

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**ANÁLISE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE E ACÚMULO
DE SERAPILHEIRA EM MATA DE GALERIA**

PRISCILA SALES RODRIGUES AQUINO

ORIENTADOR: PROF. DR. MAURO ELOI NAPPO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM - 204/2013

BRASÍLIA/DF: MARÇO - 2013

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**ANÁLISE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE
SERAPILHEIRA EM MATA DE GALERIA**

PRISCILA SALES RODRIGUES

DISSERTAÇÃO DE Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, do Departamento de Engenharia Florestal, da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre.

APROVADA POR:



**Prof. Dr. Mauro Eloi Nappo (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Orientador)**



**Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Examinador interno)**



**Prof.ª Dr.ª Gláucia de Mello Pelá (Universidade Estadual de Goiás - UEG);
(Examinador externo)**

**Prof. Dr. Reginaldo Sergio Pereira (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Examinador suplente)**

Brasília, 27 de março de 2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Aquino, Priscila Sales Rodrigues.
A657a Análise espacial da produtividade e acúmulo de serapilheira em mata de galeria / Priscila Sales Rodrigues Aquino. -- 2013.
x, 76 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, 2013.

Inclui bibliografia.

Orientação: Mauro Eloi Nappo.

1. Comunidades vegetais. 2. Serapilheira. 3. Ecologia florestal. I. Nappo, Mauro Eloi. II. Título.

CDU 634.0.22

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AQUINO, P. S. R. (2013). Análise espacial da produtividade e acúmulo de serapilheira em mata de galeria. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM-204/2013, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 76p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Priscila Sales Rodrigues Aquino

TÍTULO: Análise espacial da produtividade e acúmulo de serapilheira em mata de galeria.

GRAU/ANO: Mestre/2013

É concedida à Universidade de Brasília-UnB permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias, com o propósito exclusivamente acadêmico e/ou científico. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Priscila Sales Rodrigues Aquino
Rua Santa Catarina, L.14, Vila Souza
75.780-000 Ipameri-GO-Brasil.

A
Marcelo Victor Oliveira de Aquino,
por todo amor, compreensão e incentivo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao meu **Senhor Jesus Cristo**, o qual é razão da minha existência e sem **Ele** não alcançaria essa conquista.

Ao meu esposo, **Marcelo Victor Oliveira de Aquino**, por todo o seu amor, sua imensa compreensão da minha ausência em diversos momentos, por todo apoio, incluindo todas as cansativas, porém divertidas saídas ao campo.

Ao meu orientador **Mauro Eloi Nappo**, pela confiança e ensinamentos dados desde o meu ingresso do mestrado até a conclusão deste trabalho.

Ao meu irmão **Marcos Sales Rodrigues**, pelo auxílio e suporte durante todo o desenvolvimento deste trabalho, enriquecendo-o. .

A minha mãe **Maria de Fátima Sales Rodrigues**, por me apoiar incondicionalmente e me cobrir com suas orações.

Ao meu pai **Moacir Amâncio Rodrigues** e meu irmão **Marcelo Sales Rodrigues**, por acreditarem em mim e torcer por minha conquista.

As minhas amigas **Cíntia Fernanda Mesquita Vaz** e **Denise Alves da Silva**, por todo incentivo e colaboração nos trabalhos de campo e no laboratório.

Aos meus amigos **Roger** e **Paulo Victor**, pela ajuda na instalação dos coletores no campo.

Ao professor **Ismael Martins Pereira**, por sua importantíssima colaboração na identificação de plantas.

A **Gislene, Roberta, Thaís, Taísa** e **Igor** pela colaboração, quando possível, nos trabalhos de campo e laboratório.

A **CAPES/REUNI**, pelo apoio financeiro.

A **todos** que de alguma forma colaboraram para realização deste trabalho.

“Um pouco de ciência nos afasta de Deus... Muito, nos aproxima.”

Louis Pasteur

RESUMO

ANÁLISE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE SERAPILHEIRA EM MATA DE GALERIA

Autora: Priscila Sales Rodrigues Aquino

Orientador: Prof. Dr. Mauro Eloi Nappo

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, março de 2013

Serapilheira é a camada, de resíduos orgânicos, formada sobre os solos de ecossistemas florestais e é um componente fundamental desses ambientes, especialmente pela forte relação com os processos de ciclagem de nutrientes. Contudo, fenômenos naturais, como a deposição de serapilheira, comumente apresentam-se com certa estruturação nas variações entre vizinhos, inferindo que as variações não são aleatórias. Portanto, o estudo objetivou avaliar a eficiência de métodos geoestatísticos na estimação da produtividade e acúmulo de serapilheira em mata de galeria. O estudo foi conduzido na mata de galeria do córrego Lava-pés em Ipameri, GO. Avaliou-se a produtividade de serapilheira utilizando-se 60 coletores, instalados em uma malha regular georreferenciada de 32 x 32 m. Para avaliação da serapilheira acumulada no solo utilizou-se moldura circular de mangueira de 0,65 m de diâmetro colocada ao lado de cada coletor. Os coletores foram confeccionados com moldura circular de mangueira, tela de *nylon de 2 mm* de abertura de malha e com 0,33 m² de área, presos a 0,65 m acima do solo. Foram realizadas coletas, com intervalo de 30 dias, durante 12 meses (dezembro de 2011 a novembro de 2012). Em cada coleta o material foi separado manualmente nas frações folhas (FF), ramos (FR) e estruturas reprodutivas (FER). Posteriormente foi feita a secagem do material em estufa a 70°C, até peso constante. Realizou-se a análise estatística descritiva e geoestatística dos dados. Baseado nos valores do coeficiente de variação (26% para FF; 80% para FR; 102% para FER e; 30% para o total) dos dados de produtividade, verificou-se que houve grande variabilidade dos valores de serapilheira. A produtividade de serapilheira para a FF e o total apresentou forte dependência espacial. A FR e FER apresentaram efeito pepita puro, ou seja, nenhum grau dependência espacial foi observado. O mapa dos valores de serapilheira total obtido pelo método de interpolação Krigagem indicaram zonas de produtividade variando de 900 a 10.900 Kg ha⁻¹ano, evidenciando que a média obtida por métodos clássicos sub e superestima a produtividade de serapilheira em certas regiões da área de estudo. A serapilheira acumulada não apresentou dependência espacial sendo a estimativa média de 15.742 Kg ha⁻¹ ano. O relevo foi, possivelmente, o fator preponderante na formação da serapilheira na área em estudo. Os mapas dos valores de serapilheira produzida (FF e total) permitiram observar que esta variável apresenta comportamento diferente em diversas regiões da área, o que pode ajudar na tomada de decisão com relação a transposição de serapilheira, coleta de banco de sementes para recuperação de áreas degradadas, entre outros. Os resultados desse estudo permitem evidenciar que os métodos tradicionais de estimação da produtividade de serapilheira podem não ser eficientes quando há dependência espacial entre as amostras obtidas nos coletores.

Palavras-chave: ecossistemas florestais, krigagem, dependência espacial

ABSTRACT

SPATIAL ANALYSIS OF LITTERFALL AND LITTER ACCUMULATION IN A GALLERY-FOREST IN CENTRAL BRAZIL

Authorress: Priscila Sales Rodrigues Aquino

Supervisor: Dr. Mauro Eloi Nappo

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, march of 2013

Litterfall is a layer of organic residues formed on soils of forest ecosystems and is a key component of these environments, especially due to the strong relationship with the processes of nutrient cycling. However, a natural phenomena, such as the litter deposition, commonly, observed with certain variations in structure between its neighbors, indicative that the variations are not random distributed. This study aimed to assess the efficiency of geostatistical methods to estimate spatially litterfall productivity and litter accumulation on a gallery forest in central Brazil. The study was conducted on the gallery forest along 'Lava-pés' stream in Goiás State, Brazil. The experimental site (3 ha) was structured in a grid of 60 litterfall traps, each of 0.33 m² held 0.65 m above the ground, georeferenced, spaced at 32 x 32 m intervals. To assess the forest litter accumulated, a 0.33 m² rubber hose frame was used and placed on the ground next to each litterfall traps. Litterfall and litter accumulation was collected each 30 days from December 2011 to November 2012. All litterfall and litter accumulation samples were manually separated into three fractions: leaves (LE), branch bark (BB), and reproductive parts (RP), and material was dried an oven at 70 ° C until constant weight and they were expressed in Kg ha⁻¹. Statistical analyses consisted of data description and geostatistics. Descriptive statistical and geostatistics analyses were performed. High variability was observed for litterfall data based on the maximum and minimum values, and the coefficient of variation (CV) (26% for LE; 80% for BB; 102% for RP e; 30% for total). The litterfall of burlap for LE and total showed a strong spatial dependence. The BB and RP data showed pure nugget effect, ie, no degree spatial dependence was observed. The total litterfall maps obtained by Kriging interpolation method indicated zones in the map ranging from 900 to 10,900 Kg ha⁻¹ yr showing that the average obtained by classical methods under and overestimates litterfall in certain regions of the study area. The accumulated litter showed no spatial dependence and the average estimate of 15,742 Kg ha⁻¹ yr. The relief was possibly the most important factor in the formation of the litterfall. The maps values of litterfall (LE and total) allowed to observe important differences in the dynamics of litterfall in the area as well as defining areas of homogeneous management zones which can assist on decision-making, such as transfer of litterfall technique, collecting seed bank to recovery depredated areas, among others. These study results evidenced that traditional methods for estimating litterfall may not be efficient when there is spatial dependence between samples collected in the litter traps.

Keywords: forest ecosystems, kriging, spatial dependence

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.1.1. Objetivo geral.....	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. MATA DE GALERIA.....	3
2.2. MÉTODOS ESTATÍSTICOS APLICADOS A ANÁLISES AMBIENTAIS.....	3
2.2.1. Estatística clássica.....	4
2.2.2. Geoestatística.....	7
2.2.2.1. Semivariograma.....	8
2.2.2.2. Modelos teóricos	10
2.2.2.3. Krigagem	13
2.3. APLICAÇÃO DA GEOSTATÍSTICA NA CIÊNCIA FLORESTAL.....	14
2.4. ANÁLISE FITOSSOCIOLÓGICA.....	15
2.5. SERAPILHEIRA.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	20
3.2. COLETA DE DADOS.....	21
3.2.1. Produtividade e acúmulo de serapilheira.....	22
3.2.2. Análise Fitossociológica.....	23
3.2.3. Atributos topográficos.....	24
3.2.4. Dados climáticos.....	25
3.3. ANÁLISE DE DADOS.....	26
3.3.1. Análise descritiva.....	26
3.3.2. Análise geoestatística.....	27
3.3.3. Comparação dos métodos de estimação.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1. ANÁLISE FITOSSOCIOLÓGICA	29

4.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	33
4.3. ANÁLISE GEOESTATÍSTICA.....	34
4.3.1. Semivariogramas.....	34
4.3.2. Mapas de isolinhas.....	37
4.4. ACÚMULO DE SERAPILHEIRA.....	40
4.5. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON.....	40
4.5.1. Correlação entre a produtividade e acúmulo de serapilheira e variáveis climáticas.....	40
4.5.2. Correlação entre a produtividade e acúmulo de serapilheira e a inclinação do terreno.....	43
4.6. ANÁLISE DE REGRESSÃO MÚLTIPLA <i>STEPWISE</i>.....	43
5. CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
APÊNDICES	
A - SEMIVARIOGRAMAS DA PRODUTIVIDADE DE SERAPILHEIRA.....	69
B - SEMIVARIOGRAMAS DO ACÚMULO DE SERAPILHEIRA.....	71
C - PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS ESPÉCIES AMOSTRADAS NA ÁREA EM ESTUDO.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Relação das espécies com os maiores valores de Índice de valor de importância (IVI) obtidos por meio da análise fitossociológica realizada na mata de galeria do córrego Lava Pés, em Ipameri, GO.....	32
Tabela 4.2 - Estatística descritiva para dados de produtividade e acúmulo de serapilheira coletados no período de dezembro de 2011 a novembro de 2012 na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.....	33
Tabela 4.3 - Parâmetros dos modelos de semivariogramas das variáveis de produtividade de serapilheira avaliadas no período de dezembro/2011 a novembro/2012, na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.....	35
Tabela 4.4.- Parâmetros dos modelos de semivariogramas das variáveis de acúmulo de serapilheira avaliadas no período de dezembro/2011 a novembro/2012, na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.....	36
Tabela 4.5 - Produtividade de serapilheira no período de dezembro de 2011 a novembro de 2012, utilizando o método tradicional de estimação, na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.....	39
Tabela 4.6 - Valores dos coeficientes de correlação de Pearson entre a produtividade e acúmulo mensal de serapilheira (total e frações) e as variáveis climáticas mensais de precipitação, dias com chuva, temperatura média do ar, no período de dezembro/2011 a novembro/2012, na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.....	41
Tabela 4.7 - Valores dos coeficientes de correlação de Pearson entre a produtividade e acúmulo mensal de serapilheira (total e frações) e a porcentagem de inclinação do terreno, no período de dezembro/2011 a novembro/2012, na mata de galeria do córrego Lava pés, Ipameri, GO.....	43
Tabela 4.8 - Resultados da análise de regressão linear múltipla <i>stepwise</i> entre a produtividade e acúmulo total de serapilheira e os parâmetros fitossociológicos e atributos topográficos.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Exemplo de semivariograma e seus parâmetros.....	9
Figura 2.1 - Representação gráfica de modelos com patamar.....	11
Figura 3.1 - Localização geográfica da área de estudo (17° 43' 57''S e 48° 08' 04''O), Ipameri, GO, imagem obtida no dia 14 de fevereiro de 2013, no programa Google Earth.....	20
Figura 3.2 - Coletor utilizado para coleta de serapilheira na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO, sendo a- Esquema do coletor com as dimensões para instalação e b- Coletor já instalado na área.....	21
Figura 3.3 - Malha amostral da distribuição dos coletores na área de estudo. Ipameri, GO.....	22
Figura 3.4 - Moldura circular utilizada para coleta de serapilheira acumulada sobre o solo na mata de galeria do córrego Lava-pés, sendo a- Esquema da moldura ao lado do coletor e b- Detalhe da barra de ferro indicando o centro da moldura sobre o solo. Ipameri, GO.....	22
Figura 3.5 - Esquema de amostragem das parcelas na mata de galeria do córrego Lava Pés, em Ipameri, GO.....	23
Figura 3.6 - a =Modelo digital de elevação do terreno e b- Mapa escoamento preferencial da água na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.....	24
Figura 3.8 - Temperatura média mensal e média de 30 anos de dados (1961-1990) em Ipameri, GO.....	25
Figura 3.9 - Precipitação mensal acumulada e média de 30 anos de dados (1961-1990) em Ipameri, GO.....	25
Figura 3.10 - Quantidade mensal de dias com chuva no período de dezembro de 2011 a novembro de 2012, em Ipameri, GO.....	26
Figura 4.1 - Determinação da suficiência amostral para expressar a riqueza florística da mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO, utilizando a curva espécie-área com determinação do ponto de inflexão pela regressão linear com resposta em platô.....	29
Figura 4.2 - Distribuição do número de indivíduos em classes de diâmetros na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.....	32

Figura 4.3 - a-Mapas de produtividade de serapilheira para fração folhas e total, no período de dezembro de 2011 a novembro de 2012, estimados pelo método de interpolação Krigagem e, b- Esquema da divisão dos terços superior, médio e inferior na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.....	38
Figura 4.4 - Proporção média da produtividade de serapilheira por fração (Kg ha ⁻¹ ano) para mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri-GO.....	39
Figura 4.5 - Proporção média por fração (Kg ha ⁻¹ ano) da serapilheira acumulada sob o solo da mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri-GO.....	40

1. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado possui quatro tipos de florestais: cerradão, mata seca, mata ciliar e mata de galeria. A mata de galeria e a vegetação florestal que acompanha os rios e córregos de pequeno porte do Planalto Central do Brasil (RIBEIRO e WALTER, 1998). Esta fitofisionomia desempenha importantes funções ecológicas, como reserva da biodiversidade, proteção de nascentes, controle de erosão do solo, proteção da fauna nativa entre outras (LOWRANCE et al., 1984; BARLING e MOORE, 1994).

Estudos sobre a vegetação e as variáveis ambientais que sustentam esses ecossistemas são fundamentais, uma vez que podem revelar informações importantes sobre o funcionamento da floresta. Ressalta-se que as matas de galeria são ambientes de grande complexidade estrutural de *habitats*, abrigando ampla riqueza e diversidade de espécies da flora e da fauna do bioma Cerrado, além de apresentarem grande produção de serapilheira (SILVA JÚNIOR, 1995; REATTO et al., 2001).

A serapilheira é a camada de resíduos orgânicos formada sobre os solos de ecossistemas florestais devido à queda periódica de folhas, ramos, cascas, frutos e da acumulação de detritos animais. É um componente fundamental dentro de um ecossistema florestal, principalmente por atuar na proteção do solo e ciclagem de nutrientes (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003). A produção de serapilheira é fortemente influenciada pelo tipo de vegetação, assim sendo para entender a dinâmica dessa variável é importante conhecer a forma e estrutura da vegetação bem como sua ecologia.

Os estudos sobre a produtividade e acúmulo de serapilheira que são realizados utilizam-se, na sua maioria, de métodos clássicos de análise estatística de dados, os quais, em geral, supõem que as realizações das variáveis aleatórias são independentes entre si (SNEDECOR e COCHRAN, 1967). No entanto, fenômenos naturais comumente apresentam-se com certa estruturação nas variações entre vizinhos podendo apresentar algum grau de dependência espacial (GUIMARÃES, 1993). Logo, a distribuição da vegetação de determinado local pode apresentar continuidade espacial (MILLER et al., 2007) e, conseqüentemente, os métodos estatísticos clássicos podem não ser bons estimadores para estudos de produtividade e acúmulo de serapilheira.

Assim sendo, a geoestatística pode atuar como uma alternativa ou complementação das análises estatísticas tradicionais, uma vez que esta ferramenta incorpora a dependência espacial. Com a geoestatística é possível descrever a continuidade espacial de diversas variáveis, sendo esta continuidade uma característica essencial de muitos fenômenos naturais (HAMLETT et al., 1986; ISAACS e SRIVASTAVA, 1989;).

Portanto, a utilização de métodos que incluem a dependência espacial, tais como os métodos geoestatísticos, são fundamentais para estudos da ecologia da vegetação, incluindo a deposição de serapilheira, sendo que esta dependente da vegetação de uma determinada área a qual pode apresentar dependência espacial em sua distribuição.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Analisar a distribuição espacial da serapilheira em uma mata de galeria não inundável para auxiliar na compreensão da dinâmica desses ecossistemas bem como no monitoramento de sustentabilidade.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Estimar a produtividade e acúmulo anual de serapilheira em mata de galeria.
2. Verificar a existência de dependência espacial na produtividade e acúmulo de serapilheira.
3. Comparar o método de estimação tradicional com o método geoestatístico.
4. Criar mapas da área em estudo com o método de interpolação Krigagem.
5. Caracterizar a vegetação da área em estudo por meio do estudo fitossociológico
6. Investigar a existência de correlação da produtividade e acúmulo de serapilheira entre as espécies identificadas e seus parâmetros fitossociológicos, atributos topográficos e variáveis climáticas (temperatura e precipitação).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. MATA DE GALERIA

Entende-se por matas de galeria como sendo a vegetação florestal que acompanha os rios e riachos de pequeno porte e córregos dos planaltos do Brasil Central, formando corredores fechados (galerias) sobre o curso d'água (RIBEIRO e WALTER, 1998). Em geral, essas florestas são encontradas nos fundos dos vales ou em cabeceiras de rios e córregos (RATTER et al., 1973), sendo sempre verdes ou semidecíduas e apresentam uma transição brusca com formações savânicas e campestres (FELFILI, 1993). Em função de condições ambientais, como topografia e variação na altura do lençol freático ao longo do ano, a mata de galeria pode ser inundável e não inundável, apresentando espécies típicas para cada condição (FELFILI et al., 2000).

A mata de galeria não inundável representa a vegetação florestal que acompanha um curso d'água, onde o lençol freático não está próximo ou sobre a superfície do terreno na maior parte dos trechos o ano todo, mesmo na estação chuvosa. Apresenta trechos longos com topografia acidentada, sendo poucos os locais planos (RIBEIRO e WALTER, 1998).

As matas de galeria apesar de representarem pequena porção do Cerrado (aproximadamente 5%), destacam-se pela riqueza de espécies, diversidade genética (REZENDE, 1998) e são especialmente importante devido às funções ecológicas que desempenham (LOWRANCE et al., 1984; BARLING e MOORE, 1994). Dentre estas funções está a participação eficaz destas florestas, nos processos de ciclagem de nutrientes, uma vez que apresentam grande produção de serapilheira (SILVA JÚNIOR, 1995; REATTO et al., 2001).

2.2. MÉTODOS ESTATÍSTICOS APLICADOS A ANÁLISES AMBIENTAIS

Os métodos estatísticos são aplicados a análises ambientais visando caracterizar ou descrever fenômenos naturais de forma a atender diversas finalidades como pesquisa, monitoração e remediação (CARVALHO, 2003). A busca constante por ferramentas mais

eficientes para análise e interpretação de eventos naturais, biológicos, físicos e físicobiológicos tem levado ao desenvolvimento de ferramentas que consigam melhor representar estes eventos.

Dependência espacial é definida como a propriedade de uma variável aleatória no qual um par de valores separados por uma determinada distância são mais similares (autocorrelação positiva) ou menos similares (autocorrelação negativa) do que o valor esperado para um par de observáveis aleatoriamente associadas (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998). A dependência espacial tem sido amplamente estudada em atributos químicos e físicos do solo, produtividade das culturas, atributos do terreno para o uso de técnicas de agricultura de precisão (COELHO FILHO et al., 2001; CORÁ et al., 2004; WOJCIECHOWSKI et al., 2009; RODRIGUES et al., 2012a; RODRIGUES et al., 2012b). Contudo, também são encontrados trabalhos que estudam dados ecológicos incorporando a dependência espacial (MELLO, 2004; MILLER et al., 2007; HIGUCHI et al., 2008; KISSLING and CARL, 2008).

2.2.1. Estatística clássica

A análise estatística clássica de dados assume que as variações ocorrentes entre as amostras são aleatórias, independentes entre si e normalmente distribuídas (FISHER, 1956; GUIMARÃES, 1993; VIEIRA, 2000a; SATTLER, 2006). Neste tipo de análise estatística há diversos parâmetros que são utilizados para expressar a variabilidade de um conjunto de dados e os mais frequentemente empregados são: amplitude total, variância, desvio padrão e coeficiente de variação (SNEDECOR e COCHRAN, 1967; BUSSAB e MORETTIN, 1987; GUIMARÃES, 1993). Segundo Bussab e Morettin (1987) esses momentos estatísticos são mais utilizados por serem fáceis de calcular e interpretar.

A amplitude total é definida como a diferença entre o maior e o menor valor do conjunto de dados. A variância leva em consideração os valores extremos e os valores intermediários, ou seja, relaciona os desvios em torno da média ou, especificamente, é a média aritmética dos quadrados dos desvios (CORREA, 2003). Segundo Santana e Ranal (2004) a variância é uma medida geralmente muito utilizada, uma vez que os cálculos algébricos da variação de uma amostra ou de um experimento são facilitados, contudo, sob o ponto vista prático, é de difícil interpretação por apresentar a unidade dos dados elevada

ao quadrado. O desvio-padrão é comumente empregado, pois determina a dispersão dos valores em relação à média que por sua vez é calculado por meio da raiz quadrada da variância facilitando a interpretação dos resultados obtidos (SNEDECOR e COCHRAN, 1967; CORREA, 2003).

O coeficiente de variação (CV%) é uma medida de dispersão e tem como vantagem caracterizar a dispersão dos dados em termos relativos ao seu valor médio (SANTANA e RANAL, 2004). Conforme Pimentel-Gomez e Garcia (2002) a dispersão de uma distribuição é classificada como: baixa para valor de CV% menor que 10%; média, quando entre 10 e 20%; alta, quando entre 20 e 30%; e muito alta, se maior que 30%.

Contudo, as medidas de dispersão anteriormente citadas devem ser utilizadas com algumas ressalvas. Na estatística clássica, o coeficiente de variação é a medida que resume a variabilidade da variável estudada, não distinguindo o número de amostras utilizadas e nem sua posição no espaço (SNEDECOR e COCHRAN, 1967; GUIMARÃES, 1993; SATTTLER, 2006). Além do mais, o coeficiente de variação indica o grau de variabilidade do parâmetro, não refletindo o seu significado físico, já a variância só poderá ser usada isoladamente quando comparados grupos de dados que possuam unidades e médias iguais (GUIMARÃES, 1993). E por fim, a amplitude total leva em consideração apenas os extremos, logo não se tem ideia do que ocorre entre estes valores (GUIMARÃES, 1993; CORREA, 2003). Dessa forma, é assumido que a variabilidade da média é ao acaso e não é considerada referência alguma da distribuição espacial das amostras (TRANGMAR et al., 1985; VIEIRA, 2000a).

A normalidade dos dados é um requisito básico para aplicação da estatística clássica (FISHER, 1956; SNEDECOR e COCHRAN, 1967) e, além dos cálculos das medidas de dispersão, geralmente são aplicados testes para verificar se os dados analisados possuem distribuição normal. Dentre os testes de normalidade utilizados, pode-se citar o teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO e WILK, 1965) para amostras pequenas ($n < 50$) e o teste de Kolmogorov-Smirnov, recomendado para amostras pequenas e grandes (SANTANA e RANAL, 2004).

Após verificar que os dados da variável em estudo não segue uma distribuição normal, geralmente o pesquisador tem o interesse em quantificar o desvio da distribuição dos dados

em relação a distribuição normal (SANTANA e RANAL, 2004). Uma das formas de se quantificar este desvio é feita por meio dos coeficientes de assimetria (As) e curtose (K). Tais medidas referem-se a forma da curva de uma distribuição de frequência expresso num histograma, o qual é uma das representações gráficas dessa distribuição (CORREA, 2003).

O coeficiente de assimetria mostra o afastamento da variável em relação a um valor central, ou seja, na distribuição simétrica tem-se igualdade dos valores da média. Se a distribuição é assimétrica, esta relação não é observada (GUIMARÃES, 1993). O coeficiente de assimetria pode ser calculado de várias formas (CARO, 2010; CORREA, 2003) e a distribuição dos dados pode ser classificada como: $(As) = 0$, distribuição simétrica, $(As) > 0$, assimetria positiva e $(As) < 0$ assimetria negativa (SANTANA e RANAL, 2004).

O coeficiente de curtose quantifica o desvio de normalidade da distribuição calculando-se o grau de achatamento da curva. As fórmulas para o cálculo do coeficiente de curtose podem ser encontradas em CORREA (2003).

A classificação da distribuição em relação a curtose recebem as seguintes denominações: se $K = 3$ a distribuição é mesocúrtica (distribuição normal); se $K < 3$ a distribuição é platicúrtica (é uma curva mais achatada que a curva normal); e se $K > 3$ a distribuição é leptocúrtica (é uma curva mais afilada que a curva normal) (GUIMARÃES, 1993). Contudo, alguns programas estatísticos fazem o cálculo do coeficiente de curtose de forma que este resulta em zero, como é o caso programa *SAS (Statistical Analysis System)*.

Quando observado que a distribuição dos dados não apresenta normalidade e/ou não homogeneidade de variâncias, procedimentos como a transformação de dados podem ser empregados para que a variável atenda as hipóteses básicas da estatística clássica (CONAGIN, 1955; SANTANA e RANAL, 2004). Entretanto, os métodos de análise estatística clássica não permitem testar a independência entre as amostras, logo, ao se aplicar a estatística clássica estar-se-ia assumindo independência entre amostras sem testar (GUIMARÃES, 1993). Vale ressaltar que a normalidade dos dados não garante, de forma alguma, a independência entre amostras, a qual pode ser verificada pela autocorrelação (VIEIRA, 2000a).

Segundo Legendre e Fortin (1989) elementos do ecossistema próximos um do outro são mais propensos a serem influenciados pelo mesmo processo de geração e, portanto, serem semelhantes. Assim sendo, a limitação da estatística clássica está na necessidade de se ter amostras independentes e dados normalmente distribuídos, o que nem sempre ocorre, principalmente em parâmetros relacionados a fenômenos naturais (MILLER et al., 2007). Desta forma, a análise dos dados que incorporem a dependência espacial pode ser uma alternativa (ROQUE, 2007).

2.2.2. Geoestatística

Para analisar dados espacialmente correlacionados são necessários métodos mais sofisticados. Há diversos métodos de análise estatística de dados que incorporam a dependência espacial (MILLER et al., 2007), dentre eles estão os métodos geoestatísticos. Tais métodos se apresentam como uma alternativa e/ou uma complementação a estatística clássica (HAMLETT et al., 1986; GUIMARÃES, 1993).

O marco inicial do surgimento da geoestatística ocorreu em 1951 na África do Sul, quando o engenheiro de minas Daniel G. Krige, ao estudar dados de concentração de ouro, concluiu que as variâncias das concentrações não faziam sentido algum caso não fosse considerada a distância entre amostras. Contudo, foi o matemático Matheron, ao se basear nessas observações, que formalizou a geoestatística, desenvolvendo uma teoria a qual chamou de Teoria das Variáveis Regionalizadas (VIEIRA, 2000a).

As variáveis regionalizadas são aquelas com condicionamento espacial, as quais apresentam um comportamento espacial mostrando características intermediárias entre as variáveis verdadeiramente aleatórias e aquelas totalmente determinísticas (LANDIM, 2003). Isto ocorre porque essas variáveis são aleatórias, uma vez que os valores numéricos observados podem variar consideravelmente de acordo com a sua localização no espaço, e são espaciais porque apesar de variarem dentro do espaço, os valores numéricos observados não são inteiramente independentes (GUERRA, 1988). Sendo assim todos os conceitos teóricos de geoestatística tem suas bases em funções de variáveis aleatórias (VIEIRA, 2000a).

Dentre as ferramentas utilizadas para o estudo da continuidade espacial, está o semivariograma. Tal ferramenta é usada para investigar a dimensão da correlação entre as amostras e sua similaridade ou dissimilaridade com a distância (VIEIRA et al., 1983). Entre os objetivos de uma análise geoestatística está a interpolação, ou seja, o procedimento de estimar o valor de uma variável em pontos não amostrados, por meio de valores conhecidos (BURROUGH e MCDONNELL, 1998). Dentre as técnicas de interpolação cita-se a Krigagem, pela qual se calculam estimativas não viesadas usando as propriedades estruturais do semivariograma e o grupo inicial de dados coletados (TRANGMAR et al., 1985). Estas ferramentas serão explanadas com maiores detalhes nos próximos tópicos.

Nas análises geoestatísticas a normalidade dos dados não é uma exigência, entretanto, é conveniente que a distribuição não apresente caudas muito alongadas, o que poderia comprometer as análises e dificultar o ajuste de modelos (CRESSIE, 1991; SOUZA et al., 2004). Vale ressaltar que mais importante que a normalidade de dados é a ocorrência ou não do efeito proporcional, em que a média e a variabilidade dos dados sejam constantes na área de estudo, ao que foi observado, ou seja, ocorre a estacionaridade necessária ao uso da geoestatística (ISAACS e SRIVASTAVA, 1989).

2.2.2.1. Semivariograma

Um dos métodos mais antigos para estimar a dependência espacial ou temporal de amostras vizinhas é por meio da autocorrelação. Entretanto, quando as amostras forem coletadas nas duas dimensões do campo e a interpolação entre locais não amostrados for necessária para a construção de mapas de isolinhas, é preciso utilizar uma ferramenta mais adequada, sendo ela o semivariograma (VIEIRA, 2000b). Esta ferramenta é uma função básica para utilização da Krigagem e permite representar quantitativamente a variação de um fenômeno no espaço (HUIJBREGTS, 1975).

Conforme Goovaerts (1998) os padrões espaciais geralmente são descritos em termos da diferença entre as observações como uma função das distâncias. A média de dissimilaridade entre dados separados por um vetor h é medido pelo semivariograma $\gamma(h)$, calculado como a metade da média da diferença entre os componentes de cada par de dados ao quadrado.

O semivariograma é estimado pela seguinte fórmula:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)] \quad (1)$$

em que,

$N(h)$ é o número de pares experimentais de dados separados por uma distância h ;

$Z(x_i)$ é o valor determinado em cada ponto amostrado;

$Z(x_i + h)$ é o valor medido num ponto mais uma distância h .

A Figura 2.3 ilustra um semivariograma experimental com características muito próximas do ideal. O seu padrão representa o que, intuitivamente, espera-se de dados de campo, isto é, que as diferenças $\{Z(x_i) - Z(x_i + h)\}$ decresçam a medida que h , a distância que os separa, decresce. É esperado que observações mais próximas geograficamente tenham um comportamento mais semelhante entre si do que aquelas separadas por maiores distâncias. Assim sendo, é esperado que $\gamma(h)$ aumente com a distância h (CAMARGO, 1998). Os parâmetros do semivariograma (Figura 2.3) são: alcance (a), patamar (C), efeito pepita (C_0) e contribuição (C_1)

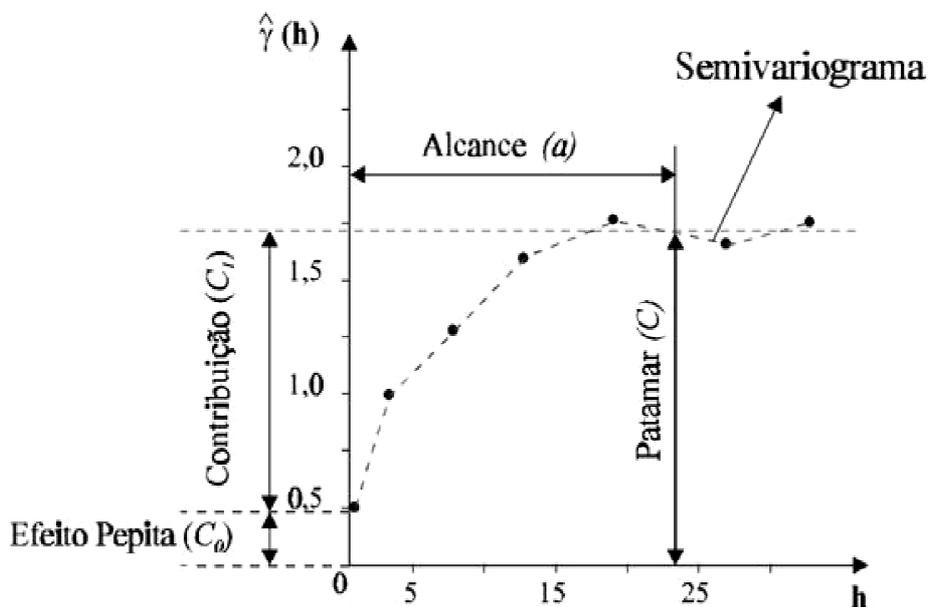


Figura 2.1: Exemplo de semivariograma e seus parâmetros. Fonte: Adaptado de Camargo (1998).

O alcance (a) é a distância h dentro da qual os elementos amostrais apresentam-se correlacionados espacialmente, sendo que as medições realizadas a distâncias maiores que

(a), tem distribuição espacial aleatória. O patamar (C) é o valor de $\gamma(h)$ constante, a partir desse ponto, considera-se que não há mais dependência espacial entre os elementos amostrais, pois a variância da diferença entre os pares de amostras torna-se invariante com a distância (CAMARGO, 1998). Efeito pepita (C_0) é a medida da variabilidade quando a distância h tende a 0. Se o semivariograma for constante e igual ao patamar para qualquer valor de h , tem-se o efeito pepita puro e, neste caso, há ausência total de dependência espacial, ou seja, a dependência espacial, se existir, será manifestada a distância inferior ao do menor espaçamento entre amostras (GUIMARÃES, 1993). Por definição, $\gamma(0) = 0$, contudo, na prática, a medida que h tende para 0 (zero), $\gamma(h)$ se aproxima de um valor positivo que revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras e/ou devida a erros de medição (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989). A contribuição (C_1) consiste na diferença entre o patamar (C) e o efeito Pepita (C_0) (CAMARGO, 1998).

2.2.2.2. Modelos teóricos

Após a construção do semivariograma e constatação da existência da dependência espacial, é necessário ajustar uma função ou modelo matemático para este. É fundamental que o modelo ajustado represente a tendência de $\gamma(h)$ em relação a h .

O ajuste de um modelo teórico ao semivariograma é um aspecto muito importante das aplicações da teoria das variáveis regionalizadas e pode ser uma das maiores fontes de ambiguidades e polêmicas nessas aplicações (VIEIRA, 2000a). Assim sendo, é necessário escolher o modelo adequado do semivariograma, pois cada um terá valores que podem ser diferentes para o efeito pepita e alcance, os quais são parâmetros críticos na Krigagem (TRAGMAR et al., 1985).

O ajuste de um modelo de semivariograma não é direto ou automático, mas sim interativo, e requer uma boa análise baseada na experiência e compreensão das variáveis em estudo, bem como das limitações matemáticas das funções e programas computacionais (MCBRATNEY e WEBSTER, 1986). Um dos métodos de escolha do modelo é o ajuste “a sentimento” que consiste em um ajuste visual do modelo selecionado aos pontos experimentais (RIBEIRO JR., 1995). Dentre os outros métodos de escolha de modelos, destacam-se os Métodos dos Quadrados Mínimos Ordinários, Quadrados Mínimos

Ponderados, Validação Cruzada e Método da Máxima Verossimilhança. Tais métodos visam a diminuição da subjetividade na estimação dos parâmetros do semivariograma. Os fundamentos e particularidades destes métodos podem ser encontrados em Cressie (1985 e 1991) e Diggle e Ribeiro Júnior (2000).

Dentre os modelos ajustados mais comumente utilizados citam-se: esférico, exponencial e gaussiano (Figura 2.4). São modelos isotrópicos e com patamar, utilizados com frequência na modelagem semivariográfica.

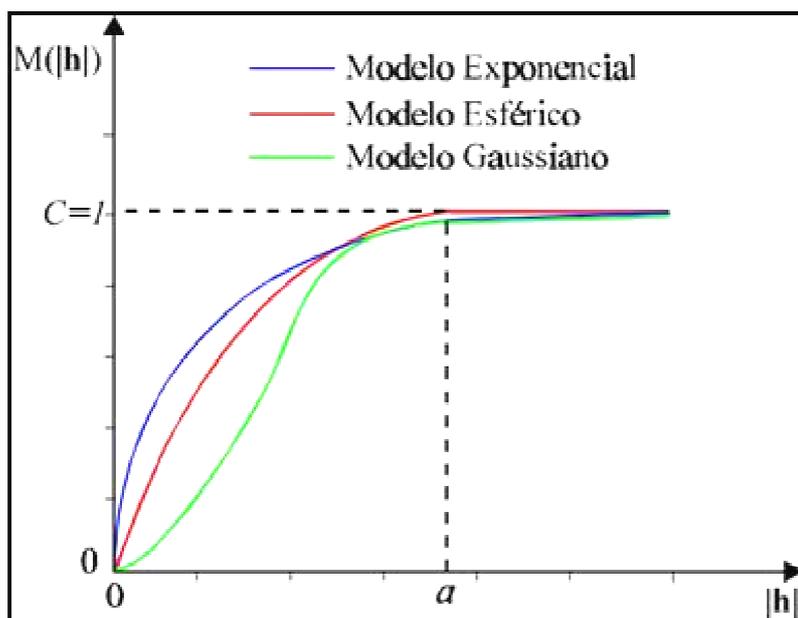


Figura 2.1: Representação gráfica de modelos com patamar. Fonte: Camargo (1998).

O modelo esférico é o mais ajustado destes três modelos para descrever o comportamento de semivariogramas de atributos de solo e planta (TRANGMAR et al., 1985; CAMBARDELLA et al., 1994). Segundo Viera (2000a) este modelo é obtido selecionando-se os valores do efeito pepita (C_0) e do patamar ($C_0 + C$), em seguida traça-se uma reta que intercepta o eixo y em C_0 e que seja tangente aos primeiros pontos próximos de $h=0$. Essa reta cruzará o patamar a distância, $a' = (2/3)a$. Deste modo, o alcance (a) será $a = (3/2)a'$. O modelo esférico é linear até aproximadamente $1/3 a$ e é dado pela seguinte fórmula:

$$y(h) = C_0 + C \left[\frac{3}{2} \left(\frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right]; 0 < h < a \quad (2)$$

$$y(h) = C_0 + C_1; h \geq a$$

em que,

$C_0 + C$ é o patamar;

h é a distância;
 a é o alcance;
 C_0 é o efeito pepita;
 C_1 é a contribuição.

O modelo exponencial é expresso pela fórmula:

$$y(h) = C_0 + C \left[1 - \exp\left(-3\frac{h}{a}\right) \right]; 0 < h < d \quad (3)$$

em que,
 $C_0 + C$ é o patamar;
 h é a distância;
 a é o alcance;

A principal diferença entre o modelo exponencial e o modelo esférico é que o primeiro atinge o patamar assintoticamente com o alcance prático definido como a distância na qual o valor do modelo é 95% do patamar (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989; VIEIRA, 2000a). Neste modelo d é a máxima distância na qual o semivariograma é definido. O parâmetro a é determinado visualmente com a distância, após a qual o semivariograma se estabiliza. Os parâmetros C_0 e C , para o modelo exponencial, são determinados da mesma maneira que para o esférico (VIEIRA, 2000a).

O modelo gaussiano pode ser expresso por:

$$y(h) = C_0 + C \left[1 - \exp\left(-3\left(\frac{h}{a}\right)^2\right) \right]; 0 < h < a \quad (4)$$

em que,
 $C_0 + C$ é o patamar;
 h é a distância;
 a é o alcance;

Assim como o modelo exponencial, o modelo gaussiano tende assintoticamente para o patamar, sendo a amplitude definida pela distância onde se atinge também

aproximadamente 95% do patamar (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989; VIEIRA, 2000a). Contudo, o que distingue o modelo gaussiano é o seu comportamento parabólico próximo a origem. Outra característica fundamental é que tal modelo apresenta um ponto de inflexão para uma distância ligeiramente superior ao alcance (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989; BAIÃO, 2005).

2.2.2.3. Krigagem

A técnica de estimar pontos de locais não amostrados a partir de pontos amostrados é denominada interpolação (BURROUGH e MCDONNELL, 1986). Esta técnica é importante em diversas áreas, incluindo estudos de ciência do solo, ecologia, engenharia florestal, hidrologia e meteorologia (MELLO et al., 2005; MELLO et al., 2008; RODRIGUES et al., 2012a). Dentre as diversas técnicas de interpolação existentes, está a Krigagem.

A Krigagem foi o método desenvolvido por Matheron na década de 60, assim o nomeou em homenagem a Daniel G. Krige, que iniciou o uso de médias móveis para evitar a superestimação sistemática de reservas em mineração (DELFINER e DELHOMME, 1975). Para que a Krigagem possa ser utilizada é necessário que ocorra dependência espacial da variável em estudo expressa no semivariograma (VIEIRA, 2000b).

A Krigagem diferencia-se dos outros métodos de interpolação pela maneira como os pesos são distribuídos, oferecendo estimativas não tendenciosas e variância mínima caracterizando-se como um interpolador ótimo (WEBSTER e OLIVER, 1980). Na interpolação linear simples os pesos são todos iguais a $1/N$ (N = número de amostras); na interpolação baseada no inverso do quadrado das distâncias, os pesos são definidos como o inverso do quadrado da distância que separa o valor interpolado dos valores observados. Na krigagem, o procedimento é semelhante ao de interpolação por média móvel ponderada, contudo, nela, os pesos são determinados a partir de uma análise espacial, baseada no semivariograma experimental (CAMARGO, 1998).

A Krigagem engloba um conjunto de métodos, os quais são utilizados de acordo com o objetivo do estudo. Os mais comuns são: Krigagem simples, Krigagem ordinária, Krigagem universal, co-Krigagem e Krigagem disjuntiva (OLIVER e WEBSTER, 1990;

JAKOB e YOUNG, 2006). Diversos estudos têm mostrado a Krigagem como um método de interpolação mais eficaz quando comparada aos métodos de interpolação lineares (MELLO et al., 2003; MELLO et al., 2006; SILVA et al., 2008; CASTRO et al., 2010; SOUZA et al., 2010; GARDIMAN JUNIOR et al., 2012).

2.3. APLICAÇÃO DA GEOSTATÍSTICA NA CIÊNCIA FLORESTAL

Poucos e recentes são os trabalhos no setor florestal que se utiliza a geoestatística. Mello et al. (2006) propuseram desenvolver um método de análise para predição volumétrica por talhão de *Eucalyptus grandis*, considerando a estrutura de continuidade espacial da variável regionalizada e, para tal, foram utilizados cinco projetos florestais. Os autores encontraram bons resultados com a utilização dos métodos geoestatísticos, tais como: os cinco projetos avaliados apresentaram grau de continuidade espacial de moderado a forte para a característica dendrométrica volume por hectare.

Com vistas a estudar o estado da biodiversidade de floresta em áreas de reserva, Neves et al. (2010) utilizaram métodos geoestatísticos para comparar duas áreas de vegetação natural caracterizada por diferentes graus de perturbação. Os autores concluíram que o tamanho de amostragem afeta a dependência espacial tanto no número de espécies quanto de indivíduos.

Spiazzi et al (2011) avaliaram a estrutura espacial de um povoamento de *Pinus sp* utilizando geoestatística e constataram a ocorrência de dependência espacial forte e moderada para os parâmetros DAP (diâmetro a altura do peito) e altura respectivamente. Os autores concluíram que com o uso da geoestatística foi possível a geração de mapas de probabilidade, que demonstraram o grau de relação entre os dados mensurados, os quais podem possibilitar uma análise mais precisa de uma área florestada que não sofreu qualquer tipo de intervenção do ponto de vista de manejo.

Diante do exposto, nota-se o potencial da geoestatística para o estudo de diversas variáveis na área florestal, inclusive na utilização em estudos de produtividade e acúmulo de serapilheira, uma vez que, a distribuição da vegetação pode apresentar dependência espacial (MILLER et al., 2007).

2.4. ANÁLISE FITOSSOCIOLÓGICA

A fitossociologia pode ser definida como o estudo quantitativo da forma, conteúdo e função da comunidade vegetal, e sua estrutura. A estrutura diz respeito a organização e distribuição espacial dos indivíduos na superfície do terreno (MARTINS, 1991).

A fitossociologia tem um importante papel no embasamento de programas de gestão ambiental (ISERNHAGEN, 2001). Adicionalmente, o autor ressalta que os estudos fitossociológicos produzem no mínimo uma listagem florística, a partir da qual se pode obter uma caracterização da tipologia da vegetação em questão.

Segundo Hosokawa et al. (1998), em estudos de fitossociologia, os resultados das análises estruturais, principalmente a estrutura horizontal, permitem fazer deduções sobre a origem, características ecológicas, dinamismo e tendências do futuro desenvolvimento da floresta. Curtis e McIntosh (1951) e Lamprecht (1964) utilizam os seguintes parâmetros quantitativos estimados para cada espécie: densidade, frequência e dominância.

A densidade refere-se ao número de indivíduos de determinada espécie na comunidade vegetal amostrada (LAMPRECHT, 1964). Este parâmetro é estimado nas formas absoluta e relativa. A frequência representa como os indivíduos de dada espécie estão distribuídos sobre a área amostrada. Este parâmetro expressa a porcentagem de unidades amostrais onde ocorre pelo menos um indivíduo de determinada espécie e mede a regularidade da distribuição horizontal de cada espécie sobre o terreno (HOSOKAWA et al., 1998). Dominância Absoluta expressa a proporção de tamanho, de volume ou de cobertura de cada espécie, em relação ao espaço ou volume ocupado pela comunidade (MARTINS, 1991). A área basal é um dos parâmetros mais utilizados para mensurar a dominância de árvores em uma comunidade vegetal devido a rapidez e facilidade de sua mensuração (RIZZINI, 2000; NAPPO, 2002; HIRAI et al., 2007). As áreas basais são calculadas a partir das medidas de diâmetro ou circunferência dos caules das árvores e arbustos. A dominância pode ser estimada nas formas absoluta e relativa.

A combinação dos valores relativos da densidade, frequência e dominância por espécie é calculada como Índice de Valor de Importância (IVI), com finalidade de dar um valor para elas dentro da comunidade vegetal a que pertencem (MATTEUCCI e COLMA, 1982).

Outro importante parâmetro a ser considerado, em estudos fitossociológicos, é a diversidade de espécies. A diversidade de espécies é um parâmetro florístico e não estrutural, o qual tem sido compreendido como um fenômeno histórico, um reflexo do acúmulo de espécies ao longo do tempo (DIAS, 2005). Contudo, nas últimas décadas a diversidade passou a ser interpretada como expressão resultante de interações ecológicas (SCHLUTER e RICKLEFS, 1993). O conceito de diversidade é formado por dois componentes básicos: é representada primeiramente pelo número de espécies presentes em uma comunidade (riqueza), e pela abundância relativa de espécies (MAGURRAN, 1988).

Para a determinação da diversidade de espécies de uma comunidade vegetal comumente utiliza-se o índice de Shannon-Weaver (NAPPO, 2002; DIAS, 2005; PINHEIRO, 2007). Este índice é calculado com base na relação entre o número de indivíduos por espécie e o número total de indivíduos amostrados, expressando um valor que combina os componentes: riqueza e abundância relativa de espécies. (MAGURRAN, 1988).

Dentre os fatores bióticos que afetam a deposição de serapilheira, cita-se o tipo de vegetação e sua estrutura (PORTES et al., 1996; FIGUEIREDO FILHO et al., 2003). Assim sendo, estudos fitossociológicos apresentam-se como uma importante ferramenta na compreensão da dinâmica da deposição de serapilheira.

2.5. SERAPILHEIRA

A produtividade dos ecossistemas florestais está diretamente associada a sua capacidade de resiliência, diversidade da fauna e flora, riqueza, sucessão ecológica e conservação dos recursos naturais. A manutenção da produtividade das florestas naturais está fortemente relacionada com a eficácia dos processos de ciclagem de nutrientes (POGGIANI e SCHUMACHER, 2000). A queda da serapilheira é parte essencial no processo de ciclagem de nutrientes nas florestas, bem como, da regulação das condições microclimáticas do solo, devido a uma camada protetora que se forma na superfície do solo (SAYER, 2005). A matéria morta das plantas, proveniente da serapilheira, é caracterizada como a principal fonte de matéria orgânica nos solos.

Segundo Carpanezzi (1980) a serapilheira pode ser definida como a camada de resíduos orgânicos, advindos de detritos vegetais e animais, que se acumulam sobre o solo dos

ecossistemas florestais. Sendo assim, a serapilheira é constituída por folhas, ramos, caules, cascas, gravetos, flores, frutos, sementes, além de corpos e dejetos de animais. A medida que os materiais constituintes da serapilheira são modificados e digeridos pelos microrganismos do solo, são transformados em parte dos horizontes subjacentes por infiltração ou por incorporação física real (BRADY, 1983).

Dessa forma, a serapilheira se torna parte fundamental na sustentabilidade da fertilidade do solo nas áreas em início de sucessão ecológica (EWEL, 1976), além de atuar como uma manta que facilita a entrada de sementes e sua incorporação no banco de sementes do solo (RODRIGUES, et al., 2010). Ressalta-se ainda, que a serapilheira desempenha importante papel na manutenção das condições ideais para o processo de infiltração de água. O escoamento superficial em áreas florestais é pequeno devido à grande infiltração e retenção de água pela serapilheira, variando conforme sua espessura (SCHUMACHER e HOPPE, 1998).

A serapilheira, também, pode ser usada como bioindicador da eficiência do restabelecimento dos processos ecológicos em reflorestamentos em áreas degradadas. Os bioindicadores são utilizados para monitorar alterações ambientais (KLUMPP, 2001) e, podem ser empregados na comparação de diferentes sistemas de revegetação (RODRIGUES e GANDOLFI, 2000; KLUMPP, 2001).

Em estudos de aporte de serapilheira, realizados por Machado et al. (2008), foram encontrados resultados satisfatórios da sua utilização, como bioindicador de recuperação ambiental em áreas de Floresta Atlântica. Os autores concluíram que o aporte da serapilheira funcionou como bom indicador ambiental, sendo eficiente e sensível para detectar e comparar as diferentes quantidades de biomassa aportadas em cada área de estudo com outras formações florestais. Moreira e Silva (2004), ao estudarem a produtividade mensal e anual de serapilheira em área revegetada com essências nativas, evidenciaram a importância da utilização desta variável ambiental como indicador do estágio de regeneração da área de estudo.

Além das funções ecológicas, abordados anteriormente, prestados pela serapilheira e da sua utilização como bioindicador, ela pode ser utilizada em projetos de recuperação de áreas degradadas, por meio da técnica de transposição de serapilheira. A utilização desta

técnica pode ser uma alternativa para acelerar o processo de sucessão em áreas em que o solo foi degradado (MARTINS, 2007 e 2009) e fornecer enriquecimento da flora e da fauna ao ambiente a ser recuperado.

Segundo Braga et al. (2007), como a serapilheira inclui diversos resíduos orgânicos, desde fragmentos até propágulos, a sua deposição em novas áreas poderá promover o enriquecimento com outras espécies ou mesmo com organismos benéficos. Em áreas com menor grau de degradação, recomenda-se a transposição de serapilheira do entorno, visando à proteção, fertilização e como medida de agregação de sementes de espécies nativas no solo, por meio do banco de sementes que se encontra inserido na serapilheira (SESSEGOLO, 2006). Em estudos realizados por Rodrigues et al. (2010) constatou-se que a transposição de serapilheira juntamente com o solo superficial de uma floresta configura uma alternativa viável para estimular a sucessão ecológica em áreas degradadas. Contudo, para utilização da serapilheira como bioindicador ou para a técnica de transposição, é necessário avaliar a capacidade de produtividade de serapilheira da floresta fornecedora (MACHADO et al., 2008).

Vários estudos sobre produtividade e acúmulo de serapilheira estão sendo realizados, utilizando-se diferentes metodologias, contudo, em sua maioria, utiliza-se coletores de serapilheira alocados aleatoriamente ou sistematicamente na floresta de estudo sem considerar a posição espacial dos pontos de amostragem (WERNECK et al., 2001; ARAÚJO et al., 2005; CIANCIARUSO et al., 2006; GONÇALVES, 2008; LONGHI et al., 2011; GIÁCOMO et al., 2012; PEREIRA et al., 2012). São realizadas triagens no material que é interceptado nos coletores, geralmente num intervalo de 30 dias, durante um período de um ano ou mais, tal material é secado em estufa e pesado para posterior realização dos cálculos de estimativa de deposição de serapilheira (SILVA et al., 2007; PEREIRA et al., 2012). Lowman (1988) afirma que pode ocorrer uma grande variabilidade da produtividade de serapilheira influenciada pela localização dos coletores, o que pode ser principalmente devido a estrutura comunitária e fisionômica da área.

Há diversos fatores que afetam a quantidade de resíduos que formarão a serapilheira, entre eles se destacam: o clima, o solo, o tipo de vegetação, a idade e a densidades de plantas, latitude, altitude e estádios sucessionais (PINTO, 2005; SOARES et al., 2008;). Adicionalmente, Miller et al. (2007) afirmaram que variáveis ambientais, como

temperatura, precipitação e elevação apresentam dependência espacial, sendo que alguns desses fatores são responsáveis por tal dependência na distribuição da vegetação. Estes autores destacam ainda que a dependência espacial restante pode ser originária das variáveis ambientais não medidas ou processos bióticos que causam aglomeração espacial.

Portanto, é necessário mais estudos sobre estimação da produtividade de serapilheira, com enfoque nos métodos utilizados, pois é possível que o método aleatório de distribuição dos coletores na floresta e a utilização da estatística clássica, possam gerar resultados viesados, uma vez que haja dependência espacial na produtividade de serapilheira. Entretanto, a geoestatística vem sendo empregada com maior frequência em trabalhos na área de solos, agricultura de precisão e meteorologia (CORÁ et al., 2004; CUNHA et al., 2005; CASTRO et al., 2010; RODRIGUES et al., 2012a).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido no município de Ipameri, GO, na mata de galeria do córrego Lava-pés (Figura 3.1), classificada como mata de galeria não inundável segundo critérios sugeridos por Ribeiro e Walter (1998). A mata abrange uma área de três hectares, encontra-se dentro da Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Goiás e está inserida na Sub Bacia hidrográfica do rio Paranaíba, Bacia hidrográfica do Rio Paraná. A altitude é de 820 m, com latitude $17^{\circ} 43' 57''$ sul e longitude de $48^{\circ} 08' 04''$ oeste. O clima local é classificado, segundo critérios de Köppen (1936), como Aw, denominado clima tropical de inverno seco. A precipitação anual média é de 1448 mm, com distribuição anual mostrando concentração no período de outubro-março e relativa seca no período de abril-setembro. As temperaturas médias são da ordem de 18°C (inverno) e 30°C (verão) e a média anual é de 21°C . Os solos predominantes na região são os Latossolos Vermelho distroférico (IBGE, 2013).

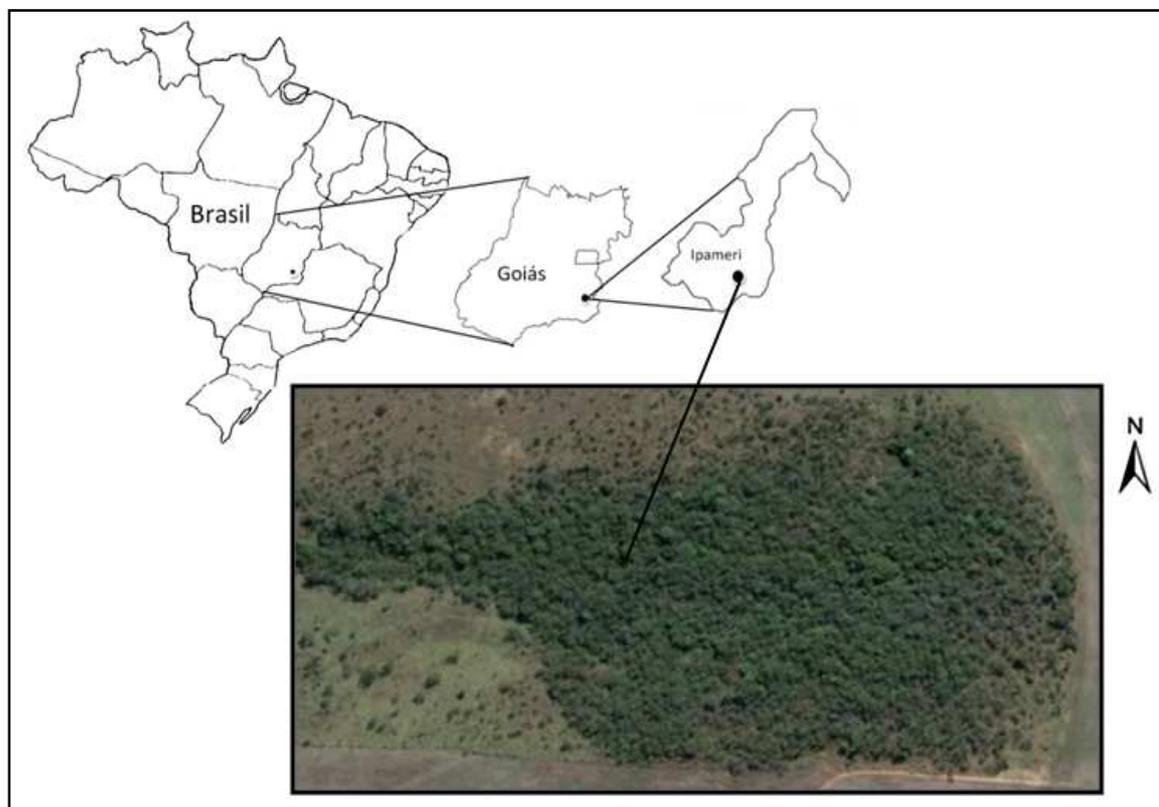


Figura 3.1: Localização geográfica da área de estudo ($17^{\circ} 43' 57''\text{S}$ e $48^{\circ} 08' 04''\text{O}$), Ipameri, GO, imagem obtida no dia 14 de fevereiro de 2013, no programa Google Earth.

3.2. COLETA DE DADOS

3.2.1. Produtividade e acúmulo de serapilheira

Para avaliar a produtividade de serapilheira na área, foram utilizados 60 coletores (Figura 3.2) instalados em uma malha regular georreferenciada (Figura 3.3) de 32 x 32 m, gerada no programa *ArcGIS* 9.0 (ESRI, 2004). Os coletores foram confeccionados com moldura circular de mangueira de 0,65 m de diâmetro. Sobre tal moldura, foi costurada uma tela de *nylon* de 2 mm de abertura de malha, formando um saco cônico de 0,45 m de profundidade. Os coletores foram presos por quatro barras de ferro de 4,2 mm, suspensos a 0,65 m do solo.

As coletas foram realizadas com intervalo de 30 dias, durante 12 meses, iniciadas em dezembro de 2011 a novembro de 2012. Em cada coleta, o material interceptado pelos coletores, foi acondicionado em embalagem plástica devidamente identificada e conduzido ao Laboratório de Morfologia Vegetal da Universidade Estadual de Goiás. O material coletado, após secagem prévia ao ar, foi separado manualmente nas frações folhas, ramos (galhos e cascas), elementos reprodutivos (flores, frutos e sementes) conforme COSTA et al. (2010). Após a triagem, as frações foram acondicionadas em sacos de papel etiquetados e levados a secagem em estufa com circulação de ar, a 70°C, durante 72 horas, até atingirem peso constante. Posteriormente, cada fração foi pesada separadamente em balança analítica.

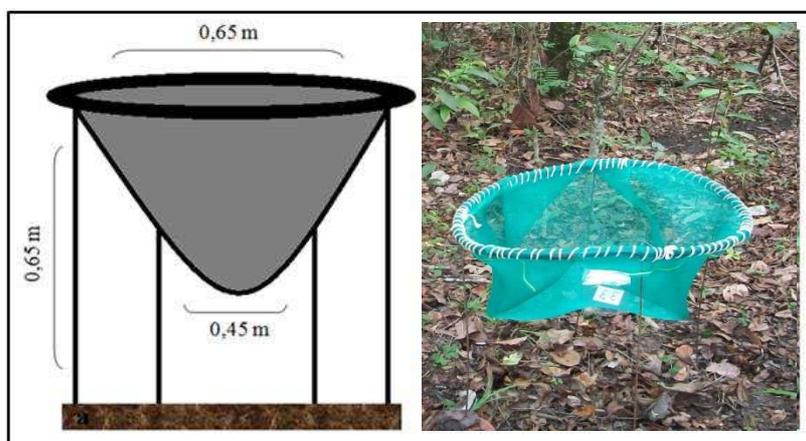


Figura 3.2: Coletor utilizado para coleta de serapilheira na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO, sendo a- Esquema do coletor com as dimensões para instalação e b- Coletor já instalado na área.

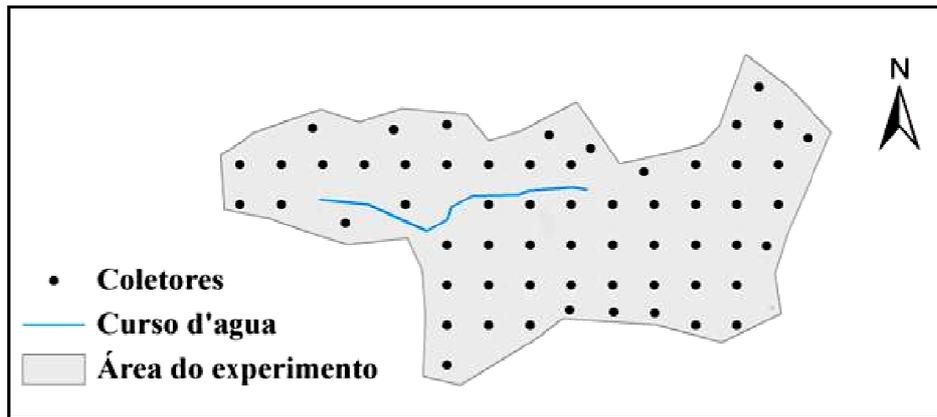


Figura 3.3: Malha amostral da distribuição dos coletores na área de estudo. Ipameri, GO.

A serapilheira acumulada (material vegetal coletado diretamente no solo) foi amostrada mensalmente durante 12 meses, de dezembro de 2011 a novembro de 2012, utilizando uma moldura circular lançada sobre o solo de forma a recolher todo material vegetal em seu interior. A moldura utilizada na coleta de acúmulo de serapilheira possuía a mesma dimensão da moldura circular dos coletores. Foram utilizadas 60 barras de ferro de 4,2 mm e 0,30 m de comprimento inseridas no solo ao lado de cada coletor seguindo a malha amostral apresentada na Figura 3.3. A barra funcionava como um indicador de onde deveria ser colocada a moldura. A cada coleta a moldura circular era posta sob o solo de forma que a barra de ferro localizava-se no centro desta permitindo que a serapilheira acumulada fosse coletada no mesmo local todos os meses (Figura 3.4). Antes da primeira coleta foi descartado todo material acumulado sob o solo dos pontos amostrais. O mesmo procedimento realizado para a coleta, triagem e secagem da serapilheira produzida foi adotado para a serapilheira acumulada.

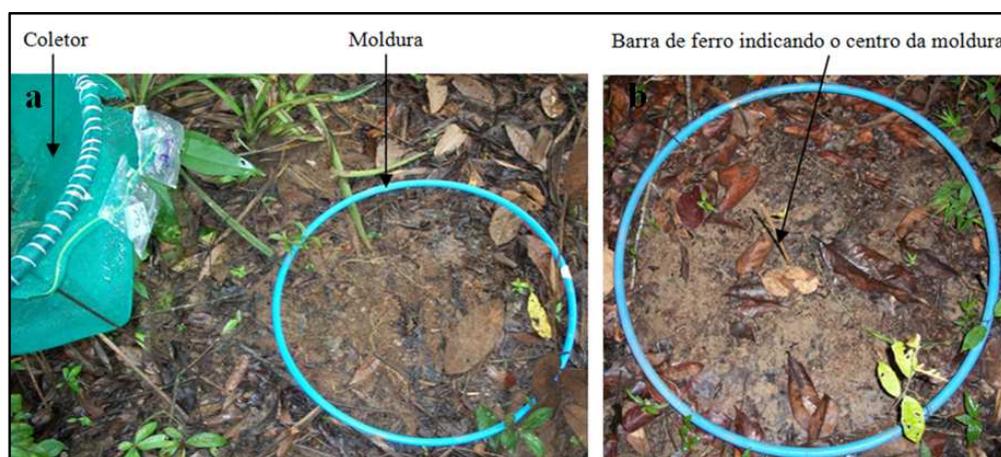


Figura 3.4: Moldura circular utilizada para coleta de serapilheira acumulada sobre o solo na mata de galeria do córrego Lava-pés, sendo a- Esquema da moldura ao lado do coletor e b- Detalhe da barra de ferro indicando o centro da moldura sobre o solo. Ipameri, GO.

3.2.2. Análise fitossociológica

Objetivou caracterizar melhor a área em estudo e para isso foi realizado um levantamento fitossociológico das espécies arbóreas e arbustivas da vegetação. Para tanto, foram alocadas 60 parcelas de 5 x 5 m (25 m²), onde cada coletor representava o centro da parcela (Figura 3.5). Foram selecionados e medidos os indivíduos com altura maior que 1 m e CAP (circunferência a 1,30 m do solo) acima de 5 cm. Entretanto, para as análises estatísticas foram utilizados os valores de DAP (diâmetro a 1,30 m do solo) o qual foi obtido pela divisão do valor de CAP pelo fator 3,1416. Em caso de bifurcação da árvore abaixo do ponto de medição, cada galho ou perfilho foi medido como se fosse uma árvore. Os indivíduos foram identificados no campo, e quando isso não foi possível ou a identificação era duvidosa, o material foi coletado e herborizado para posterior identificação por meio de consultas a especialistas e obras clássicas. Os parâmetros fitossociológicos analisados foram densidade absoluta e relativa (DA_i e DR_i), frequência relativa (FR_i) dominância absoluta e relativa (DoA_i e DoR_i), além dos índices de valor de importância (IVI) (LAMPRECHT, 1964), diversidade de Shannon-Weaver (H') e equabilidade de Pielou (J') (MAGURRAN, 1988). Os dados do levantamento fitossociológico foram analisados com o auxílio do programa Mata Nativa (CIENITEC, 2006). A riqueza florística expressa pela curva espécie-área foi utilizada para determinação da suficiência amostral do inventário. Foi empregado o procedimento REGRELRP (Regressão Linear com Resposta em Platô) para determinação de seu ponto de inflexão da curva espécie-área gerada entre o número de parcelas e o número de espécies conforme descrito por Nappo et al. (1999). Esta análise foi realizada utilizando o programa: Sistema para Análise Estatística e Genética (SAEG), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV, 1997).

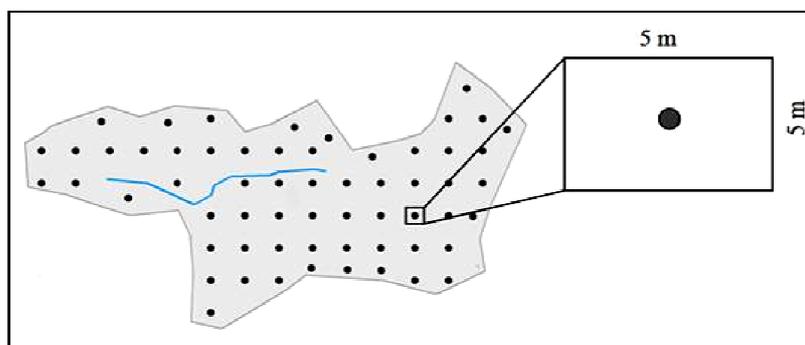


Figura 3.5: Esquema de amostragem das parcelas na mata de galeria do córrego Lava Pés, em Ipameri, GO.

3.2.3. Atributos topográficos

A fim de correlacionar a produtividade e o acúmulo de serapilheira com os atributos topográficos foram construídos mapas de elevação da área e feita a determinação da porcentagem de inclinação de cada ponto de coleta. Em cada um dos 60 pontos amostrais da área em estudo foi obtida a elevação do terreno com *GPS (Global Positioning System - modelo Garmin 60 CSx)* para a construção do mapa de elevação da área o qual foi obtido por meio do método triangulação com interpolação linear (Figura 3.6). As setas da Figura 3.6b representam o escoamento preferencial da água, obtido pela função *Grid Vector Map* do programa *Surfer 8.0 (SURFER, 2002)*. A checagem da inclinação do terreno foi realizada com auxílio de clinômetro, com visada entre balizas distanciadas 5 m seguindo as recomendações de MARQUES et al. (2000).

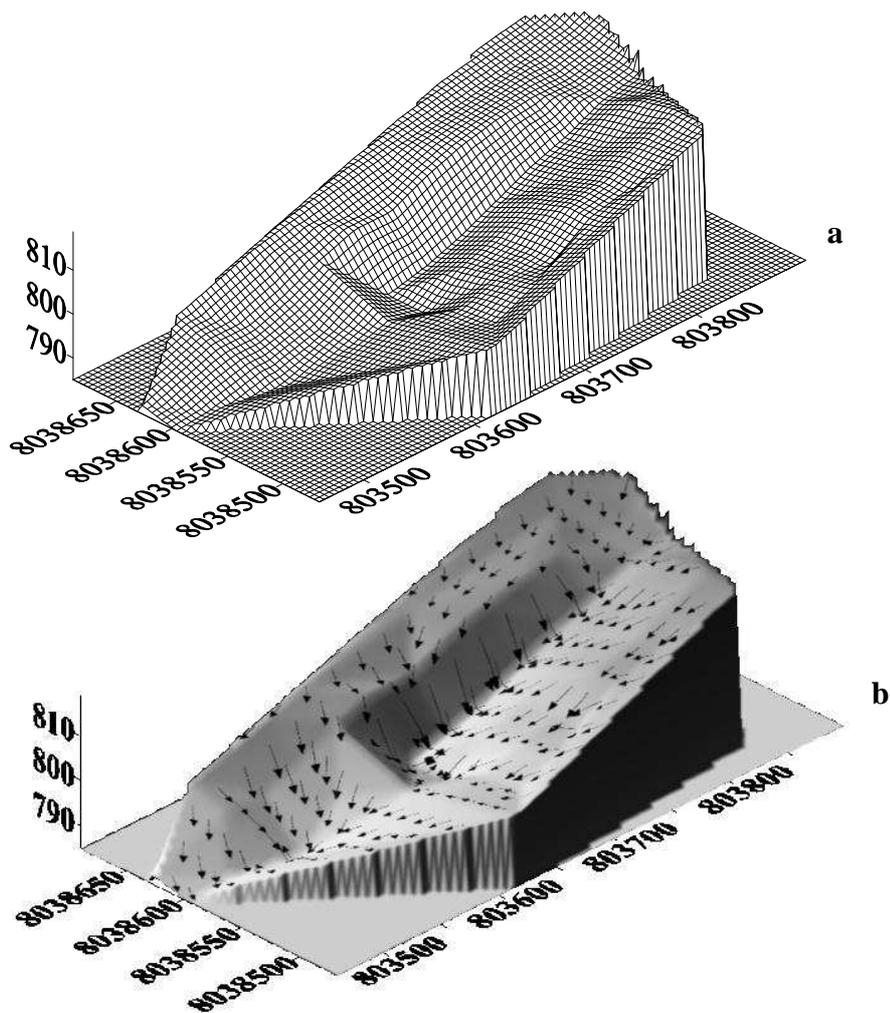


Figura 3.6: a =Modelo digital de elevação do terreno e b- Mapa de escoamento preferencial da água na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.

3.2.4. Dados climáticos

Para investigar a possível correlação entre produtividade e o acúmulo de serapilheira com fatores climáticos, foram utilizados dados meteorológicos mensais incluindo temperatura média do ar, precipitação e dias com chuva (Figuras 3.8, 3.9 e 3.10). Das variáveis climáticas, temperatura e precipitação são as que mais afetam a deposição de serapilheira em ecossistemas florestais (ESPIG et al., 2009). Os dados meteorológicos utilizados no estudo foram comparados com as Normais Climatológicas do município no período de 1961-1990. Estes dados são provenientes da estação meteorológica do município de Ipameri, GO disponibilizados pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

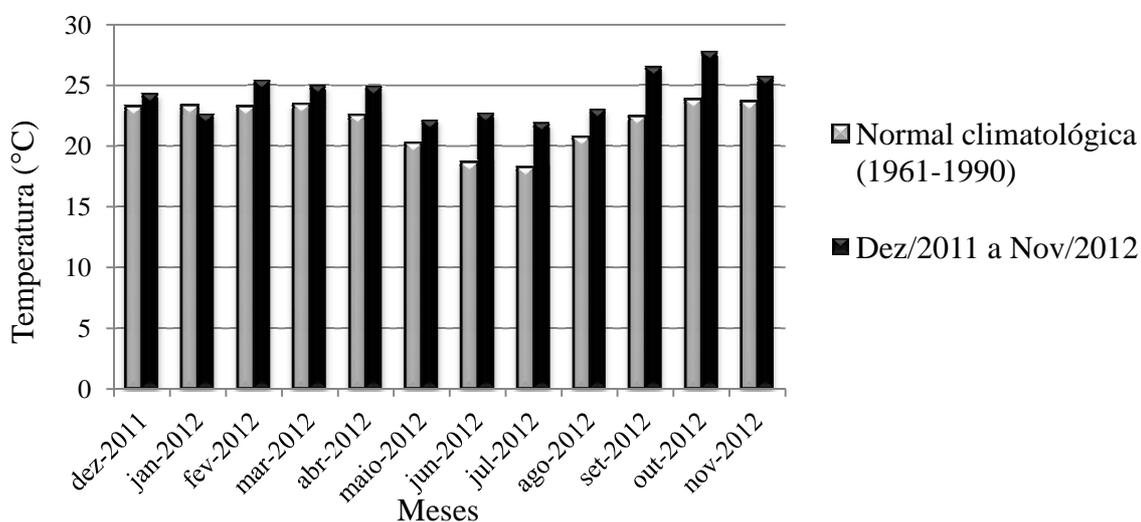


Figura 3.8: Temperatura média mensal e média de 30 anos de dados (1961-1990) em Ipameri, GO.

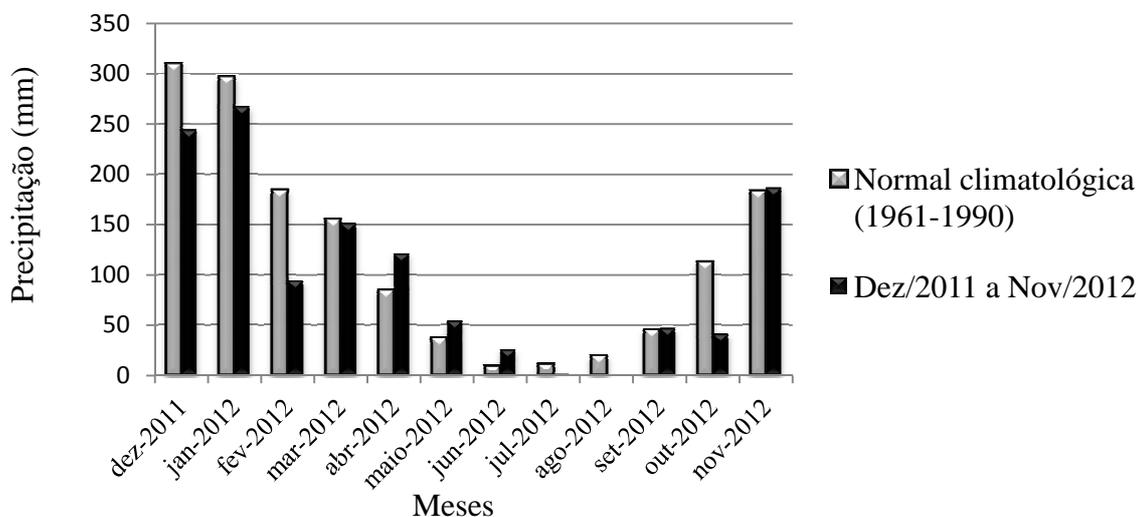


Figura 3.9: Precipitação mensal acumulada e média de 30 anos de dados (1961-1990) em Ipameri, GO.

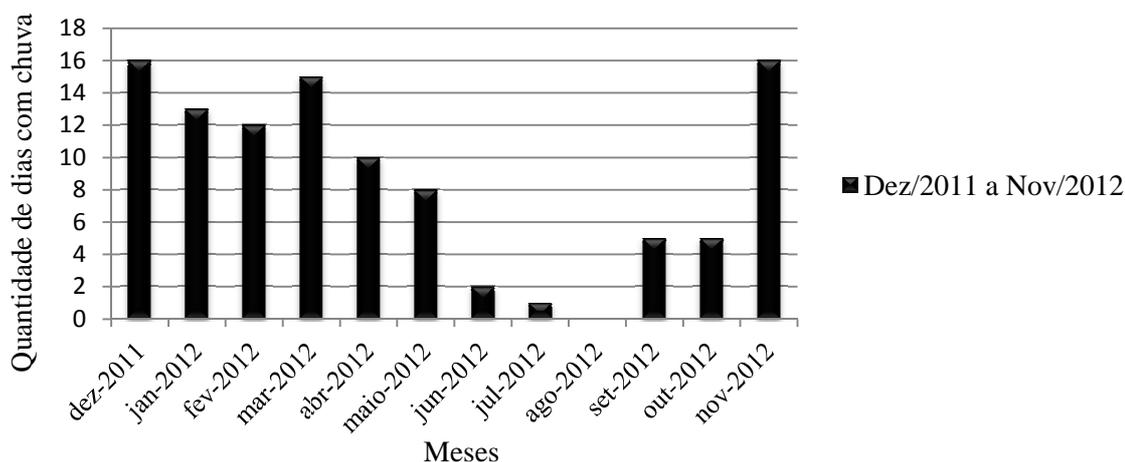


Figura 3.10. Quantidade mensal de dias com chuva no período de dezembro de 2011 a novembro de 2012, em Ipameri, GO.

3.3. ANÁLISE DE DADOS

3.3.1. Análise descritiva

Os dados de produtividade e acúmulo de serapilheira foram submetidos a análise estatística descritiva para determinação da média, valores máximos e mínimos, coeficiente de variação (CV), coeficientes de assimetria e curtose e distribuição de frequência dos dados utilizando-se do programa SAS (*Statistical Analysis System*) 4.3. Para testar a hipótese de normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro e Wilk (1965) utilizando-se do programa SAS 4.3.

Foi realizada a correlação simples de Pearson (r) entre a produtividade e o acúmulo de serapilheira, os dados climáticos, inclinação do terreno e os parâmetros fitossociológicos. Os valores de r podem variar de -1 a 1 e podem ser classificados qualitativamente, segundo Callegari-Jacques (2003), da seguinte forma: 0,00 a 0,30 existe fraca correlação linear; 0,30 a 0,60 existe moderada correlação linear; 0,60 a 0,90 existe forte correlação linear; 0,90 a 1, existe correlação linear muito forte.

Para determinar a variável ou variáveis independentes que melhor explicassem a variação de cada variável dependente foi realizada a análise de regressão múltipla pelo método *stepwise*, com grau de significância para o F de 15% de probabilidade para inclusão das variáveis. A produtividade e acúmulo anual de serapilheira foram consideradas variáveis dependentes e a elevação e inclinação do terreno, quantidade de indivíduos, índice de

diversidade de Shannon-Weaver (H'), índice de equabilidade de Pielou (J') e as seis espécies com maior índice de valor de importância, correspondentes as células amostrais, foram consideradas variáveis independentes.

A variabilidade da produtividade e acúmulo de serapilheira foi classificada de acordo com a magnitude do seu coeficiente de variação (CV%) como: baixa para valor de CV menor que 10%; média, quando entre 10 e 20%; alta, quando entre 20 e 30%; e muito alta, se maior que 30% (PIMENTEL-GOMEZ e GARCIA).

3.3.2. Análise geoestatística

Para estimar a dependência espacial entre as amostras, bem como identificar se as variações foram sistemáticas ou aleatórias, foram utilizados modelos de semivariogramas estimados com o programa GS+ (ROBERTSON, 2004). A seleção dos modelos foi realizada com base na menor soma de quadrados do resíduo (SQR) e melhor coeficiente de determinação (R^2).

Para a análise do grau de dependência espacial foi utilizada a classificação de Cambardella et al. (1994), que considera dependência espacial forte os semivariogramas que têm efeito pepita igual a 25% do patamar, de dependência espacial moderada quando o efeito pepita está entre 25 e 75% e dependência espacial fraca, quando o efeito pepita é maior que 75%. Posteriormente a estimação dos semivariogramas experimentais e ajuste dos modelos teóricos foi realizada a interpolação dos dados pelo método da krigagem utilizando o programa GS+ (ROBERTSON, 2004). Posteriormente, os mapas foram editados utilizando o programa *Surfer* 8.0 (SURFER, 2002).

3.3.3. Comparação dos métodos de estimação

Os resultados da estimação da produtividade de serapilheira foram comparados com a utilização do método geoestatístico (Krigagem) e o método de estimação tradicional utilizado nos estudos de produção de serapilheira. Para tal, além dos valores da produtividade e acúmulo de serapilheira com os 60 pontos amostrais instalados na área, foram feitas três simulações com os valores obtidos por meio da seleção de três conjuntos

de 10 coletores cada, os quais foram escolhidos de forma a representarem homogeneamente a área. Os valores de produtividade e acúmulo de serapilheira, com o método tradicional, foram estimados com a seguinte expressão, proposta por Lopes et al. (2002):

$$PS = (\Sigma PM \times 10.000) / Ac \quad (5)$$

Em que:

PS = Produção de serapilheira ($\text{Kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$);

PM = Produção média mensal de serapilheira ($\text{Kg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$);

Ac = Área do coletor (m^2).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ANÁLISE FITOSSOCIOLÓGICA

Pela análise de regressão linear com resposta em platô (REGRELP), o ponto de máxima inflexão da curva gerada entre o número de espécie e o número de parcelas foi alcançado com 46 parcelas, sendo o número mínimo necessário para expressar satisfatoriamente a riqueza florística desta comunidade. Portanto a amostragem utilizada, de 60 parcelas de 25m² (1500m²), foi satisfatória (Figura 4.1). As equações ajustadas são definidas pelas expressões:

$$\text{Reta } Y = 20,9016 + 1,1907 X \text{ (para } X \leq 46\text{); Platô } Y = 77,38 \text{ (para } X > 46\text{)}.$$

$$\text{Coeficiente de determinação (R}^2\text{)} = 95,22\%$$

Em que:

Y = número de espécies; e

X = número de parcelas

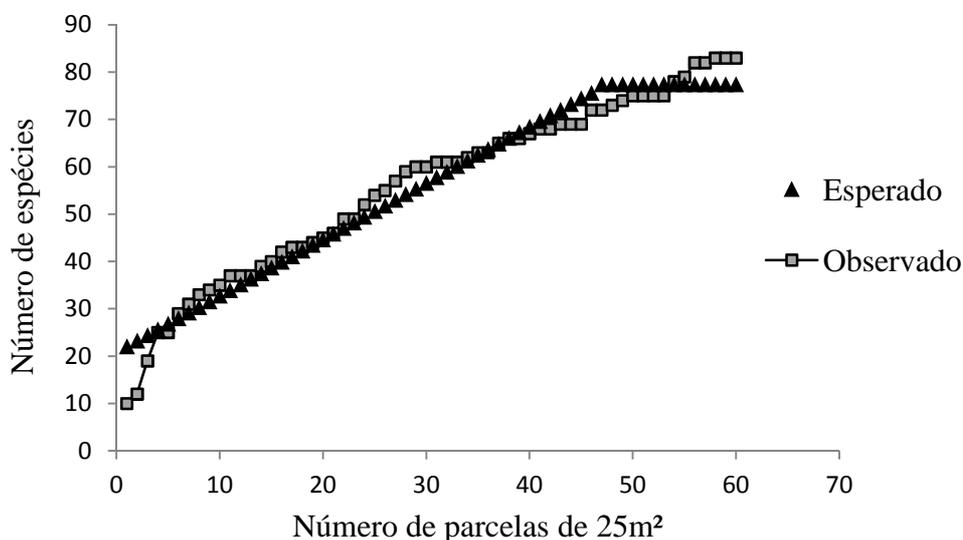


Figura 4.1: Determinação da suficiência amostral para expressar a riqueza florística da mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO, utilizando a curva espécie-área com determinação do ponto de inflexão pela regressão linear com resposta em platô.

A intensidade amostral utilizada na área de mata galeria do Córrego Lava pés, 60 parcelas de 25m² (1500m² de área amostrada), foi aproximadamente 23 % maior do que a considerada suficiente pela REGRELP para expressar a riqueza florística do local.

Foram amostrados 1014 indivíduos (964 vivos e 60 mortos em pé), pertencentes a 35 famílias, 58 gêneros e 82 espécies (Apêndice C). Do total de espécies, cinco foram classificadas em nível de família botânica e uma em nível de gênero (Apêndice C). O índice de diversidade de Shannon-Weaver foi de 3,44 e o índice de equabilidade de Pielou foi de 0,78 indicando heterogeneidade florística relativamente alta do componente arbóreo. Estes resultados assemelham-se aos encontrados em estudos em outras matas de galeria (SILVA JÚNIOR et al., 1998 e 2001; MATOS e FELFILI, 2010).

As famílias de maior riqueza na amostragem, em ordem crescente do número de espécies, foram: Dilleniaceae, Malpighiaceae, Myrtaceae, Sapindaceae, Chrysobalanaceae, Vochysiaceae (quatro espécies), Melastomataceae (seis espécies) e Fabaceae (11 espécies). Essas oito famílias contribuíram com aproximadamente 50% da riqueza total da amostragem. Estes resultados estão em concordância com Silva Júnior et al. (2001 e 2004) Matos e Felfili (2010). Do total de famílias amostradas, 17 (48%) foram representadas por uma única espécie: Apocynaceae, Bombacaceae, Burseraceae, Chloranthaceae, Clusiaceae, Combretaceae, Ebenaceae, Erythroxylaceae, Icacinaceae, Lecythidaceae, Malvaceae, Myristicaceae, Ochnaceae, Piperaceae, Polygonaceae, Proteaceae, Siparunaceae.

Verificou-se que os gêneros de maior representatividade na amostragem, com o maior número de espécies, foram: *Myrcia* com quatro espécies, *Byrsonima*, *Sclerolobium* e *Qualea* com três espécies cada, *Chrysophyllum*, *Davilla*, *Hirtella*, *Ilex*, *Inga*, *Licania*, *Miconia*, *Rapanea*, *Tibouchina* e *Xylopia* com duas espécies cada. Segundo Mendonça et al. (1998 e 2008), esses gêneros são comuns e importantes em fitofisionomias florestais do bioma Cerrado. Os demais 44 gêneros amostrados, aproximadamente 75% do total, foram representados por uma única espécie.

Uma das peculiaridades das matas de galeria é a sua interface com as formações vegetais vizinhas, as quais em geral colaboram para a sua composição florística (MATOS e FELFILI, 2010). Nota-se a influência da vegetação circunvizinha a mata de galeria do córrego Lava-pés pela presença de espécies características dos ambientes de cerrado *sensu stricto* como: *Curatella americana*, *Qualea grandiflora*, *Qualea parviflora*, *Qualea multiflora*, *Handroanthus ochraceus* e de espécies em cerrado e cerrado *sensu stricto* como *Brosimum gaudichaudii* (MENDONÇA et al., 1998 e 2008).

A riqueza florística encontrada nas matas de galerias pode ser atribuída, também, pela forte contribuição de espécies de diferentes fitofisionomias, particularmente das florestas Amazônica e Atlântica (OLIVEIRA-FILHO e RATTER 1995; MATOS e FELFILI, 2010). Este fato foi observado neste estudo no qual pode citar as espécies: *Xylopia emarginata* e *Davilla cuspidulata* típica da Floresta Amazônica; a espécie *Hedyosmum brasiliense* a qual ocorre nas serras do Sudeste (OLIVEIRA-FILHO e RATTER, 2000; FRAGA, 2013).

O valor de densidade absoluta obtido na mata do córrego Lava-pés foi de 6875 ind ha⁻¹ (Apêndice C), este resultado pode ser considerado elevado quando comparado aos resultados obtidos em estudos de matas de galeria (SILVA JÚNIOR et al., 2004; GUARINO e WALTER; 2005; SILVA JÚNIOR, 2005; MATOS e FELFILI, 2010). Verifica-se que as árvores mortas obtiveram densidade absoluta estimada de 407 ind ha⁻¹, aproximadamente 6% do valor total encontrado na área em estudo, (Apêndice C). Este percentual está dentro do intervalo esperado para as matas de galeria, em torno de 3 e 9 % (FELFILI et al., 2004), e indica que área não vem sofrendo grandes distúrbios.

O valor de dominância absoluta foi de 31,89 m² ha⁻¹, sendo semelhante aos valores encontrados em outros estudos em matas de galeria (VAN DEN BERG e OLIVEIRA FILHO, 2000; FELFILI et al., 2007; MATOS e FELFILI, 2010).

Quanto ao índice de valor de importância (IVI), em ordem decrescente de valor, as espécies que se destacaram foram: *Licania glabra*, *Matayba guianensis*, *Siparuna guianensis*, *Alibertia edulis*, *Cupania vernalis* e *Protium heptaphyllum* (Tabela 4.1). As árvores mortas corresponderam a aproximadamente 7% do valor de importância total (Apêndice C).

Os indivíduos identificados foram distribuídos em 16 classes de diâmetro (Figura 4.2). Na primeira classe de DAP ocorreram 68% dos indivíduos amostradas, e 99% apresentaram DAP menor que 27 cm (Figura 4.2). A maior árvore registrada foi Fabaceae 1, com 63 cm de DAP. Somente sete das espécies amostradas: *Protium heptaphyllum*, *Qualea grandiflora*, *Matayba guianensis*, *Sclerolobium paniculatum*, *Cupania vernalis*, *Dipteryx alata* e Fabaceae 1 apresentaram diâmetros maiores que 30 cm. Estes resultados assemelham-se a de outros estudos realizados em matas de galeria no Brasil central, onde

as árvores amostradas raramente excedem os 100 cm de diâmetro (SILVA JÚNIOR et al., 2004; FELFILI, 1997; SILVA JÚNIOR, 1995).

A estrutura diamétrica indica que a comunidade arbórea, na mata do córrego Lava-pés, é composta especialmente por árvores pequenas (Figura 4.2). Resultados semelhantes foram encontrados por Felfili (1997) e Silva Júnior et al. (2004). A mata do córrego Lava-pés pode ser caracterizada como auto regenerante, pois o padrão da curva em 'J' invertido, com 68% dos indivíduos na primeira classe de DAP (3-<7 cm), aponta o balanço positivo entre recrutamento e mortalidade.

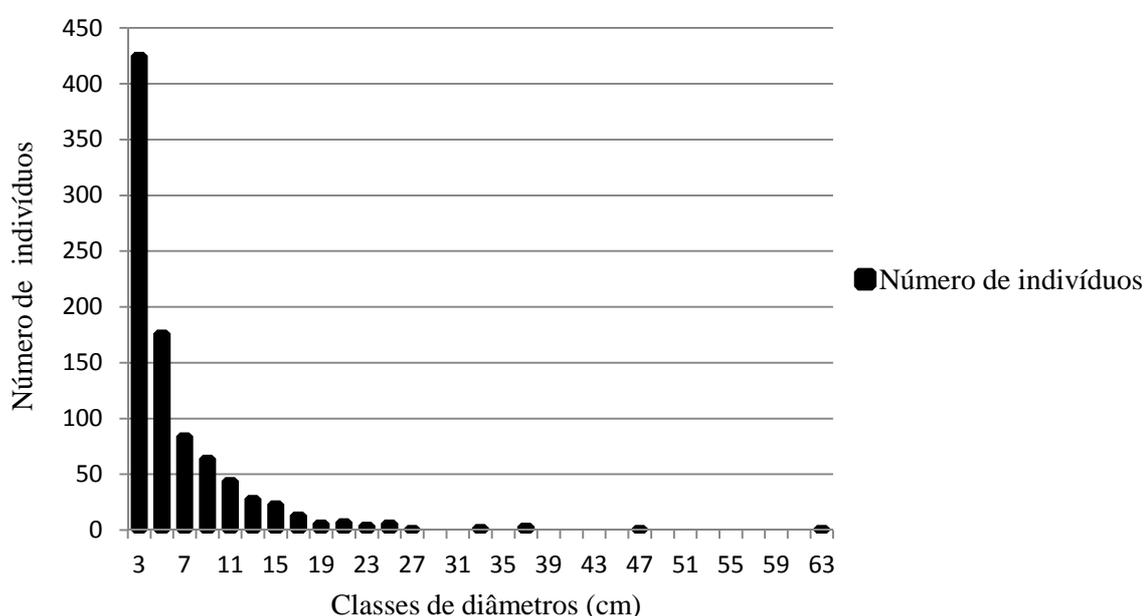


Figura 4.2: Distribuição do número de indivíduos em classes de diâmetros na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.

Tabela 4.1. Relação das espécies com os maiores valores de Índice de valor de importância (IVI), obtidos por meio da análise fitossociológica realizada na mata de galeria do córrego Lava Pés, em Ipameri, GO.

Espécie	IVI
<i>Licania glabra</i> Mart.	22,82
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	17,43
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	17,12
<i>Alibertia edulis</i> (L. Rich.) A. Rich.	16,04
<i>Cupania vernalis</i> Camb.	14,28
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	14,24

4.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Os valores da média e da mediana da fração folhas e total para os dados de produtividade de serapilheira são semelhantes, indicando distribuições simétricas (Tabela 4.2). A normalidade dos dados para produtividade de serapilheira total e para fração folhas foi confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk, apesar do coeficiente de curtose da fração folhas não ser próximo de zero (Tabela 4.2). Os valores da média e da mediana para a produtividade da fração ramos e estruturas reprodutivas não estão próximos, assim como, os valores dos coeficientes de assimetria e curtose apresentaram valores distantes de zero, indicando assimetria nos dados, a qual foi confirmada pela não normalidade dos dados baseado nos resultados teste de Shapiro-Wilk (Tabela 4.2). Contudo, para os dados de acúmulo de serapilheira apenas para fração estruturas reprodutivas não se verifica a normalidade dos dados (Tabela 4.2).

Tabela 4.2: Estatística descritiva para dados de produtividade e acúmulo de serapilheira coletados no período de dezembro de 2011 a novembro de 2012 na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.

	Produtividade (Kg ha ⁻¹)								
	Média	Mediana	Min.	Max	DP	CV (%)	Coeficientes		Pr<W
							Assimetria	Curtose	
FF	4.609	4.821	682	6.853	1.184	26	-0,89	2,1	0,01
FR	1.233	1.048	131	4.573	985	80	1,88	3,9	0,00
FER	605	393	36	2.937	615	102	2,11	4,4	0,00
Total	6.446	6.390	960	10.285	1.958	30	-0,32	0,4	0,58
Acúmulo (Kg ha ⁻¹)									
FF	10.450	10.563	5.368	16.923	2.658	25	0,03	-0,35	0,58
FR	3.444	3.344	1.079	8.373	1.461	42	1,0	1,56	0,01
FER	456	198	40	3.854	724	159	3,22	11,2	0,00
Total	14.483	13.974	7.199	23.768	3.729	26	0,4	-0,002	0,59

Mín: Mínimo; Max: Máximo; FF: Fração folhas; FR: fração ramos; FER: Fração estruturas reprodutivas; DP: Desvio padrão; CV: Coeficiente de variação; Pr <W = resultado de Shapiro e Wilk (1965) teste de normalidade (a normalidade = $P < W \geq 0,01$)

A floresta em estudo pode ser considerada pequena (três hectares) quando comparada a outras matas de galeria, como as que foram estudadas por Oliveira e Felfili (2005) com 79 hectares e a estudada por Sampaio et al. (2000) com 64 hectares. Entretanto, apesar do tamanho da presente área de estudo, verifica-se elevada variabilidade nos valores de produtividade e acúmulo de serapilheira baseando-se nos valores de máximo e mínimo e na classificação do CV sugerida por Pimentel-Gomez e Garcia (2002) (Tabela 4.2).

Semelhantemente, ao estudarem a produção de serapilheira em uma floresta estacional decidual, Cunha et al (1993) observaram alta variabilidade nos valores de CV para as frações e serapilheira total. Os autores encontraram CV mensais da fração folhas variando de 25% a 44%, da fração galhos de 56% a 146%, da fração estruturas reprodutivas de 95% a 362% e total variando de 26% a 43%. De acordo com a classificação de Pimentel-Gomez e Garcia (2002) os CV encontrados por estes autores são muito elevados, com destaque para a fração estruturas reprodutivas (362%). Resultados semelhantes para CV também foram relatados por Abreu (2006), o qual avaliou a dinâmica da serapilheira em um trecho de floresta atlântica secundária. O autor obteve valores de CV de 45% para fração folhas, 63% para fração galhos, 83% para fração estruturas reprodutivas e 44% para serapilheira total.

A grande variabilidade encontrada nos valores de CV para os dados de produtividade e acúmulo de serapilheira, encontrados no presente estudo, sugerem que o uso de métodos de estatística clássica para este tipo de análise pode não ser eficaz, já que a utilização dos valores médios poderiam super ou subestimar a estimativa dos valores de produtividade e acúmulo de serapilheira em certas regiões da área de estudo.

4.3. ANÁLISE GEOESTATÍSTICA

4.3.1. Semivariogramas

Para os dados de produtividade de serapilheira a fração folhas e o total apresentaram dependência espacial quando se utilizou os dados dos 12 meses de coleta (Tabela 4.3). Ajustou-se o modelo exponencial para ambas as variáveis. Os semivariogramas não se diferenciaram nas direções: 45°, 90° e 135°. A fração ramos e estruturas reprodutivas apresentaram efeito pepita puro, ou seja, nenhum grau de dependência espacial foi observado (Tabela 4.3). Estes resultados sugerem que frações ramos e estruturas reprodutivas tem distribuição aleatória na área em estudo ou talvez a continuidade espacial para estas frações exista a uma distância inferior ao do menor espaçamento (32 m) entre as amostras, utilizado na área. Portanto, para estudos futuros, seria necessária a realização da amostragem em menores distâncias para tentar capturar a dependência espacial desta fração.

Segundo a classificação de Cambardella et al. (1994), tanto a fração folhas quanto a serapilheira total apresentaram forte dependência espacial. Portanto verifica-se que a fração folhas é a que mais influenciou na dependência espacial da produtividade de serapilheira. (Tabela 4.3). Hansen et al. (2009) relataram que há uma forte relação entre a fração foliar e a serapilheira total de forma que é possível estima-la por meio da serapilheira total. A fração folhas representa a maior porcentagem de formação da serapilheira (OLIVEIRA, 1997; MARTINS e RODRIGUES, 1999; ARATO et al., 2003; CIANCIARUSO et al., 2006) o que explica a dependência espacial forte na serapilheira total, uma vez que as demais frações não apresentaram continuidade espacial.

Tabela 4.3. Parâmetros dos modelos de semivariogramas das variáveis de produtividade de serapilheira avaliadas no período de dezembro/2011 a novembro/2012, na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.

Variáveis (Kg ha ⁻¹)	Modelo	C ₀	Patamar	Alcance (m)	[(C ₀ /C ₀ +C)] x100	GDE	R ²	SQR
FF	Exp	731856	3372918	90	22	F	0,281	1,26E+12
FR	EPP	1246545	1246545	-	-	-	-	-
FER	EPP	1422230	1422230	-	-	-	-	-
Total	Exp	1620513	8729473	84	19	F	0,347	6,55E+12

FF: Fração folhas; FR: Fração ramos; FER: Fração estruturas reprodutivas; Exp: Exponencial; EPP: Efeito pepita puro; C₀: Efeito pepita; C: Variância estrutural; GDE: Grau de dependência espacial; F: Forte; SQR: Somas dos quadrados dos resíduos

Entretanto, o efeito pepita (C₀) encontrado para a produtividade de serapilheira, para a fração folhas e total, foi elevado (Tabela 4.3). Isto deve ter ocorrido, provavelmente, devido a complexidade da dinâmica das variáveis ecológicas, uma vez que a deposição da serapilheira sofre influência de diversos fatores, entre eles climáticos e edáficos (PINTO, 2005; SOARES et al., 2008). O alto valor do (C₀) pode comprometer a acurácia dos mapas estimados pelo método de Krigagem, pois a intensidade amostral pode interferir significativamente na estrutura espacial da variável estudada, conforme encontrado por Rodrigues et al. (2012b) para atributos de um Latossolo Vermelho distrófico. Contudo, apesar desta limitação, a estimação por meio da Krigagem apresenta-se mais vantajosa, quando comparada ao método de estimação tradicional, como pode ser observado na Figura 4.3 e Tabela 4.5. Para a redução do (C₀), possivelmente, uma amostragem mais intensa seria necessária.

O alcance indica o limite da dependência espacial da variável, ou seja, determinações realizadas a distâncias maiores que o alcance tem distribuição espacial aleatória. Assim

sendo, determinações realizadas em distâncias menores que o alcance estão correlacionadas espacialmente, sendo possível a realização de interpolações para espaçamentos menores do que os amostrados (SILVA et al., 2003).

Observou-se que o alcance da dependência espacial para a fração folhas foi de 90 metros (Tabela 4.3) e, portanto, as distâncias entre amostras (32 x 32 m) utilizadas no presente estudo foram suficientes para detecção da dependência para esta fração. Para a serapilheira total verifica-se que o alcance da dependência espacial foi de 84 m (Tabela 4.3). Observa-se que o alcance para serapilheira total é semelhante ao alcance obtido para a fração folhas evidenciando que esta fração foi a determinadora da dependência espacial da fração total. Assim como observado para a fração folhas, as distâncias entre amostras (32 x 32 m) utilizadas no estudo foram suficientes para detecção da dependência espacial na serapilheira total. Estes resultados sugerem que para conhecer a variabilidade espacial da produtividade da fração folhas e da serapilheira total na floresta em estudo, a menor distância entre as amostras pode ser de 90 e 84 metros respectivamente, o que resulta na redução da quantidade de coletores instalados na área para experimentos futuros.

Tabela 4.4. Parâmetros dos modelos de semivariogramas das variáveis de acúmulo de serapilheira avaliadas no período de dezembro/2011 a novembro/2012, na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.

Variáveis (Kg ha ⁻¹)	Modelo	C ₀	Patamar	Alcance (m)	[(C ₀ /C ₀ +C)] x100	GDE	R ²	SQR
FF	EPP	7927000	7927000	-	-	-	-	-
FR	EPP	2436000	2436000	-	-	-	-	-
FER	EPP	1056797	1056797	-	-	-	-	-
Total	EPP	14020000	14020000	-	-	-	-	-

FF: Fração folhas; FR: Fração ramos; FER: Fração estruturas reprodutivas; EPP: Efeito pepita puro; C₀: Efeito pepita; C: Variância estrutural; GDE: Grau de dependência espacial; SQR: Somas dos quadrados dos resíduos.

A ausência de dependência espacial para os dados de serapilheira acumulada (Tabela 4.4) deve ter ocorrido, provavelmente, devido a forte relação desta variável com a taxa de decomposição (HANSEN et al., 2009) a qual é influenciada por diversos fatores. Diferenças na taxa de decomposição da serapilheira entre florestas tropicais estão relacionadas ao relevo, ao tipo de cobertura vegetal, à qualidade do material vegetal, a atividade microbiana do solo e às condições climáticas (SWIFT et al., 1979; CÉSAR, 1993; ANDERSON et al., 1983; SOUTO, 2006). As características e fertilidade do solo podem exercer forte influência na determinação do processo de decomposição de

serapilheira (PIRES et al., 2006) e conseqüentemente influenciar o acúmulo desta variável. Contudo, a variabilidade espacial da decomposição da serapilheira não foi avaliada neste estudo. A ausência de dependência espacial pode estar relacionada, também, com a declividade do terreno, a qual exerce forte influencia no acúmulo de serapilheira, uma vez que matas de galeria não inundáveis apresentam topografia acidentada (RIBEIRO e WALTER, 1998). Porém, recomenda-se que, em estudos futuros, a realização da amostragem seja em menores distâncias para tentar capturar a dependência espacial da variável acúmulo de serapilheira.

4.3.2. Mapas de isolinhas

A produtividade de serapilheira para a fração folhas e o total é apresentada no mapa de isolinhas (Figura 4.3). A maior produtividade de serapilheira para a fração folhas (7.090 a 9.090 Kg ha⁻¹ ano) pode ser observada na parte direita do mapa (Figura 4.3) no terço superior (TS) da mata e se estende até uma pequena parte que inclui o terço médio (TM) da mata. Contudo, nota-se também que no TS da mata (parte direita superior do mapa) há regiões apresentando menor produtividade (3.090 a 5.090 Kg ha⁻¹ ano). Na parte superior do mapa observa-se outra zona de maior produtividade da fração folhas localizada no TM da mata, porém bem próximo ao terço inferior (TI) (Figura 4.3).

Observa-se que as regiões que concentram a menor produtividade da fração folhas localizam-se no TI da mata (Figura 4.3). O TI da mata encontra-se perturbado decorrente do pisoteio de gado e a entrada frequente de pessoas nesta parte da mata, o que, provavelmente tem afetado a dinâmica da serapilheira nesta região. Entretanto, König et al. (2002) relata que florestas perturbadas investe grande aporte de energia na produção de material foliar e reprodutivo, depositando também maior conteúdo de serapilheira como estratégia de recuperação.

No mapa de produtividade de serapilheira da fração folhas e serapilheira total nota-se que há regiões que variam de 1.090 a 9.090 Kg ha⁻¹ ano e 900 a 10.900 Kg ha⁻¹ ano respectivamente (Figura 4.3). Estes resultados confirmam a alta variabilidade encontrada nos valores do coeficiente de variação (Tabela 4.3) e apontam para o problema de usar os valores médios (Tabela 4.5) para estimar a produtividade de serapilheira. Comparando os valores apresentados na Tabela 4.5 com as classes de valores encontradas na Figura 4.3

verifica-se que com o uso do método de estimação tradicional haveria regiões com superestimação (destaque para o terço inferior da mata) e regiões com subestimação (destaque para o terço superior da mata).

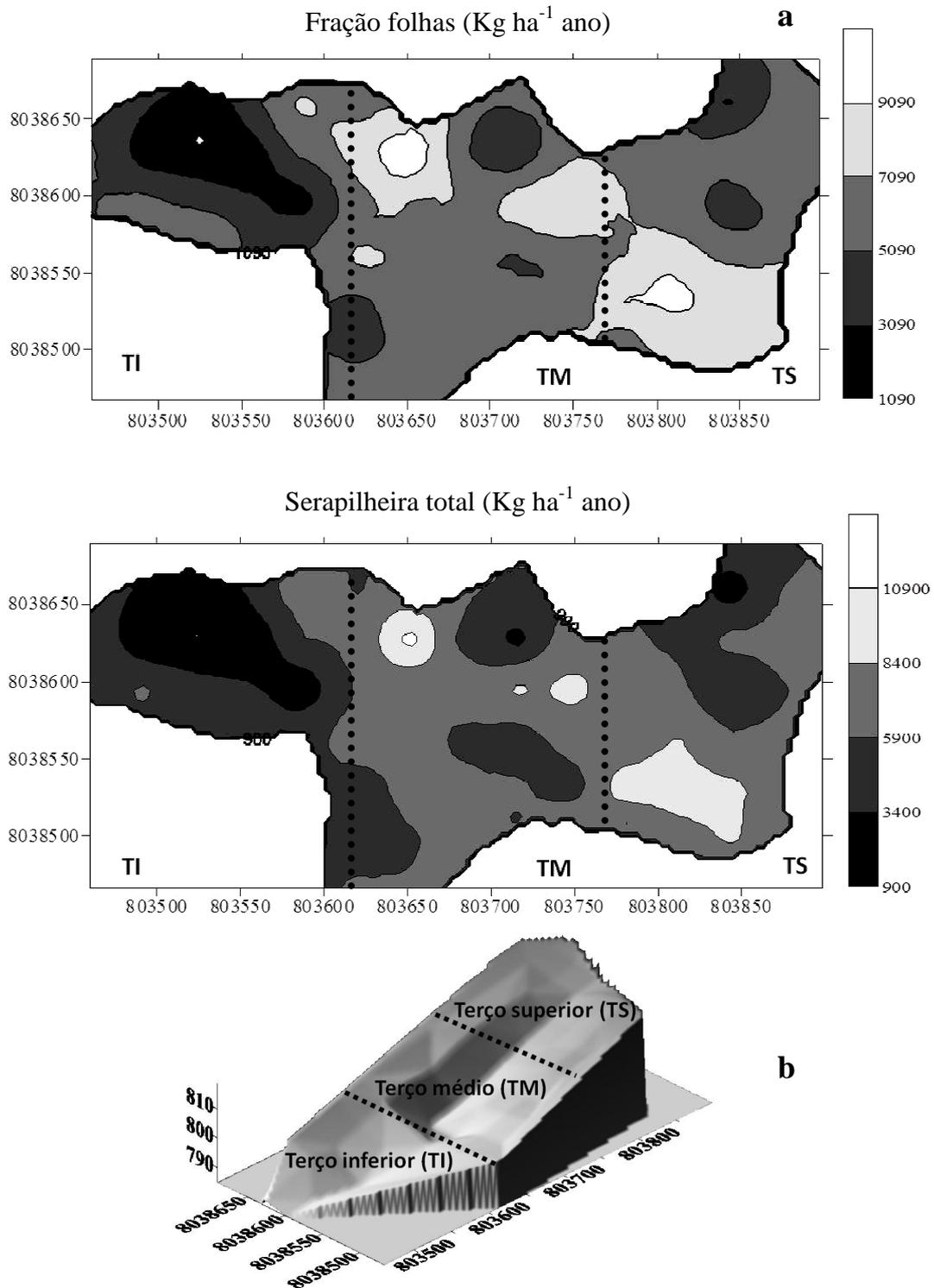


Figura 4.3: a-Mapas de produtividade de serapilheira para fração folhas e total, no período de dezembro de 2011 a novembro de 2012, estimados pelo método de interpolação Krigagem e, b- Esquema da divisão dos terços superior, médio e inferior na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.

Verifica-se que os mapas de produtividade da fração folhas e total de serapilheira assemelharam-se entre si mantendo as regiões com maior e menor produtividade de serapilheira (Figura 4.3). Isto, novamente, confirma os resultados dos semivariogramas, os quais indicaram que fração folhas é a que compõe a maior parte da formação da serapilheira total, e, portanto, governa a dependência espacial desta variável. Verifica-se, também, a predominância da fração folhas na composição da produtividade total de serapilheira utilizando-se os valores médios (Figura 4.4).

Com o uso dos mapas de isolinhas é possível conhecer melhor a dinâmica da serapilheira na área, visualizar as zonas de maior e menor produtividade e relaciona-las com características de cada região, tais como ocorrência de clareiras, características e fertilidade do solo, inclinação do terreno, afloração do lençol freático, perturbação, entre outras. Assim sendo, podem-se definir zonas de manejo e utilizar medidas como: transposição de serapilheira das zonas de maior produtividade para estimular a sucessão florestal na região perturbada ou mesmo em outras áreas degradadas e o isolamento da área no terço inferior com o intuito de eliminar os fatores de perturbação.

Tabela 4.5: Produtividade de serapilheira no período de dezembro de 2011 a novembro de 2012, utilizando o método tradicional de estimação, na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.

Número de coletores	Frações da serapilheira Kg ha ⁻¹ ano			
	Folhas	Ramos	Estruturas Reprodutivas	Total
60 coletores	4.275	1.160	723	6.158
1º simulação (10 coletores)	5.294	1.842	527	7.663
2º simulação (10 coletores)	5.708	1.738	1.337	8.784
3º simulação (10 coletores)	3.684	729	286	4.699

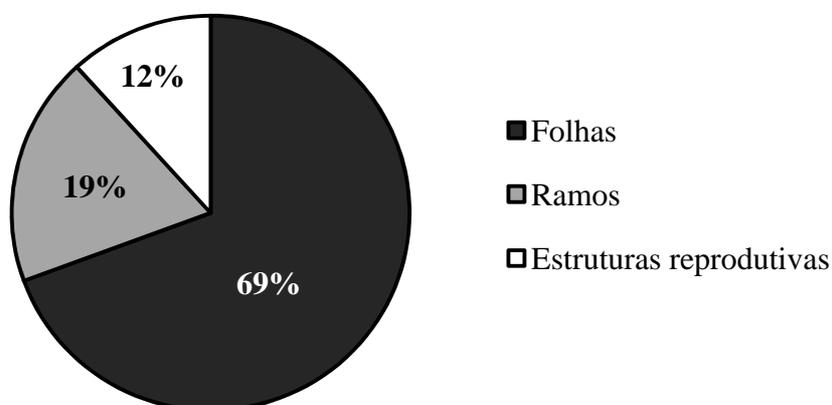


Figura 4.4: Proporção média da produtividade de serapilheira por fração (Kg ha⁻¹ ano) para mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri-GO.

4.4. ACÚMULO DE SERAPILHEIRA

O acúmulo de serapilheira foi estimado pelo método tradicional uma vez que esta variável não apresentou dependência espacial. A média anual da serapilheira acumulada total foi 15.742 Kg ha⁻¹ ano, constituída de 11.450 Kg ha⁻¹ ano pela fração folhas (73%), de 3.698 Kg ha⁻¹ ano pela fração ramos (23%) e de 593 Kg ha⁻¹ (4%) ano pela fração estruturas reprodutivas. Verifica-se a fração folhas foi a que mais contribui para formação da serapilheira acumulada sob o solo (Figura 4.5).

O acúmulo médio de serapilheira foi elevado quando comparado a outros estudos em florestas tropicais com características semelhantes a área em estudo (CUNHA et al., 1993; VITAL et al., 2004; PINTO et al., 2009; SCHLITTLER et al., 2010). Santos e Válio (2002), também verificaram um valor elevado (25.000 Kg ha⁻¹ ano) de serapilheira acumulada em uma floresta tropical no sudeste brasileiro. Segundo estes autores, estas discrepância nos resultados pode ser devido as diferentes características das florestas estudadas ou mesmo pelos diferentes métodos de amostragem de serapilheira acumulada.

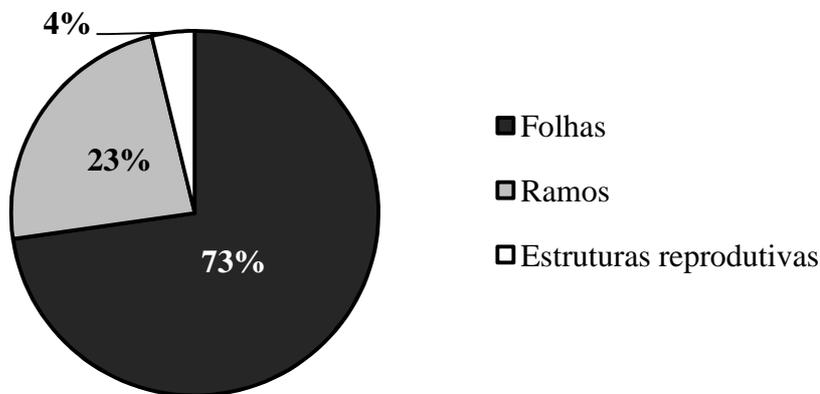


Figura 4.5: Proporção média por fração (Kg ha⁻¹ ano) da serapilheira acumulada sob o solo da mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri-GO.

4.5. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON

4.5.1. Correlação entre a produtividade e acúmulo de serapilheira e variáveis climáticas

As correlações da produtividade e acúmulo de serapilheira com as variáveis climáticas do período avaliado são apresentadas na Tabela 4.6. Para os dados de produtividade de

serapilheira, conforme a classificação de Callegari-Jacques (2003), verificou-se correlação negativa moderada entre a fração folhas com a variável precipitação mensal. Verificou-se que houve correlação negativa moderada para a fração folhas com os dias com chuva, indicando que esta fração é afetada também pela frequência da distribuição de precipitação. Pode-se observar que para serapilheira total, também, houve correlação negativa moderada com a precipitação mensal, contudo, não foi encontrada correlação significativa entre as frações ramos e estruturas reprodutivas com a precipitação. Isto indica que a correlação encontrada entre o total da produtividade de serapilheira com a precipitação é resultante da correlação encontrada na fração folhas, uma vez que esta contribui com a maior porcentagem na formação da serapilheira total (KLEINPAUL et al., 2005).

Tabela 4.6: Valores dos coeficientes de correlação de Pearson entre a produtividade e acúmulo mensal de serapilheira (total e frações) e as variáveis climáticas mensais de precipitação, dias com chuva, temperatura média do ar, no período de dezembro/2011 a novembro/2012, na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.

Frações da serapilheira (Kg ha ⁻¹)	Precipitação mensal (mm)	Dias com chuvas	Temperatura média do ar
Produtividade			
Folhas	-0,586*	-0,637*	0,187 ^{ns}
Ramos	-0,305 ^{ns}	-0,265 ^{ns}	0,014 ^{ns}
Estruturas Reprodutivas	0,076 ^{ns}	0,046 ^{ns}	0,586*
Serapilheira total	-0,551*	-0,585*	0,203 ^{ns}
Acúmulo			
Folhas	0,028 ^{ns}	-0,004 ^{ns}	0,373*
Ramos	-0,295 ^{ns}	-0,269 ^{ns}	-0,024 ^{ns}
Estruturas Reprodutivas	-0,381*	-0,108 ^{ns}	0,439*
Serapilheira total	-0,089 ^{ns}	-0,094 ^{ns}	0,285 ^{ns}

ns = não significativo; * = significativo a 5%.

Diversos trabalhos têm apresentado padrões muito variáveis quanto a correlação das variáveis climáticas e a produção de serapilheira (KONIG et al., 2002; SILVA et al., 2007; CARMO PINTO et al., 2008). Contudo, resultados semelhantes foram encontrados por Cianciaruso et al. (2006), os quais verificaram correlação negativa da fração folhas com os valores de precipitação ao estudarem a produção de serapilheira em um cerrado. Correlação negativa para fração folhas e precipitação também foi encontrada por Gonçalves et al. (2006) ao estudarem a produção de serapilheira em bosques de mangue e por White et al. (2012) ao estudarem a produção de serapilheira em ecossistemas de mata aberta. Os resultados encontrados neste estudo (Tabela 4.6), assim como os resultados

encontrados pelos autores anteriormente citados, sugerem que no período de seca ocorre uma resposta da vegetação ao estresse hídrico, ou seja, um balanço energético das plantas, de forma que a perda de folhas reduz a perda de água por transpiração, acarretando uma economia de energia nos períodos de maior estresse hídrico (AMARASINGHE e BALASUBRAMANIAM, 1992; MARTINS e RODRIGUES, 1999).

A fração ramos não apresentou correlação significativa com as variáveis climáticas (Tabela 4.6). Estes resultados estão em concordância com Vogel et al. (2007). Entretanto König et al. (2002) e Santana (2005) encontraram correlação significativa entre esta fração e a variável temperatura média do ar.

A fração estruturas reprodutivas não apresentou correlação significativa entre a variável precipitação e dias com chuva (Tabela 4.6). Resultados semelhantes foram obtidos por Cianciaruso et al. (2006). Entretanto, a fração estruturas reprodutivas apresentaram correlação positiva moderada com a variável temperatura média do ar (Tabela 4.6). Para esta fração a correlação foi diretamente proporcional, ou seja, quanto maior a temperatura maior a produtividade. Correlação significativa para a fração miscelânea (frutos, sementes, flores e restos vegetais não identificáveis) e a variável temperatura média do ar foi observada por Vogel et al. (2007) avaliando a devolução de serapilheira em floresta estacional decidual. Pires et al. (2006) estudando produção da serapilheira em uma restinga também encontraram correlação significativa para fração estruturas reprodutivas com a temperatura média do ar e com a variável precipitação, sendo a última não observada neste estudo.

Para os dados de acúmulo de serapilheira foi encontrada correlação moderada para a fração folhas e a temperatura média do ar, entretanto, não foi encontrada correlação significativa entre esta fração e as variáveis precipitação e dias com chuva. Estes resultados estão em concordância com Pires et al. (2006).

A fração estruturas reprodutivas apresentou correlação negativa moderada para as variáveis precipitação e temperatura média do ar (Tabela 4.6). Entretanto esta fração não apresentou correlação significativa com os dias com chuva, indicando que o acúmulo de estruturas reprodutivas não sofreu influência da frequência da precipitação. A fração ramos e a serapilheira total não apresentaram correlação significativa com nenhuma das variáveis

climáticas. Contudo estas variáveis podem estar mais correlacionadas com a topografia do terreno (Tabela 4.7).

4.5.2. Correlação entre a produtividade e acúmulo de serapilheira e a inclinação do terreno.

Observou-se que para os dados de produtividade de serapilheira não houve correlação significativa tanto para as frações quanto para o total com a porcentagem de inclinação do terreno (Tabela 4.7). Estes resultados apontam que a produtividade da floresta sofreu maior influência das variáveis climáticas no período de estudo (Tabela 4.6) quando comparada com a topografia do terreno.

Tabela 4.7: Valores dos coeficientes de correlação de Pearson entre a produtividade e acúmulo mensal de serapilheira (total e frações) e a porcentagem de inclinação do terreno, no período de dezembro/2011 a novembro/2012, na mata de galeria do córrego Lava pés, Ipameri, GO.

Frações da serapilheira (Kg ha ⁻¹)	Porcentagem de inclinação do terreno
Produtividade	
Folhas	-0.053 ^{ns}
Ramos	-0.134 ^{ns}
Estruturas Reprodutivas	-0.066 ^{ns}
Serapilheira total	-0.066 ^{ns}
Acúmulo	
Folhas	-0.328*
Ramos	-0.205*
Estruturas Reprodutivas	-0.050 ^{ns}
Serapilheira total	-0.343*

ns = não significativo; * = significativo a 5%.

No entanto, para os dados de serapilheira acumulada, verificou-se correlação negativa fraca para o total e frações, exceto para a fração estruturas reprodutivas. Para as frações ramos, folhas e o total a correlação foi inversamente proporcional indicando que quanto mais plano o terreno maior o acúmulo de serapilheira. Estes resultados são esperados uma vez que a declividade favorece o escoamento superficial do solo e conseqüentemente o carreamento da serapilheira (KONIG et al., 2002).

4.6. ANÁLISE DE REGRESSÃO MÚLTIPLA *STEPWISE*

Conforme a técnica de regressão múltipla *stepwise*, os parâmetros fitossociológicos não foram significativos no modelo. Estes resultados apontam que estas variáveis não foram determinantes na produtividade e acúmulo de serapilheira na área em estudo. Diversos trabalhos relatam que a diversidade florística, tipo e estrutura da vegetação podem influenciar na produção de serapilheira (PORTES et al., 1996; FIGUEIREDO FILHO et al., 2003; PINTO, 2005; SOARES et al., 2008), contudo, devido a complexidade estrutural das matas de galeria (SILVA JÚNIOR, 1995; REATTO et al., 2001) isto não pode ser verificado neste estudo por meio do teste *stepwise*. Portanto, outros métodos que possam avaliar a relação entre serapilheira e parâmetros fitossociológicos devem ser estudados e/ou propostos. Adicionalmente, Hansen et al. (2009) estudaram a produção média anual de serapilheira de cinco espécies florestais, utilizando análises estatísticas tradicionais, e não encontraram diferença significativa na produção de serapilheira entre as espécies estudadas.

Nota-se que apenas a variável elevação do terreno apresentou correlação significativa com a produtividade total de serapilheira (Tabela 4.8). Contudo, apenas aproximadamente 5% da produtividade total de serapilheira puderam ser explicadas por esta variável (Tabela 4.8). Para o acúmulo total de serapilheira apenas a variável porcentagem de inclinação foi significativa no modelo. Esta variável explicou apenas aproximadamente 13% do acúmulo total de serapilheira na área em estudo. Apesar dos baixos valores encontrados para as variáveis elevação (5%) e porcentagem de inclinação (13%), estes resultados indicam que o relevo foi, possivelmente, o fator mais determinante na produtividade e acúmulo total de serapilheira, respectivamente, e estão em concordância com diversos trabalhos que citam o relevo como um dos fatores que influenciam a formação da serapilheira (SPAIN, 1984; SANTOS e VÁLIO, 2002; MILLER et al., 2007; SOARES et al., 2008).

Tabela 4.8: Resultados da análise de regressão linear múltipla *stepwise* entre a produtividade e acúmulo total de serapilheira e os parâmetros fitossociológicos e atributos topográficos

Variáveis	Estimativa dos Parâmetros	Pr>F	R ²
Produtividade total de serapilheira (Kg ha ⁻¹ ano)			
Intercepto	-51040		
Elevação	71,17	0,0979	0,0473
Acúmulo total de serapilheira (Kg ha ⁻¹ ano)			
Intercepto	16865		
Porcentagem de Inclinação	-205,25	0,0052	0,1293

Significativo ao nível de 10% de probabilidade.

5. CONCLUSÕES

- A produtividade de serapilheira para a mata de galeria do córrego Lava-pés apresenta dependência espacial, a qual foi classificada como forte para a fração folhas e o total.
- A fração folhas foi a que mais contribuiu para a formação total de serapilheira
- Constatou-se que o método de estimação tradicional subestima e superestima a produtividade total de serapilheira em algumas regiões da mata de galeria do córrego Lava-pés.
- Não foi possível identificar a dependência espacial para o acúmulo de serapilheira com o método utilizado.
- A produtividade total de serapilheira apresentou correlação negativa significativa com a precipitação mensal.
- O total de serapilheira acumulada apresentou correlação negativa significativa com a declividade do terreno
- O relevo foi, possivelmente, o fator mais determinante na formação de serapilheira na mata de galeria do córrego Lava-pés.
- O estudo florístico e fitossociológico da mata em estudo indicou que esta vegetação apresenta uma grande diversidade de espécies e boa representatividade da flora local, compreendendo desde espécies típicas do cerrado *sensu strictu* , cerradão, de matas de galerias e florestas estacionais
- A correlação entre produtividade e acúmulo de serapilheira com os parâmetros fitossociológicos não pode ser verificada neste estudo.
- Com os mapas de produtividade de serapilheira (fração folhas e total) obtidos pelo método de interpolação Krigagem foi possível visualizar regiões a partir das quais pode-se definir zonas de manejo, que podem ajudar da tomada de decisão com relação

a transposição de serapilheira, coleta de banco de sementes para recuperação de áreas, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, J. R. S. P. **Dinâmica da serapilheira em um trecho de floresta atlântica secundária em área urbana do Rio de Janeiro**. 2006. 79f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas, Seropédica, RJ, 2006.
- ANDERSON, J. M.; PROCTOR, J.; VALLACK, H. W. Ecological studies in four contrasting lowland rain forest in Gunung Mulu National Park, Sarawak. III. Decomposition processes and nutrient losses from leaf litter. **Journal of Ecology**, London, v. 71, n. 3, p. 503-527, 1983.
- AMARASINGHE, M. D.; BALASUBRAMANIAM. Net primary productivity of two mangrove forest stands on the northwestern coast of Sri Lanka. **Hydrobiologia**, Baarn, v. 247, p. 37-47, 1992.
- ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-KG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 715-721, 2003.
- ARAÚJO, R. S.; PIÑA RODRIGUES, F. C. M.; MACHADO, M. R.; PEREIRA, M. G. FRAZÃO, F. J. Aporte de serapilheira e nutrientes ao solo em três modelos de revegetação na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.12, n.2, p.16-24, 2005.
- BAIÃO, M. A. S. G. **Desenvolvimento de um sistema geostatístico para o tratamento de imagem**. 2005. 218f. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia) – Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2005.
- BARLING, R.D.; MOORE, I. D. Role of buffer strips in management of waterway pollution: a review. **Environmental Management**, v.18: p.543-558, 1994.

- BRADY, N. C. **Natureza e Propriedades dos Solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1983.
- BRAGA, A. J. T.; GRIFFITH, J. J.; PAIVA, H. N. DE; SILVA, F. C. da; CORTE, V. B.; MEIRA NETO, J. A. A. Enriquecimento do sistema solo serapilheira com espécies arbóreas aptas para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.6, p.1145-1154, 2007.
- BURROUGH, P. A., MCDONNELL, R. A. **Principles of geographical information systems**. Oxford: University Press, 1998.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica: métodos quantitativos**. 4. ed. São Paulo: Atual, 1987. 321 p
- CALLEGARI-JACQUES, Sintia M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- CAMARGO, E. C. G. Geoestatística: fundamentos e aplicações. In: CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. 2 ed. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos: INPE, 1998. Disponível em: <http://www.dpiinpe.br/dpi/tutoriais/gis_ambiente/5geoest.pdf>. Acesso em: 24 dez. 2012.
- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; Novak, J. M.; Parkin, T. B.; Karlen, D. L.; Turco, R. F.; Konopka, A. E. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil. Science Society of America Journal**, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- CARMO PINTO, S. I. DO; MARTINS, S. V., BARROS, N. F. DE; CARLOS, DIAS, H. C. T. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, KG. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 545-556, 2008.
- CARO, C. F. **Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob diferentes usos em uma microbacia hidrográfica**. 2010. 62 f. Monografia (Graduação em Engenharia florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

- CARPANEZZI, A. A. **Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de Eucalyptus no interior do Estado de São Paulo.** 1980. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 1980.
- CARVALHO, M. A. G de. **Métodos estatísticos para análise de dados de monitoração ambiental.** 2003. 135f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2003.
- CASTRO, F. DA S.; PEZZOPANE, J. E. M.; CECÍLIO, R. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; XAVIER, A. C. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.8, p.871-880, março-2010.
- CÉSAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 53, n. 4, p. 671-681, 1993.
- CIANCIARUSO, M. V.; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. C. B.; SILVA, F. P. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão da Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP. **Acta Botânica Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 49-59, 2006.
- CIENTEC. Mata nativa 2: **Sistema para análise fitossociológica e elaboração de inventários e planos de manejo de florestas nativas** - manual do usuário. Viçosa: CIENTEC, 2006.
- COELHO FILHO, M. A.; COELHO, R. D.; GONÇALVES, A. C. A. Variabilidade espacial de variáveis físico-hídricas do solo em um pomar de lima ácida Tahiti, irrigado por microaspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.2, p. 239-246, 2001.

- CONAGIN, A. Transformações dos dados experimentais. **Bragantia** (Boletim técnico do Instituto Agrônomo de São Paulo), v. 14, n.15, p-141-147, 1955.
- CORÁ, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.6, p.1013-1021, 2004.
- CORREA, S. M. B. B. **Probabilidade e estatística**. – 2ª ed. - Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2003.
- COSTA, C. C. A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D.; SILVA, P. C. M. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na Flona de Açú - RN. **Revista Árvore**, n.34, v.2, p.259-265, 2010.
- CRESSIE, N. Fitting variogram models using weighted least-squares, **Journal of the International Association for Mathematical Geology**, v.17, n.5, p.563-586, 1985.
- CRESSIE, N. **Statistics for spatial data**. New York: John Wiley, 1991. 900p.
- CUNHA, G. C.; GRENDENE, L. A.; DURLO, M. A.; DRESSAN, D. A. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição de serapilheira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.3, n.1, p.35-64, 1993.
- CUNHA, P.; MARQUES JÚNIOR, J.; CURI, N.; PEREIRA, G. T.; LEPSCH, I. F. Superfícies geomórficas e atributos de latossolos em uma sequência arenítico-basáltica da região de Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.29, n.1, p.81-90, 2005.
- CURTIS, J. T.; McINTOSH, R. P. Na upland forest continuum in the prairie-Forest border region of Wisconsin. **Ecology**, v. 32, p.476-496, 1951.

- DELFINER, P.; DELHOMME, J. P. Optimum interpolation by kriging. In: Davis, J. C.; McCullagh, M. J. ed. **Display and Analysis of Spatial Data**. New York: John Wiley, 1975. p. 96-114.
- DIAS, A. C. **Composição florística, fitossociologia, diversidade de espécies arbóreas e comparação de métodos de amostragem na Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual Carlos Botelho/SP-Brasil**. 2005. 184f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais)- Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2005.
- DIGGLE, P. J.; RIBEIRO JUNIOR, P. J. Model-based geostatistics. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA, 14., 2000, Caxambu. **Anais...** Caxambu: Associação Brasileira de Estatística, 2000.
- ESPIG, A. S.; FREIRE, F.J.; MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, M. B. G.; ESPIG, D. B. Sazonalidade, composição e aporte de nutrientes da serapilheira em fragmento de mata atlântica. **Revista Árvore**, v.33, n.1, p. 949-956, 2009.
- ESRI, **Geoprocessing in ArcGIS**. Redlands, CA, Environmental Systems Research Institute, Inc. 2004.
- EWEL, J. J. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. **Journal of Ecology**, v.64, n.1, p.293-308, 1976.
- FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V.; SILVA JÚNIOR, M. C. **Biogeografia do bioma cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. Brasília, Ed Universidade de Brasília / FINATEC. 2007.
- FELFILI, J. M., SILVA JÚNIOR, M. C., SEVILHA, A. C., FAGG, C. W., WALTER, B. M. T., NOGUEIRA, P. E.; REZENDE, A. V. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology**, v. 175, p. 37-46, 2004.

- FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; FAGG, C. W.; MACHADO, J. W. D. **Recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina: Embrapa - Cerrados, 2000. 45p,
- FELFILI, J.M. Diameter and height distributions of a gallery forest community and some of its main species in central Brazil over a six-year period (1985-1991). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 20, p. 155-162, 1997.
- FELFILI, J. M. **Structure and dynamics of a gallery forest in Central Brazil**. Tese (Doutorado em Ecologia Florestal). University of Oxford, UO, Oxford 1993.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; MORAES, G. F.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J. de. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no Sul do Estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11-18, 2003.
- FISHER, R.A. **Statistical methods and scientific inference**. Edinburg, Oliver & Boyd, 1956. 175p.
- FRAGA, C. N. *Dilleniaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. 2013. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB82246>> Acesso em: 05 mar. 2013.
- GARDIMAN JUNIOR, B. S.; MAGALHÃES, I. A. L.; FREITAS, C. A. A.; CECÍLIO, R. A. Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES). **Ambiência**. Guarapuava, v.8 n.1 p. 61 - 71. 2012.
- GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M. G.; MACHADO, D. L. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de cerradão e mata mesofítica na Estação Ecológica de Pirapitinga–KG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 669-680, 2012.
- GONÇALVES A. S. da C.; FERNANDES M. E. B.; CARVALHO, M. L. Variação anual da produção de serapilheira em bosques de mangue no Furo Grande, Bragança, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, Belém, v. 1, n. 3, p. 35-42, 2006.

- GONÇALVES, M. A. M. **Avaliação da serapilheira em fragmento de floresta atlântica no sul do estado do Espírito Santo**. 2008. 85f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, 2008.
- GOOVAERTS. Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 27, n. 4, p. 315-334, 1998.
- GUARINO, E. S. G.; WALTER, B. M. T. Fitossociologia de dois trechos inundáveis de Matas de galeria no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** v19. n.3, p.431-442, 2005.
- GUERRA, P. A. G. **Geoestatística operacional**. Ministério das Minas e Energia, Departamento de Produção Mineral. Brasília. 1988. 145p.
- GUIMARÃES, E. C. **Variabilidade espacial da umidade e da densidade do solo em um Latossolo Roxo**. Campinas: 1993. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.
- HAMLETT, J. M.; HORTON, R.; CRESSIE, N. A. C. Resistant and exploratory techniques for use in semivariogram analyses. **Soil Scienc Society of América Journal** (USA), Madison, v. 50, p. 868-875, 1986.
- HANSEN, K.; VESTERDAL, L.; SCHMIDT, I. K.; GUNDERSEN, P.; SEVEL, L.; BASTRUP-BIRK, A.; Pedersen, L. B; Bille-Hansen, J. Litterfall and nutrient return in five tree species in a common garden experiment. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n. 10, p. 2133-2144, 2009.
- HIGUCHI, P.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SILVA, A.C.; MACHADO, E. L. M.; SANTOS, R. M.; PIFANO, D. S. Dinâmica da comunidade arbórea em um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, Minas Gerais, em diferentes classes de solos. **Revista Árvore**, v.32, p.417-426, 2008.

- HIRAI, E. H.; CARVALHO, J. O. P. de; PINHEIRO, K. A. O. Comportamento populacional de cupiúba (*Goupia glabra aubl.*) em floresta de terra firme na fazenda Rio Capim, Paragominas (PA). **Revista Ciências Agrárias.**, Belém, n. 47, p. 89-101, jan/jun. 2007
- HOSOKAWA, R.T.; MOURA, J.B.; CUNHA, U.S. da. **Introdução ao manejo e economia de florestas.** Curitiba: Ed. UFPR, 1998. 162p.
- HUIJBREGTS, C. J. Regionalized variables and quantitative analysis of spatial data. In: DAVIS, J. C.; McCULLAGH, M. J. (Ed.). **Display and analysis of spatial data.** New York: John Wiley, 1975. p.38-53.
- IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos>> Acesso em: 02 abri. 2013.
- ISERNHAGEN, I. **Fitossociologia florestal no Paraná e os programas de recuperação de áreas degradadas: uma avaliação.** 2001. 134f. Dissertação (Mestrado em Botânica)- Departamento de Botânica, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2001.
- ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics.** New York: Oxford University Press, 1989. 561p.
- JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 15., 2006, Caxambu. **Anais...** Caxambu: Associação Brasileira de Estudos populacionais (ABEP). Disponível em: <http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/abep2006_388.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2013.
- KISSLING, W. D.; CARL, G. Spatial autocorrelation and the selection of simultaneous autoregressive models. **Global Ecology and Biogeography** (in press), v. 17, p. 59-71, 2008.

- KLEINPAUL, I. S. et al. Suficiência amostral para coletas de serapilheira acumulada sobre o solo em *Pinus elliotti* Engelm, *Eucalyptus* sp. e Floresta Estacional Decidual. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 965-972, nov./dez. 2005.
- KLUMPP, A. Utilização de bioindicadores de poluição em condições temperadas e tropicais. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELLA, W. (Eds.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001. p.77-94.
- KÖPPEN, W. Das geographischa System der Klimate. Gebr, Borntraeger, 1-44, 1936.
- KÖNIG, F. G.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; SCLING, I. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria, RS. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.429-435, 2002.
- LAMPRECHT, H. Ensayo sobre la estructura florística de la parte su-oriental Del bosque universitário “El Caimital”, Estado Barinas. **Revista Forestal Venezolana**, v.7, n.10/11, p. 77-119, 1964.
- LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. 2ª. Edição, São Paulo: Editora Unesp, 2003. 253p.
- LEGENDRE, P.; FORTIN, M. J. Spatial patterns and ecological analysis. **Vegetatio**, 80, 107-138, 1989.
- LEGENDRE, P., LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**, 2nd English ed. Elsevier, Amsterdam, 1998. 853p.
- LIMA, J. M.; OLIVEIRA, G. C. de; MELO, C. G. Conservação do solo e da água notas de aulas práticas. Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências do Solo, Lavras, KG. Disponível em: <<http://www.dcs.ufla.br/site/index.php?id=139&menu=m19&t=prof-geraldo-c-oliveira>> Acesso: 09 fev. de 2013.

- LONGHI, R. V.; LONGHI, S. J.; CHAMI, L. B.; WATZLAWICK, L. F.; EBLING, A. A. Produção de serapilheira e retorno de macronutrientes em três grupos florísticos de uma floresta ombrófila mista, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 699-710, out.-dez., 2011
- LOPES, M. I. S.; DOMINGOS, M.; STRUFFALDI-DE-VUONO, Y.; Ciclagem de nutrientes minerais. In: SYSLVESTRE, L. S.; ROSA M. M. T. **Manual metodológico para estudos botânicos na mata atlântica**. Seropédica: EDUR-UFRRJ, 2002. p.72- 102.
- LOWMAN, M. D. Litterfall and leaf decay in three Australian rainforest formations. **Journal of Ecology**. New York, n.76, p.451-465, 1988.
- LOWRANCE, R.; TODD, R.; FAIL JUNIOR, J.; HEINDRICKSON JUNIOR, O.; LEONARD, R.; ASMUSSEN, L. Riparian forest as nutrient filters in agricultural watersheds. **BioScience**, v. 34, p. 374-377, 1984.
- MACHADO, M. R.; PIÑA RODRIGUES, F. C. M.; PEREIRA, M. G. Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Revista Árvore**, Viçosa-KG, v.32, n.1, p.143-151, 2008.
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. London: Croom Helm, 1988. 179p.
- MARQUES, A. J.; SANTIL, F. L. P.; CUNHA, J. E. O uso do clinômetro no levantamento topográfico. Estudo de caso: levantamento pedológico. In: **Boletim de Geografia**. n. 18, 2000.
- MARTINS, F.R. **Estrutura de Uma Floresta Mesófila**. Campinas, SP: Editora da Unicamp,1991.
- MARTINS, S. V. Soil seed bank as indicator of forest regeneration potential in canopy gaps of a semideciduous forest in Southeastern Brazil. In: FOURNIER, M. V. (Ed.)

Forest regeneration: ecology, management and economics. New York: Nova Science Publishers, 2009. p.113-128

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares.** Viçosa, KG: Aprenda Fácil, 2007. 255p.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, p.405-412, 1999.

MATOS, M. Q.; FELFILI, J. M. Florística, fitossociologia e diversidade da vegetação arbórea na matas de galeria do Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC), Piauí, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 24,. n. 2, p. 483-496, 2010.

MATTEUCCI, S. D.; COLMA, A. La Metodología para el Estudio de la Vegetación. Secretaria General de la Organizacion de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington. **Colección de Monografías Científicas**, Série Biología. v. 22, n. 1, 168 p, 1982.

McBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semivariograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 37, p. 617-639, 1986.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.; MELLO, J. M.; SILVA, A. M.; Continuidade espacial de chuvas intensas no estado de minas gerais. **Ciência e Agrotecnologia.**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 532-539, mar./abr., 2008

MELLO, C.R.; LIMA, J.M.; SILVA, A.M.; MELLO, J.M.; OLIVEIRA, M.S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.5, p.925-933, 2003.

- MELLO, J. M.; OLIVEIRA, M. S.; BATISTA, J. L. F.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J.; KANEGAE JUNIOR, H. Uso do estimador geoestatístico para predição volumétrica por talhão. **Floresta**, Curitiba, v. 36, p. 251-260, maio/agosto 2006.
- MELLO, J. M.; BATISTA, J. L. F.; RIBEIRO JUNIOR, P. J.; OLIVEIRA, M. S. Ajuste e seleção de modelos espaciais de semivariograma visando à estimativa volumétrica de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 25-37, 2005.
- MELLO, J. M. de. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal**. 122 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. Flora Vascular do Cerrado. In: S. M. SANO & S. P. ALMEIDA (eds). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, EMBRAPA-CPAC. 1998. p. 289-556.
- MILLER, J., FRANKLIN, J., ASPINALL, R. Incorporating spatial dependence in predictive vegetation models. **Ecological Modelling**, v.202, p.225-242, 2007.
- MOREIRA, P. R.; SILVA, O. A. da. Produção de serapilheira em área reflorestada. **Revista Árvore**, v.28, n.1, p. 49-59, 2004.
- NAPPO, M. E. **Dinâmica da regeneração natural de espécies arbóreas e arbustivas no sub-bosque de povoamento de *Mimosa scabrella* Bentham, em área minerada, em poços de caldas-KG**. 2002. 86f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- NAPPO, M.E., FONTES, M.A.L.; OLIVEIRA FILHO, A.T. Suficiência amostral e análise do tamanho de parcelas para o estudo da regeneração natural do sub-bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Benth., em área minerada, em Poços de Caldas, KG. **Revista Árvore**, v. 23, p.443-454, 1999.

- NEVES, D. A.; LEMOS, F.; GOZÁLEZ, A. P.; VIEIRA, S. R. SIQUEIRA, G. M. Using geostatistics for assessing biodiversity of forest reserve áreas. **Bragantia**, Campinas, v. 69, Suplemento, p. 131-140, 2010.
- OLIVEIRA, E. C. L.; FELFILI, J. M. Estrutura e dinâmica da regeneração natural de uma mata de galeria no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.19, n.4, p. 801-811, 2005.
- OLIVEIRA FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Padrões florísticos das matas ciliares da região dos cerrados e a evolução das paisagens do Brasil Central durante o Quaternário tardio. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. (eds). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. EDUSP, São Paulo, 2000. p.73-89.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Study of the origin central brazilian forests by the analysis of plant distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 52, n. 2, p.1-54, 1995.
- OLIVEIRA, R. E. **Aspectos da dinâmica de um fragmento florestal em Piracicaba-SP: silvigênese e ciclagem de nutrientes**. 1997. 79 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1997.
- OLIVER, M. A.; WEBSTER, R. Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 4, n. 3, p. 313-332, July, 1990.
- PEREIRA, M. G.; SILVA, A. N.; PAULA, R. R.; MENEZES, L. F. T. Aporte e decomposição de serapilheira em Floresta Periodicamente Inundável na Restinga da Marambaia, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 59-67, jan.-mar., 2012
- PIMENTEL-GOMEZ, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba, FEALQ, 2002. 309p.

- PINHEIRO, M. A. S. **Fitossociologia de áreas enriquecidas com o palmitero *Euterpe edulis* (Martius) em paisagens alteradas da Mata Atlântica.** 2007, 101f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas, Seropédica, RJ, 2007.
- PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta estacional semidecidual na reserva florestal Mata do Paraíso em Viçosa, KG, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, KG, v.33, n.4, p.653-663, jun/agos, 2009.
- PINTO, S. I. C. **Florística, estrutura e ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta estacional semidecidual na reserva florestal mata do paraíso, Viçosa-KG.** 2005. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- PIRES, L. A.; BRITZ, R. M.; MARTEL, G.; PAGANO, S. N. Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 1, p. 173-184, 2006.
- POGGIANI, F.; SCHUMACHER M. V. Ciclagem de nutrientes em Florestas Nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.) **Nutrição e Fertilização Florestal.** Piracicaba: IPEF/ESALQ - USP. 2000. 427 p.
- PORTES, M. C. G. O.; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. Variação sazonal de deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro do Anhangava- PR. **Floresta**, v.26, n.1/2, p.3-10, 1996.
- RATTER, J. A.; RICHARDS, P. W.; ARGENT, G. Observations on the vegetation of the northeastern Mato Grosso. I. Woody vegetation types of the Xavantina-Cachimbo expedition area. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v.266, p. 449-492, 1973.

- REATTO, A.; SPERA, S. T.; CORREIA, J. R.; MARTINS, E. S.; MILHOMEN, A. Solos de ocorrência em duas áreas de mata de galeria no distrito federal: aspectos pedológicos, uma abordagem química e físico hídrica. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SILVA, J. C. S. (eds.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**: Embrapa cerrados, p.115-140, 2001.
- REZENDE, A. V. Importância das Matas de Galeria: manutenção e recuperação. In: RIBEIRO, J. F. (Ed.) **Cerrado: Matas de Galeria**. Planaltina-DF, EMBRAPA-CPAC. 1998. p.3-16.
- RIBEIRO JÚNIOR, P. J. **Métodos geoestatísticos no estudo da variabilidade espacial de parâmetros do solo**. 1995. 99f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1995.
- RIBEIRO, J. P.; WALTER, M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa, 1998. cap. 3.p. 89-166.
- RIZZINI, M. C. **Diversidade funcional do estrato arbóreo como indicador do status da Biodiversidade em Floresta Atlântica de Tabuleiros (Linhares - ES)**. 2000. 150f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- ROBERTSON, G. P. Release 7. **GS+: Geostatistics for the environmental sciences**. Gamma Design Software. Plainwell, MI, 2004.
- RODRIGUES, B. D.; MARTINS, S. V.; LEITE, H. C. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore**, Viçosa-KG, v.34, n.1, p.65-73, 2010.
- RODRIGUES, M. S.; CORA, J. E.; FERNANDES, C. Spatial relationships between soil attributes and corn yield in no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 36, n.2, p. 599-609, 2012a.

- RODRIGUES, M. S.; CORA, J. E.; FERNANDES, C. Soil sampling intensity and spatial distribution pattern of soils attributes and corn yield in no-tillage system. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n.5, p. 852-865, 2012b.
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, F. Conceito, tendência e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p.233-247.
- ROQUE, M. W. **Variabilidade espacial de atributos físico-hídricos do solo cultivado com feijão irrigado submetido a diferentes sistemas de preparo**. 2007. 198f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola/Água e Solo) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2007.
- SAMPAIO, A. B., WALTER, B. M. T.; FELFILI, J. M. Diversidade e distribuição de espécies arbóreas em duas matas de galeria na micro-bacia do Riacho Fundo, Distrito Federal. **Acta Botanica Brasilica**, v.14, p.197-214, 2000.
- SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. **Análise da germinação: um enfoque estatístico**. Editora UnB, Brasília, 2004. 248p.
- SANTANA, J. A. S. **Estrutura fitossociológica, produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes em uma área de Caatinga no Seridó do Rio Grande do Norte**. 2005. 184f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.
- SANTOS, S. L.; VÁLIO, I. F. M. Litter accumulation and its effect on seedling recruitment in a Southeast Brazilian Tropical Forest. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n.1, p.89-92, 2002.
- SAS INSTITUTE INC. Getting started with SAS® Enterprise Miner™ 4.3.
- SATTLER, M. A. **Variabilidade espacial de atributos de um Argissolo Vermelho Amarelo sob pastagem e vegetação nativa na bacia hidrográfica do**

- Itapemirim**. 2006. 98f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.
- SAYER, E. J. Using experimental manipulation to access the role of leaf litter in functioning of forest ecosystems. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 81, n. 1, p. 1-31, 2005.
- SCHLITTLER, F. H. M.; RUGANI, C. A.; KUKURIN, I. M. Ciclagem de Nutrientes em Mata de Brejo e Mata Estacional Semidecidual no município de Brotas, SP, Brasil. **Naturalia**, Rio Claro, v.33, p. 69-84, 2010.
- SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. **A floresta e a água**. Porto Alegre: Pallotti, 1998. 70 p.
- SCHLUTER, D.; RICKLEFS, R.E. Species diversity: an introduction to the problem. In **Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives** (R.E. Ricklefs & D. Schluter, eds.). University of Chicago Press, Chicago, 1993. p.1-10.
- SESSEGOLO, G. C.. A Recuperação de áreas degradadas em Unidades de Conservação In: CAMPOS, J. B.; TOSSULINO, M. G. P.; MÜLLER, C. R. C. (Org.). **Unidades de Conservação: ações para valorização da biodiversidade**. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná, 2006. p. 120-125.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, v.52, p.591-611, 1965.
- SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK, L.; FEIJÓ, S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho- Amarelo distrófico arênico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.6, p.1013-1020, 2003.

- SILVA, C. J. D.; SANCHES, L.; BLEICH, M. E.; LOBO, F. D. A.; NOGUEIRA, J. D. S. Produção de serapilheira no cerrado e floresta de transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazonica**, v. 37, n.4, p.543 – 548, 2007.
- SILVA JÚNIOR, M. C. Fitossociologia e estrutura diamétrica na mata de galeria do Pitoco, na Reserva Ecológica do IBGE, DF. **Cerne**, v.11, n.2, p.147-158, 2005.
- SILVA JÚNIOR, M. C. Fitossociologia e estrutura diamétrica da mata de galeria do Taquara, na Reserva Biológica do IBGE, DF. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p.419-428, 2004.
- SILVA JÚNIOR, M.C. Comparação entre matas de galeria no Distrito Federal e a efetividade do código florestal na proteção de sua diversidade arbórea. **Acta Botanica Brasílica**, v. 15, n. 1, p. 111-118, 2001.
- SILVA JÚNIOR, M.C; FELFILI, J. M.; SILVA, P. E. N.; REZENDE, A. V. Análise florística de matas de galeria no Distrito Federal. In: RIBEIRO, J. F. (Ed) **Cerrado: Matas de Galeria**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 52-84.
- SILVA JÚNIOR, M. C. **Tree Communities of Gallery Forests of the IBGE Ecological Reserve, Distrito Federal, Brazil**. 1995. Tese (Doutorado em Ecologia Florestal), University of Edinburgh, Edinburgh, Scotland, 1995.
- SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; OLIVEIRA, R. B. Avaliação de interpoladores estatísticos e determinísticos na estimativa de atributos do solo em agricultura de precisão. **Idésia**, Chile, v.26, n.2, 2008.
- SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical methods**. 6. ed., Ames, Iowa State University Press, 1967. 593 p.
- SOARES, I.; QUEIROZ, J. A.; OLIVEIRA, V. H.; CRISÓSTOMO, L. A.; OLIVEIRA, T. S. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes na cultura do cajueiro anão precoce. **Revista Árvore**, v.32, n.1, p.173-181, 2008.

- SOUTO, P. C. **Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil**. 2006, 161f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, Brasil, 2006.
- SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; XAVIER, A. C.; ROCHA, W. S. D. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um argissolo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.11, n.1, p.73-81, 2010.
- SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; BENTO, M. J. C. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, p.51-58, 2004.
- SPAIN, A.V. Litterfall and the standing crop of litter in three tropical Australian rainforests. **Journal of Ecology**, v.72, n.3, p.947-961, 1984.
- SPIAZZI, F. R.; BORGES, S. C.; SOTHE, C. NETO, S. L. R. Avaliação da estrutura espacial de um povoamento de Pinus sp. com o uso de SIG e da geoestatística. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, p. 1773-1777, 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBSR, 2011, INPE. Disponível em: <<http://www.ltid.inpe.br/sbsr2011/files/p0223.pdf>> Acesso em: 06 fev. 2013.
- SURFER. Release 8.0. **Contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers. User's Guide**. New York: Golden software, 2002. 619p.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford, Blackwell Scientific, 1979. 372p.
- TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.38, n.1 p.45-94, 1985.

- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Central de Processamento de dados (UFV/CPD). Manual de utilização do Programa SAEG (**Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas**). Viçosa, KG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 59p
- VAN DEN BERG, E.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta ripária em Itutinga, KG, e comparação com outras áreas. **Revista Brasileira de Botânica**, v.23, p.231-253, 2000.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, P. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1. p.1-54, 2000a.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada à agricultura de precisão. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R.; GOMIDE, R. L. **Agricultura de precisão**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa - UFV, p. 93-108, 2000b.
- VIEIRA, S. R.; HATFIELD, T. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Berkeley, v.51, n.3, p.1-75, 1983.
- VITAL, A.R.T., GUERRINI, I.A., FRANKEN, W.K.; FONSECA, R.C.B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.6, p.793-800, 2004.
- VOGEL, H. I. M.; SCHUMACHER, M. V.; TRUBY, P.; VUADEN, E. Avaliação da devolução de serapilheira em uma floresta Estacional Decidual em Itaara, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 187-196, jul./set. 2007.
- WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. **Statistical methods in soil and land resource survey**. Oxford: Oxford University Press, 1980.
- WERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. 2001. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na

Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, KG. **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.2, p.195-198.

WOJCIECHOWSKI, J. C.; SCHUMACHER, M. V.; PIRES, C. A. F.; MADRUGA, P. R. A.; KILCA, R. V.; BRUN, E. J.; SILVA, C. R. S.; VACCARO, S.; NETO, R. M. R. Geoestatística aplicada ao estudo das características físico-químicas do solo em áreas de floresta estacional decidual. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 383-391, out.-dez., 2009.

WHITE, B. L. A.; DANTAS, T. V. P.; RIBEIRO, A. S. Dinâmica da produção de serrapilheira em ecossistemas de mata aberta no parque nacional serra de Itabaiana. **Anais...** Sergipe: I Seminário Nacional de Geoecologia e Planejamento Territorial e IV Seminário da Geoplan. Universidade Federal de Sergipe, 2012.

APÊNDICES

A- SEMIVARIOGRAMAS DA PRODUTIVIDADE DE SERAPILHEIRA

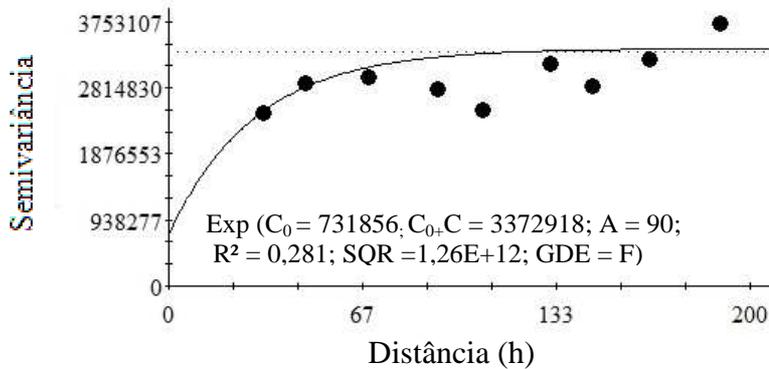


Figura A.1. Semivariograma da produtividade da fração folhas de serapilheira (Kg ha^{-1} ano) na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.

Exp = Exponencial; C_0 = Efeito pepita; $C_0 + C$ = Patamar; A = Alcance (m); GDE = Grau de dependência espacial; F = Forte; SQR = Soma dos quadrados do resíduo.

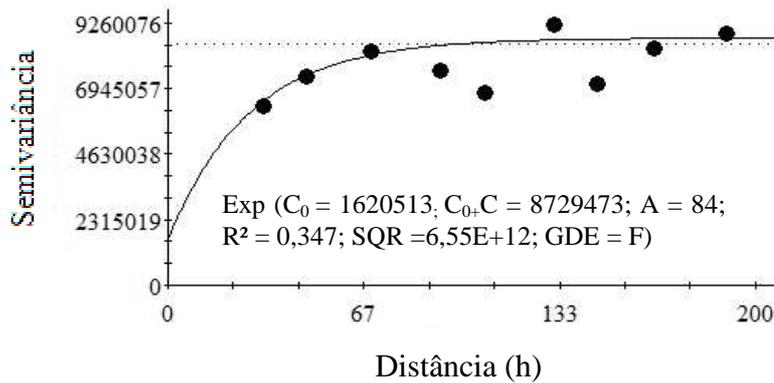


Figura A.2. Semivariograma da produtividade total de serapilheira (Kg ha^{-1} ano) na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.

Exp = Exponencial; C_0 = Efeito pepita; $C_0 + C$ = Patamar; A = Alcance (m); GDE = Grau de dependência espacial; F = Forte; SQR = Soma dos quadrados do resíduo.

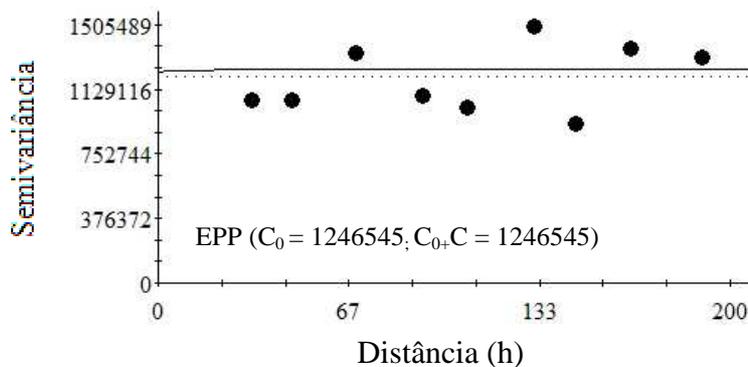


Figura A.3. Semivariograma da produtividade da fração ramos de serapilheira (Kg ha^{-1} ano) na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.

EPP = Efeito Pepita Puro; C_0 = Efeito pepita; $C_0 + C$ = Patamar.

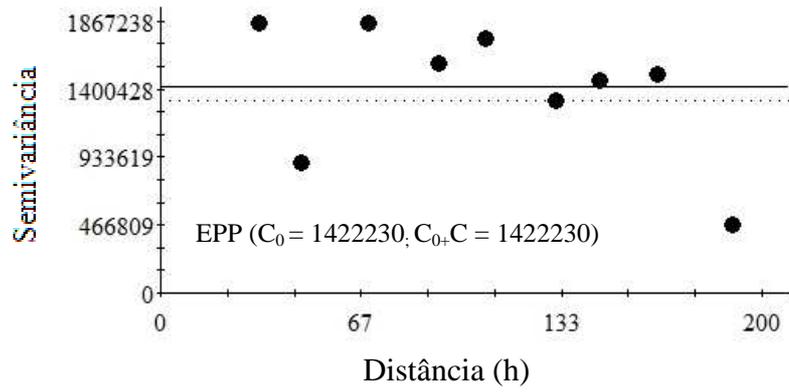


Figura A.4. Semivariograma da produtividade da fração estruturas reprodutivas de serapilheira ($\text{Kg ha}^{-1} \text{ano}$) na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.
 EPP = Efeito Pepita Puro; C_0 = Efeito pepita; $C_0 + C$ = Patamar.

B - SEMIVARIOGRAMAS DO ACÚMULO DE SERAPILHEIRA

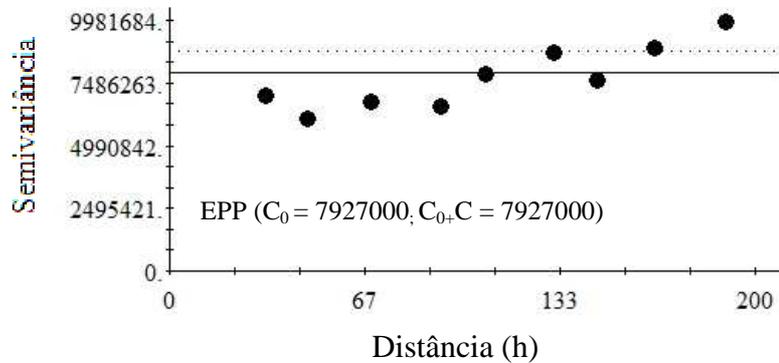


Figura B.1. Semivariograma do acúmulo da fração folhas de serapilheira (Kg ha⁻¹ ano) na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.

EPP = Efeito Pepita Puro; C₀ = Efeito pepita; C₀ + C = Patamar.

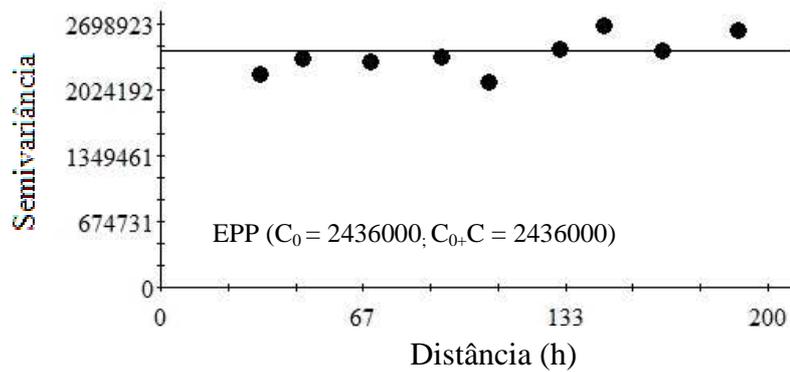


Figura B.2. Semivariograma do acúmulo da fração ramos de serapilheira (Kg ha⁻¹ ano) na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.

EPP = Efeito Pepita Puro; C₀ = Efeito pepita; C₀ + C = Patamar.

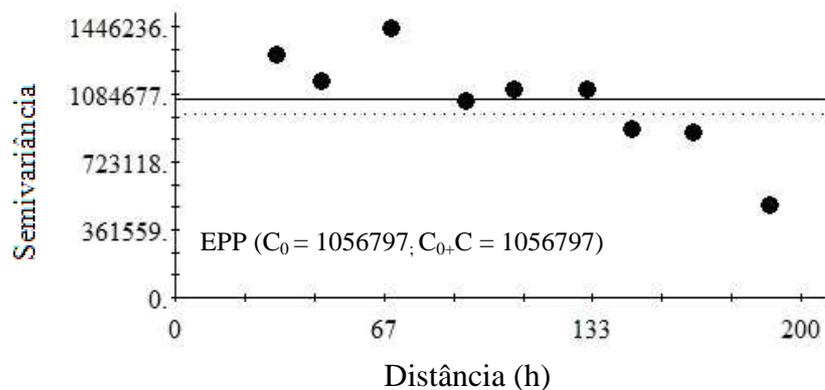


Figura B.3. Semivariograma do acúmulo da fração estruturas reprodutivas de serapilheira (Kg ha⁻¹ ano) na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.

EPP = Efeito Pepita Puro; C₀ = Efeito pepita; C₀ + C = Patamar.

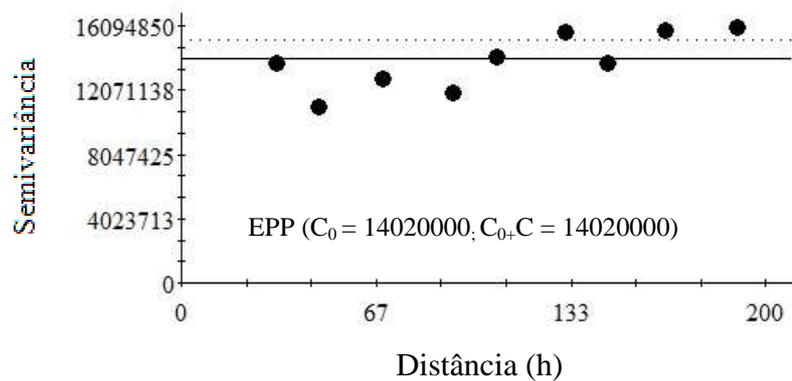


Figura B.4. Semivariograma do acúmulo total de serapilheira ($\text{Kg ha}^{-1} \text{ ano}$) na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO.
 EPP = Efeito Pepita Puro; C_0 = Efeito pepita; $C_0 + C$ = Patamar.

C – PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS ESPÉCIES AMOSTRADAS NA ÁREA EM ESTUDO

Tabela C.1: Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas na mata de galeria do córrego Lava-pés, Ipameri, GO. Dados organizados por ordem decrescente de IVI. Onde: DA= densidade absoluta; DR= densidade relativa; DoA= dominância absoluta; DoR= dominância relativa; FR= frequência relativa; IVI= índice do valor de importância.

Espécies	Família	DA	DR (%)	DoA	DoR (%)	FR (%)	IVI
<i>Licania glabra</i> Mart.	Chrysobalanaceae	902	13,12	1,364	4,28	5,43	22,82
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Sapindaceae	271	3,94	2,704	8,48	5,01	17,43
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Siparunaceae	624	9,07	0,634	1,99	6,05	17,12
<i>Alibertia edulis</i> (L. Rich.) A. Rich.	Rubiaceae	522	7,59	1,028	3,22	5,22	16,04
<i>Cupania vernalis</i> Camb.	Sapindaceae	190	2,76	2,61	8,18	3,34	14,28
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Burseraceae	305	4,44	1,926	6,04	3,76	14,24
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae	312	4,54	1,439	4,51	4,8	13,85
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Vochysiaceae	210	3,06	2,072	6,5	2,92	12,48
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Annonaceae	305	4,44	0,806	2,53	5,43	12,39
<i>Hirtella gracilipes</i> (Hook. f.) Prance	Chrysobalanaceae	305	4,44	0,966	3,03	3,13	10,6
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel. var.	Fabaceae	244	3,55	1,364	4,28	2,3	10,12
<i>Ilex affinis</i> Gardner.	Aquifoliaceae	169	2,47	1,414	4,43	1,88	8,78
<i>Myrcia rostrata</i> DC.	Myrtaceae	176	2,56	0,871	2,73	3,13	8,43
<i>Fabaceae 1</i>	Fabaceae	14	0,2	2,194	6,88	0,21	7,29
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC	Myrtaceae	149	2,17	0,411	1,29	2,71	6,17
<i>Rapanea gardneriana</i> (A. DC.) Mez	Myrsinaceae	136	1,97	0,529	1,66	2,09	5,72
<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	Euphorbiaceae	47	0,69	1,009	3,16	1,25	5,11
<i>Davilla nitida</i> Vahl.	Dilleniaceae	108	1,58	0,099	0,31	2,51	4,39
<i>Miconia elegans</i> Cogn.	Melastomataceae	156	2,27	0,178	0,56	1,46	4,29
<i>Dipteryx alata</i> Vog.	Fabaceae	7	0,1	1,214	3,81	0,21	4,11

Continua...

Tabela C.1, continuação

Espécies	Família	DA	DR (%)	DoA	DoR (%)	FR (%)	IVI
<i>Serjania lethalis</i> A. St.-Hil.	Sapindaceae	95	1,38	0,076	0,24	2,3	3,92
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Lecythidaceae	95	1,38	0,49	1,54	0,63	3,54
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	Icacinaceae	68	0,99	0,115	0,36	1,67	3,02
<i>Myrcia</i> sp	Myrtaceae	41	0,59	0,45	1,41	0,84	2,84
<i>Roupala Montana</i> Aubl.	Proteaceae	34	0,49	0,386	1,21	1,04	2,75
<i>Tibouchina candolleana</i> (DC.) Cogn.	Melastomataceae	47	0,69	0,283	0,89	1,04	2,62
<i>Byrsonima crassifolia</i> L. Kunth	Malpighiaceae	54	0,79	0,24	0,75	1,04	2,59
<i>Diospyros inconstans</i> Jacq.	Ebenaceae	41	0,59	0,215	0,67	1,25	2,52
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Myristicaceae	61	0,89	0,063	0,2	1,25	2,34
<i>Malpighiaceae 1</i>	Malpighiaceae	61	0,89	0,046	0,15	1,25	2,29
<i>Xylopia emarginata</i> Mart.	Annonaceae	68	0,99	0,073	0,23	1,04	2,26
<i>Astronium fraxinifolium</i> Scott ex Spreng.	Anacardiaceae	27	0,39	0,133	0,42	0,84	1,65
<i>Terminalia argentea</i> (Cambess.) Mart.	Combretaceae	20	0,3	0,227	0,71	0,63	1,63
<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	Chrysobalanaceae	41	0,59	0,085	0,27	0,63	1,49
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aublet) DC.	Myrtaceae	27	0,39	0,106	0,33	0,63	1,35
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan.	Fabaceae	20	0,3	0,123	0,38	0,63	1,31
<i>Sclerolobium rugosum</i> Mart. ex Benth.	Fabaceae	41	0,59	0,067	0,21	0,42	1,22
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Clusiaceae	27	0,39	0,049	0,15	0,63	1,17
<i>Andira humilis</i> Mart. ex Benth.	Fabaceae	20	0,3	0,065	0,2	0,63	1,13
<i>Sclerolobium aureum</i> (Tul.) Benth.	Fabaceae	7	0,1	0,261	0,82	0,21	1,12
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth.	Fabaceae	14	0,2	0,133	0,42	0,42	1,03
<i>Cordia macrophylla</i> (K. Schum.)	Rubiaceae	20	0,3	0,03	0,09	0,63	1,02
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	Apocynaceae	14	0,2	0,1	0,31	0,42	0,93
<i>Byrsonima verbascifolia</i> L. DC.	Malpighiaceae	20	0,3	0,025	0,08	0,42	0,79

Continua...

Tabela C.1, continuação

Espécies	Família	DA	DR (%)	DoA	DoR (%)	FR (%)	IVI
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart	Vochysiaceae	20	0,3	0,016	0,05	0,42	0,76
<i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz et Pav.) Mez.	Myrsinaceae	7	0,1	0,14	0,44	0,21	0,75
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	Moraceae	14	0,2	0,039	0,12	0,42	0,74
<i>Bauhinia forficata</i> Link	Fabaceae	14	0,2	0,035	0,11	0,42	0,72
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radalk.	Sapotaceae	20	0,3	0,067	0,21	0,21	0,72
<i>Curatella americana</i> L.	Dilleniaceae	14	0,2	0,031	0,1	0,42	0,71
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Vochysiaceae	14	0,2	0,02	0,06	0,42	0,68
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Rutaceae	7	0,1	0,114	0,36	0,21	0,67
<i>Rutaceae 1</i>	Rutaceae	14	0,2	0,016	0,05	0,42	0,66
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radkl	Sapindaceae	7	0,1	0,102	0,32	0,21	0,63
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hill.	Erythroxylaceae	14	0,2	0,004	0,01	0,42	0,63
<i>Ouratea castaneaefolia</i> Engler	Ochnaceae	14	0,2	0,005	0,02	0,42	0,63
<i>Pyrostegia venusta</i> (Ker Gawl.) Miers	Bignoniaceae	7	0,1	0,086	0,27	0,21	0,58
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl	Malvaceae	7	0,1	0,066	0,21	0,21	0,52
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	Annonaceae	7	0,1	0,057	0,18	0,21	0,49
<i>Inga laurina</i> (S W.) Willd	Fabaceae	7	0,1	0,059	0,18	0,21	0,49
<i>Inga sp</i>	Fabaceae	7	0,1	0,049	0,15	0,21	0,46
<i>Chrysophyllum sp</i>	Sapotaceae	14	0,2	0,014	0,04	0,21	0,45
<i>Melastomataceae 1</i>	Melastomataceae	14	0,2	0,01	0,03	0,21	0,44
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	Rubiaceae	7	0,1	0,037	0,11	0,21	0,42
<i>Tibouchina sp</i>	Melastomataceae	14	0,2	0,003	0,01	0,21	0,41
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos.	Bignoniaceae	7	0,1	0,03	0,09	0,21	0,4
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	Vochysiaceae	7	0,1	0,017	0,05	0,21	0,36
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W. Burger et al.	Moraceae	7	0,1	0,017	0,05	0,21	0,36

Continua...

Tabela C.1, continuação

Espécies	Família	DA	DR (%)	DoA	DoR (%)	FR (%)	IVI
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engl	Sapotaceae	7	0,1	0,012	0,04	0,21	0,35
<i>Coccoloba mollis</i> Casar	Polygonaceae	7	0,1	0,012	0,04	0,21	0,35
<i>Bignoniaceae 1</i>	Bignoniaceae	7	0,1	0,009	0,03	0,21	0,34
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. and Zucc.)	Bombacaceae	7	0,1	0,01	0,03	0,21	0,34
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.)	Chrysobalanaceae	7	0,1	0,011	0,03	0,21	0,34
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engler	Anacardiaceae	7	0,1	0,007	0,02	0,21	0,33
<i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss.	Malpighiaceae	7	0,1	0,004	0,01	0,21	0,32
<i>Davilla cuspidulata</i> Mart. ex Eichler	Dilleniaceae	7	0,1	0,005	0,02	0,21	0,32
<i>Doliocarpus dentatus</i> (Aubl.) Standl.	Dilleniaceae	7	0,1	0,004	0,01	0,21	0,32
<i>Hedyosmum brasiliense</i> Mart. (planta feminina)	Chloranthaceae	7	0,1	0,005	0,02	0,21	0,32
<i>Piper aduncum</i> L.	Piperaceae	7	0,1	0,004	0,01	0,21	0,32
<i>Ilex aquifolium</i> L.	Aquifoliaceae	7	0,1	0,002	0,01	0,21	0,31
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	Melastomataceae	7	0,1	0,002	0,01	0,21	0,31
<i>Tococa sp</i>	Melastomataceae	7	0,1	0,001	0	0,21	0,31
Mortas	-	407	5,92	2,103	6,59	7,1	19,61
Totais		6875	100	31,898	100	100	300