

Avaliação do uso da Interpolação por meio da Geoestatística e do Inverso do quadrado da distância para a estratificação de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual

Iasmim Louriene Gouveia Silva¹
Amanda Candida Ribeiro Nunes¹
Sérgio Teixeira da Silva¹
Daniela Cunha da Sé¹
Marcela de Castro Nunes Santos¹
José Marcio de Mello¹
Henrique Ferrazo Scolforo¹

¹ Universidade Federal de Lavras - UFLA
Caixa postal: 3037, CEP 37200 - Lavras - MG, Brasil
iasmimlouriene@gmail.com; amandacrn@gmail.com; setesi@uol.com.br;
danicunhase@gmail.com; marcelacns@gmail.com; josemarcio@dcf.ufla.br;
henriquescolforo@hotmail.com.

Abstract: The forest inventory is a very valuable tool for forest enterprises, since for these is extremely important to quantify and qualify a forest fragment, is planted to optimize production or native to enhance preservation. Therefore, starting from sampling in this study sought to evaluate three methods of inventory processing: simple or classical, post-stratified and by kriging. The first method was done by classical statistics, the second with the interpolator inverse square of the distance, and the third examined the spatial dependence of data for its interpolator. In the latter, a semivariogram was set for it best model and posteriorly was generated it map. For the development of stratified maps counted with the program Geoestatistical Analyst ESRI ArcGIS 9.2 (ESRI, 2008). Primarily, the inventory's erros are the target for more accurate result, the homogeneity of the layers was considered, and moreover, other measures of dispersion were evaluated. These measures are important because they are responsible for the representativeness of the sample. The stratified sampling estimators were more accurate than the simple sampling estimator. Even so, kriging showed higher precision in relation to the inverse square of the distance, possibly because kriging considers the similarity of data also by distance that they are each other's.

Keywords: Inventário Florestal Tradicional, Inventário Pós-estratificado e Krigagem.

1. Introdução

O conhecimento florístico de formações florestais, associado a informações sobre sua estrutura e dinâmica possibilita inferências sobre manejo, estratégias de conservação da biodiversidade e recuperação de outras áreas degradadas. (Rodrigues & Gandolfi, 1998). O inventário florestal é essencial para o planejamento do uso dos recursos florestais, possibilitando a descrição e avaliação quantitativa e qualitativa das espécies que o compõe, além de caracterizar o terreno (Mello 1995). Ao realizar o inventário, diversos sistemas de amostragem podem ser aplicados, em diferentes cenários ou até no mesmo. É interessante testar procedimentos distintos em busca de se obter resultados mais precisos. Assim, é desejável para todo empreendimento florestal, informações precisas e a baixo custo sobre a produção florestal.

O processamento dos inventários florestais é realizado utilizando os procedimentos clássicos de estatística, adotando que as variações espaciais de uma determinada característica são aleatórias, isto é, independentes (Guedes et al., 2012).

A pós-estratificação pode ser realizada através do interpolador determinístico inverso do quadrado da distância (IQD). Este permite estimar valores para pontos não amostrados com base

em pontos amostrados, atribuindo pesos diferentes para cada amostra com base na distância em que estas se encontram do ponto a ser amostrado (Alvarenga et al).

Outro método de interpolação é a krigagem. Este é efetuado pelo estimador espacial a partir da variável regionalizada e propriedades estruturais do semivariograma. Logo, o valor da variável em pontos não amostrados são estimados a partir de pontos amostrados, considerando a estrutura de dependência espacial do fenômeno (Mello, 2003).

O controle ideal da variação é o fator determinante para se ter uma boa relação entre custo e representatividade. No final, esta relação é quem determina a precisão do inventário. Assim, a estratificação tem forte influência sobre a precisão e o tamanho da amostra (Scolforo e Mello, 1997).

O objetivo do trabalho consiste em avaliar a precisão do inventário processado pela estatística clássica, inventário pós-estratificado e krigagem num fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Urucuia (MG), tendo como base a variável volume.

2. Metodologia

A área de estudo é um fragmento do município Urucuia (MG), de Floresta Estacional Semidecidual, em estágio de regeneração Semidecidual ciliar maduro e solo predominante Neossolo Flúvico. A área do fragmento é de 9,35 hectares, a altitude média do local é de 480 metros e as coordenadas geográficas são para Longitude -45,5383736 e Latitude -16,2273916. O índice de umidade é do tipo C1-Subúmido seco, a precipitação anual média varia entre 1077-1190 mm e a temperatura média é 23,88°C. (Scolforo et al., 1 2008).

O experimento constitui 25 parcelas de 1000 m² sistematicamente distribuídas no fragmento. As parcelas foram georreferenciadas e em 2006, foram mensuradas as características dendrométricas de todas as árvores contidas nas parcelas, CAP (circunferência a 1,30 m do solo) e altura total (HT).

A estimativa do volume total das árvores foi efetuada pela equação (1), desenvolvida no projeto Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas (SCOLFORO et al. 2008), para a Floresta Estacional Semidecidual, tipo fisionômico da área de estudo.

$$V = \exp(-9,670393725 + 2,2943540086 * \text{LN}(\text{DAP}) + 0,6058926967 * \text{LN}(\text{Ht})) \quad (1)$$

em que: V= estimativa do volume com casca para diâmetro até 3cm em metros cúbicos, DAP=diâmetro a 1,3m do solo em centímetros e Ht=altura total da árvore em metros.

Os dados provenientes do inventário foram processados por meio da estatística clássica, pelo procedimento da amostragem sistemática e pelo inverso do quadrado da distância. Para a análise espacial, foi ajustado um modelo ao semivariograma experimental que melhor representasse o comportamento espacial da variável em estudo, através do software R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. A partir dos parâmetros do semivariograma, a krigagem do volume foi utilizada na estratificação da área. A obtenção dos estratos por meio da krigagem do inventário pós-estratificado, foi executada utilizando o módulo Geostatistical Analyst do programa ArcGis 9.2 da ESRI (ESRI, 2008).

Os resultados dos processamentos do inventário foram comparados pelo erro final obtido em cada metodologia avaliada.

3. Resultados e Discussões

No método Geoestatístico, o modelo que melhor se ajustou ao semivariograma experimental foi o Gaussiano (Figura 1), que possui os seguintes parâmetros: efeito pepita (C0): 232,561, patamar (C0+C): 50000 e alcance da dependência espacial (a): 20 metros. O mapa de krigagem encontra-se na Figura 2.

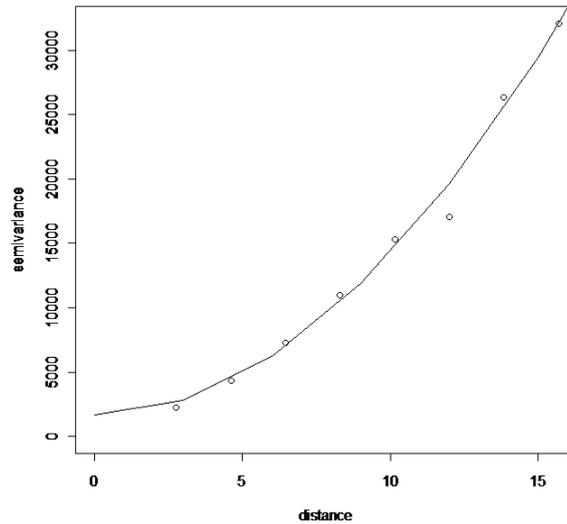


Figura 1: Semivariograma Gaussiano



Figura 2: Mapa gerado por krigagem.

Os mapas gerados no Arcgis tanto para krigagem quanto para o inverso do quadrado da distância geraram três estratos, entretanto a interpolação é visivelmente diferente entre os dois métodos, como se observa nas Figuras 2 e 3.



Figura 3: Mapa gerado pelo Inverso quadrado da distância.

A tabela abaixo relaciona a distribuição das parcelas por estrato, com suas respectivas classes de volume para os seguintes métodos.

TABELA 1. Informações gerais por estrato em cada método de classificação.

Método	Estratos	Nº de Parcelas	Volume (m³/ha)
IQD	I	7	15,2
	II	12	52,19
	III	6	42,45
Krigagem	I	8	18,37
	II	10	43,71
	III	7	47,75

O processamento dos diferentes métodos de inventário florestal pode ser comparado pela tabela 2.

TABELA 2. Informações gerais por estrato em cada método de classificação.

MÉTODOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	CV (%)	ERRO (%)	IC (total)
ACS	4,3935	1,8859	42,9248	17,72	36,15 - 51,72
IQD	4,4138	0,4426	10,0284	0,632	43,86 - 44,42
KRIGAGEM	4,517	0,3686	8,1593	0,5372	44,93 - 45,41

A pós-estratificação, é uma ferramenta interessante para o planejamento, pois possibilita a visualização das classes da variável de interesse, relevante às parcelas pontuais; além de permitir uma extrapolação confiável para toda a área. Os erros dos processamentos por estratificação foram significativamente menores em relação ao processamento do inventário tradicional, garantindo maior eficiência para o planejamento florestal.

A simples separação dos dados em estratos, pelo IQD permitiu estimar o volume para toda a área, considerando sua heterogeneidade, o que diminuiu bastante o erro, mostrando ser uma maneira eficiente para reduzir o custo do inventário.

A krigagem se mostrou mais eficiente, já que considera a dependência espacial entre as unidades amostrais. Neste método, o erro e a variação dos dados foram menores em relação aos demais avaliados. Portanto, é de grande importância a consideração da variabilidade espacial dos dados.

3. Conclusão

Os estimadores de amostragem estratificada foram mais precisos do que a amostragem sistemática, ratificando a importância dos interpoladores.

A krigagem se mostrou mais precisa, provavelmente por utilizar um interpolador que considera as relações de dependência espacial entre os dados, mostrando que essas relações melhoram o resultado final e diminuem. Pelos mapas gerados, não houve significativa diferença visual entre os estratos. Mesmo as estatísticas dos dois métodos nesse caso, não apresentaram diferenças.

A interpolação, desconsiderando o método, foi superior ao inventário tradicional. Porém, a krigagem se mostrou mais eficiente visto que assumiu menor erro entre os métodos avaliados.

Agradecimentos

Os autores expressam seus sinceros agradecimentos à Fapemig pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

Alvarenga, L. H. V.; Pinto, A. L. R.; Silva, S. T, Altoé, T. F.; Morais, V. A.; MELLO. J. M. Comparação de procedimentos de amostragem na precisão de Inventário Florestal em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual. XIX Congresso de Pós-graduação da UFLA, 2010.

Guedes, I. C. L; Mello, J. M.; Mello, C. R.; Oliveira, A. D.; Silva, S.T.; Scolforo, J. R. S. Técnicas Geoestatísticas e Interpoladores espaciais na Estratificação de povoamento de *Eucalyptus* sp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.22, n.3, p.541-550, 2012.

Mello, J.M. **Análise comparativa de procedimentos amostrais em um remanescente de Floresta Nativa no município de Lavras (MG)**. Dissertação de Mestrado, Lavras: UFLA, 1995.

Mello, J. M. **Geoestatística aplicada ao Inventário Florestal**. Dissertação de Doutorado, Piracicaba (SP): USP, 2003.

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, p.925-933, 2003.

Rodrigues, R.R.; Gandolfi, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores da avaliação e monitoramento. **Recuperação de Áreas Degradadas**, Viçosa: UFV, 1998. p. 203-215.

Scolforo, J. R. S., Mello, J.M. **Inventário Florestal**. Lavras: UFLA-FAEPE, 1997. 344p.

Scolforo, J. R. S; et al. (Ed.). **Inventário florestal de Minas Gerais: Floresta Estacional Semidecidual**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2008.