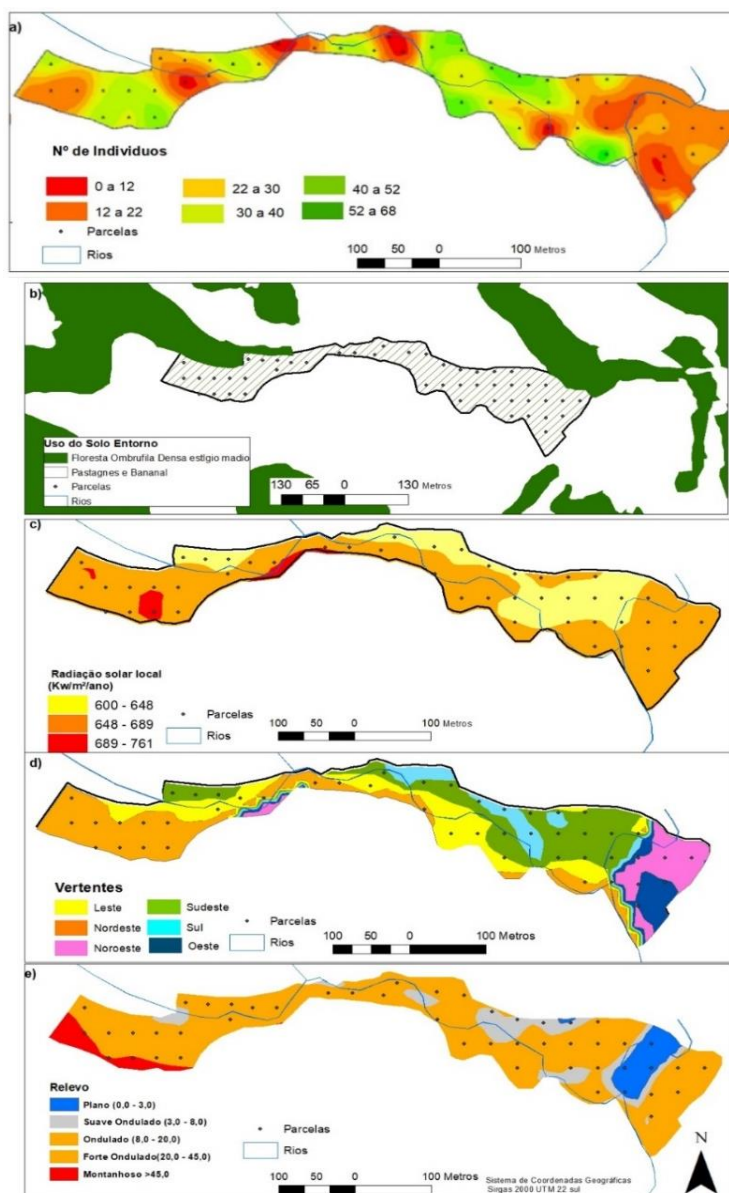
Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Variograma; b) Validação Cruzada

Na validação cruzada (Figura 44b), coeficiente de regressão baixo 0,467, $SE = 0,294$, o ponto de interseção de Y alto de 19, com as linhas dos valores estimados e real distantes uma da outra, e alguns pares de pontos dispersos. Apesar das linhas não estarem sobrepostas há certa uniformidade na distribuição dos pontos ao longo das retas. A validação cruzada apresentou resultado abaixo do esperado não demonstrando uma excelente predição do modelo. Porém,

ainda assim foi feita a interpolação pela krigagem a qual resultou um bom mapa da distribuição espacial dos indivíduos regenerantes.

Figura 45-Mapas de isovalores N° de indivíduos, uso e ocupação do solo, radiação solar, vertentes e relevo da Área.



Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Mapa de N° de Indivíduos; b) Mapa de Uso e ocupação do solo; c) Mapa de Radiação Solar; d) Mapa de vertentes

O mapa de isolinhas (Figura 45 a) indica claramente onde ocorre a concentração dos regenerantes, sobrepondo as regiões onde há o maior número de espécies, que são as áreas próximas à floresta remanescente e onde o córrego está encaixado e recebe aporte de nutrientes nas cheias. Apresentou alguns olhos-de-bois, o que não é desejável, isso se deve em função da Área 2 ser muito estreita e reticulada e estreita.

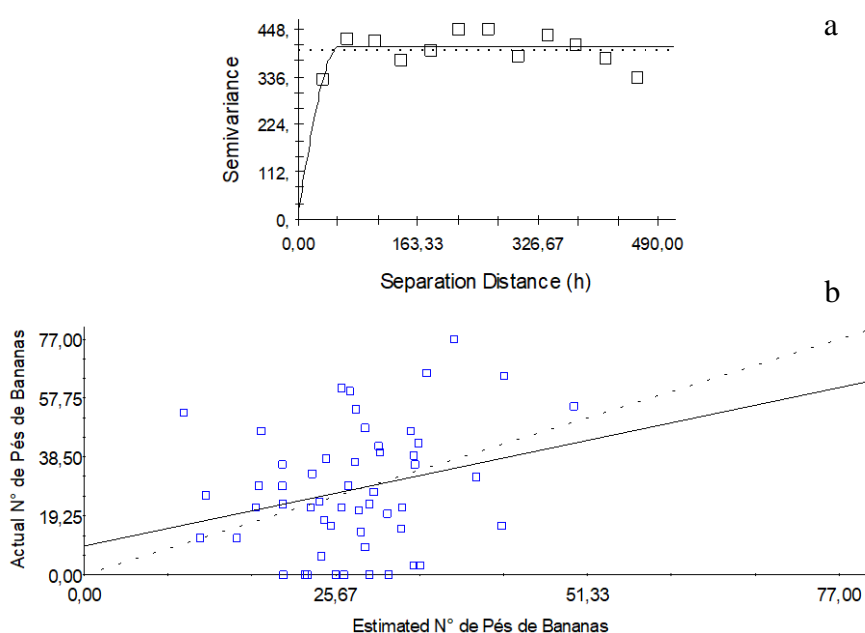
As regiões mais planas são onde ocorreram menos indivíduos, o que pode estar relacionado à presença nessa região das gramíneas e dos pés de banana. É nessa região que as vertentes estão voltadas para o Oeste e Nordeste, onde a radiação solar é mais alta, podendo comprometer o desenvolvimento da regeneração.

Nas regiões das vertentes voltadas para Leste, onde a radiação é menor, foi possível constatar que há um maior número de indivíduos e com uma distribuição mais uniforme. Pressupõe-se que a radiação pode ter interferido positivamente no processo.

Nº de pés de banana

Para o semivariograma do nº pés de banana (Figura 46 a), apresentou efeito pepita alto de 23, patamar com 405,00, alcance de 54,0 m e $R^2 = 0,29$, uma dependência espacial forte de 5,60%, a linha da variância sobreposta ao patamar, situação desejada.

Figura 46-Semivariograma e Validação Cruzada Pés de banana.

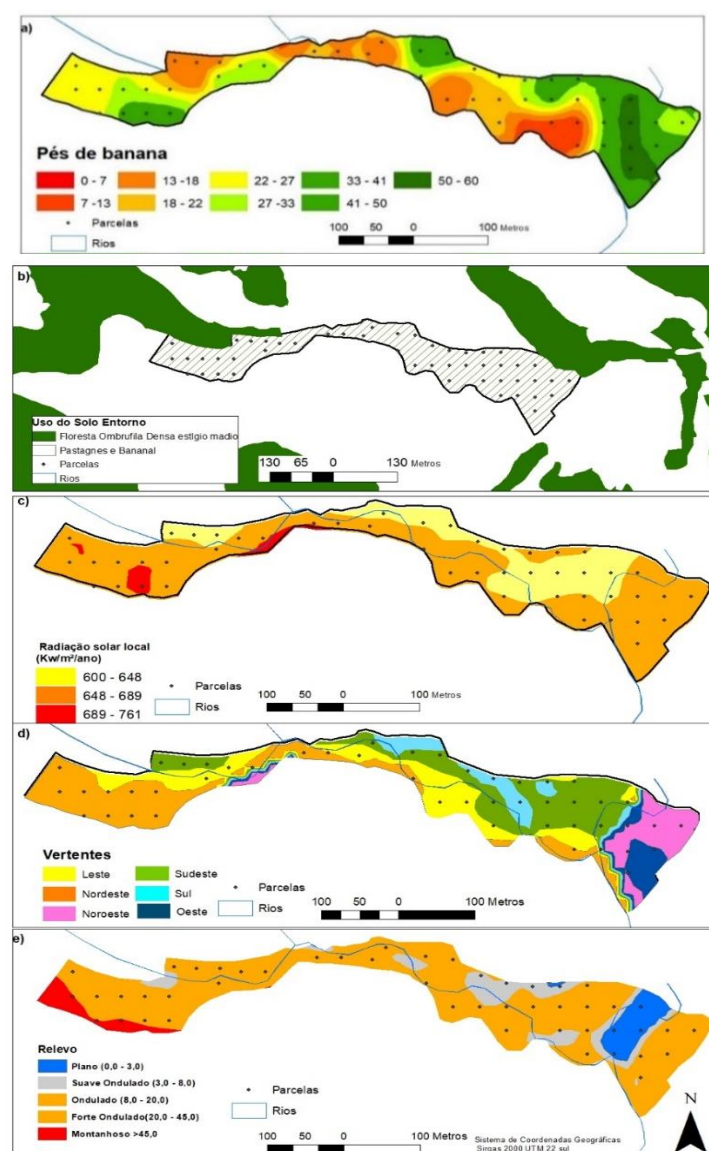


Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Variograma; b) Validação Cruzada

A validação cruzada (Figura 46 b) com um coeficiente de regressão alto de 0,672, $SE=0,346$, valores próximos do desejável, porém o ponto de interseção de $Y=9,38$ altos, com as linhas dos valores reais e estimados relativamente próximas, indicando certa uniformidade na distribuição dos pontos ao longo das retas. Sendo uma situação próxima a desejada, demonstrando que há uma razoável estimativa dos dados, o que possibilita a utilização da krigagem para a elaboração do mapa de distribuição espacial das bananeiras em campo. Esse resultado também se deve ao plantio do bananal em linhas, com espaçamentos definidos e constantes.

Figura 47-Mapas de isovalores N° de pés de banana, uso e ocupação do solo, radiação solar, vertentes e relevo da Área 2.



Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Mapa de N° de pés de banana; b) Mapa de Uso e ocupação do solo; c) Mapa de Radiação Solar; d) Mapa de vertentes

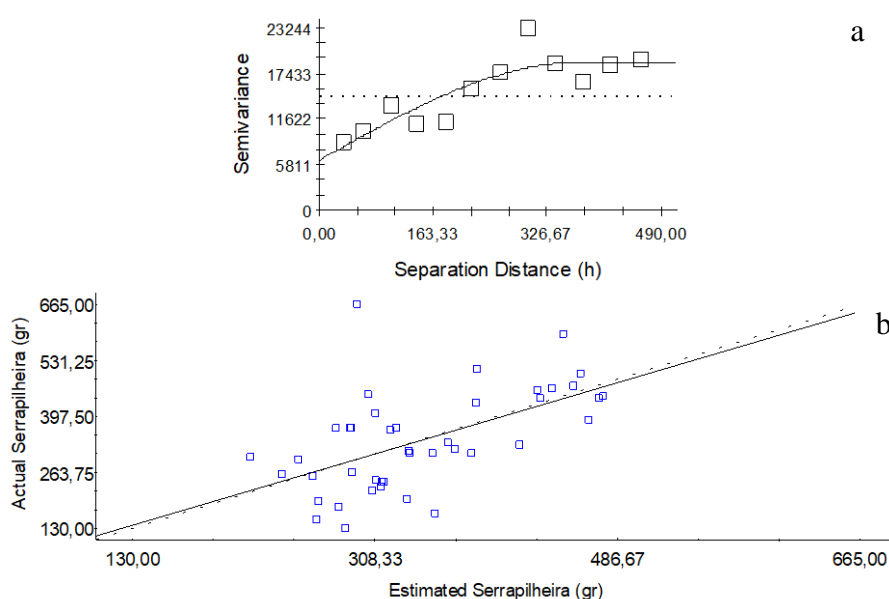
O mapa de isolinhas (Figura 47 a) apresentou uma boa distribuição por quase toda a área, exceto nas regiões onde a área sofreu perturbações, relacionadas a incêndios, e que proporcionaram o aparecimento de gramíneas, abafando as bananeiras. Esses locais estão nas divisas da área, próximos à estrada de serviço e de antigas moradias.

Nota-se também uma uniformidade na distribuição, isso em função do plantio das bananas ser feito em linhas e com espaçamentos bem definidos. A manutenção do bananal está mais relacionada à competição com as gramíneas e os indivíduos regenerantes que, associados à falta de manejo, acabam interferindo mais na distribuição espacial do bananal. Associado as regiões das vertentes Nordeste e Oeste é onde ocorreu o maior número de pés de banana, coincidindo com a radiação solar mais alta, o que pode estar contribuindo para a manutenção dos bananais.

Serrapilheira

Para o variograma para a serrapilheira (g) (Figura 48a) apresentou uma moderada dependência espacial 31,0%, porém com um efeito pepita muito alto de 6410, patamar de 18840,00, alcance de 372,00 m e $R^2 = 0,77$, valores que podem prejudicar a variabilidade espacial na curta escala, apesar de o variograma apresentar uma moderada dependência espacial.

Figura 48-Semivariograma e Validação Cruzada Serrapilheira.

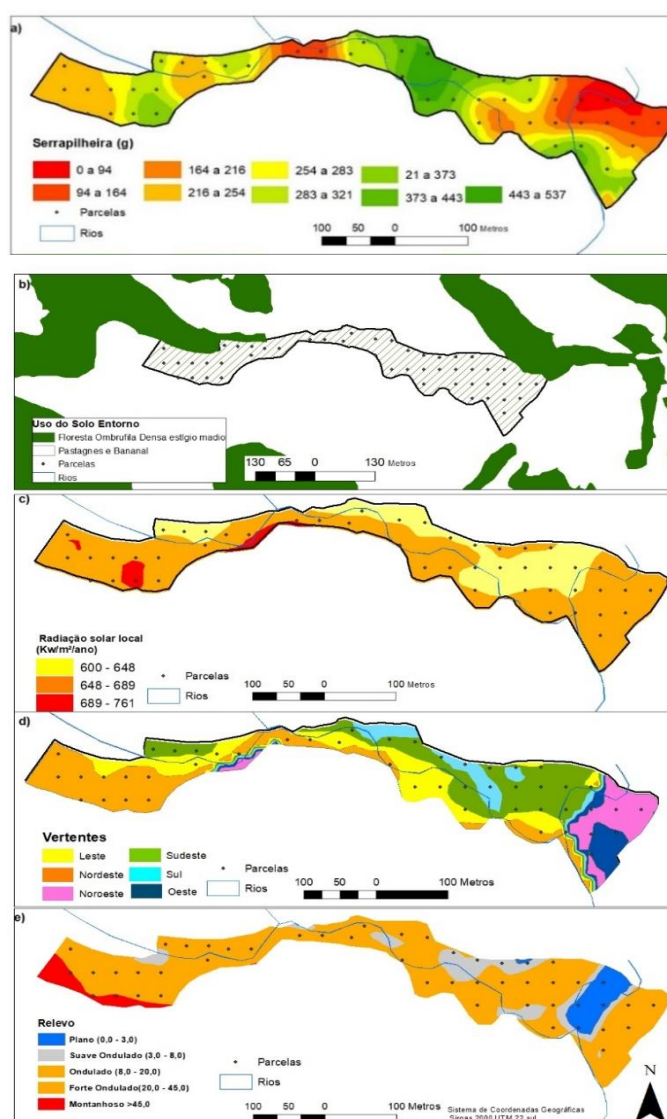


Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Variograma; b) Validação Cruzada

A validação cruzada (Figura 48 b), apresentou bons resultados tanto para o coeficiente de regressão com valor alto de 0,959, SE = 0,224 e ponto de interseção de $Y = 12,69$, próximo do desejável, e com as linhas dos valores estimados e reais praticamente sobrepostas, com uma boa variabilidade espacial, indicando uniformidade na distribuição dos pontos ao longo das retas e demonstrando que houve razoável estimação dos dados. Cabe destacar que, para o semivariograma e a validação cruzada, foram feitos com 42 pontos, pela presença de muitos valores extremos, o que possibilitou um bom ajuste do modelo em um bom mapa de isolinhas.

Figura 49-Mapas de isovalores serrapilheira, uso e ocupação do solo.



Fonte: Autoria própria

Legenda: a) Serrapilheira(g); b) Radiação Solar; c) Relevo- Uso e ocupação do solo

O mapa da serrapilheira (Figura 49 a), demonstra que houve maior influência das espécies e dos regenerantes, pois onde há maior presença há o aumento da serrapilheira no solo. É possível notar que também há contribuição das bananeiras na distribuição da serrapilheira pela área, contribuindo com o volume de material depositado no solo. As regiões de maior concentração da serrapilheira são as áreas onde o relevo é encaixado em direção ao rio que corta a área com predominância de relevo ondulado. Onde a concentração de serrapilheira é menor são as regiões mais planas nas vertentes Sudeste e Noroeste, que coincidem com as regiões com maior presença das gramíneas.

Os mapas de Isovalores da Área 2

Os mapas de isolinhas da Área 2 demonstram como estão distribuídas em campo as variáveis analisadas, indicando com clareza onde há concentração dos maiores e menores valores, como pode ser observado nos mapas de isolinhas de cada variável. É possível verificar as microrregiões com as grandes diferenças, ou seja, do mínimo que é de zero aos valores máximos encontrados, permitindo detectar as mudanças espaciais que ocorreram na área.

Foi possível visualizar a distribuição espacial desuniforme, em virtude dos distúrbios que ocorreram na Área 2 em função da presença de gramíneas invasoras, que não possibilitaram a regeneração total da área, que são potencializados em função do formato estreito e alongado da área. O que pode ter influenciado tanto para a facilitação do processo de regeneração quanto para o impedimento do mesmo. Os mapas de isolinhas obtidos para o n° de espécies e para o n° de indivíduos regenerantes apresentam uma distribuição similar, como era esperado, por terem uma alta correlação.

Os mapas de isovalores para as duas áreas

Para a Áreas 1 e 2 (com 8 e 4 anos de abandono dos tratos culturais dos bananais respectivamente), a produção dos mapas temáticos por meio da krigagem ordinária permitiu uma melhor visualização da variabilidade espacial das variáveis estudadas, indicando claramente como está ocorrendo espacialmente a regeneração natural das duas áreas, que apresentaram distribuições espaciais bem distintas. Enquanto que na Área 1 há uniformidade na distribuição das variáveis, na Área 2 a distribuição espacial não é uniforme. Isso em virtude

do formato da Área 2, que é reticulada e por ter uma região de estrangulamento, e também em relação à influência do uso do solo do entorno, que interferiu no processo.

Fernandes Filho e Sá (2007) e Mello (2009) citam que nas regiões subtropicais, as regiões com orientação das vertentes voltadas para o Norte recebem maior incidência da radiação solar, principalmente nos períodos da tarde que são radiações solares mais intensa, do que as vertentes voltadas para o Sul e Leste, resultando numa maior evapotranspiração com menores umidades, o que pode influenciar no desenvolvimento da vegetação. As vertentes voltadas para o Sul e Leste concentram a radiação solar no período da manhã, que é uma insolação mais amena com menos evapotranspiração, o que influencia positivamente na vegetação. Na Área 1 em que predominam as vertentes para Leste, isso pode contribuir para o desenvolvimento mais homogêneo da regeneração natural, enquanto que na Área 2 nas regiões das vertentes voltadas para o Oeste e Norte e coincidem com a regiões onde ocorreram os incêndios e a presença das gramíneas, o que acabou prejudicando desenvolvimento da regeneração.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os indicadores ecológicos apresentaram resultados adequados, indicando que a regeneração passiva está ocorrendo.

- Na Florística das duas áreas, os resultados são adequados em relação ao tempo de abandono de cada área para: n° de indivíduos regenerantes, n° de espécies, famílias botânicas, síndrome de dispersão, grupos sucessionais e os índices de diversidade próximos aos desejáveis;
- Cobertura de copas: dentro do nível adequado;
- Fertilidade do solo: nas duas áreas apresenta bons indicadores para culturas florestais;
- Densidade e porosidade do solo: apresentaram correlação forte, evidenciando as inter-relações existentes entre os diferentes atributos físicos, com resultados adequados para o desenvolvimento florestal, em função da disponibilidade da matéria orgânica advinda da serrapilheira depositada no solo;
- Serrapilheira: na Área 1, resultados são adequados; na Área 2, os resultados estão abaixo dos estudos apresentados, devido ao período menor de abandono do bananal e por ter 20% das parcelas sem estoque de serrapilheira, prejudicando o acúmulo dos materiais na área;
- Índices de diversidade (Shannon, Simpson e Jaule-Equitabilidade): apresentaram valores adequados para as duas áreas e se aproximam dos valores ideais de diversidade.

As análises estatísticas demonstraram as diferenças e similaridades das duas áreas e contribuíram para compreensão do processo da restauração que está ocorrendo em campo.

As análises dos semivariogramas indicam que apenas para as variáveis n° de espécies, n° de indivíduos, n° de pés de banana e serrapilheira foi possível realizar a interpolação por krigagem ordinária. Para as duas áreas estudadas, o modelo esférico foi o que proporcionou melhores resultados para os semivariogramas experimentais. A análise variográfica na Área 2 foi prejudicada, em função de os resultados da maioria dos atributos apresentarem valores não desejáveis.

O mapa do uso do solo e cobertura florestal foi o que melhor contribuiu para explicar os processos ecológicos: a Área 1 é cercada por florestas, contribuindo para a homogeneidade na distribuição espacial das espécies/indivíduos/regenerantes, enquanto que na Área 2, apesar

de haver floresta no seu entorno imediato, as pastagens e bananais são predominantes, o que pode explicar os distúrbios que a área sofreu e que acabaram prejudicando a distribuição espacial das variáveis utilizadas.

A geoestatística foi relevante para indicar locais em que pode se tornar necessário tomar medidas de manejo no caso da restauração passiva, e de intervenções necessárias, em projetos de restauração ativa.

A utilização do cruzamento do resultado dos mapas de isovalores com os mapas de solos, relevo e radiação solar e vertentes pode também ser ferramenta útil nos projetos de restauração ecológica. A distribuição da radiação solar nas duas áreas demonstrou que o relevo e a orientação das vertentes tiveram mais influência na Área 1, onde ocorre um relevo mais declivoso, de forte ondulado a montanhoso e nas vertentes Leste, Nordeste e Noroeste. Na Área 2, a variação da radiação solar foi um pouco menor, onde predomina um relevo ondulado nas vertentes Nordeste, Sudeste e Leste.

Os bananais estão em processo de decadência produtiva e, quanto mais a floresta se estabelece, mais vão desaparecendo e dando lugar aos regenerantes. Mas mesmo os bananais permanecendo nas áreas, a regeneração natural e seus processos ecológicos estão ocorrendo.

As análises estatísticas cancelaram numericamente o processo de restauração em campo e os mapas possibilitaram a visualização espacial desse processo, indicando se há ou não necessidade de intervenção.

O monitoramento é fundamental para que barreiras ou agentes externos e antrópicos possam ser enfrentados a tempo de não prejudicar o processo de restauração.

7.1 APLICAÇÕES PRÁTICAS

- Disponibilização de lista de espécies e famílias a serem utilizadas em projetos de restauração em áreas similares ao estudo. O estudo é um banco de dados onde é possível verificar quais as melhores espécies para restauração em uma das regiões mais importantes do estado de São Paulo, como o Vale do Ribeira, mas que também vale para outras regiões de Mata Atlântica.
- Disponibilização de roteiros para a elaboração de mapas de caracterização física de uma região de estudo. O estudo aponta os caminhos para elaboração de mapas de radiação solar, de vertentes, de declividade, como adquirir imagens de satélite e usar as tecnologias disponíveis para processamento das imagens e dados e geração dos mapas.

Também são apontadas as ferramentas e softwares de estatística e geoestatística para melhor compreensão e análise dos processos de restauração.

- Disponibilização de instrumentos de pesquisa e/ou equipamentos de coleta dos dados e materiais e de uma gama de informações que podem ser aplicadas em outros estudos afins.
- Disponibilização de duas áreas de campo preparadas e georreferenciadas para aprofundamento da pesquisa ou realização de novos estudos, que podem estar relacionados: ao comportamento do solo ao longo do tempo; à diversidade de espécies; ao incremento do crescimento de espécies econômicas e/ou para fins medicinais; ao incremento de diâmetro das espécies; ao surgimento espontâneo de espécies; à análise do comportamento dessas espécies tendo em vista a utilização em outros projetos de restauração; à análise das espécies e famílias que melhor se adaptam à recuperação de áreas de reserva legal com bananais; ao desenvolvimento da regeneração em área com a presença de gramíneas. Outro estudo fundamental que pode ser feito nas áreas georreferenciadas é o incremento do sequestro de carbono em áreas de regeneração natural com bananais abandonados.

8 CONCLUSÃO

A hipótese de que um bananal abandonado pode se transformar em floresta foi confirmada ao longo do estudo. Os resultados apresentados comprovam que esse processo pode recuperar áreas antes utilizadas para a agricultura. O levantamento da vegetação regenerante e sua distribuição espacial, somados ao volume de serrapilheira, à cobertura de copas e às condições físicas e químicas do solo, indicam a capacidade das áreas de se recuperarem ecologicamente ao longo do tempo. O estudo mostrou que, mesmo que os bananais permaneçam nas áreas - com um número considerável de pés de banana, a regeneração natural está ocorrendo.

Se considerarmos que a restauração ecológica/florestal preconiza a tentativa da volta da situação original de uma floresta, ela não deve apenas abarcar a recuperação da diversidade da vegetação, mas, principalmente, levar em conta a recuperação dos processos ecológicos, como a ciclagem de nutrientes, a formação de solos, a polinização, a dispersão de sementes, entre outros atributos necessários à reprodução, crescimento, migração e adaptação evolutiva de uma área. Nas duas áreas estudadas os resultados apontam para esses atributos ecológicos e confirmam que áreas com bananais - onde o manejo e os tratos culturais são cessados - podem se transformar em floresta.

Os resultados desse estudo nos apontam também caminhos para a restauração. O trabalho demonstra claramente que a restauração passiva é uma metodologia viável para restaurar, inclusive atendendo aos indicadores legais e indicando, também, que populações estão restauradas e podem persistir, a longo prazo, na paisagem em constante transformação.

O estudo comprova que bananais abandonados podem sim, ao longo do tempo, se transformar em floresta, sem necessidade de aporte de grandes investimentos financeiros, como ocorre com a restauração assistida. No entanto, o processo de restauração passiva exige observação e monitoramento por parte do restaurador. Ou seja, não se trata de simplesmente abandonar a área: a restauração passiva requer o acompanhamento da regeneração, no sentido de que o restaurador fique atento e procure evitar que ocorram barreiras ou distúrbios, como incêndios ou o aparecimento de gramíneas, ocorrências estas que podem prejudicar o processo da restauração.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, A.G. Avaliação do potencial da regeneração natural e o uso da semeadura direta e estaquia como técnicas de restauração. 2012. 168p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2012.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen’s climate classification map for Brazil, *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALCÂNTARA, F. A. Manejo agroecológico do solo - Embrapa Arroz e Feijão. 28 p. Santo Antônio de Goiás, (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644 ; 314), 2017.
- ALVES, M. A. e PEDERIVA, J.H., O processo orçamentário federal e a execução das despesas em dezembro: estratégia de planejamento orçamentário?, *Revista de Políticas Públicas*, v, 19, n, 1, 2015,
- AMARAL, L. P.; FERREIRA, R. A.; WATZALAWICK, L. F.; LONGHI, S.J.; SEBEM, E. Influência da floresta alterada na distribuição espacial de três espécies da Floresta Ombrófila Mista avaliada pela geoestatística. *Revista Árvore*. v. 37, n. 3, p. 491-501, mar. 2013.
- ANDRIOTTI, J. L. D. Fundamentos de estatística e Geoestatística. São Leopoldo: 165p. Editora UNISINOS, 2003.
- ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso da Terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, p.307 – 315 2004.
- ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, v.5, n.1, p.187-206, 2012. DOI: 10.5777/PA e T.V5.N1.12.
- ARIMA, E.; BARRETO, P.; BRITO, M. Pecuária na Amazônia: tendências e implicações para a conservação ambiental. Belém: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, 2005.
- ARSHAD, M.A e MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.88, n.2, p.153-160, 2002.
- ATTANASIO, C.M. Adequação ambiental de propriedades rurais, recuperação de áreas degradadas e restauração de matas ciliares. LERF/ESALQ – Piracicaba, 2006.
- BAZI, C. A., Produção e decomposição de serapilheira em um fragmento urbano de Mata Atlântica Dissertação (Mestrado) - Instituto de Botânica da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, 2019 São Paulo, 2019.
- BARLOW, A.J. et al. Litter fall and decomposition in primary. secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*. v. 247. p. 91–97. 2007.

BHAGWAT, S. A.; WILLIS, K. J.; BIRKS, H. J. B.; WHITTAKER, R. J. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends in Ecology & Evolution*, v. 23, n. 5, p. 261, maio 2008.

BIM, O. J. B. Mosaico do Jacupiranga Vale do Ribeira SP: conservação, conflitos e soluções sócio ambientais. Dissertação, Geografia, FFLCH USP, São Paulo:
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-11012013-115542/pt-br.php> acesso junho 2018, 2012, 260.

BIM, O. J. B.; FURLAN, S. A. "Mosaico do Jacupiranga-Vale do Ribeira/SP: conservação, conflitos e soluções socioambientais." *Agrária* (São Paulo. Online) 18 (2013): 4-36.

BLAKE, G. R. e HARTGE, K. H. BULK density. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods*. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 425-442.

BRANCALION, P. H. S. GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. Restauração florestal. [S.l: s.n.]. 2015. São Paulo: Oficina de Textos.

BRANDÃO, C. B. e SILVA, A. S. O. Uso de Pedoindicadores no Processo de Avaliação da Restauração Florestal de Áreas Degradadas do Município de Santo Antônio de Pádua-RJ. *Revista Geografia, Londrina*, v. 30, ed. 2, p. 191-209, Jul 2021.

BRASIL Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil>. Acesso em: 01 mar 2018.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Planaveg: Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa / Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério da Educação. – Brasília, DF: MMA, 2017. 73 p.

BUFFO, J.; FRITSCHEN, L. J.; MURPHY, J. L. Direct solar radiation on various slopes from 0 to 60 degrees north latitude. Portland: Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, 1972, 74p. Disponível em: < http://www.fs.fed.us/pnw/pubs/pnw_rp142.pdf >. Acesso em: 14 jan. de 2022.

DARONCO, C. Atributos funcionais de espécies arbóreas e a facilitação da regeneração natural em plantios de mata ciliar. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Botucatu, 2013.

CAMARGO, O.A. e ALLEONI, L.R.F. Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba, SP: ESALQ, 132p. 1997.

CAMBARDELLA, C.A., et al. Field'sclale eviability of soil in Central Iowa soilss. *Soil Science Society of America Journal* v. 5.p. 1501 – 15011-1994.

CAMPELLO, E. F. C. Sucessão vegetal na recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Ed.). *Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa. MG: Universidade Federal de Viçosa. 1998. p.183-196

CATI. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral- documento interno – 2015.

- CHAZDON, R.L. et al. Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. *Science Advances* 2, e1501639 (2016).
- CARNAUBA, A.F. Análise da restauração passiva por meio de indicadores ecológicos em floresta tropical, Alagoas – Brasil. 2020. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- CARNEIRO, P. H. M. e RODRIGUES, R. R.. Management of monospecific commercial reforestations for the forest restoration of native species with high diversity. In: RODRIGUES, R. R. et al. High diversity forest restoration in degraded areas: methods and projects in Brazil. New York: Nova Science Publishers, 2007. p.129-144
- CARPANEZZI A.A. Fundamentos para a reabilitação de ecossistemas florestais. – EMBRAPA I semana do estudante universitário- Florestas e Meio Ambiente - 2003
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50913/1/Carpanezzi>. Acessado em 10 de março de 2022.
- CAVA M.G, ISERNHAGEN I. MENDONÇA A.H., DURIGAN G. Comparação de técnicas para restauração da vegetação lenhosa de Cerrado em pastagens abandonadas1 *Hoehnea* 43(2): 301-315, 2 tab., 2 fig., 2016.
- CEZAR, P. B. A Floresta da Tijuca e a Cidade do Rio de Janeiro. Editora Nova Fronteira RJ, 1992.
- CREPALDI, M. O. S. e PEIXOTO, A. L. 2013. Florística e Fitossociologia em um fragmento manejado por quilombolas em Santa Leopoldina, Espírito Santo, Brasil: ferramentas para restauração no Corredor Central da Mata Atlântica. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão (N.Sér.)*, 31: 5-24.
- COOTE, D.R. e RAMSEY, J.F. Quantification of the effects of over 35 years of intensive cultivation on four soils. *Can. Journal Soil Science*, n.63. p.1-14. 1983.
- DALE, V. H. e BEYELER, S. C. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, v. 1, n.1, p. 3-10, 2001.
- DEAM, J.W. A ferro e fogo: A historia de devatação da mata atlântica Brasileira. São Paulo: Ed. Companhia das Letras, 1996.449p.
- DORAN, J.W. e PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, Wisconsin: Soil Science Society American, 1994. p. 3-21. (Special Publication, 35).
- DRUMOND, M. A.; MEIRA NETO, J. A. A. 1999. Composições florística e fitossociológica de uma mata secundária de um trecho de Mata Atlântica. *Santa Maria: Ciência Rural*, Santa Maria, 29: 657-661.
- EMBRAPA. Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. Rio Branco AC: EMBRAPA Acre 2003. p. 20-27.

_____. Manual de métodos de análise de solo. 3ª Edição Revista e Ampliada. EMBRAPA. Brasília. 2017.

_____. Código florestal adequação ambiental – paisagem Rural 2016
<https://www.embrapa.br/codigo-florestal/estrategias-e-tecnicas-de-recuperacao> acesso em 15 de janeiro de 2023.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS**. Versão 10.8. [S. l.]: ESRI, 2021. 1 CD-ROM

FERNANDES F., E. I. e Sá, M. M. F. Influência das variáveis do terreno na radiação solar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5751-5753. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em:
 <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.19.56>>. Acesso em: 10 março 2022.

FERREIRA, Leandro Valle; VENTICINQUE, Eduardo; ALMEIDA, Samuel. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. Estudos Avançados, n. 19, p. 53, 2005.

FERREIRA L.V. Contribuições para o monitoramento e avaliação de áreas em restauração na Mata Atlântica esforço de amostragem ideal, valores de referências para os indicadores ecológicos e diferenças entre métodos Tese Doutorado UNICAMP, Campinas SP 2019.

FERRETTI, A.R. Modelos de plantio para restauração. In: A restauração da Mata Atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural 2002.

FIORENTIN, L. D. et al. Análise florística e padrão espacial da regeneração natural em área de Floresta Ombrófila Mista na região de Caçador, SC. Floram, Seropédica, v. 22, n. 1, p. 60-70, 2015.

FROUFE, L.C.M.; SEOANE, C.E.S.; BIM, O.J.B.; SILVA, F.A.M.; SAKAI, R.H.; LIMA, A.D. Potencial de estoque de carbono em agroflorestas maduras do Vale do Ribeira, SP. In: LIMA, A.D. Sistemas Agroflorestais: estocando carbono, regenerando o ambiente e gerando renda às famílias agricultoras – Resultados das pesquisas do Projeto Agroflorestar: Vale do Ribeira. 2019. Cap. 3. pp. 30-60. Disponível em: https://13207642-fc58-a931-ebb1-02fa4c1196a.filesusr.com/ugd/e4b2ec_3bbf28cc945c4baabd84097b8cb2c29e.pdf, acesso em 04/02/2022.

FROUFE, L.C.M.; SEOANE, C.E.S. Levantamento fitossociológico comparativo entre sistema agroflorestal multistrato e capoeiras como ferramenta para a execução da reserva legal. Pesq. Flor. Bras., 31(67): 203-225. 2011. Doi 10.4336/2011.pfb.31.67.203.

GANDOLFI, S.; JOLY, C. A.; RODRIGUES, R. R. Permeability-impermeability: canopy trees as biodiversity filters. Scientia Agricola, v. 64, n. 4, p. 433-438, 2007.

GANN, G. D. et al. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. Restoration Ecology, v. 27, n.1, p. 1-46. 2019.

GERHARDT, E. J. et al. Contribuição da análise multivariada na classificação de sítios em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Baseada nos fatores físicos e morfológicos do

solo e no conteúdo de nutrientes da serapilheira. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 41-57, abr./jun. 2001.

GODEFROY, J. e JACQUIN, F. Relation entre la stabilité structurale des sols cultivés et le apports organiques en conditions tropicales; comparasion avec les sols forestiers. *Fruits*, n.30. p. 595-612. 1975.

GOMES et al. – A sucessão florestal em roças em pousio: a natureza está fora da lei? *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 41, n. 99, p. 343-352, set. 2013.

GUIMARÃES E. F. et al. Piperaceae. In: *Flora do Brasil em Construção Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/floradobrasil/FBI12780> acesso 2016

HAMILTON, L. S. *Forest and Water*. Rome: FAO, 2008, 78 p. (Forestry Paper, 155).

HOFFMANN, R. *Estatística para economistas*. 4ª. Edição revisada e ampliada. São Paulo, 2006.

HOLL, K. D. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate and soil. *Biotropica*, v. 31, p. 229-242, 1999.

HOWE, H.F. e SMALLWOOD, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology Systematics* 13: 201-228.

IBGE. *Produção Agrícola Municipal*. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 17 jun. 2022.

ISA. “Plano Diretor para recomposição florestal visando à conservação de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio ribeira de Iguape e litoral sul”. Registro: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, 2014.

KAGEYAMA, P. Y. e CASTRO, C.F.A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantação de espécies arbóreas nativas. *IPEF*. Piracicaba, 41 / 42:83-93, 1989.

KINDEL. A.; BARBOSA. P.M.S.; PÉREZ. D.V.; GARAY. I. Efeito do extrativismo seletivo de espécies arbóreas da Floresta Atlântica de Tabuleiros na matéria orgânica e outros atributos do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.23. n.3. p.465-474. 1999.

LEPSCH, J F. et al. Macro Zoneamento de terras da região do Vale do Ribeira de Iguape, SP. Campinas: Boletim IAC, 1990.

_____. Levantamento de reconhecimento com detalhes dos solos da Região do Rio Ribeira de Iguape no Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999.

_____. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas, Soc.Bras.Cienc.do Solo 2001.175p.

_____. 19 lições de Pedologia. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

LIOTTE, S. V. Utilização de técnicas de geoprocessamento para apoio ao planejamento físico-territorial do município de Pariqueira-Açu/SP. 2000. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. doi:10.11606/D.44.2000.tde-22102015-143532. Acesso em: 2023-06-16.

LIVRAMENTO, G. e NEGREIROS, R.J. Z. Banana: Recomendações técnicas para o cultivo no litoral norte de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri. 101p. (Epagri. Sistema de Produção. 49), 2016.

LUCIANO, A. C. S. Modelagem da distribuição da radiação solar incidente na superfície do terreno a partir de dados São José dos Campos : INPE, 2015. 88 p; (sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/02.24.16.10-TDI)

MAFRA, A. L. et al, J. Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais. Revista Árvore, Viçosa, v. 32, p. 217-224 2008.

MANTOVANI, W., 1993. Estrutura e Dinâmica da Floresta Atlântica na Juréia, Iguape – SP. Tese (Livre Docência). São Paulo: Universidade de São Paulo, 126p. 1993.

MASSERA, O. R.; ASTIER, M.; LÓPEZ, S. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El Marco de evaluación MESMIS. México: Mundiprensa, Gira, UNAM, 1999.

MARTINS, S.V. Recuperação de áreas degradadas. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2013.

MELO, A.W.F.de. Avaliação do estoque e composição isotópica do carbono do solo no Acre. Dissertação (Mestrado). ESALQ/USP Piracicaba. 73p. 2003.

MELO A. C. G.; MIRANDA, D. L. C.; DURIGAN, G. Cobertura de copas como indicador de desenvolvimento estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no Médio Vale do Paranapanema, SP, Brasil. Revista Árvore, Viçosa, v. 31, p. 321-328, 2007.

MELLO, T.F... Estrutura da vegetação, cobertura florestal e preferências de uso da paisagem associadas a vertentes: as quase florestas de São Luiz do Paraitinga. 2009. Dissertação de (Mestrado em Ecologia), Universidade de São Paulo

MOURA C. Caracterização da Dinâmica da Regeneração Natural de duas Fisionomias de Floresta Ombrófila densa na Região da Jureia, Litoral Sul/ Vale do Ribeira, SP Dissertação USP – 2016.

MOURA, C. e MANTOVANI, W. Regeneração natural da floresta ombrófila densa após oito anos de abandono de atividades agrícolas em Miracatu, Vale do Ribeira, SP. Revista do Instituto Florestal, v. 29 n. 1 p. 91-119, <http://dx.doi.org/10.24278/2178-5031.201729106>. 2017.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (United States of America).Imagem:S1A_IW_GRDH_1SDV_20230418T083936_20230418T084001_048148_05C9F5_F1C9. [S. l.]: NASA, 2022. 1 imagem captada pelo sensor PALSAR do satélite ALOS. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu>. Acesso em: 13 abr.2022

NBL – Engenharia Ambiental Ltda e The Nature Conservancy (TNC). Manual de restauração florestal: um instrumento de apoio à adequação ambiental de propriedades rurais do Pará. Belém: The Nature Conservancy, 2013. 128 p

NEVES, D. A. Geoestatística aplicada ao estudo da variabilidade de espécies nativas em fragmentos do cerrado brasileiro no estado de São Paulo. 2013, Tese - Universidade da Coruña. Instituto Universitario de Xeoloxía, Curuna http://hdl.handle.net/2183/11579/https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/11579/Neves_DeboraAndreia_TD_2013.pdf?sequence=4&isAllowed=y Acessado em Dezembro de 2022

NOMURA, E. S. Cultivo da Bananeira. Campinas, CDRS, 2020. 178p. 23cm (Manual Técnico, 82). CDD. 634.722.

O'CONNELL, A.M. & SANKARAN, K.V. 1997. Organic matter accretion, decomposition and mineralisation. In: Nambiar, E.K.S. & Brown, A.G. (Eds) Management of Soil, Nutrients and Water in Tropical Plantation Forests. 443–480. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra 2002.

ODUM E.P.,(1969) The strategy of ecosystem development. Science 164:262–270

ONU. Década da Restauração - Disponível em: <https://www.decadeonrestoration.org/pt-br/sobre-decada-da-onu> 2022 - Acesso em janeiro de 2023.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FONSECA, V.H.; BRANCO, C. Proposta de protocolo de monitoramento de áreas degradadas e sistemas agroflorestais. Relatório Técnico. UFSCar, Sorocaba. 2012.

PELISSARI, A. L.; CALDEIRA, S. F.; DRESCHER, R.; SANTOS, V. S. Modelagem geoestatística da dinâmica espacial da altura dominante de *Tectona grandis* L.f. (teca). Enciclopédia Biosfera, v. 8, p. 1249-1260, 2012.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas. p. 221-229. (IAC. Boletim Técnico. 100) 1997.

REFLORA-Herbário-Virtual. Disponível em: <https://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/> Acesso em 2/5/2023

RIBEIRO, A. I., “Mecanização no preparo de solo em áreas degradadas por mineração na Floresta Nacional do Jamari (Rondonia-BR).” TESE, Engenharia Agrícola, FEAGRI, Campinas, 2005, 121.

RIBEIRO, M.C., The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. Biological Conservation, 2009.

RODRIGUES, R.R. Restauração de florestas tropicais indicadores de avaliação e monitoramento vegetal. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS. 4.. 1998. Águas de Lindóia. Anais... São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo. v.5. p.179-183. 1998.

RODRIGUES R R et al. Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal [organização edição de texto: São Paulo: LERF/ESALQ : Instituto Bio Atlântica, 2º edição 2009.

ROSSI, M. Fatores formadores da paisagem litorânea: a bacia do Guaratuba, SP – Brasil. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1999. (Tese de Doutorado).

_____. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. V.1. 118p.

SALLA, V. P.; DANNER, M. A.; CITADIN, I.; SASSO, S. A. Z.; DONAZZOLO, J.; GIL, B. V. Análise de trilha em caracteres de frutos de jabuticabeira. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.50, n.3, p.218-223, 2015.

SALVIANO, A. A. C. Variabilidade de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* em solo degradado do município de Piracicaba-SP. 1996. 91p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

SPIEGEL, M.R. Estatística. 3º ed. São Paulo: Mkron Books, 1993. 643p.

SÃO PAULO. Resolução Conjunta SMA/Ibama/SP-1 18/02/1994, Diário Oficial São Paulo: seção 1 São Paulo 1994 p. 47..

_____. Atlas das Unidades de Conservação Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo: SMA São Paulo, 2000.

_____. Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo, Atlas das Unidades de Conservação Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo: SMA São Paulo, 2000.

_____. Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente Instituto Florestal Seção de Manejo e Inventário Florestal. 2010.

_____. Resolução SMA 32/2014 SMA 32/2014.

_____. Levantamento de Área e produção dos Principais Produtos da Agropecuária do Estado de São Paulo. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. IEA. CATI 2015.

_____. VI Simpósio De Restauração Ecológica: Novos Rumos E Perspectivas. Simpósio de Restauração Ecológica: novos rumos e perspectivas. Disponível em: https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/wp-content/uploads/sites/235/2016/02/Anais_do_VI_simposio_de_restauracao_ecologica.pdf. Acesso 15 de fevereiro de 2022

_____. Instituto Florestal. Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo - Instituto Florestal: Secretaria de Estado do Meio Ambiente : Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2019.

_____.Secretaria do meio ambiente coordenadoria de biodiversidade e recursos naturais - Portaria CBRN 01/2015 Estabelece o Protocolo de Monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica
2015http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2016/12/2015_1_15_Procotoelo_monitoramento_restauracao_vfinal.pdf. Acesso em fevereiro de 2023

SCHUMACHER, M.V.; HOPPE, J.M. A floresta e o solo. Porto Alegre: Pallotti, 83p. 1999.

SILVA, M.I.O. Avaliação ecológica de áreas ciliares em processo de restauração florestal na Zona da Mata Norte, Pernambuco. 2017. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SILVA, G. Métodos auxiliares para diagnóstico da necessidade de subsolagem de solos agrícola. FEAGRI, UNICAMP, Campinas-SP, 123p. (Dissertação de Mestrado) 2002.

SOLÓRZANO A. , Bruni R. R. G. ,Oliveira R. R., Composição florística ee estrutura e um trecho de floresta ombrófila densa atlântica com uso pretérito de produção de banana, no parque estadual da pedra branca, Rio De Janeiro, RJ¹ Revista Árvore, Viçosa-MG, v.36, n.3, p.451-462, 2012.

SUGANUMA. M. S. et al. Ecossistemas de referência para restauração de matas ciliares: existem padrões de biodiversidade. estrutura florestal e atributos funcionais? Revista Árvore. v. 37. n. 5. p. 835-847. 2013.

TABARELLI. M.; VILLANI. J. P.; MANTOVANI. W. Estudo comparativo da vegetação de dois trechos de floresta secundária no Núcleo Santa Virginia. Parque Estadual da Serra do Mar. SP. Revista do Instituto Florestal. v.6. n.1. p.1-11. 1994.

TALORA. D. C. & MORELLATO. L. P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Botânica. v. 23. p. 13-26. 2000.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; WADE, M.K.; UEHARA, G.; SUDJADI, M. Spatial variation of soil properties and rice yield on recently cleared land. Soil Science Society of America Journal, v.51, p.668-674, 1987.

THE R FOUNDATION. R Software. Versão 4.2.0. Vienna: The R Foundation, 2022. Disponível em <https://www.R-project.org/>.(2023). Acesso em: 10 abr. 2022.

THEODORO, V. C. A.; ALVARENGA, M. I N.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p.1039-1047, 2003.

TORRES, e SARAIVA, O.F. Camadas de impedimento mecânico do solo em sistema agrícolas com soja. Londrina: EMBRAPA- CNP Soja, 58p. Circular Técnica, n. 23. 1999.

TNC. Economia da Restauração Florestal The Nature Connservancy São Paulo 2017.

TRENTIN B. E. Restauração Florestal Na Mata Atlântica: Passiva, Nucleação E Plantio De Alta Diversidade Ciência Florestal, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 160-174, jan. mar., 2018.

VELOSO, H. P.; et al. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124 p.

VICINI, L. Análise multivariada da teoria à prática. 2005. 215 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

VIEIRA, S. Introdução à Bioestatística . Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. 264 p.

VIEIRA, S.R. Geostatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVARE, V.H.; SCHAEFFER, G.R. (Ed.) Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, 2000. p. 1-54.

_____. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um latossolo roxo de Campinas (SP). *Bragantia*, v.56, n.1, p.181-190, 1997.

VIEIRA, S. A.; ALVES, L. F.; DUARTE-NETO, P. J.; MARTINS, S. C.; VEIGA, L. G.; SCARANELLO, M. A.; PICOLLO, M. C.; CAMARGO, P. B.; CARMO, J. B.; SOUZA NETO, E.; SANTOS, F. A. M.; 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*, v. 1, p. 421-434, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.41>.

VERÍSSIMO, Adalberto; BARRETO, Paulo; MATTOS, Marli; TARIFA, Ricardo; UHL, Christopher. In. ALMEIDA, Oriana. (Org). Impactos da atividade madeireira e perspectivas para o manejo sustentável da floresta numa velha fronteira da Amazônia: o caso Paragominas. Belém: Imazon, 1996. p. 9-37.

ZIPARRO, V. B. ET AL. Levantamento florístico de floresta Atlântica no sul do estado de São Paulo. Parque Estadual de Intervales. Base Saibadela. *Biota neotropica*. v. 5. n. 1. p. 1-24. 2005.

WARRICK, A. W. e NIELSEN, D. R. Spacial variability of soil physical properties in the field. In: Hilled, D. ed. *Aplication of soil physic*. New York: Academic Press. 13: 139-4. 1980.

WEBSTER, R. Quantitative spatial analysis of soil in field. *Advances in Soil Science*, v.3, p.1-70, 1985.