



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

DAYANE OLIVEIRA LIMA

**PADRÃO ESPACIAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS E SUA RELAÇÃO COM
FATORES EDÁFICOS EM SISTEMA AGROFLORESTAL**

Prof. Dr. EMANUEL JOSÉ GOMES DE ARAÚJO
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
NOVEMBRO-2015



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

DAYANE OLIVEIRA LIMA

**PADRÃO ESPACIAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS E SUA RELAÇÃO COM
FATORES EDÁFICOS EM SISTEMA AGROFLORESTAL**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheira Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. EMANUEL JOSÉ GOMES DE ARAÚJO
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
NOVEMBRO-2015

**PADRÃO ESPACIAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS E SUA RELAÇÃO COM
FATORES EDÁFICOS EM SISTEMA AGROFLORESTAL**

DAYANE OLIVEIRA LIMA

Monografia aprovada em 05 de Novembro de 2015.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Emanuel José Gomes de Araújo – UFRRJ
Orientador

Prof. Dr. Marco Antonio Monte – UFRRJ
Membro

Prof. Dr. Eduardo Vinícius Silva – UFRRJ
Membro

DEDICATÓRIA

Dedico à Deus, o grande realizador dos meus sonhos.

À minha Mãe Catarina, meus irmãos Willian e Luiz Eduardo.

Aos meus três anjinhos que cuidam de mim lá do céu, avó Nilda, avó Adair e minha amiga

Leticia.

AGRADECIMENTOS

À DEUS, por manter inabalável minha fé e por confirmar a cada dia através da ciência, a perfeição da natureza.

À minha mãe Catarina, por abrir mão dos seus sonhos pelos meus, pelas noites perdidas por preocupação, pelo exemplo de mulher guerreira que não esmorece diante as dificuldades. Obrigada “Maene”, Te Amo!

Aos meus irmãos Willian e Luiz Eduardo, os “homens da minha vida” que mesmo longe se fizeram presentes, pelos dias em que me via desesperada e eles estavam ali, com toda paciência pra me ajudar.

Ao meu Pai Luiz, que sempre foi batalhador, trabalhando de sol à sol e me inspirando à nunca desistir.

À toda minha família, avós, tios, primos e primas que estiveram presentes nesta trajetória, me dando a mão quando precisei. FAMÍLIA É TUDO!

Ao meu Orientador e amigo Emanuel, meu grande exemplo profissional. Obrigada pela oportunidade e desde o início ter se empenhado para que eu pudesse dar o meu melhor, agradeço também pela paciência, dedicação e principalmente pelos conselhos.

Aos meus companheiros do grupo de SAF, Professor Eduardo, Marcela Pitarello, Camila Santos, Ramon Pittzer, Renato Nazário e André Krykhtine pelos finais de semana de trabalho e companheirismo. Sem vocês, seria impossível a realização deste trabalho.

À banca examinadora, Professores Marco Monte e Eduardo Silva que contribuem constantemente para minha formação e por terem aceitado o convite de avaliar meu trabalho. Obrigada!

Ao Alexandre Monteiro, tutor do PET que me acolheu como um Pai á dois anos atrás, sempre me incentivando e me ajudando. Obrigada também á todos meus companheiros do grupo, vocês foram e são muito especiais pra mim.

As amizades feitas por intermédio da minha graduação, companheiros e féis. Vocês, que estiveram comigo durante minha caminhada nestes 5 anos, sendo a família que eu precisei quando a minha não esteve por perto, sendo o conforto para os dias tristes e que nos dias alegres também estiveram ao meu lado comemorando e torcendo por mim. Em especial à turma 2011-1 e minhas companheiras de república.

As amizades que nem mesmo a distância e o tempo foram capazes de enfraquecer. Meus amigos de infância, os que desde muito pequenos participaram dos meus sonhos mais loucos e acreditaram que um dia eu seria capaz de realizá-los. A saudade muito nos machucou, mas em cada reencontro podíamos sentir o tamanho do amor que nos une. Obrigada Amigos (as)!

Por fim, agradeço à todos aqueles que participaram da minha caminhada e contribuíram de alguma forma para que ela fosse bem sucedida.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi descrever o padrão de distribuição espacial do estrato florestal arbóreo e regenerante e sua relação com fatores edáficos em um Sistema Agroflorestal multiestratificado. O estudo foi realizado em um Sistema Agroflorestal com área de 3.397 m², localizada no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), na Fazendinha do Km 47, no município de Seropédica, Rio de Janeiro. Para isso, realizou-se o censo das plantas arbóreas e regenerantes obtendo-se as coordenadas cartesianas de cada uma delas. Aplicou-se a Função K de Ripley nos casos Univariado e Bivariado, respectivamente, para verificar o padrão de distribuição espacial das plantas e sua relação com os fatores edáficos. As plantas regenerantes foram estratificadas em classes de altura e as arbóreas foram estratificadas em classes de altura e diâmetro. Também foram avaliadas os padrões espaciais das espécies de maior importância no SAF. Os resultados obtidos indicaram o padrão espacial de completa aleatoriedade para a maioria dos grupos analisados. Apenas as espécies *Archontophoenix alexandrae* (planta regenerante) e *Gliricidia sepium* (planta arbórea) apresentaram agregação até aproximadamente 40 m de distância. Quanto a relação destas espécies com os fatores do solo, não foram detectadas relação de atração com nenhum dos nutrientes analisados. Concluiu-se que a falta de manejo na área corroborou para o padrão aleatório predominante nas plantas e que a distribuição dos nutrientes do solo em toda a área não interferiu no padrão espacial das plantas para este estudo.

Palavras-chaves: Função K de Ripley, distribuição espacial, aleatoriedade.

ABSTRACT

The objective of this study was to describe the spatial distribution pattern of the tree and regenerating forest stratum and its relationship with soil factors in a Agroforestry System multistrata. The study was conducted in a Agroforestry System with an area of 3,397 m², located in the Integrated Agroecological Production (SIPA) in the Fazendinha Km 47, in the municipality of Seropédica, Rio de Janeiro. For this, the census was carried out in the tree and regenerating plants to yield Cartesian coordinates of each. It applied to Ripley K function in cases univariate and bivariate respectively to check the pattern of spatial distribution of plants and their relationship with soil factors. The regenerating plants were stratified into high classes and the tree were stratified in height and diameter classes. We evaluated the spatial patterns of species of greatest importance in the SAF. The results showed the spatial pattern of complete randomness for most of the groups. Only the species *Archontophoenix alexandrae* (regenerating plant) and *Gliricidia sepium* (woody plant) had aggregate to approximately 40 m away. As the relationship of these species with the soil factors, there were no attraction relationship with any of the nutrients analyzed. It was concluded that the lack of management in the area to corroborate the predominant random pattern in plants and the distribution of soil nutrients throughout the area did not affect the spatial pattern of plants for this study.

Key-words: Ripley K Function, spatial distribution, randomness.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Sistemas Agroflorestais	2
2.2 Padrões Espaciais.....	3
2.3 Função K de Ripley	4
2.3.1 Função K de Ripley univariada	5
2.3.2 Função K de Ripley bivariada	7
3 MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1 Área de Estudo e Coleta de Dados	9
3.2 Análise Estrutural	10
3.3 Análise Espacial.....	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5 CONCLUSÕES	31
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Área de estudo e distribuição espacial das plantas arbóreas e regenerantes 10
- Figura 2:** Valores estimados (linha contínua) e limites de confiança (linhas tracejadas) da função K de Ripley univariada para o estrato arbóreo e para a regeneração considerando todas as plantas agrupadas 17
- Figura 3:** Valores estimados (linha contínua) e limites de confiança (linhas tracejadas) da função K de Ripley univariada para as espécies arbóreas de maior IVI 19
- Figura 4:** Valores estimados (linha contínua) e limites de confiança (linhas tracejadas) da função K de Ripley univariada para as plantas arbóreas agrupadas em estratos de altura 20
- Figura 5:** Valores estimados (linha contínua) e limites de confiança (linhas tracejadas) da função K de Ripley univariada para as plantas arbóreas agrupadas em classes de diâmetro 21
- Figura 6:** Valores estimados (linha contínua) e limites de confiança (linhas tracejadas) da função K de Ripley univariada para as espécies regenerantes de maior IVI 22
- Figura 7:** Valores estimados (linha contínua) e limites de confiança (linhas tracejadas) da função K de Ripley univariada para as espécies regenerantes agrupadas em classes de recrutamento 23
- Figura 8:** Valores estimados (linha contínua) e limites de confiança (linhas tracejadas) da função K de Ripley bivariada entre as variáveis edáficas e a espécie *Gliricidia sepium* 27
- Figura 9:** Valores estimados (linha contínua) e limites de confiança (linhas tracejadas) da função K de Ripley bivariada entre as variáveis edáficas e a espécie *Archontophoenix alexandrae* 30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estrutura horizontal do estrato arbóreo. Onde: NI = número de indivíduos, DA = densidade absoluta (indivíduos/ha), DoA = dominância absoluta (m^2/ha) FA = frequência absoluta (%), DR = densidade relativa (%), DoA = dominância relativa (%) FA = frequência relativa (%) e IVI = Índice de valor de importância 15

Tabela 2: Estrutura horizontal do estrato regenerante. Onde: NI = número de indivíduos, DA = densidade absoluta (indivíduos/ha), FA = frequência absoluta (%), DR = densidade relativa (%), FA = frequência relativa (%) e IVI = Índice de valor de importância 16

1 INTRODUÇÃO

Um Sistema Agroflorestal pode ser definido como sendo a modalidade de uso integrado da terra para fins de produção florestal, agrícola e pecuário (DUBOIS, 1996). Tem por objetivo manter ou aumentar a produtividade agrícola e florestal, preservando ou melhorando a fertilidade dos solos (ALTIERI, 2012). Esses sistemas visam a lógica da sucessão vegetal, da ciclagem de nutrientes e propiciam a biodiversidade dos sistemas agrícolas em um processo em que os agricultores participam do desenho e avaliação dos modelos, para reduzir a aplicação dos insumos externos (SCHUTTER, 2012). Eles devem ser feitos de forma a tentar reproduzir ao máximo a arquitetura das formações naturais, para que a radiação, umidade e nutrientes sejam aproveitados da melhor forma pelos indivíduos. Para isso, é muito importante que se conheça as características de cada espécie utilizada, sua localização e como ela se relaciona com as demais e com os fatores edafoclimáticos locais.

A condução de uma manejo adequado nos sistemas agroflorestais é imprescindível para que ele mantenha a sua conformidade e a sua função ao longo do tempo. Quando o monitoramento dessas áreas não ocorre, as espécies presentes não geram o máximo em produção, além de permitir que outras espécies invasoras se instalem na área. Isso tornará o sistema heterogêneo e multiestratificado, perdendo a sua característica de padrão espacial regular, passando a assumir outros padrões. Nessas situações, uma forma de compreender o comportamento das plantas é por meio de análises espaciais. Essas análises compõem-se de um conjunto de procedimentos que tem por finalidade descrever como fenômenos ocorrem quanto à sua distribuição espacial e se relacionam entre si.

O estudo da distribuição espacial de espécies florestais implica no teste da hipótese do padrão espacialmente aleatório (H_0 : padrão aleatório), contra duas hipóteses alternativas (H_1 : contrária a H_0): padrão agregado ou padrão regular. O padrão aleatório indica independência espacial entre indivíduos; o padrão agregado caracteriza atração espacial e o padrão regular caracteriza repulsão espacial (ARAÚJO et al., 2014). Dentre as metodologias utilizadas para descrever o padrão espacial de observações, tem-se a função K de Ripley (RIPLEY, 1977). Baseia-se na contagem e na distância, exigindo o conhecimento das coordenadas (x,y) de cada ponto (ANJOS et al. 2004). Esta função tem sido aplicada com frequência para descrever o padrão espacial de espécies florestais (SILVA et al., 2008; BRUZINGA et al., 2013; CAPRETZ et al., 2012; RODE et al., 2010; ANJOS et al., 2004; PEREIRA et al., 2006).

O estudo de padrões da distribuição espacial é uma das ferramentas mais utilizadas para entender o comportamento de diversos fenômenos (ANJOS et al., 1998), sendo ele uma questão-chave para estudos de ecologia florestal. Entretanto, é preciso relacionar o padrão espacial com fatores relacionados ao solo, o crescimento, competição, reprodução e mortalidade (ANJOS, 1998), buscando entender os possíveis processos ecológicos responsáveis pelo padrão (PALUDO et al., 2011). Além disso, é preciso conhecer a estrutura da comunidade em si e os processos ecológicos que ocorrem, como competição, herbivoria e dispersão de sementes (BAROT et al., 1999; SCHWARZ et al., 2003).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi descrever o padrão de distribuição espacial do estrato florestal arbóreo e regenerante e sua relação com fatores edáficos em um Sistema Agroflorestal multiestratificado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas Agroflorestais

Um Sistema Agroflorestal pode ser definido como sendo a modalidade de uso integrado da terra para fins de produção florestal, agrícola e pecuário (DUBOIS, 1996); podendo ser classificado como o consórcio de árvores no espaço e no tempo com espécies agrícolas e ou animais, a fim de buscar a sustentabilidade em relação ao manejo do solo e das plantas. Os Sistemas Agroflorestais podem ser caracterizados a partir da estrutura (natureza e arranjo dos componentes); arranjo temporal (simultâneo e sequencial); base funcional (produção de bens e serviços); e base socioeconômica (escala de produção e nível tecnológico) ,quanto à estrutura, podem ser classificados em: Sistemas Agrossilviculturais (culturas agrícolas e árvores), Silvipastoris (pastagem e/ou animal e árvores), Agrossilvipastoris (culturas agrícolas e/ou animal e árvores) e Produção Florestal de uso Múltiplo (árvores para produção de madeira e produtos não madeireiros). (ALTIERI, 2012).

Tem como objetivo aumentar a produção de forma contínua, e alcançar maior diversificação dos produtos, reduzindo a utilização de insumos externos e os impactos ambientais (ALTIERI, 2012; NAIR, 1983) diminuindo, dessa maneira, a pressão do uso da terra para produção agrícola (ENGEL,1999).

Existem diversos tipos de sistemas agroflorestais, compostos por diferentes espécies e sob diferentes tipos de manejos, porém em todos eles a biodiversidade presente é sempre muito maior que em monocultivos, sendo responsável pela melhoria da fertilidade dos solos, garantindo maior sustentabilidade. Esta, resulta da diversidade biológica promovida pela presença de diferentes espécies vegetais, que exploram nichos diversificados dentro do sistema. A diversidade de espécies vegetais utilizadas nos SAF's forma uma estratificação diferenciada do dossel de copas e do sistema radicular das plantas no solo (MACEDO, 2000).

Os SAFs auxiliam na reversão de processos de degradação, como em áreas desmatadas, pois oferecem alternativas menos impactantes (MCGRATH et al., 2000). Além disso, satisfazem necessidades fundamentais, melhorando as condições de vida dos produtores rurais, diminuindo a pressão sobre as áreas de florestas (ARIMA; UHL, 1996; RODIGHIERI, 1997; SMITH et al.,1998). Os muitos requisitos da sustentabilidade, preenchidos pelos sistemas agroflorestais, dependem: da inclusão de árvores no sistema de produção, do uso de recursos existentes, do uso de práticas de manejo que otimizam a produção combinada e da geração de numerosos serviços (TORQUEBIAU, 1989).

As diferentes práticas agrícolas existentes abrangem desde os modelos alternativos, tais como a agricultura orgânica, biodinâmica, biológica, natural e outras consideradas sustentáveis (PASCHOAL, 1995), até os modelos intensivos de produção, que comportam inúmeras externalidades negativas, contrastando com o sucesso na produtividade e no suprimento de alimentos para a humanidade (SHIKI, 1995). Dentre estes modelos alternativos, ou tecnologias agroecológicas sustentáveis, destacam-se os sistemas agroflorestais. Essas tecnologias são capazes de criar agroecossistemas produtivos menos dependentes de recursos externos a eles (KAIMOWITZ, 1996), estando baseadas em princípios e processos que satisfazem requisitos ambientais (KNIGHT, 1980, citado por ALTIERI, 1991), combinando tanto elementos do conhecimento tradicional, quanto da ciência moderna (ALTIERI, 1991).

O SAF está presente em quase todas as regiões tropicais do mundo (ALVES, 2009). Esse pode ser concebido em espaços que variam de pequenas propriedades à grandes extensões de terras. Nas pequenas propriedades, os agricultores podem combinar árvores fixadoras de nitrogênio com as culturas agrícolas e nas grandes propriedades, podem ser

utilizado na forma de talhão florestal ao longo das fronteiras da propriedade e além de servir para reabilitar as áreas degradadas por meio de sua implantação (FAO, 2013).

Para Ferron e Rotta (2005), os SAFs podem ser uma grande ferramenta para a restauração de ecossistemas degradados. Quando conduzidos por princípios agroecológicos, são sustentáveis, por partirem de conhecimentos locais para desenhar sistemas produtivos adaptados ao potencial natural e a realidade local (PENEIREIRO 1999; GÖTSCHE, 1995).

Peneireiro (1999), compara uma área de SAF de 12 anos de manejo com uma área de pousio da mesma idade. Através de um levantamento florístico e fitossociológico, notou-se que a vegetação das duas áreas estudadas mostraram se distintas tanto floristicamente como na estrutura fitossociológica. O SAF demonstrou ser mais evoluído ecologicamente, apresentando maior diversidade e equabilidade, no qual o manejo desse sistema foi apontado como o principal fator para diferenciação das duas áreas. Os SAFs também podem desempenhar um papel estratégico no sentido de ajudar muitos países a cumprir principais objetivos do desenvolvimento nacional, especialmente aqueles relacionados à erradicação da pobreza, segurança alimentar e sustentabilidade ambiental. (FAO, 2013). O agricultor familiar adota alternativas agroflorestais de uso da terra esperando diversificar a produção e renda, maior flexibilidade de calendário das operações de cultivo como o preparo do solo, plantio, tratamentos culturais, manejo e exploração (VIEIRA et al., 2007).

Na Amazônia, a agricultura familiar é desenvolvida dentro dos Sistemas Agroflorestais (SAFs), que foram e são implantados por comunidades indígenas, caboclas e ribeirinhas. Os SAFs foram resgatados de culturas antigas e atualizados para atender às necessidades de evolução no uso da terra, especialmente em regiões tropicais e hoje se expandem por praticamente todas as regiões onde sejam possíveis os cultivos agrícolas e florestais (DANIEL et al., 1999).

Existem algumas condições limitantes ou restrições na implantação de sistemas agroflorestais, pois são específicos quanto ao ecossistema. A grande disponibilidade de sementes e/ou mudas é uma variável crítica para projetos agroflorestais, somada a possibilidade de haver conflito entre o manejo animal com a prática agroflorestal. Além de existir em alguns países leis que restringem a colheita florestal e a restrição econômica, pois a implantação pode demandar altos investimentos iniciais (ALTIERI, 2012).

Segundo Bentes-Gama (2003), a falta do monitoramento contínuo de espécies arbóreas em SAF, ao longo do tempo, é um dos entraves que impede o avanço do conhecimento acerca do desempenho produtivo nestes sistemas. Isso leva à falta de domínio dos processos e não favorece a difusão dos resultados obtidos para os produtores. Outro fator limitante na adoção destes sistemas é a falta de capital próprio e de financiamentos para os consórcios de interesse do agricultor familiar (VIEIRA et al., 2007).

2.2 Padrões Espaciais

O Padrão espacial de uma espécie refere-se à distribuição dos seus indivíduos na superfície da floresta. O termo “padrão” nesse caso é utilizado para expressar a organização e o ordenamento espacial dos indivíduos (MATTEUCCI; COLMA, 1982). O termo “distribuição” tem significado preciso em estatística, pois denota a forma como se dividem as classes de tamanho dos possíveis valores de uma variável (CRUZ; RÍOS, 2003).

A análise do padrão espacial não é recente (WATT, 1947; CLARK e EVANS, 1954; PIELOU, 1959), porém, há pouco tempo ganhou ênfase. Inicialmente, muitos trabalhos têm utilizado a análise espacial apenas de maneira descritiva (BAROT et al., 1999), mas ela é importante ferramenta para inferir sobre processos ecológicos.

O estudo de padrões da distribuição espacial é hoje uma das ferramentas mais utilizadas para entender o comportamento de diversos fenômenos (ANJOS et al. 1998), sendo

ele uma questão-chave para estudos de ecologia florestal que permite analisar a estrutura da comunidade em si, conhecer processos ecológicos importantes, como competição, herbivoria e dispersão de sementes (BAROT et al., 1999; SCHWARZ et al., 2003).

Do ponto de vista do arranjo espacial, os indivíduos de uma espécie ou população em uma área podem estar localizados ao acaso, agrupados formando manchas, ou em intervalos regulares. Assim, no estudo do arranjo espacial de plantas, distingue-se três tipos de padrões básicos: o aleatório, o agregado ou agrupado e o regular ou uniforme. Os indivíduos de uma população considerada possuem padrão aleatório quando a posição de cada indivíduo é independente dos demais, de tal maneira que qualquer um tem uma chance igual e independente de ocorrer em qualquer ponto da área considerada. Populações com padrão agregado são aquelas nas quais há uma tendência de os indivíduos ocorrerem em grupos. Nesse caso, a chance de ocorrência de um indivíduo é aumentada pela presença de outros (atração). Em populações com padrão uniforme, as plantas são mais igualmente espaçadas do que no padrão aleatório e a ocorrência de um indivíduo impede a de outro próximo (repulsão) (SOUZA; SILVA, 2006).

2.3 Função K de Ripley

A função K de Ripley, também chamada de análise de segunda ordem reduzida, é uma das ferramentas estatísticas mais utilizadas para investigar o padrão espacial de espécies florestais, principalmente quando em forma de mapas (padrões espaciais observados) com todas suas árvores conhecidas. Detectar o padrão espacial em diversas escalas de distâncias simultaneamente é uma vantagem do método em relação a outros métodos, pois neste não há perda de informação de nenhum indivíduo que possa estar presente na área a ser estudada. Outros métodos baseados em distâncias ou áreas, são mais comuns, porém carregam em sua essência “simplificações”, e tratam apenas de uma contagem simples de indivíduos dentro de parcelas ou da procura pelo vizinho mais próximo da mesma espécie, detectando apenas o padrão em uma escala particular.

Outra vantagem importante é que a função K é bem conhecida sob a hipótese de Completa Aleatoriedade Espacial (CAE), o que permite que o padrão espacial observado seja comparado com modelo teórico sob a hipótese de CAE. Não é surpresa, portanto, que a função K seja extensivamente utilizada na caracterização espacial de florestas, como pode ser observado nos trabalhos de Diggle (2003), Czank Jr. (2006), Silva et al. (2008), Comas et al. (2009) e Martinez et al. (2010). Também, permite investigar o padrão espacial segundo alguma variável inerente à árvore, como altura, diâmetro ou identificação botânica através da função K marcada, isso permite investigar o nível de independência espacial entre dois grupos quaisquer de árvores como espécies diferentes ou árvores de diferentes tamanhos. A função K é um método baseado em contagem e em distância, exigindo o conhecimento das coordenadas (X e Y) de cada ponto (ANJOS et al., 2004), consiste em um círculo de raio s centrado em cada árvore e onde o número de vizinhos presentes dentro da área deste círculo é contado (HAASE 1995, ANJOS et al. 1998, KUULUVAINEN & ROUVINEN).

A distância não possui uma regra para ser determinada e depende do fenômeno a ser estudado. A medida que o raio s varia, se torna possível detectar o padrão espacial em diferentes escalas de distâncias. Esta característica é o que difere a função K de outras funções (ANJOS, 1998; CAPRETZ 2004). Desse modo, processos pontuais utilizando coordenadas das árvores em uma floresta podem ser utilizados na função K para avaliação do grau de interação entre as árvores (PENTTINEN et al., 1992), na descrição da estrutura espacial de populações menos alteradas (CAMARERO et al., 2000) ou de florestas submetidas a diferentes condições de manejo (BATISTA; MAGUIRE, 1998; CUNHA, 2003). Também

pode ser aplicada para avaliar grupo de espécies em diferentes populações (CAPRETZ, 2004) ou para uma espécie em particular (PEREIRA et al., 2006).

A análise da função é feita graficamente para que a visualização dos desvios em relação a hipótese nula, que reflete uma disposição causal dos eventos, sem interação entre eles, onde a intensidade do processo gerador é uniforme (CAPRETZ, 2004). A noção gráfica intuitiva do que está consagrado na função K pode ser imaginada como um conjunto de círculos concêntricos, centrados em um evento com um espaçamento definido onde o número acumulado de eventos em cada uma dessas distâncias é contado (BAILEY; GATRELL, 1995). A função K apresentada é testada através de simulações Montecarlo, que geram padrões espaciais aleatórios, construindo assim envelopes de confiança através de maiores e menores valores calculados da função K para cada simulação e para cada escala de distâncias. A hipótese nula é rejeitada para valores fora dos envelopes, sendo que os valores positivos indicam o padrão agregado e para os valores negativos o padrão regular. (CAPRETZ, 2004).

No gráfico, as abcissas representam o raio s centrado nas árvores e as ordenadas representam a função K transformada $L(s)$. A probabilidade de o método ser eficiente será maior, se planejado considerando a distribuição espacial da característica a ser avaliada, sendo essa distribuição espacial ainda pouco conhecida para a maioria das espécies florestais (ANJOS et al., 2004).

Os métodos de correção para as árvores próximas à borda do mapa devem ser levados em consideração nas análises de segunda ordem para investigar o padrão espacial de pontos. Uma vez que a função K é cumulativa e computa as distâncias entre todos os pontos, as árvores próximas à borda do mapa não podem ser interpretadas simplesmente como se não houvesse vizinhos ao seu lado. Estes pontos existem, mas não aparecem por estarem fora dos limites do mapa (CAPRETZ, 2004). Assim, o número de árvores vizinhas aquelas próximas dos limites do mapa (as bordas ou bordaduras) seria mais baixo do que para as demais, e este fato poderia causar um viés no cálculo do estimador da função (HAASE 1995).

2.3.1 Função K de Ripley univariada

A função K de Ripley, no caso univariado, é uma forma de caracterizar as propriedades de segunda ordem de padrões pontuais estacionários e isotrópicos e possui a vantagem de ser facilmente estimada a partir de um conjunto de dados, sem a necessidade de definição de modelos paramétricos para o padrão estudado (DIGGLE, 2003).

Quando se estuda o padrão espacial com base num mapa de árvores, a aleatoriedade do padrão é definida pela Completa Aleatoriedade Espacial (CAE), isto é, o processo que gerou o padrão é aleatório em qualquer escala espacial (CAPRETZ, 2004). Para a realização desta, são feitas inúmeras simulações de padrões espaciais através da construção de envelopes de confiança (Simulações Montecarlo) utilizando os maiores e menores valores calculados da função K para cada simulação e para cada escala de distâncias. As análises são realizadas graficamente: o envelope de confiança é identificado por duas linhas limites, uma positiva e outra negativa. Valores que variam dentro de tais envelopes resultam em um padrão espacial Aleatório, a hipótese nula é rejeitada caso os valores não estejam variando dentro do envelope, neste caso, se os valores forem positivos o padrão é agregado e se forem negativos o padrão é regular.

É um método baseado em contagem e em distância, sendo necessário o conhecimento das coordenadas (x, y) de cada ponto. Esta função permite, ainda, que sejam feitas interferências sobre os valores associados a cada ponto, chamadas de marcas (caso univariado marcado). Deste modo, pode-se avaliar a correlação existente entre as marcas (entre altura ou diâmetro das árvores, por exemplo) em um processo espacial (ANJOS, 2004). Anjos (2004), mostra em um estudo realizado em 5 áreas diferentes de municípios do Paraná a análise do

padrão espacial de Araucária, utilizando como ferramenta de marcação o diâmetro a altura do peito (DAP) e a altura das árvores; para isto, testou-se a hipótese de completa aleatoriedade espacial, que resultou na variação da distribuição entre padrão agregado e aleatório das árvores.

Hubbell (1979), diz que padrões agregados, sobretudo em função da concentração de árvores jovens, são mais comuns em florestas tropicais do que em padrões aleatórios, como seria esperado segundo a hipótese de fuga. Segundo este autor, a própria caracterização ambiental da floresta pode levar à formação de manchas e grupos de árvores bem definidos, onde há predominância de algumas espécies, em razão de fatores ambientais, dando à floresta uma fisionomia de mosaico vegetacional (ARMESTO et al., 1986) e caracterizando, até mesmo um padrão espacial agregado em certas escalas de distâncias.

Capretz, 2004 aplicou a função para analisar os padrões espaciais de árvores em quatro formações florestais do estado de São Paulo. A descrição do padrão espacial de cada formação foi realizada usando estatísticas descritivas apropriadas para mapas de vegetação, como a função K de Ripley, através de análises de segunda ordem. Obtendo ao final da análise, uma maior frequência do padrão agregado, sendo evidenciado principalmente nas árvores da Savana Florestada (Cerradão), na Floresta Pioneira com Influência Marinha (Restinga) e na Floresta Estacional Semidecidual sobretudo em curtas distâncias. Observou-se agregação também nas árvores da floresta Ombrófila Densa Submontana. Na Floresta Estacional Semidecidual além do padrão agregado, observou-se também uma tendência à aleatoriedade quando em maiores distâncias. Para classe de diâmetro, o padrão espacial foi agregado para as duas primeiras classes, ou seja, as de menores valores e aleatório para o restante, o que evidenciou uma tendência de maior agregação em árvores jovens que em adultas.

Bruzinga 2013, utilizando o caso univariado da função K verificou a distribuição espacial de indivíduos adultos de Pequi (*Caryocar brasiliensis*) e a distribuição em classes de potencial produtivo de seus frutos em uma área de Cerrado no estado de Minas Gerais, com o objetivo de obter dados e informações para subsidiar na escolha de métodos para amostragem da espécie; para isto, dividiu a população em classes de produtividade e analisou-as, assim como para o total; obtendo ao final da análise um padrão agregado para a população de indivíduos adultos.

O padrão espaço-temporal dos eventos de mortalidade e sobrevivência de plântulas da espécie *M. ernestii* e a relação com as plantas perenes, foi investigado em um estudo realizado por HUGHES (2011), a partir do uso da função K de Ripley para determinar níveis de estrutura espacial e os eventos de recrutamento e mortalidade; O padrão de distribuição espacial nos estádios de desenvolvimento da espécie foi determinado utilizando o caso Univariado da função, assumindo a hipótese Nula de Completa Aleatoriedade Espacial, sendo esta rejeitada em todas as parcelas submetidas ao estudo. Obtendo-se desta forma a variação entre o padrão agregado e o aleatório para o estágio adulto e o padrão predominantemente agregado para as plântulas.

Espécies com reduzida capacidade de dispersão de sementes tendem a apresentar padrões espaciais com certa agregação a pequenas distâncias (BATISTA 1994), uma vez que locais próximos aos centros de dispersão terão grande possibilidade de ser ocupados por plântulas desta espécie (CONDIT et al., 1992, HAASE et al., 1997, EDMAN & JONSSON 2001).

Mariot et al. (2010), em seu trabalho, estudaram a demografia de duas populações naturais de *D. brasiliensis*, uma na Reserva Genética Florestal de Caçador e outra na Floresta Nacional de Caçador, localizadas no município de Caçador (SC), com o objetivo de obter informações e bases para promover estratégias de exploração sustentável e conservação

deste recurso florestal não-madeireiro. Obteve-se o padrão agregado dos indivíduos em ambas populações.

Silva et al. (2008) realizaram a análise espacial das regenerações e das árvores porta-sementes da Espécie *Eramthus erythropapus* (Candeia), com o intuito de conhecer o comportamento ecológico destas. Utilizando neste estudo a função k de Ripley no caso univariado para os indivíduos adultos e para as regenerações. Os resultados obtidos indicaram que as regenerações apresentaram um padrão agregado confirmando a capacidade da candeia de formar mosaicos na vegetação, dando origem a grandes Candeias e as plantas adultas apresentaram um padrão agregado passando a aleatório.

2.3.2 Função K de Ripley bivariada

Também chamada de função K bivariada ou “cruzada”, ela torna possível investigar a relação espacial entre dois grupos de árvores, como por exemplo duas espécies competidoras em potencial, ou as árvores de duas classes de tamanho distintas. Este teste avalia a independência entre grupos gerados por diferentes processos (BAROT et al., 1999).

A análise da associação espacial entre indivíduos arbóreos é uma importante ferramenta para o entendimento da ecologia de populações e de comunidades, subsidiando estratégias de conservação e, ou, de manejo sustentável de espécies arbóreas. A relação espacial interespecífica entre indivíduos pode fornecer informações relevantes sobre exigências por um mesmo hábitat, partição do hábitat e exclusão competitiva (HIGUCHI 2011).

Observações sobre características e aspectos normalmente são feitas a partir da avaliação de como duas espécies estão espacialmente distribuídas em uma área: espécies segregadas (dissociadas), agregadas (associadas) ou sem associação espacial. Dentre os métodos que podem ser utilizados para responder essa questão, destaca-se a função K de Ripley no caso bivariado (COOMES et al., 1999).

Na função K bivariada, onde dois grupos possuem dependência espacial, não significa necessariamente que a presença de um grupo influencia ecologicamente o outro. É possível, a partir desse ponto, investigar então se há uma afinidade entre os nichos ecológicos, ou mesmo se uma dada espécie fornece condições de sombreamento, proteção contra herbívoros ou qualquer outra relação de cooperação. A investigação deve ser feita pois a simples observação não basta para definir, sem informações ecológicas como complemento, que a afinidade ecológica exista (LEGENDRE, 1993).

Neste caso, a função K de Ripley assim como no caso univariado, são construídos envelopes de confiança através de simulações Montecarlo, testando a hipótese de Completa Independência Espacial (CIE). A interpretação também é análoga a função univariada. Os valores positivos da função indicam tendências em direção a agregação ou associação, e valores negativos remetem a regularidade ou repulsão. Dentro dos envelopes de confiança aceita-se a hipótese nula, de Completa Independência Espacial (CIE).

Higuchi et al. (2011), utilizaram a função K em um estudo para avaliar as associações espaciais de 732 indivíduos de diferentes espécies pertencentes ao gênero *Miconia*, testando a hipótese de que os pares de espécies analisadas apresentam indivíduos com sobreposição total ou parcial de habitat. Os resultados indicaram a ausência de associação espacial negativa entre os pares de espécies, indicando que os indivíduos de *Miconia* spp. compartilham parcialmente ou totalmente o mesmo espaço no sub-bosque.

Silva et al. (2008) analisaram a estrutura horizontal da espécie *Eremanthus erythropapus*, conhecida como Candeia, em um sistema de manejo porta-sementes no qual seu objetivo foi conhecer o comportamento ecológico destas espécies quanto a relação entre indivíduos adultos e regeneração presentes na área. Utilizando o caso bivariado, na técnica de

toroidal shifts, foram construídos também envelopes de confiança através de simulações Montecarlo. Observou-se que não houve relação de dependência entre as plantas adultas e regeneração.

Pereira et al. (2006) analisaram a distribuição espacial de *Cariniana legalis* (jequitibá-rosa) na região sudoeste de Minas Gérias. Verificaram que não existe dependência espacial entre os indivíduos adultos e a regeneração dessa espécie.

Seis grupos florísticos e as árvores de maior valor de importância, estabelecidas em áreas de *Araucaria angustifolia* e Floresta Ombrófila Mista foram analisados espacialmente por Rode et. al. (2010) de acordo com a densidade que esta floresta apresentou. Através da Função K de Ripley no seu caso Bivariado, pôde-se observar como resultado que as espécies apresentaram independência quando em baixa densidade e quando houve aumento da densidade, observou-se maior competição entre as espécies, identificadas pela dependência espacial de inibição e atração.

Capretz (2004), calculou a Função K Bivariada para todas as combinações possíveis de espécies mais abundantes em quatro formações florestais do estado de São Paulo. Na maioria dos casos a hipótese H_0 foi rejeitada, descartando nesses casos qualquer independência espacial entre eles.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo e Coleta de Dados

Os dados utilizados para a realização deste estudo, foram coletados em um Sistema Agroflorestal Multiestratificado (SAF), situado no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), conhecido como "Fazendinha Agroecológica Km 47", no município de Seropédica, Rio de Janeiro. O clima da região é quente e úmido e segundo Köppen, é do tipo Aw, com inverno seco e verão chuvoso. A média pluviométrica é de 1.250 mm. As temperaturas médias mensais variam de 16°C (junho a julho) a 32°C (janeiro a março), com umidade relativa média anual de 73%. Apesar das chuvas se concentrarem na primavera e no verão, é comum ocorrer veranicos (estiagens prolongadas) em janeiro e fevereiro. Por sua vez, no inverno, podem ocorrer precipitações elevadas, acima das médias registradas. O local, apresenta relevo predominantemente suave ondulado, com declividade menor que 5%. O solo da área é predominantemente Planossolo Háplico, caracterizado pela presença de horizonte superficial bastante arenoso e horizonte subsuperficial B plânico, com textura mais argilosa e pela influência do lençol freático em pontos mais baixos da toposequência (EMBRAPA, 1999).

Foram alocadas 37 parcelas quadradas, com dimensões de 10 x 10 m, cobrindo toda a extensão do SAF (Figura 1). Em cada parcela, mediu-se o diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) e altura total (Ht) dos indivíduos arbóreos (DAP igual ou superior à 5,0 cm). Os demais indivíduos foram considerados como regenerantes (não arbóreos) e, nestes, mediu-se apenas a variável Ht. Para todas as plantas mensuradas foram obtidas as coordenadas cartesianas, utilizando croqui milimetrado. Quando não foi possível realizar a identificação das plantas, fez-se a coleta de material botânico, os quais foram levados até o herbário da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro para identificação.

Concomitantemente a realização do censo das espécies, fez-se a coleta de solo nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm com o auxílio de uma sonda (4,5 cm diâmetro e 130 cm de comprimento). As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em peneira com malha de 2 mm no Laboratório de Pesquisas e Estudos em Reflorestamentos (LAPER/UFRRJ). No Laboratório de Gênese e Classificação do Solo (LGCS/UFRRJ) foi efetuado análise química do solo seguindo os métodos da EMBRAPA (1997), onde quantificou-se o pH, Al^{3+} , $H^+ + Al^{3+}$, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , S, P, carbono orgânico total (COT), teor de matéria orgânica, areia, silte e argila. Também foi determinado o nitrogênio total (N), pelo método de Tedesco et al. (1982).

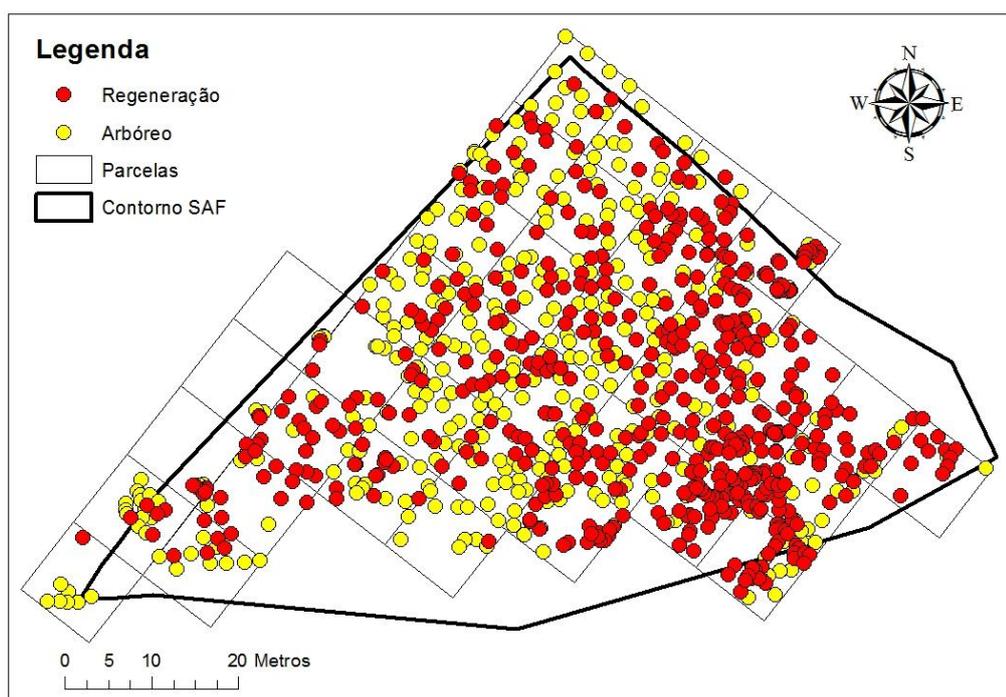


Figura 1: Área de estudo e distribuição espacial das plantas arbóreas e regenerantes

3.2 Análise Estrutural

Para o estrato arbóreo estimaram-se os índices que caracterizam a estrutura horizontal e vertical da floresta. Para a estrutura horizontal calcularam-se os índices absolutos e relativos da densidade, dominância, frequência e índice de valor de importância. A estrutura vertical foi estratificada, com base na média (\bar{H}_t) e no desvio padrão da altura total (s_{H_t}): em estrato inferior ($H_t < \bar{H}_t - s_{H_t}$), médio ($\bar{H}_t - s_{H_t} < H_t < \bar{H}_t + s_{H_t}$) e superior ($H_t > \bar{H}_t + s_{H_t}$). Também, foi feito o agrupamento das árvores em oito classes de diâmetro, com amplitude de 5 cm, para descrever a estrutura diamétrica do estrato arbóreo (5 | 10; 10 | 15; 15 | 20; 20 | 25; 25 | 30; 30 | 35; 35 | 40 e > 40 cm).

Densidade: Indica o número total de indivíduos de uma espécie, por unidade de área.

$$DA_i = n_i/ha$$

$$DR_i = \left(DA_i / \sum_{i=1}^S n_i \right) \cdot 100$$

Dominância: Indica a área ou espaço ocupado por cada espécie, por unidade de área.

$$DoA_i = 0,00007853 \cdot 98 \sum_{i=1}^{N_i} D^2_i$$

$$DoR_i = \left(DoA_i / \sum_{i=1}^S DoA_i \right) \cdot 100$$

Frequência: Indica a forma com as espécies se distribuem espacialmente no fragmento florestal, caracterizando sua ocorrência dentro das unidades amostrais.

$$FA_i = (NP_i / NP_T) \cdot 100$$

$$FR_i = \left(FA_i / \sum_{i=1}^S FA_i \right) \cdot 100$$

Índice de valor de importância: Consiste na soma aritmética dos valores relativos de densidade, dominância e frequência, dando uma indicação da importância da espécie no fragmento.

$$IVI_i = DR_i + DoR_i + FR_i$$

Onde:

DA_i = densidade absoluta da i -ésima espécie;

DR_i = densidade relativa da i -ésima espécie;

DoA_i = dominância absoluta da i -ésima espécie;

DoR_i = dominância relativa da i -ésima espécie;

FA_i = frequência absoluta da i -ésima espécie;

FR_i = dominância relativa da i -ésima espécie;

NP_i = número de parcelas em que ocorre a i -ésima espécie;

NP_T = número total de parcelas amostradas;

IVI_i = índice de valor de importância da i -ésima espécie;

D_i = diâmetro a 1,30 m do solo para a i -ésima espécie (cm);

n_i = número de indivíduos da i -ésima espécie

S = número de espécies

No estrato regenerante as plantas foram agrupadas em três classes de altura, sendo elas plantas recrutadas ($Ht < \bar{H}_t - s_{H_t}$), não estabelecidas ($\bar{H}_t - s_{H_t} < Ht < \bar{H}_t + s_{H_t}$) e estabelecidas ($Ht > \bar{H}_t + s_{H_t}$). Também foram obtidos os mesmos índices fitossociológicos apresentados anteriormente, exceto os de dominância absoluta e relativa.

Para as variáveis do solo obteve-se a média dos teores dos pontos de coleta em cada profundidade. Na sequência, estes foram agrupados em dois grupos, denominados como baixo teor (valores abaixo da média) e alto teor (valores acima da média).

3.3 Análise Espacial

O padrão espacial do estrato arbóreo e da regeneração foi analisado por meio da Função K de Ripley Univariada e Bivariada. A Função K de Ripley consiste num método baseado em contagem e distância, que utiliza coordenadas (x,y) de cada árvore. O método possui a vantagem de avaliar a distribuição espacial em diferentes escalas.

Por meio da Função K Univariada, foi possível testar a hipótese de Completa Aleatoriedade espacial, em que investigou se o padrão de distribuição espacial das espécies se comporta de forma agregada, aleatória ou regular. A Função K bivariada, por sua vez, analisou a hipótese de Completa Independência espacial, a qual informou se a relação entre as plantas e os fatores do solo é de atração, independência ou inibição.

A análise do estrato arbóreo foi realizada em 8 classes de diâmetro, três classes de altura e para as quatro espécies de maior valor do Índice de Valor de Importância. Para o estrato regenerante a análise foi feita nas três classes de altura e para as duas espécies de maior Índice de valor de importância. Os grupos que apresentaram padrão agregado foram relacionados com os fatores edáficos por meio da análise bivariada.

Foram avaliadas as relações entre pares de eventos (pares de pontos) a cada 5 m (s) de distância. Não existe uma regra para a determinação do valor de s, sendo esse dependente do fenômeno a ser estudado e do interesse da pesquisa. A distância máxima considerada foi de 100 m. Isso foi definido porque em áreas retangulares, o estimador da função K de Ripley é não viciado para distâncias inferiores à metade do menor lado do retângulo (DIGGLE, 2003). O número (m) de simulações Monte Carlo utilizadas para construir os envelopes de confiança, com $(1/(1+m)) \times 100\%$ de probabilidade, tanto no caso univariado quanto no bivariado, foi 1.000 simulações. Para isso, o estimador da função K no caso univariado baseia-se na correção isotrópica de bordadura segundo a formulação a seguir (RIPLEY, 1977).

$$\widehat{K}(s) = \frac{1}{\widehat{\lambda}_n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_1^{-1}(x_i, x_j) I(\|x_i - x_j\| < s), \text{ para } i \neq j \text{ e } s > 0$$

Em que: n é o número de árvores na região de estudo; x_i e x_j as coordenadas dos pontos do mapa; $\|x_i - x_j\|$ é a distância euclidiana entre as localizações x_i e x_j ; s é um vetor arbitrário de distâncias; $\widehat{\lambda}_n = n/|A|$ é o número de árvores dividido pela área da região de estudos, sendo um estimador não viciado da intensidade do processo; $W_1(x_i, x_j)$ é a função de correção isotrópica de bordadura, a qual representa a proporção da circunferência com centro em x_i e com raio $\|x_i - x_j\|$ que está fora da região de estudo, sendo a função definida para qualquer polígono convexo; $I(U)$ é uma função indicadora que assume o valor 1 (um) sempre que a condição U for verdadeira e zero quando falsa.

A utilização da função transformada $\widehat{L}(s)$ foi aplicada na interpretação gráfica da função K de Ripley (CAPRETZ, 2004), que pode ser apresentada como:

$$\widehat{L}(s) = \sqrt{\frac{\widehat{K}_s}{\pi}} - s$$

Em que: $\widehat{L}(s)$ é o valor da função \widehat{K}_s transformada; \widehat{K}_s é o estimador da função de Ripley no caso univariado e s é um vetor de distâncias.

Para a função K bivariada, também chamada de função cruzada, torna-se possível investigar a relação espacial entre dois grupos de eventos. A estimativa da função K bivariada foi feita de forma análoga a função univariada (CAPRETZ, 2004).

$$\widehat{K}_{12}(s) = \frac{1}{\widehat{\lambda}_1 \widehat{\lambda}_2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_1^{-1}(x_{1i}, x_{2j}) I(\|x_{1i} - x_{2j}\| < s), \text{ para } i \neq j \text{ e } s > 0$$

Em que: $\widehat{\lambda}_1 = n_1/|A|$ é o estimador não viciado da intensidade do primeiro processo; $\widehat{\lambda}_2 = n_2/|A|$ é o estimador não viciado da intensidade do segundo processo; $W_1(x_{1i}, x_{2j})$ é a

função de correção isotrópica de bordadura centrada nas árvores do primeiro processo e $I(U)$ é uma função indicadora centrada nas árvores do primeiro processo.

Nos dois casos, os envelopes de confiança (limites de confiança) foram definidos por meio de 1.000 simulações Monte Carlo. Após a realização de simulações, definiu-se o intervalo de confiabilidade, que delimita a região de aceitação da hipótese (Hipótese H_0) do padrão espacialmente aleatório (caso univariado) ou independente (caso bivariado). Na construção desse intervalo foram armazenados os valores mínimos e máximos de K , obtidos nas simulações para cada distância s . Quando os valores estimados da função K ultrapassaram o limite superior do envelope, o padrão foi de agregação (univariado) ou de atração (bivariado). Quando ultrapassaram o limite inferior o padrão foi de regularidade (univariado) ou de repulsão (bivariado) e quando permaneceram no interior dos envelopes, o padrão foi de aleatoriedade (univariado) ou de independência (bivariado). Todas as análises foram realizadas no software R.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na realização do levantamento florístico, foram encontradas um total de 43 espécies de plantas arbóreas, sendo que cinco delas não foram identificadas e 95 espécies regenerantes (não arbóreas), sendo 44 não identificadas. As plantas em que não foram possíveis realizar as identificações botânicas foram classificadas como Morfo-Espécie. Na sequência são apresentados os parâmetros fitossociológicos correspondentes a estrutura horizontal, para as 20 espécies de maior índice de valor de importância nas plantas arbóreas e (Tabela 1) e regenerantes (Tabela 2).

Existem poucos trabalhos relacionados à caracterização de SAF'S através da fitossociologia. Nesses sistemas, o estudo de fitossociologia visa entender melhor os desenhos e a função que as espécies exercem em cada situação e tem a importância para a replicação dos mesmos em outras propriedades. Dentre os parâmetros fitossociológicos mais utilizados, destacam-se os que envolvem as análises de estrutura horizontal, e diamétrica e os índices que analisam a diversidade e heterogeneidade de vegetações.(OLIVEIRA, 2013).

As espécies de maior importância, nesta sequência, para o estrato arbóreo foram *Gliricidia sepium* (386 plantas.ha⁻¹), *Archontophoenix alexandrae* (197 plantas.ha⁻¹), *Euterpe oleracea* (108 plantas.ha⁻¹) e *Schizolobium parahyba* (18 plantas.ha⁻¹). Apesar de a espécie *Schizolobium parahyba* apresentar baixa densidade absoluta em relação a outras espécies, como por exemplo a *Euterpe edulis*, o porte diamétrico delas geraram uma área basal significativa quando comparada as outras espécies, aumentando a sua dominância na área. As espécies com densidade relativa inferior a 1 % e consideradas raras foram 67,44 % do total, indicando o predomínio de poucas espécies em relação as demais. Isso fica comprovado quando considera-se as quatro espécies de maior IVI em grupo único. Elas correspondem a 65,75 % do total de plantas arbóreas na área e foram as selecionadas para a análise espacial. As florestas do Brasil são caracterizadas por apresentarem grande diversidade biológica, encontrada nos diferentes ecossistemas existentes, desta forma, conhecer a dinâmica dessas comunidades se faz de grande importância para sua conservação, visto que ao longo das ações antrópicas do homem, algumas espécies acabam se tornando raras ou extintas, o que acaba reduzindo esta diversidade e comprometendo a sustentabilidade e manutenção de uma floresta que apresenta diversidade biológica.

A análise dos padrões fitossociológicos são extremamente importantes para o entendimento e conhecimento de espécies tropicais, os levantamentos florísticos e fitossociológicos indicam a identidade das espécies e o comportamento destas em comunidades vegetais, sendo também, de suma importância para entender qual a relação dos indivíduos nos Sistemas Agroflorestais.

Tabela 1: Estrutura horizontal do estrato arbóreo. Onde: NI = número de indivíduos, DA = densidade absoluta (indivíduos/ha), DoA = dominância absoluta (m²/ha) FA = frequência absoluta (%), DR = densidade relativa (%), DoR = dominância relativa (%) FA = frequência relativa (%) e IVI = Índice de valor de importância

Espécie	NI	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	IVI
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	143	386,49	35,75	5,29	26,90	75,68	17,39	80,04
<i>Archontophoenix alexandrae</i> (F. Muell) H. Wendl. & Drude	73	197,30	18,25	3,63	18,49	59,46	13,66	50,40
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	40	108,11	10,00	0,65	3,29	43,24	9,94	23,23
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S. F. Blake	7	18,92	1,75	2,09	10,63	16,22	3,73	16,10
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	9	24,32	2,25	1,31	6,68	13,51	3,11	12,03
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	20	54,05	5,00	0,44	2,26	18,92	4,35	11,61
<i>Theobroma cacao</i> L.	18	48,65	4,50	0,17	0,86	27,03	6,21	11,57
<i>Bixa orellana</i> L.	12	32,43	3,00	0,15	0,74	21,62	4,97	8,71
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	6	16,22	1,50	0,28	1,42	16,22	3,73	6,64
<i>Averrhoa carambola</i> L.	7	18,92	1,75	0,54	2,75	8,11	1,86	6,37
<i>Bactris gasipaes</i> Kunth.	7	18,92	1,75	0,29	1,47	13,51	3,11	6,32
<i>Melia azedarach</i> L.	7	18,92	1,75	0,55	2,81	5,41	1,24	5,80
<i>Morfo</i> Espécie 1	4	10,81	1,00	0,49	2,48	8,11	1,86	5,34
<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook)	2	5,41	0,50	0,53	2,71	5,41	1,24	4,46
<i>Carica papaya</i> L.	8	21,62	2,00	0,08	0,38	8,11	1,86	4,25
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	3	8,11	0,75	0,29	1,48	8,11	1,86	4,09
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	2	5,41	0,50	0,58	2,97	2,70	0,62	4,09
<i>Zizyphus joazeiro</i> Mart.	2	5,41	0,50	0,32	1,62	5,41	1,24	3,36
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	3	8,11	0,75	0,06	0,33	8,11	1,86	2,94
<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A. Robyns	1	2,70	0,25	0,33	1,70	2,70	0,62	2,57

As espécies regenerantes de maior importância foram *Archontophoenix alexandrae* (251 plantas.ha⁻¹) e *Theobroma cacao* (172 plantas.ha⁻¹), (Tabela 2). Estas também foram as de distribuição espacial homogênea na área, ocorrendo em 70,27 e 59,46 %, respectivamente, das unidades amostrais alocadas. As espécies raras foram 81,05 %, reiterando que as espécies supracitadas são as responsáveis pela maior parte da regeneração natural. Juntas elas são responsáveis por quase 30 % dos indivíduos regenerantes. Devido ao destaque estas duas espécies foram as selecionadas para a realização da análise espacial.

Archontophoenix alexandrae é a espécie mais importante que caracteriza a fitofisionomia dessa formação florestal por apresentar um número maior de indivíduos significativo em relação aos demais.

Peneireiro (1999), comparou uma área de SAF de 12 anos de manejo com uma área de pousio da mesma idade. Através de um levantamento florístico e fitossociológico, notou-se que a vegetação das duas áreas estudadas mostraram se distintas tanto floristicamente como na estrutura fitossociológica. O SAF demonstrou ser mais evoluído ecologicamente, apresentando maior diversidade e equabilidade, no qual o manejo desse sistema foi apontado como o principal fator para diferenciação das duas áreas. Desta forma, os resultados obtidos neste SAF, podem ser explicados pela falta de manejo na área desde sua implantação até os dias atuais.

Tabela 2: Estrutura horizontal do estrato regenerante. Onde: NI = número de indivíduos, DA = densidade absoluta (indivíduos/ha), FA = frequência absoluta (%), DR = densidade relativa (%), FR = frequência relativa (%) e IVI = Índice de valor de importância

Espécie	NI	DA	DR	FA	FR	IVI
<i>Archontophoenix alexandrae</i> (F. Muell) H.Wendl. & Drude	93	251,35	16,88	70,27	9,70	26,58
<i>Theobroma cacao</i> L.	64	172,97	11,62	59,46	8,21	19,82
<i>Coffea</i> L.	36	97,30	6,53	16,22	2,24	8,77
<i>Bactris gasipaes</i> Kunth.	26	70,27	4,72	29,73	4,10	8,82
<i>Erythroxylum pulchrum</i> A. St. Hill	26	70,27	4,72	27,03	3,73	8,45
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	23	62,16	4,17	24,32	3,36	7,53
<i>Bixa orellana</i> L.	22	59,46	3,99	24,32	3,36	7,35
<i>Heliconia</i> sp.	19	51,35	3,45	21,62	2,99	6,43
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	14	37,84	2,54	18,92	2,61	5,15
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	10	27,03	1,81	18,92	2,61	4,43
<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi.	8	21,62	1,45	18,92	2,61	4,06
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	9	24,32	1,63	16,22	2,24	3,87
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.	9	24,32	1,63	16,22	2,24	3,87
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	9	24,32	1,63	8,11	1,12	2,75
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	7	18,92	1,27	10,81	1,49	2,76
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	6	16,22	1,09	10,81	1,49	2,58
<i>Psidium cattleianum</i> Sab.	10	27,03	1,81	10,81	1,49	3,31
<i>Carica papaya</i> L.	4	10,81	0,73	10,81	1,49	2,22
<i>Citrus</i> sp.	4	10,81	0,73	10,81	1,49	2,22
<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum.	5	13,51	0,91	13,51	1,87	2,77

O padrão espacial foi analisado para todos os grupos de espécies de uma forma geral, incluindo as espécies arbóreas e regenerantes, considerando todas as plantas. Para os dois casos, os valores estimados da função de K extrapolaram os limites inferiores dos envelopes de confiança, indicando a rejeição da hipótese de completa aleatoriedade espacial. Desta obteve-se, para estas duas situações (Figura 2), o padrão regular, indicando que as plantas tendem a se repulsar quanto a sua ocorrência na área. Legendre & Fortin (1989) consideram que, na natureza, os seres vivos não se distribuem de forma aleatória, nem uniforme. Pelo contrário, segundo estes autores, eles se agregam em manchas ou outros tipos de estrutura espacial. Tendo que Sistemas Agroflorestais são áreas plantadas e não de ordem natural, estes tendem a ter uma distribuição regular, onde suas localizações na área não são influenciadas por processos ecológicos como de dispersão de sementes e herbivoria. Cabe destacar que nas duas situações em questão, a análise foi feita considerando todas as espécies, sendo que cada uma delas possui uma síndrome de dispersão de sementes e isso pode influenciar no padrão espacial final.

Jeansson et al. (1989) afirmam que o resultado da regeneração natural é dependente de dois grupos básicos de fatores: os fatores locais, como o clima, solo, vegetação, suprimento de água; e os fatores do tratamento silvicultural do povoamento de origem, como desbastes, composição de espécies, idades, boa produção de sementes, condições de substrato. Quanto à distribuição espacial de plantas regenerantes, Crawley (1986) afirma que a “chuva” de sementes provenientes dos indivíduos adultos chegam à superfície do solo em um padrão especialmente agregado, desta forma, podem permanecer no local e serem estabelecidos ali ou serem dispersas por animais, vento, água da chuva ou algum outro agente dispersor. Isso faz com que a tendência de distribuição espacial de regenerações seja agregada, podendo ser também aleatória e raramente regular, como mostrou a análise feita nesta área.

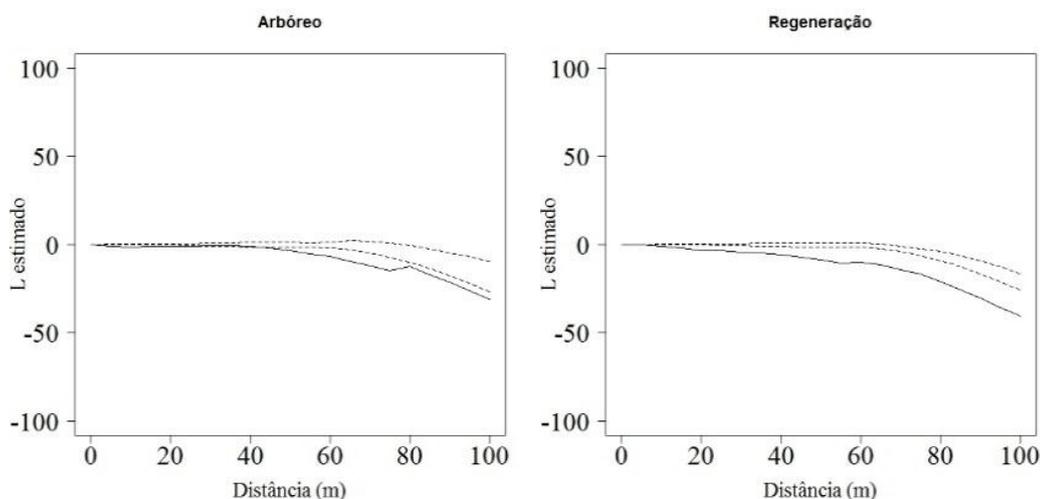


Figura 2: Valores estimados (linha contínua) e limites de confiança (linhas tracejadas) da função K de Ripley univariada para o estrato arbóreo e para a regeneração considerando todas as plantas agrupadas

Para as espécies arbóreas analisadas, de maneira geral aceitou-se a hipótese de completa aleatoriedade espacial, pois a linha que indica os valores estimados de K permaneceram dentro do envelope de confiança (FIRURA 3). Os padrões aleatórios que predominaram para as árvores adultas podem implicar em homogeneidade ambiental e/ou padrões comportamentais dos indivíduos na área (MATTEUCCI; COLMA, 1982). Para Crawley (1986), quando a mortalidade é dependente de fatores abióticos, a tendência é que a população esteja mais concentrada em manchas de hábitat favorável e a maioria das mortes ocorrerá nas bordas da distribuição espacial. Mesmo tratando-se de um plantio, em que o padrão espacial esperado seja o regular, a aleatoriedade entre as plantas é possivelmente devido à falta de manejo na área.

Para a *Gliricidia Sepium* (Figura 3), até aproximadamente 40 metros de distância, observou-se um padrão agregado, indicando a dependência espacial dos indivíduos. Para Ricklefs & Miller (2000), este padrão ocorre quando há uma tendência de as progênes permanecerem próximas aos indivíduos parentais. Entre 40 e 50 metros o padrão encontrado foi o aleatório, por ser um sistema plantado. Após 50 metros de distância o padrão encontrado foi o regular, que segundo Ricklefs & Miller (2000), derivam da interação entre os indivíduos e são comuns em espécies animais territorialistas, mas incomuns em populações e comunidades vegetais, restringindo-se a espécies que apresentem compostos inibidores de outros indivíduos em sua vizinhança.

Em um Sistema Agroflorestal, cada espécie se comporta de uma maneira diferente em relação à área em que está localizada, este comportamento pode ser influenciado por fatores bióticos e abióticos da natureza. O Manejo da área e seu monitoramento, permitem que ao longo do tempo seja possível conhecer os processos que ali estão ocorrendo e, desta forma, é possível controlá-los e obter um melhor resultado de acordo com o objetivo do mesmo. Uma das formas de entender como estes processos ocorreram na área foi através da aplicação da Função K de Ripley, mostrando com os resultados obtidos que a falta de práticas de manejo, fez com que esta área perdesse suas características ao longo do tempo, fato que ficou evidenciado com a agregação encontrada para a *Gliricidia Sepium*.

A agregação encontrada entre os indivíduos da espécie *Gliricidia Sepium*, é um reflexo da situação atual de abandono em que a área se encontra. Com a falta de manejo, os indivíduos acabam se estabelecendo de forma desordenada, muito próximos e sem as

características do espaçamento utilizado inicialmente. De acordo com (Crawley, 1986), em qualquer situação em que as plantas estejam irregularmente espaçadas, diferentes demandas espaciais são feitas sobre os recursos que o habitat pode prover. Quando há densas agregações locais, e a demanda por recursos aumenta consideravelmente, ocorre competição intraespecífica. Desta forma, em situações como a encontrada, é recomendável aplicar práticas de manejo que devolvam a estrutura natural do SAF estudado, retirando algumas espécies.

Os indivíduos da espécie *Euterpe Oleracea*, apresentaram basicamente o mesmo comportamento da *Gliricidia Sepium*, porém, o valor de K não ultrapassou o limite superior do envelope, retratando aleatoriedade entre suas plantas até aproximadamente 50m e após isso, observou-se o padrão regular. Os indivíduos da espécie *Archontophoenix alexandrae*, apresentaram pouca variação nos valores de K e estes permaneceram dentro dos limites do envelope de confiança até aproximadamente 60 metros de distância o que levou à aleatoriedade na distribuição destes indivíduos, por fim, observou-se uma tendência à regularidade do padrão espacial desta espécie. Os valores de K encontrados para a espécie *Schizolobium parahyba* apresentaram padrão aleatório com valores próximos ao limite inferior do envelope de confiança. Percebeu-se para as quatro espécies analisadas, um resultado diferente do padrão regular naturalmente esperado para um plantio de Sistema Agroflorestal, o que pode ser devido à falta de manejo na área, “abandonada” desde a sua implantação em meados do ano 2000. Os processos de regeneração natural, antrópicos e naturais que podem ter ocorrido ao longo do tempo, possivelmente levaram ao predomínio do padrão aleatório.

Uma questão à ser considerada, é o número de indivíduos analisados em cada grupo. Este número influenciou nos limites superiores e inferiores da Função de forma diferente para cada análise. Quando se analisa um certo número de indivíduos para cada distância, estes, podem fazer com que este limite seja maior ou menor, de acordo com o número de árvores em cada classe.

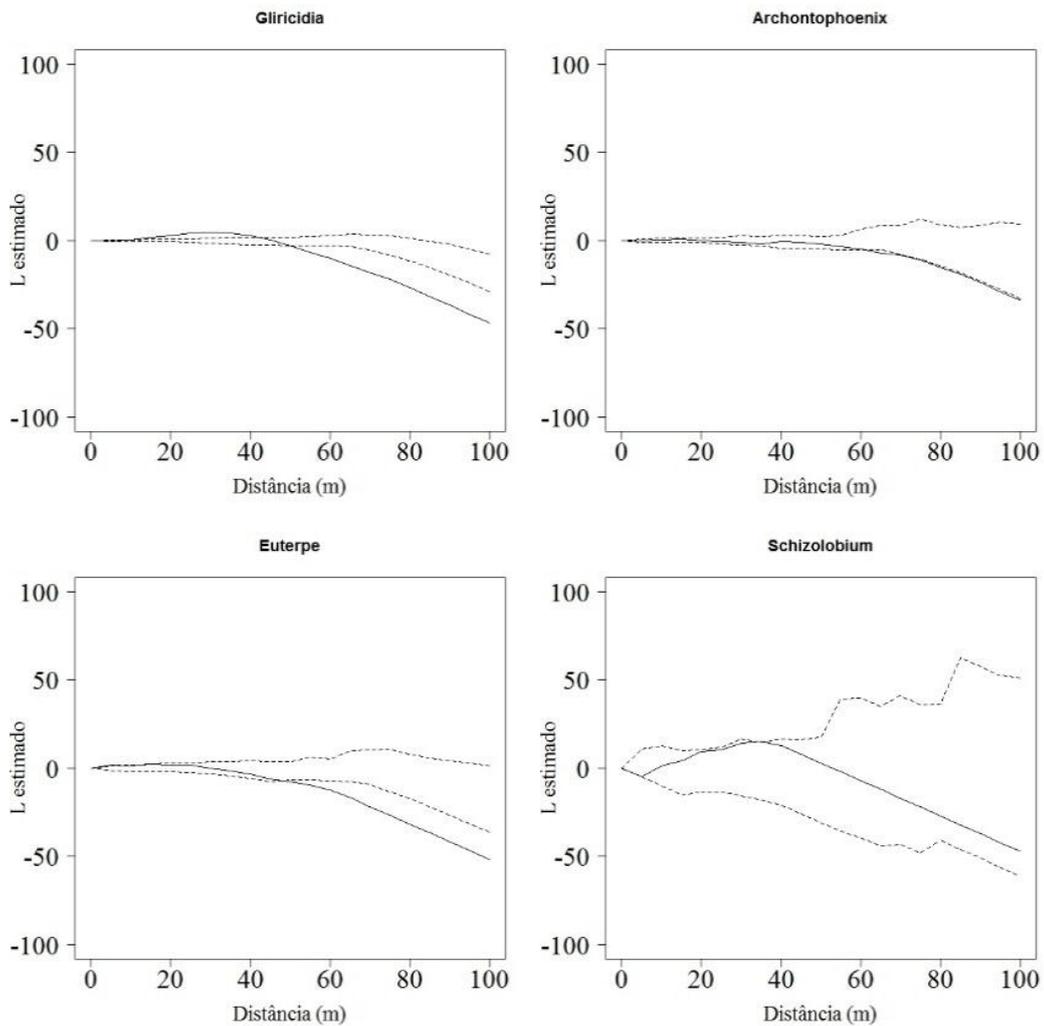


Figura 3: Valores estimados (linha contínua) e limites de confiança (linhas tracejadas) da função K de Ripley univariada para as espécies arbóreas de maior IVI

Quanto à distribuição dos indivíduos arbóreos em classes de altura (Figura 4), observou-se uma variação entre os padrões aleatório e regular nos três estratos. O comportamento de destaque foi o do estrato inferior ($H_t > \overline{H}_t + s_{H_t}$), até aproximadamente 30 m de distância. Para estas condições o padrão espacial foi o regular, caracterizando que indivíduos de porte menor tendem a ocorrer inibindo a presença de outros. Este resultado foi contrário ao obtido por Capretz (2004). No trabalho do referido autor, observou-se que as árvores das classes menores (onde provavelmente estão incluídas as árvores jovens) mostram acentuada agregação e que árvores de classes maiores apresentam tendência a padrões aleatórios.

O estrato médio apresentou tendência à agregação até aproximadamente 40 metros de distância, diferentemente do padrão esperado, e logo após, evidenciou-se a distribuição regular, esperada para este tipo de sistema. A tendência à agregação nos primeiros metros de distância, possivelmente pode ser explicada por dispersões feitas logo após o plantio do SAF, onde as espécies são dispersas pelo vento ou animais dispersores, e assim procuram encontrar manchas de condições favoráveis para seu estabelecimento gerando padrões agregados.

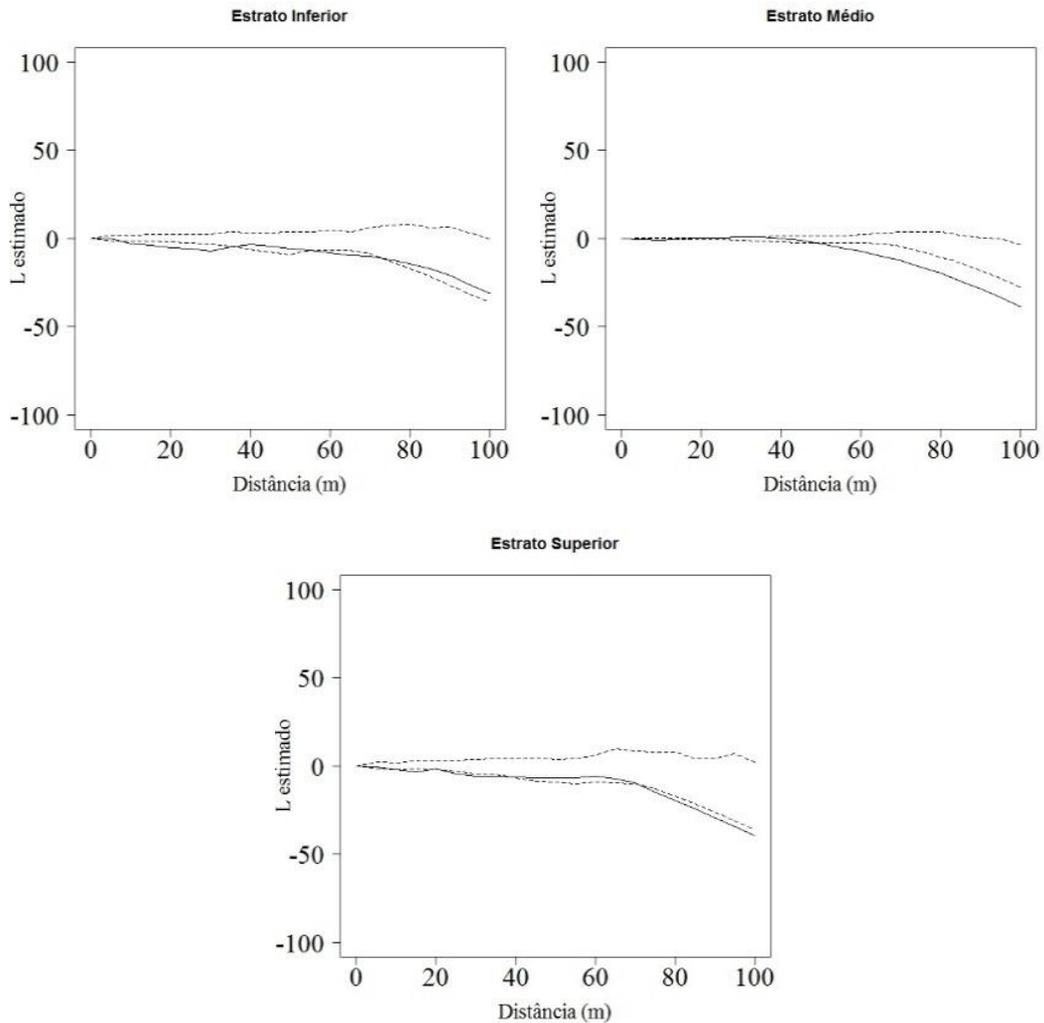


Figura 4: Valores estimados (linha contínua) e limites de confiança (linhas tracejadas) da função K de Ripley univariada para as plantas arbóreas agrupadas em estratos de altura

Para a análise realizada por classe de diâmetro do estrato arbóreo (Figura 5), observou-se que o padrão espacial predominante também foi o regular, retratando o que é esperado para um plantio. Ludwig & Reynolds (1988) afirmam que neste tipo de distribuição, interações negativas entre indivíduos (como, por exemplo, a competição por alimento ou espaço) resultam em espaçamento uniforme entre as plantas. Apenas a classe diamétrica que englobam os indivíduos com DAP superior a 40 cm (classe 8) foi a que apresentou padrão espacial agregado entre 20 e 40 m de distância. Por se tratar de plantas dominantes na área, as condições de solo podem ser um fator que contribui para o desenvolvimento desta plantas num mesmo local, caracterizando a agregação. Este resultado, contribui e fortalecem a idéia de que condições de sítio, em especial as características do solo, podem influenciar no padrão espacial das plantas.

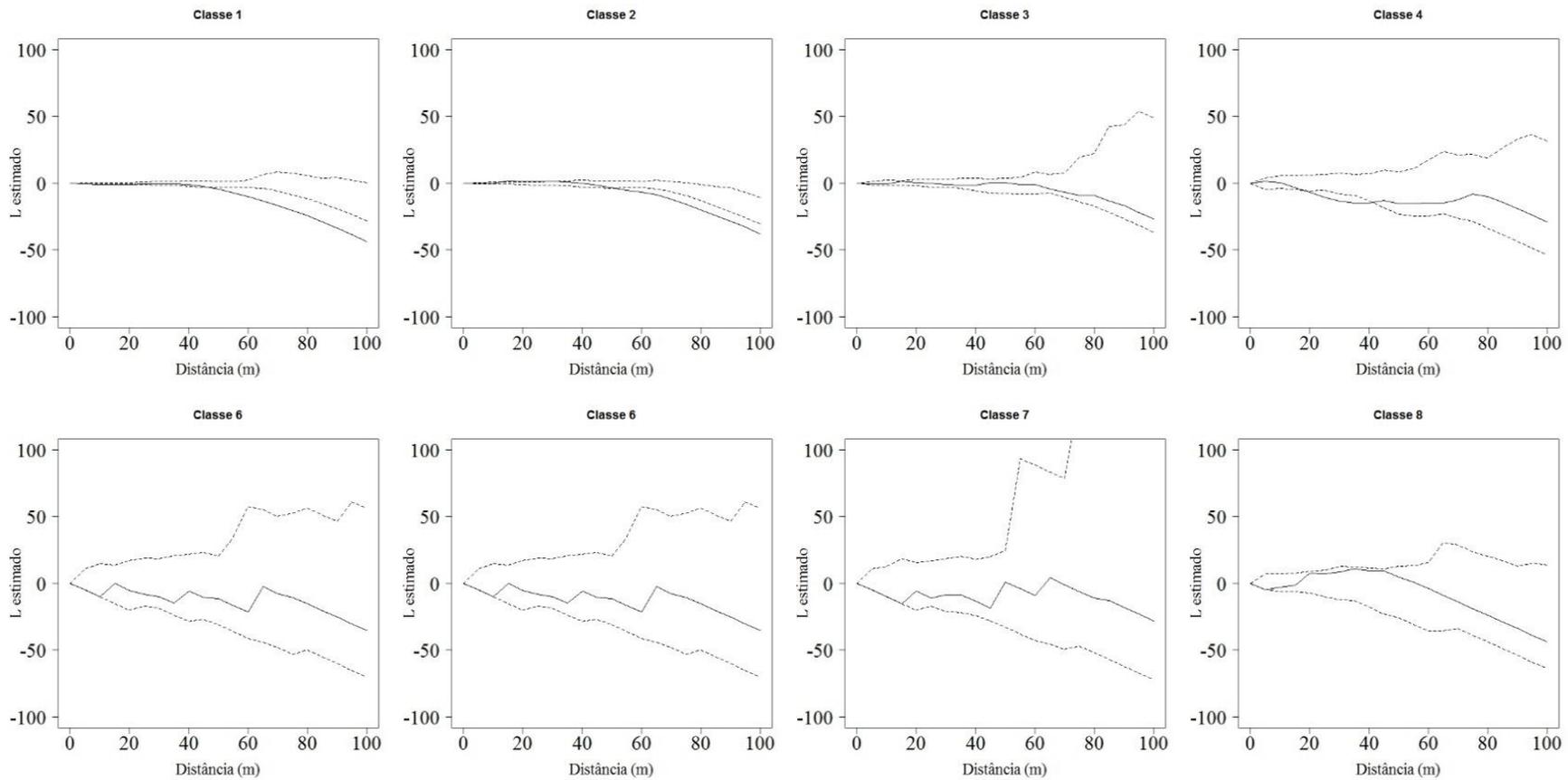


Figura 5: Valores estimados (linha contínua) e limites de confiança (linhas tracejadas) da função K de Ripley univariada para as plantas arbóreas agrupadas em classes de diâmetro.

Para a análise univariada da regeneração natural (Figura 6), as duas espécies selecionadas apresentaram padrão espacial agregado até aproximadamente 30 m de distância. Segundo Nascimento et al. (2001), em florestas secundárias podem ser encontradas uma elevada densidade de árvores por hectare, representada por arvoretas de pequeno porte que habitam os primeiros estratos da vegetação e indivíduos jovens de árvores de grande porte do dossel da floresta. Isso faz com que exista uma participação acentuada desses indivíduos de menor porte formando pequenas e densas manchas na vegetação e proporcionando uma distribuição espacial agregada ou tendendo à agregação. Além disso, fatores abióticos como disponibilidade de água, intensidade de luz (HOULE et. al. 2001) e bióticos como ação de predadores ou patógenos (BATISTA e TALAVERA 2002) e a dispersão de sementes (BLEHER e BÖHNING-GAESE, 2001) apresentam grande influência na distribuição dos indivíduos. Outro aspecto importante é que a agregação pode ser proveniente da dispersão das sementes da planta mãe, que podem se concentrar num dado local formando pequenas manchas de plantas da mesma espécie.

O conhecimento do padrão de distribuição das produção de sementes (REIS et al.,1996; DORNELES) e espécies é fundamental na tomada de decisão sobre o manejo silvicultural a ser aplicado na área (MARTINSet al., 2003). Desta forma, a as análises espaciais utilizando a função K, contribuem de forma a indicar a situação de um SAF quando ao sua necessidade de práticas de manejo.

As análises realizadas neste estudo, confirmaram a necessidade de um bom manejo, principalmente quanto à agregação apresentada nos indivíduos de *Archantophoenix Alexandrae*, que provavelmente acontecem devido à competição dos indivíduos, à busca deles por nutrientes, fato acarretado à falta de monitoramento e conhecimentos dos processos ocorridos desde a implantação do sistema até a situação atual.

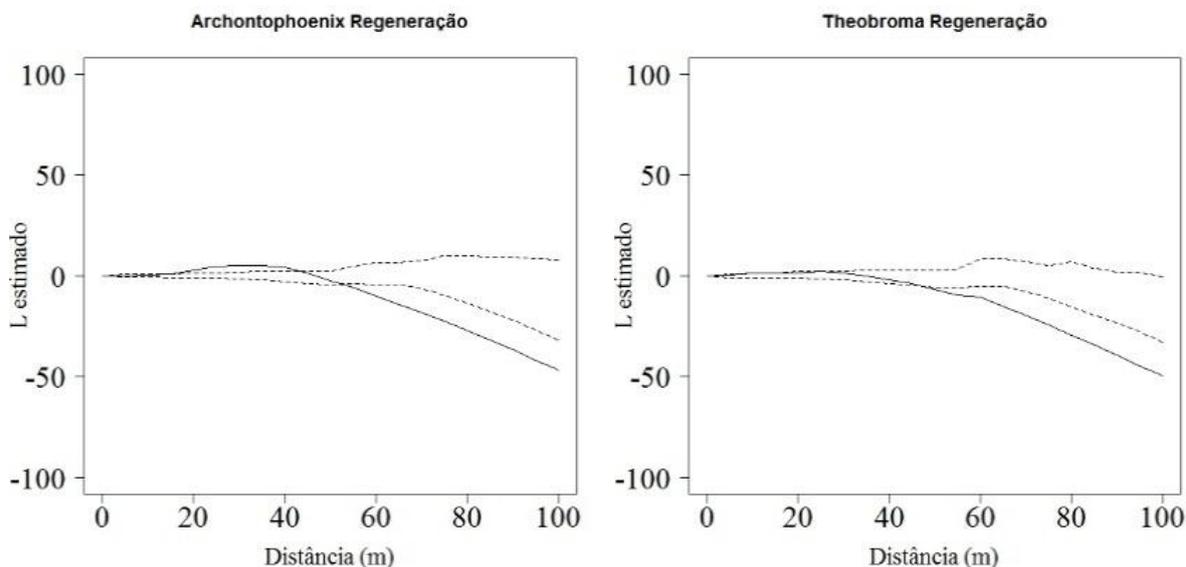


Figura 6: Valores estimados (linha contínua) e limites de confiança (linhas tracejadas) da função K de Ripley univariada para as espécies regenerantes de maior IVI

Assim como para o estrato arbóreo, a separação das plantas regenerantes em classes de altura proporcionou um padrão espacial regular, pois os valores da função K estimada ultrapassaram os limites inferiores dos intervalos de confiança (Figura 7). Apenas uma leve agregação é percebida entre plantas recrutadas até aproximadamente 15 m de distância. Estas são plantas menores e provavelmente são provenientes de sementes mais pesadas. Estas ao

serem dispersas pelas planta mãe, tendem a se desenvolver em conjunto formando os agregados. Ao longo do tempo, devido aos processos de competição pelos recursos locais, eles tendem a assumir um padrão de repulsão à medida que se tornam plantas não estabelecidas e estabelecidas.

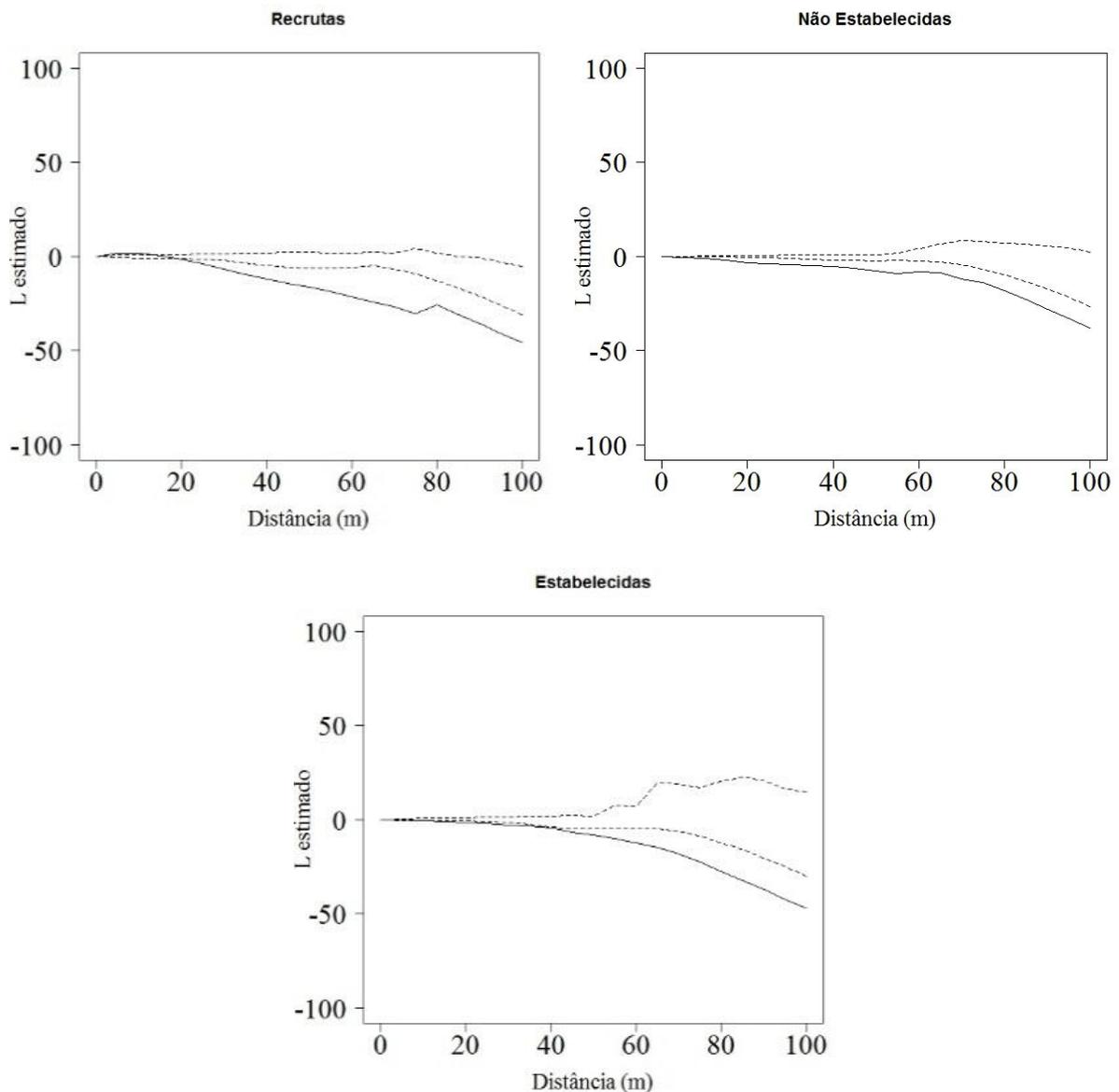


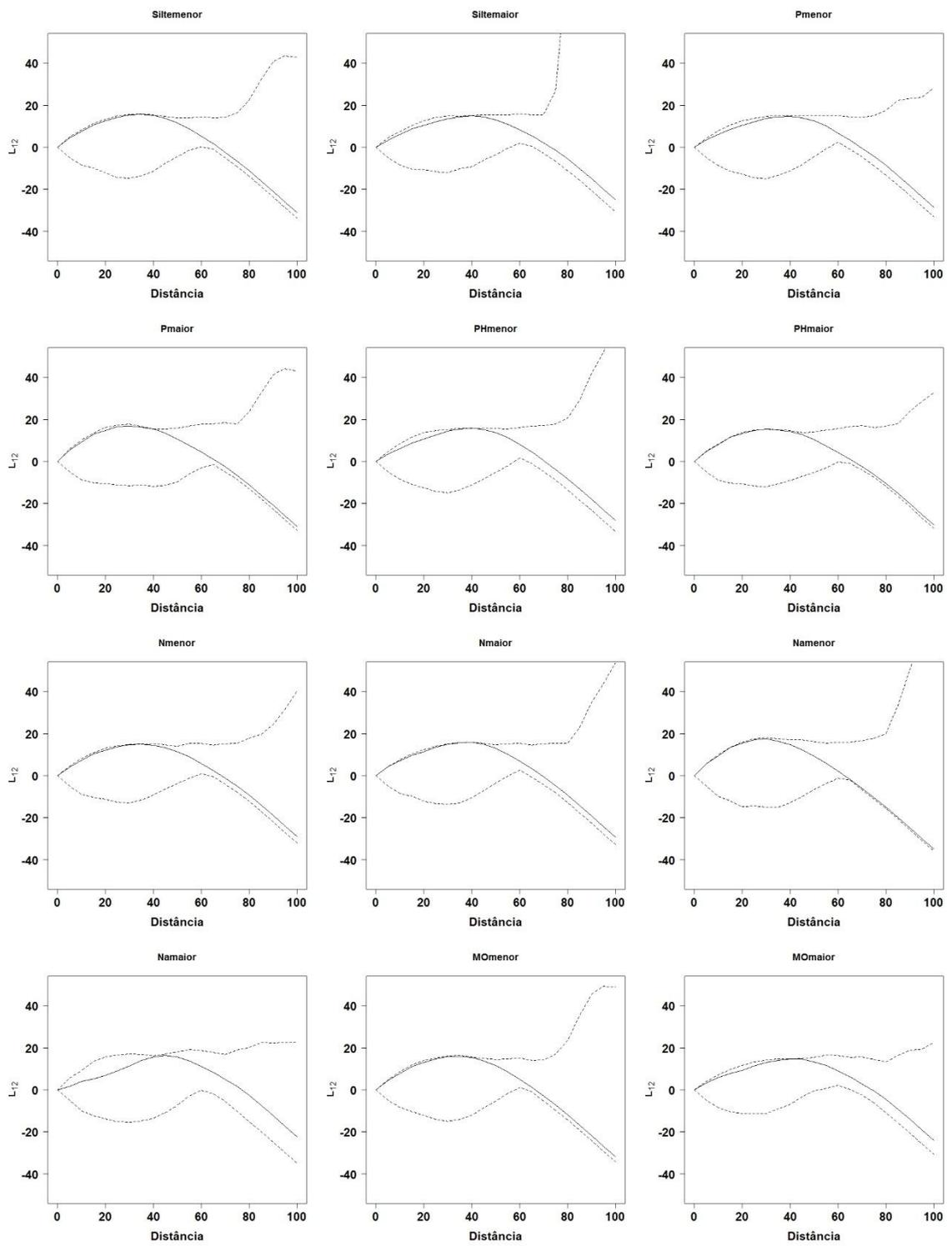
Figura 7: Valores estimados (linha contínua) e limites de confiança (linhas tracejadas) da função K de Ripley univariada para as espécies regenerantes agrupadas em classes de recrutamento

Através da análise Univariada dos indivíduos arbóreos das espécies *Gliricidia sepium* e das regenerações de *Archontophoenix alexandrae*, observou-se agregação até 40 m de distância aproximadamente. Este fato foi determinante para que estas espécies fossem escolhidas para avaliação no caso bivariado em relação aos nutrientes do solo. Essa análise retratou possíveis relações entre o padrão de agregação com a busca de nutrientes necessários para que os indivíduos se estabeleçam.

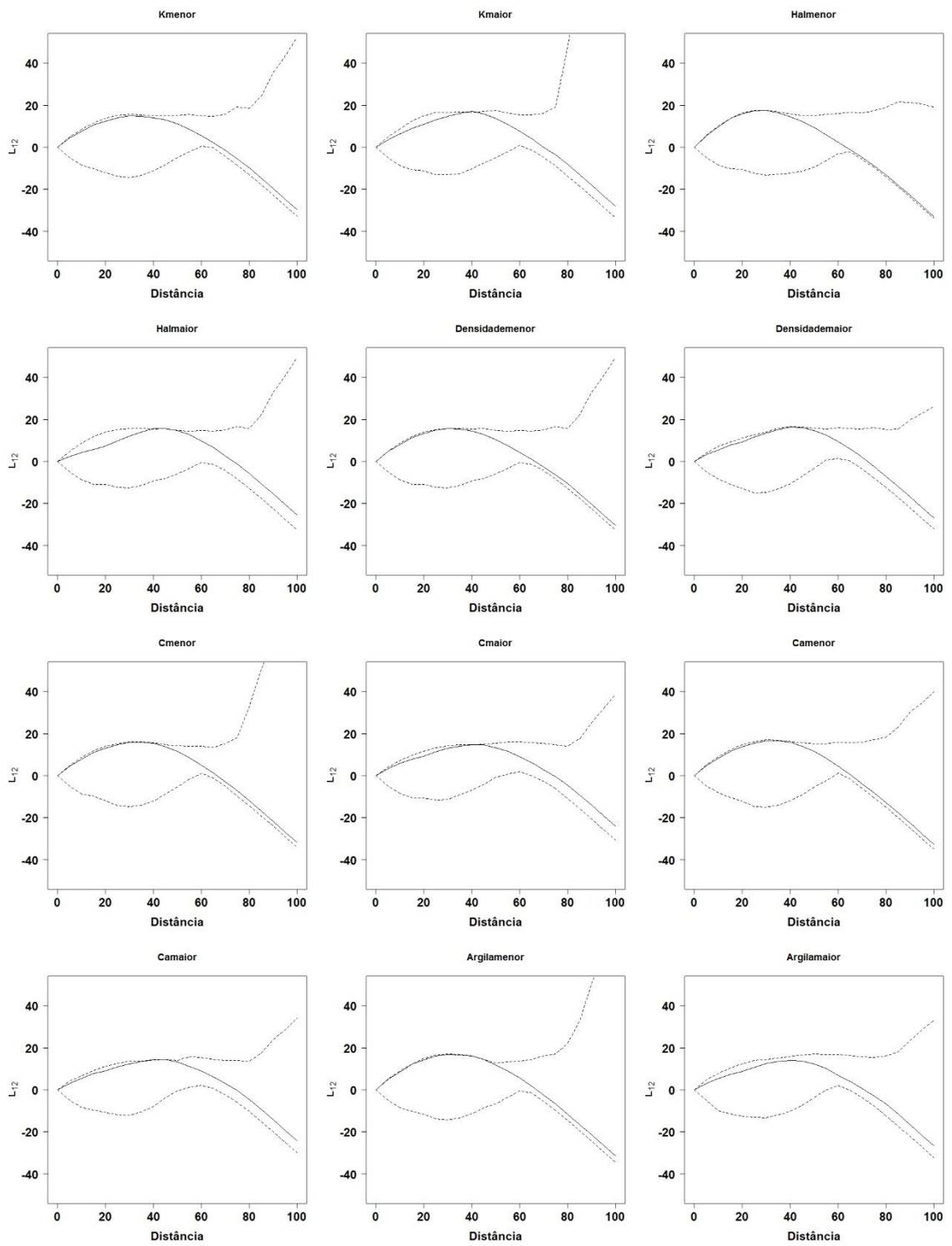
Para todos os casos das análises Bivariadas utilizando a função K de Ripley, os valores que não ultrapassaram os limites dos envelopes de confiança (Figuras 8 e 9), indicando independência espacial entre as plantas da espécie *Gliricidia sepium* e *Archontophoenix alexandrae* com os nutrientes presentes no solo. Isso permitiu a aceitação da hipótese de Completa Independência Espacial. Fato este, que pode ser explicado ao se entender a necessidade dos indivíduos por nutrientes que funcionem como ingredientes para crescimento e reprodução, alguns sendo essenciais e outros apenas como completo para seu desenvolvimento. Algumas espécies podem precisar de poucos nutrientes, apesar disso, eles são essenciais em sua quantidade. A falta de algum elemento importante no metabolismo acaba por fragilizar a planta, que crescerá mal, ficará mais susceptível à pragas e doenças, podendo não adquirir maturidade sexual e acabar morrendo.

Variações edáficas são acompanhadas por variações na composição florística, de forma semelhante, verificam-se, em uma toposeqüência, variações na composição e estrutura da comunidade vegetal que podem ser evidenciadas na biomassa e no estado nutricional da vegetação. Estas variações nada mais são que respostas da vegetação às mudanças na disponibilidade de nutrientes do solo (HARIDASAN, 1992). Áreas que apresentam grande variação na composição florística podem ser ordenadas de forma a constituir um diagrama da região analisada e assim, servir como indicativo de que fatores edáficos estariam gerando essa variação ao longo do gradiente. Contudo, as análises realizadas associando nutrientes do solo e indivíduos das espécies, mostraram que as variações edáficas tiveram pouca influência para a distribuição espacial dos mesmos, ou seja, a maneira em que os indivíduos estão alocados no sistema não está ligada à quantidade de nutrientes que estes solos possuem. Sendo assim, pode-se inferir que o desenvolvimento das plantas espacialmente na área está mais relacionado a síndrome de dispersão das sementes.

A Função K no caso Bivariado, é um estudo de suma importância, pois gera resultados de como dois eventos em uma mesma área estão ocorrendo, de que maneira um evento reage espacialmente na presença de outro. Áreas bem manejadas, em geral, não apresentam os mesmos resultados que áreas sem monitoramento e um manejo adequado. O estudo do SAF conduzido pela sucessão natural com elevada diversidade, concluiu que um bom manejo do componente arbóreo em sistemas agroflorestais, aumenta os teores de nutrientes presentes no solo (YOUNG, 1989).



Continuação...



Continuação...

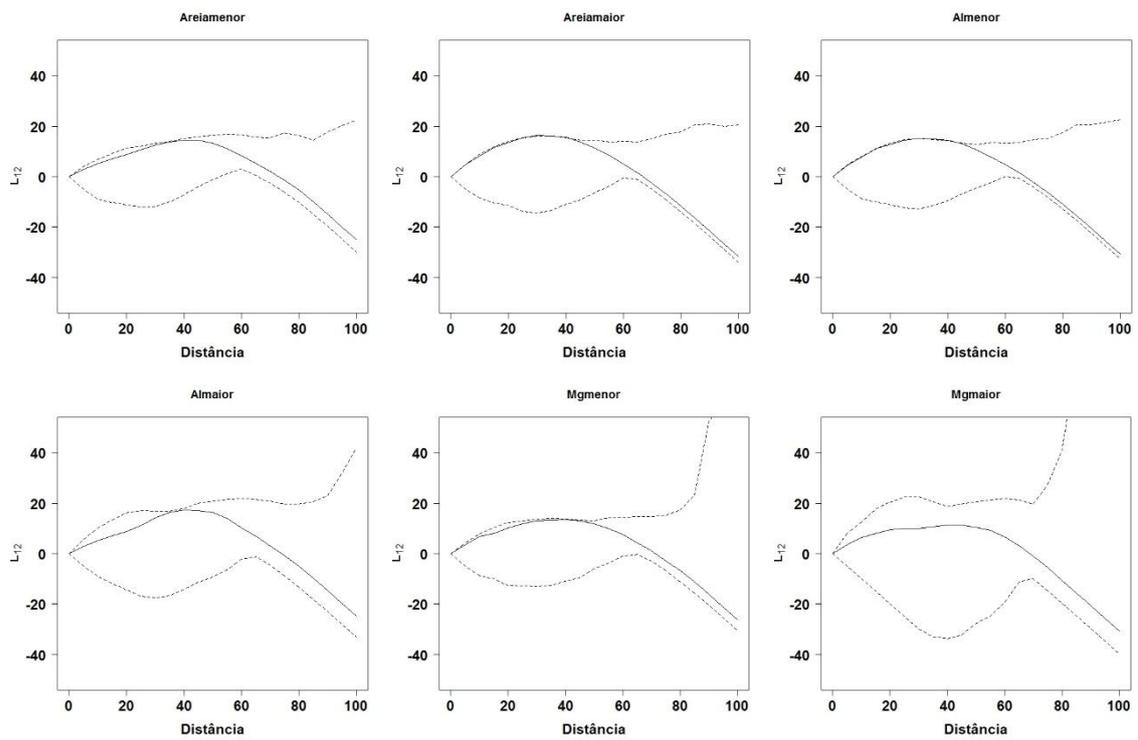
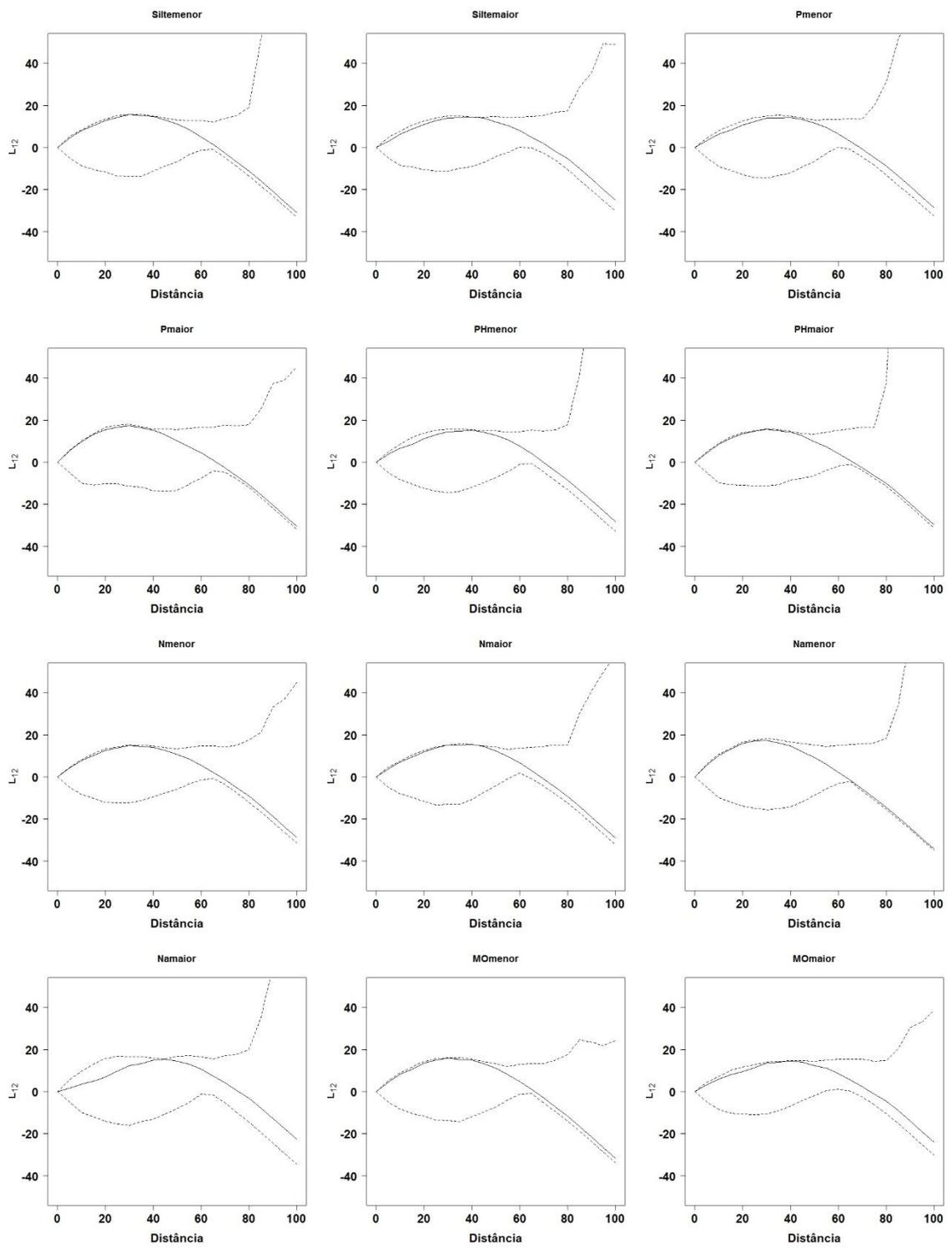
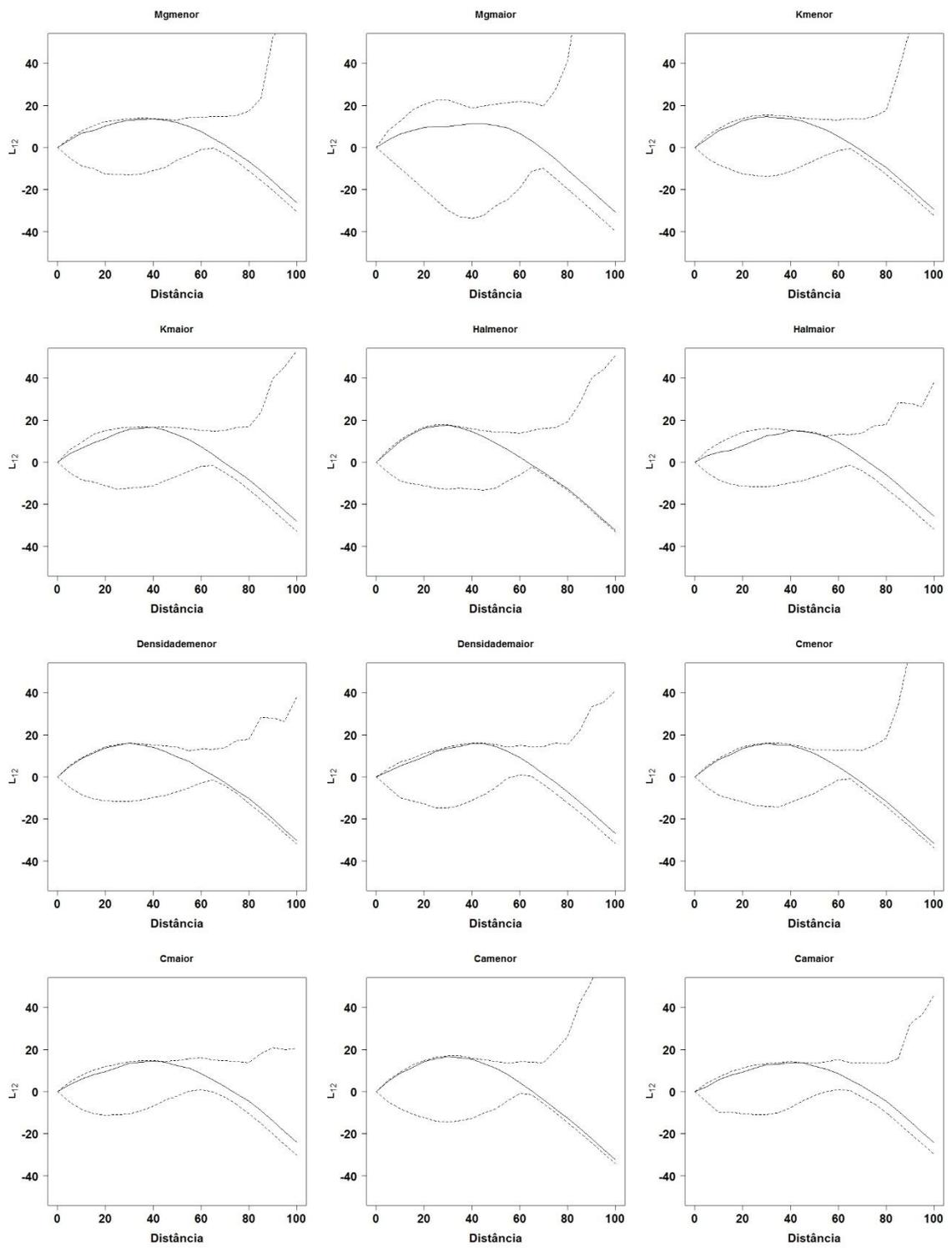


Figura 8: Valores estimados (linha contínua) e limites de confiança (linhas tracejadas) da função K de Ripley bivariada entre as variáveis edáficas e a espécie *Gliricidia sepium*



Continuação...



Continuação...

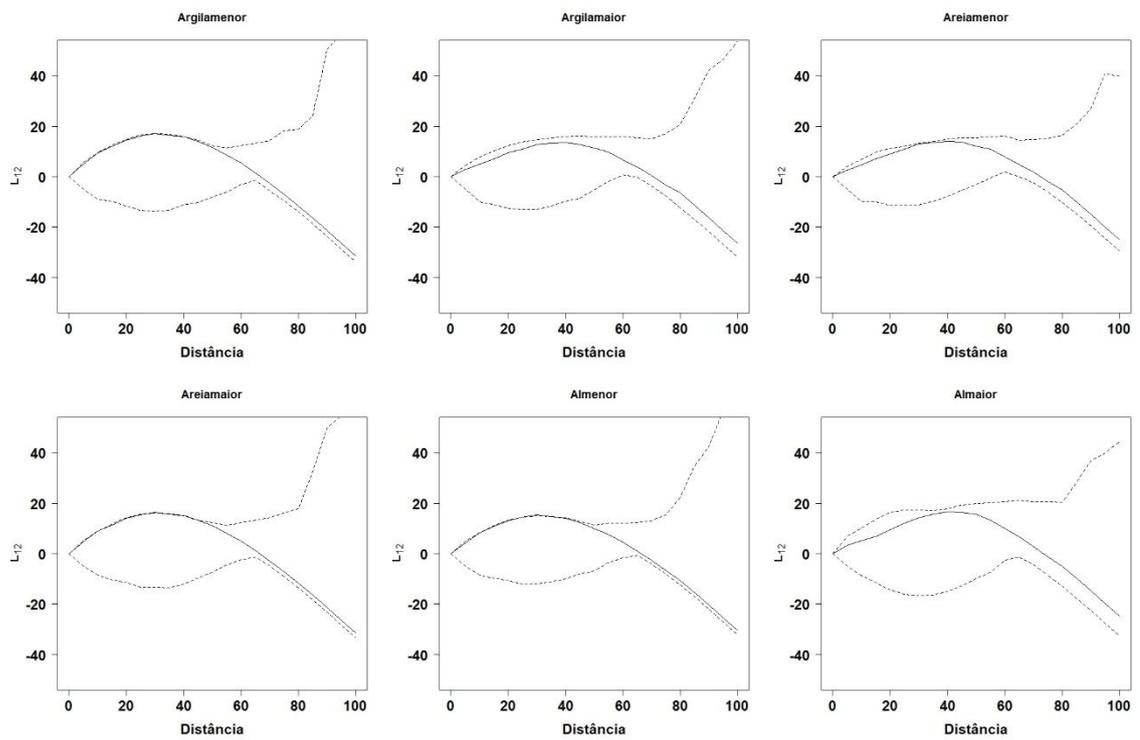


Figura 9: Valores estimados (linha contínua) e limites de confiança (linhas tracejadas) da função K de Ripley bivariada entre as variáveis edáficas e a espécie *Archontophoenix alexandrae*

5 CONCLUSÕES

O padrão espacial predominante nas plantas arbóreas e regenerantes é o aleatório. Este provavelmente ocorre pela ausência de manejo ao longo do desenvolvimento do sistema agroflorestal, no caso das plantas arbóreas. Para as plantas regenerantes o padrão aleatório se relaciona com a síndrome de dispersão das sementes que ocorrem pelo vento de forma aleatória.

Quanto a relação espacial entre as plantas arbóreas e regenerantes com fatores edáficos, comprovou-se para a área em estudo que tais fatores não interferem na distribuição espacial dos indivíduos, permitindo a aceitação da hipótese de completa independência espacial.

Torna-se necessário a realização de um manejo na área em estudo, pois a mesma perdeu a seu arranjo regular característico de um sistema agroflorestal. As condições atuais de distribuição espacial das plantas arbóreas e regenerantes propiciam maior competição pelos recursos do solo. Para este estudo, os fatores edáficos foram fundamentais no desenvolvimento das plantas e não para a formação de agregados.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M.A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Edição 3^a, São Paulo: Expressão Popular, 2012. 400p.
- ALTIERI, M.A. Por que estudar la agricultura tradicional? **Agroecología y Desarrollo**, Santiago, v.1, n.1, p.16-24, 1991.
- ANJOS, A. **Análise do padrão de distribuição espacial do palmito (*Euterpe edulis*) utilizando a função K de Ripley**. 1998. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1998.
- ANJOS, A.; MAZZA, M. C. M.; SANTOS, A. C. M. C.; DELFINI, L. T. Análise do padrão de distribuição espacial da Araucária (*Araucária Angustifolia*) em algumas áreas do Paraná, utilizando a função K de Ripley. **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 36-45, 2004.
- ARAÚJO, E. J. G.; DAVID, H. C.; PÉLLICO NETTO, S.; MORAIS, V. A.; SCOLFORO, J. R. S. Padrão espacial de espécies arbóreas em fragmento de floresta estacional semidecidual. **Revista Ciências Agrárias**, v. 57, n. 2, p. 166-171, abr./jun. 2014.
- ARIMA, E.; UHL, C. **Pecuária na Amazônia Oriental: desempenho atual e perspectivas futuras**. Manaus: IMAZON, 1996. 1999. 40p.
- ARMESTO, J.J.; MITCHELL, J.D.; VILLAGRAN, C. **A comparison of spatial patterns of trees in some tropical and temperate forests**. *Biotropica*, v.8, p.1-11, 1986.
- BAILEY, T.C.; GATRELL, A.C. **Interactive spatial data analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1995, 413p.
- BAROT, S.; GIGNOUX, J.; MENAUT, J. Demography of a savanna palm tree: predictions from comprehensive spatial pattern analyses. **Ecology**, v.80, p.1987-2005, 1999.
- BATISTA, F.; TALAVERA, S. Temporal and spatial patterns of seed dispersal in two *Cistus* species (Cistaceae). **Annals of Botany** v. 89, 2002. p. 427-434.
- BATISTA, J.L.F.; MAGUIRE, D.A.; Modelling the spatial structure of tropical forests. **Forest Ecology and Management**, v.110. 1998.
- BENTES - GAMA, M. M. B. **Análise técnica e econômica de sistemas agroflorestais em Machadinho d'Oeste, Rondônia**. 2003. 126 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2003.
- BLEHER, B. e BÖHNING-GAESE, K. Consequences of frugivore diversity for seed dispersal, seedling establishment and the spatial pattern of seedlings and trees. **Oecologia** v. 129. 2001, p. 385-394.
- BRUZINGA, J. S.; OLIVEIRA, M.L.R. de; NOGUEIRA, G.S.; PEREIRA, I.M.; LEITE, H.G.; MACHADO, E.L.M. Métodos de amostragem para quantificar indivíduos adultos do pequi *Caryocar brasiliense* Cambess. **Ciência Rural**, v.44, n.8, p. 1341-1347, 2014.

CAMARERO, J.J.; GUTIÉRREZ, E.; FORTIN, M. **Spatial pattern of subalpine forest alpine grassland ecotones in spanish central Pyrenees**. *Forest Ecology and Management*, v.134, p.1-16, 2000.

CAPRETZ, R. L. **Análise dos padrões espaciais de Árvores em quatro formações florestais do estado de São Paulo, através de análises de segunda ordem, como a função k de Ripley**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

CAPRETZ, R. L., BATISTA, J. L. F., SOTOMAYOR, J. F. M., CUNHA, C. R., NICOLETTI, M. F. & RODRIGUES, R. R. 2012. Padrão espacial de quatro formações florestais do estado de São Paulo, através da função K de Ripley. **Ciência Florestal**, 22: 551-565.

CARVALHO, J. O. P. Changes in the spatial distribution of tree species in a terra firme raio Forest in brasilian amazônica after logging. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 37, p.53-70, 2002.

CLARK, P. J.; EVANS, F. C. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationship in populations. **Ecology**, v.35, n.4, p.445-453, 1954.

COMAS, C. et al. Characterising forest spatial structure through inhomogeneous second order characteristics. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v.23, n.3, p.387-397, 2009.

CONDIT, R.; HUBBEL, S.P. & FOSTER, R.B.. Short-term dynamics of a Neotropical forest: change within limits. **BioScience** 42(11): 822-828, 1992.

COOMES, D.A.; REES, M.; TURNBULL, L. **Identifying aggregation and association in fully mapped spatial data**. *Ecology*, v.80, p.554-565, 1999.

CRAWLEY, M. J. **Plant Ecology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1986. 496 p.

CRUZ, O. A. M.; RÍOS, R. V. **Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos**. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima, 2003. 235 p.

CUNHA, U.S. **Análise da estrutura espacial horizontal de uma floresta de terra firme da Amazônia**. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Paraná. 126 p. Curitiba, 2003.

DANIEL, O. et al. Sistemas agroflorestais como alternativas sustentáveis à recuperação de pastagens degradadas. In: SIMPÓSIO SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL, 1., 1999, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 1999. p.151-170.

DIGGLE, P. **Spatial analysis of spatial points patterns**. 2. ed. London: Oxford University Press Inc. 2003.

DUBOIS, J. C. L. **Manual agroflorestal para a Amazônia**. Rio de Janeiro: Rebraf, 1996. v. 1.

DUFTY, A. Analogue forestry a sustainable production. In: Earl, G. et al, **Revegetation Guide for the Goulburn Broken Catchment**. New South Wales: Department of Natural Resources & Environment, 2001. p. 80-83.

ENGEL, V. L. **Introdução aos Sistemas Agroflorestais**. Botucatu: FEPAF, 1999. 70 p.

FAO. **Advancing Agroforestry on the Policy Agenda**: A guide for decision-makers. Rome, 2013. 38p.

FERRON, R. M.; ROTTA, S. R. **Reflorestamento Manual do Treinando**. Porto Alegre: SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. 2005. 65p.

HAASE, P. Spatial pattern analysis in ecology on Ripley K-function: Introduction and edge correction. **Journal of vegetation science**, v6, 1995.

HARIDASAN, M. Observations on soils, foliar nutrient concentrations and floristic composition of cerrado sensu stricto and cerrado communities in central Brasil. In: FURLEY, P. A., PROCTOR, J. & RATTER, J. A. (eds.) **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman and Hall. p. 309-348. 1992.

HIGUCHI, P.; SILVA, A.N.; BERG, E.V.; PIFANO, S. Associações espaciais entre indivíduos de diferentes espécies de *Miconia* spp. Ruiz & Pav. (Melastomataceae). **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, 2011.

HOULE, G.; McKENNA, M. F ; LAPOINTE, L. Spatial temporal dynamics of *Floerkea proserpinacoides* (Limnanthaceae) an annual plant of the deciduous forest of eastern north America. **American Journal of Botany** 88(4), 2001, p. 594-607.

HUBBELL, S.P. **Tree dispersion, abundance and diversity in a tropical dry forest**. Science, v.203, p.1299-1309, 1979.

HUGHES, M. F., ROT, M. C.; ROMÃO, R.L.; CASTRO, S.C. Dinâmica espaço-temporal de *Melocactus ernestii* subsp. *ernestii* (Cactaceae) no Nordeste do Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, V.34, n.3, p.389-402, jul.-set. 2011.

HUTCHINGS, M. J. 1997. **The structure of plant population**. In: Plant Ecology (Crawley M. J.) Blackwell Scientific Publications.

JEANSSON, E. Natural regeneration of pine and spruce: some aspects on natural regeneration. In: IUFRO Working Sl. **Mountain Silviculture in the Southern Alps**. Italy, p. 1-14, 1989.

KAIMOWITZ, D. El avance de la agricultura sostenible en América Latina. **Agroecología y Desarrollo**, Santiago, n.10, p.2-9, 1996.

KING, K.F. E CHANDLER, N.T. The wasted lands: **The program of work of the International Council for Research in Agro forestry (ICRAF)**. Nairobi, Kenya.

KUULUVAINEN, T.; ROUVINEN, S. Post-fire understorey regeneration in boreal *Pinus sylvestris* forests sites with different fire histories. **Journal of Vegetation Science**, v.11, p.801-812, 2000.

- LEGENDRE, P. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? **Ecology**, v.74, p.1659-1673, 1993.
- LEGENDRE, P.; FORTIN, M.J. Spatial pattern and ecological analysis. **Vegetatio** 80: 1989, p. 107-138.
- LUDWIG, J.A.; REYNOLDS, J.F. **Statistical ecology**. New York: John Wiley, 1988. 337p.
- MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; TSUKAMOTO FILHO, A.A. Princípios de agrossilvicultura como subsídio do manejo sustentável. **Informe Agropecuário**. v.21 (202) 93-98p, 2000.
- MARIOT, A. et al. Estrutura populacional e incremento corrente anual de casca-de-anta (*Drimys brasiliensis* Miers - Winteraceae) em Caçador, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.12, n.2, 2010.
- MARTINÉZ, I. et al. Spatial associations among tree species in a temperate forest community in North-western Spain. **Forest Ecology and Management**, v.260, n.4, p.456-465, 2010.
- MARTINS, S. S.; COUTO, L.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. L. Efeito da exploração seletiva em uma floresta estacional semidecidual. **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.65-70, 2003.
- MATTEUCCI, W.G.; COLMA, A. **Metodologia para o estudo de uma vegetação**. Washington; OEA. 1982.
- McGRATH, D.A.; COMENFORD, N.B.; DURYEY, M.L. Litter dynamics and monthly fluctuations in soil phosphorus availability in Amazonian agroforestry. **For. Ecol. Manag**, v. 131, p.167-184, 2000.
- NAIR, P. K. R. Tree integration on farmland for sustained productivity of small holdings. In: HOCKERETZ, W. **Environmentally Sound Agriculture**. New York: Praeger Scientific, 1983, 333-350 p.
- NASCIMENTO ART, LONGHI SJ, BRENA DA. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal** 2001; 11(1): 105-119.
- OLINDA, A.; **Métodos de sobrevivência entre marcas e pontos em processos pontuais marcados**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, 2008 Lavras- Minas Gerais Brasil.
- OLIVEIRA, A. C. C. **Sistemas agroflorestais com café: fixação e neutralização de carbono e outros serviços ecossistêmicos**. 2013. 131f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2013.
- PALUDO, G. F.; MANTOVANI, A.; REIS, M. S. Regeneração de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.5, p.1107-1119, 2011.
- PASCHOAL, A.D. Modelos sustentáveis de agricultura. **Agricultura Sustentável**, Jaguariúna, v.2, n.1, p.11-16, 1995.

PENEREIRO, F. M. **Sistemas Agroflorestais Dirigidos pela sucessão Natural: um estudo de caso**. 1999. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

PENTTINEN, A.; STOYAN D.; HENTTONEN, H. M. Marked point processes in forest statistics. **Forest Science**, v. 38, n. 4 p. 806-824, 1992.

PEREIRA, A. A. **Análise da distribuição espacial de Jequitibá Rosa (*Cariniana legalis*) usando a geoestatística e sistema de informações geográficas**. 2005. P. 47.

PEREIRA, A. A.; BARROS, D. A.; JUNIOR, F. W. A.; PAREIRA, J. A. A; REIS, A. A.; **Análise da distribuição espacial de áreas queimadas através da Função K de Ripley**. *Sci. For.*, Piracicaba Brasil, v. 41, n. 100, p. 445-455, dez. 2013.

PERRY, G. L. W.; MILLER, B. P; ENRIGHT, N. J. A comparison of methods for the statistical analysis of spatial point patterns in plant ecology. **Plant Ecology**, v.187, p.59-82, 2006.

PIELOU, E. C. The use of point-to-plant distances in the study of the pattern of plant populations. **Journal of Ecology**, v.47, n.3, p.607-613, 1959.

REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y.; REIS, M. S.; FANTINI, A. Demografia de *Euterpe edulis* Mart.(Arecaceae) em uma floresta Ombrófila Densa Montana, em Blumenau (SC). **Sellowia**, v.45, p.05-37, 1996.

RICKLEFS, R.E. & MILLER, G. L. **Ecology**. 4th. Edition. W.H. Freeman and Company. New York, 2000.

RIPLEY, B. D. Modelling spatial patterns. **Journal of the Royal Statistic Society**, v. 39, p. 172-212, 1977.

RODE, R.; FIGUEIREDO-FILHO, A.; MACHADO, S. A.; GALVÃO, F. Análise do padrão espacial de espécies e de grupos florísticos estabelecidos em um povoamento de *Araucaria angustifolia* e em uma floresta ombrófila mista no centro-sul do Paraná. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 2, p. 255-268, abr./jun. 2010.

RODIGHERI, H. R. **Rentabilidade econômica comparativa entre plantios florestais e sistemas agroflorestais com erva mate, eucalipto e pinus e as culturas do feijão, milho,soja e trigo**. Colombo: Embrapa-CNPQ, 1997. 35 p.

SCHUTTER, O. Agroecology, a tool for the realization of the right to food. In: LICHTFOUSE, E. **Agroecology and Strategies for Climate Change**. Spring. 2012. p. 1-16.

SCHWARZ, P.A; FAHEY, T.J.; MCCULLOCH, C.E. Factors controlling spatial variation of tree species abundance in a forested landscape. **Ecology**, v.84, p.1862-1878, 2003.

SHIKI, S. Sustentabilidade do sistema agroalimentar nos cerrados: em busca de uma abordagem incluyente. **Agricultura Sustentável**, Jaguariúna, v.2, n.1, p.17-30, 1995.

SILVA, M. A.; MELLO, J. M.; SOARES S. J. R.; CZANCK, J. L.; SILVA A. I.; DONIZETTE O. A. Análise da distribuição espacial da Candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) sujeita ao sistema de manejo porta-sementes). **Cerne**, Vol. 14, Núm. 4, outubro-dezembro, 2008.

SMITH, N.; DUBOIS, J.; CURRENT, D.; CLEMENT, C. **Experiências agroflorestais na Amazônia Brasileira: restrições e oportunidades**. Brasília: Banco Mundial, 1998. 120p.

SOUZA,V.L.; SILVA O.A.; **Estrutura e distribuição espacial de árvores de uma população de *Stryphnodendron adstringens* (Mart). Coville em cerrado da Reserva Biológica e Estação Experimental de Mogi Guaçu**, Estado de São Paulo, Brasil. *Holos Environment*, v.6, 2006.

TORQUEBIAU, E. Sustainability indicators in agroforestry. In: HUXLEY, P.A. (Ed). **Viewpoints and issues on agroforestry and sustainability**. Nairobi, Kenya: ICRAF, 1989. 14 p.

VIEIRA, I. C. G.; TOLEDO, P. M.; ALMEIDA, A. Análise das modificações da paisagem da região bragantina, no Pará, integrando diferentes escalas de tempo. **Ciência e Cultura**, v.37, n. 4, p. 549 - 558, 2007.

WATT, A. S. Pattern and process in the plant community. **Journal of Ecology**, v.35, n.35, p.1-22, 1947.