

VARIABILIDADE ESPACIAL DO RUÍDO GERADO POR UMA DERRIÇADORA PORTÁTIL EM LAVOURA CAFEIEIRA

Gabriel Araújo e Silva Ferraz¹, Flavio Castro da Silva²,
Rodrigo Alencar Nunes³, Patrícia Ferreira Ponciano⁴

(Recebido: 02 de maio de 2012; aceito: 22 de novembro de 2012)

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, analisar a variabilidade espacial do ruído gerado por uma derriçadora portátil lateral realizando a derriça de frutos em uma lavoura cafeeira e identificar as zonas de salubridade para os trabalhadores. O experimento foi desenvolvido em uma lavoura cafeeira da cultivar Acaiaí Cerrado MG-1474, transplantadas no espaçamento 3,0 m entrelinhas e 0,6 m entre plantas, com altura média de 2,5 m, localizada no Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Para a realização do experimento utilizou-se uma derriçadora portátil de motor dois tempos com potência de 1,3 cv (25,4 cm³) e um decibelímetro digital para a coleta dos níveis de ruído em pontos distribuídos numa malha amostral regular de 3,0 x 5,0 m ao redor da derriçadora em operação. A dependência espacial do ruído foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas e interpolação por krigagem. O semivariograma foi ajustado em função da máxima verossimilhança restrita e do modelo esférico. A análise desses dados por meio das técnicas de geoestatística possibilitou caracterizar a distribuição espacial do ruído produzido e a confecção do mapa de ruído por meio da krigagem, que contribuirá na formação de zonas de salubridade para os trabalhadores envolvidos na colheita.

Termos para indexação: Colheita semimecanizada do café, geoestatística, mapeamento, salubridade.

SPATIAL VARIABILITY OF THE NOISE GENERATED BY A PORTABLE HARVESTER IN A COFFEE FIELD

ABSTRACT: The aim of this work was to evaluate the portable harvester noise spatial distribution operating in a coffee field and to identify the workers salubrity zones. The experiment was developed in a coffee field of Acaiaí Cerrado MG-1474 cultivar planted in the spacing of 3.0 m between rows and 0.6 m between plants. It is located at the Engineering Department of the Federal University of Lavras. It was used in this study a two-stroke portable harvester with 1.3 cv (25.4 cm³) and a digital decibel meter to collect the noise levels distributed in a regular sample grid of 3.0 x 5.0 m around the harvester in operation. The noise spatial dependence was evaluated by variogram adjust and kriging interpolation. The variogram was adjusted based on residual maximum likelihood and by a spherical model. The analyses of these data by the geostatistics techniques allowed to characterize the spatial distribution of the produced noise and to create a noise map by kriging that will contribute to crate salubrity zones to workers involved on coffee harvest.

Index terms: Semimechanized coffee harvest, geostatistics, mapping, salubrity.

1 INTRODUÇÃO

As técnicas para a condução de uma lavoura cafeeira vem passando por constante evolução em função de novas recomendações de plantio, tratos culturais, desenvolvimento tecnológico de novos produtos, máquinas e equipamentos, entre outras bases de sustentação. De acordo com Bliska et al. (2009), nos últimos anos, o agronegócio do café brasileiro internalizou novas técnicas de produção que promoveram impactos positivos sobre produtividade, competitividade e qualidade final do produto. Todas essas tecnologias aliadas à racionalização do trabalho visam o aumento da eficiência da mão de obra, bem como a redução

dos custos de produção do sistema. Na operação de colheita não é diferente, em que segundo Silva et al. (2011), tem-se buscado reduzir custos, aumentar o desempenho e a reduzir perdas na operação. Segundo Oliveira et al. (2007), quanto maior é a eficiência da colheita menores são os custos.

Segundo Silva (2004) e Silva et al. (2001), a colheita do café constitui-se em uma série de operações, que podem ser realizadas de maneiras distintas dentro de uma sequência flexível. Ainda segundo esses autores, os mecanismos utilizados para se realizarem as operações e a ordem das mesmas definem os sistemas de colheita. Dessa forma, o sistema semimecanizado consiste na

¹Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ - Instituto de Tecnologia - Departamento de Engenharia (IT/DE) - Rodovia BR 465 - Km 7 - 23.890-000 - Seropédica - RJ - gabrielferraz@ufrj.br

²Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia Agrícola e do Meio Ambiente - Rua Passo da Pátria, 156 - São Domingos - 24210-240 - Niterói - RJ - flavio-ter@vm.uff.br

³Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 Lavras - MG - nunes.engagricola@gmail.com

⁴Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 Lavras - MG - patyponciano@yahoo.com.br

utilização intercalada do serviço manual e máquinas para a execução das operações de colheita. Esse sistema varia muito, podendo ter apenas uma ou quase todas as operações realizadas mecanicamente. É um sistema que está em plena expansão devido à escassez de mão de obra nas regiões produtoras de café.

De acordo com Silva et al. (2001), as derriçadoras portáteis são máquinas constituídas de hastes manejadas manualmente, possuindo pequenas hastes vibratórias, “dedos vibratórios”, que fazem a derriça do café, podendo ser acionadas pneumáticamente ou motorizadas. Segundo Matiello et al. (2009), as derriçadoras de operação manual podem ser usadas em áreas não mecanizáveis como: áreas montanhosas, plantios adensados ou pequenas lavouras.

De acordo com Souza et al. (2006), essas máquinas podem suprir a escassez de mão de obra observada nas lavouras cafeeiras, onde sua adoção pode melhorar a remuneração do indivíduo, visto que seu uso e sua manutenção exigem melhor qualificação técnica. Além disso, essas máquinas mostram-se interessantes na substituição da colheita manual uma vez que, de acordo com Barbosa, Salvador e Silva (2005) e Souza et al. (2006) a colheita dos frutos do cafeeiro utilizando derriçadoras portáteis apresentaram rendimento de três a oito vezes superior à derriça realizada manualmente.

As derriçadoras portáteis são geralmente dotadas de motores dois tempos, que por serem compactas, simples e leves, lhes garante fácil transporte e manuseio. Porém tais máquinas geralmente expõem o operador a condições insalubres de trabalho devido ao elevado nível de ruído produzido. O ruído é um dos agentes físicos nocivos e estressantes mais comuns encontrados em ambientes de trabalho. Diferente de outros tipos de poluição, a poluição sonora não deixa traços visíveis de sua influência no ambiente. Essa é, depois da poluição do ar e da água, o problema ambiental que afeta o maior número de pessoas (NASCIMENTO et al., 2007).

Cunha e Teodoro (2006), avaliando o ruído em diferentes máquinas agrícolas com diferentes raios de afastamento observaram que os níveis de ruído diminuíram de intensidade à medida que se afastaram das máquinas avaliadas. Dessa forma, um estudo da distribuição espacial dos ruídos gerados por máquinas agrícolas torna-se muito importante na avaliação da salubridade a qual os operadores dessas máquinas estão submetidos.

Objetivou-se, neste trabalho, analisar a variabilidade espacial do ruído gerado por uma

derriçadora portátil de café de forma a caracterizar a estrutura e a magnitude de dependência espacial dessa variável, visando à avaliação do conforto acústico de trabalhadores, bem como identificar a distância segura para os demais operadores envolvidos na operação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em uma lavoura cafeeira (*Coffea arabica* L. cv. Acaia Cerrado MG-1474) implantada em março de 1997, que passou por um processo de poda drástica (recepta sem pulmão) em outubro de 2004, no espaçamento 3,0 m entrelinhas e 0,6 m entre plantas (semiadensado), com altura média de 2,5 m. A lavoura está localizada no Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, nas coordenadas a 21° 45' de latitude Sul e 45° 00' de longitude Oeste de Greenwich, a uma altitude média de 918 m.

Utilizou-se uma derriçadora portátil de motor dois tempos com potência de 1,3 cv (0,95 kW) com cilindrada de 25,4 cm³ operada em aceleração máxima, que segundo o fabricante fornece 10500 rpm.

As avaliações do nível de ruído da derriçadora foram realizadas conforme metodologia descrita na NBR-9999 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1987) em que a temperatura ambiente deve estar entre -5 e 30° C e a velocidade do ar deve ser inferior a 5,0 m.s⁻¹. Os níveis de ruído foram determinados utilizando-se medidor de pressão sonora no circuito de resposta lenta e de equalização “A”, expressos em dB (A), sendo que o protetor de ventos do decibelímetro foi utilizado em todas as medições. O decibelímetro possuía uma precisão de +/- 1,5 dB operando em autoescala.

As leituras foram realizadas na altura média do ouvido do operador em pontos distribuídos numa malha amostral regular de 3,0 x 5,0 m ao redor da derriçadora em operação em sete ruas de cafeeiros. Dessa forma, foram feitas coletas em 77 pontos, incluindo o ponto em que a derriçadora se encontrava em funcionamento (Figura 1). Arbitrou-se uma coordenada espacial em metros onde o ponto central (0, 0) correspondia ao local em que a derriçadora permaneceu em regime de operação durante toda a coleta.

A dependência espacial do ruído produzido por uma derriçadora de café, em operação em uma lavoura cafeeira foi analisada por meio de ajustes de semivariograma, e interpolação por Krigagem ordinária. O semivariograma clássico foi estimado pela equação 1 (KERRY; OLIVER, 2007; MARCHANT; LARK, 2007).

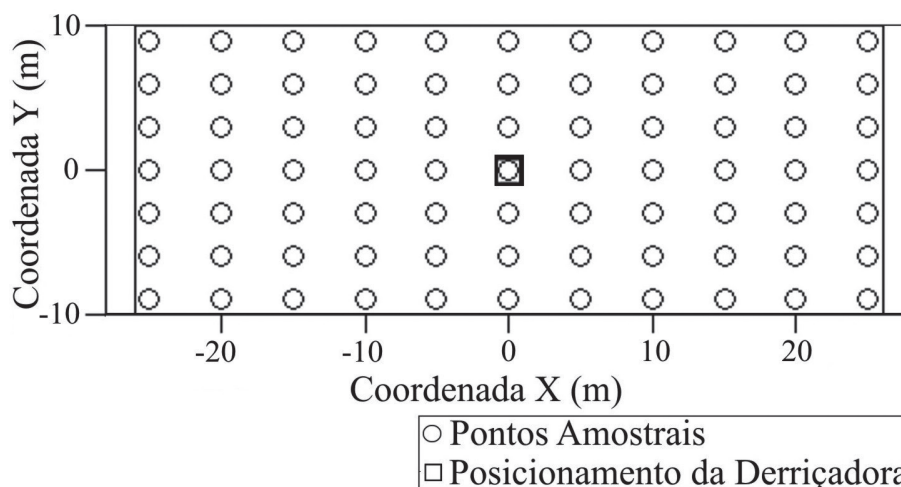


FIGURA 1 – Limite da área amostral e distribuição dos pontos de coleta do ruído e posicionamento da derriçadora portátil.

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

em que $N(h)$ é o número de pares experimentais de observações $Z(x_i)$ e $Z(x_i+h)$ separados por uma distância h . O semivariograma é representado pelo gráfico $\hat{\gamma}(h)$ versus h . Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de $\hat{\gamma}(h)$, são estimados os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma denominado de efeito pepita, C_0 ; patamar, C_0+C_1 ; e o alcance “a”, conforme descrito por Kerry e Oliver (2007) e Marchant e Lark (2007).

O método de ajuste do semivariograma utilizado foi o da Máxima Verossimilhança Restrita (REML), que, segundo Diggle e Ribeiro Júnior (2007) e Kerry e Oliver (2007), para amostragens pequenas, esse estimador, em geral, resulta em estimativas menos tendenciosas. O método REML utiliza combinações dos dados ao invés de trabalhar com os dados originais e segundo Marchant e Lark (2007), esse método estima os componentes aleatórios e determinísticos da variação, com menor tendência.

Foram testados os modelos esférico e exponencial. Para a escolha dos modelos de ajuste do semivariograma, foi levada em consideração a validação dos dados (FARACO et al., 2008; FERRAZ et al., 2012a, 2012b; JOHANN et al., 2010). De acordo com Isaaks e Srivastava (1989), a validação é a técnica de avaliação de erros de estimativa que permite comparar valores preditos com os amostrados. É possível retirar alguns

valores muito úteis para a escolha do método tais como: Erro Médio (EM), Desvio Padrão dos Erros Médios (DP_{EM}), Erro Médio Reduzido (ER), e Desvio Padrão dos Erros Médios Reduzidos (S_{ER}). Os critérios de escolha baseados na validação devem encontrar o valor de EM e de ER mais próximo de zero, o valor DP_{EM} deve o menor possível, e o valor de S_{ER} deve ser o mais próximo de um.

Após o ajuste dos semivariogramas foi realizada a interpolação dos dados por krigagem ordinária de forma a possibilitar a visualização dos padrões de distribuição espacial do ruído da derriçadora. A krigagem é o método de interpolação utilizado na geoestatística para prever o valor de uma variável de um local não amostrado por meio de informações obtidas de dados amostrados e com dependência espacial expressada pelo semivariograma entre as amostras vizinhas.

Para a análise geoestatística e para a plotagem dos mapas de isolinhas foi utilizado sistema computacional estatístico R, por meio do pacote geoR (RIBEIRO JÚNIOR; DIGGLE, 2001).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para discussão dos dados de níveis de ruídos produzidos pela derriçadora no cafeeiro, realizou-se uma análise descritiva. Essa análise revelou que a média e a mediana dos ruídos produzidos foram de 64,70 e 63,62 decibéis (dB) respectivamente, sendo que o menor e o maior valor encontrado foram de 50,85 dB e 103,10 dB, respectivamente. Além dessas análises foi gerado o gráfico de *Box-plot*, representado na Figura 2.

Esse gráfico possibilita a representação de uma variável aleatória, uma vez que fornece uma idéia de posição, dispersão, assimetria, caudas e dados discrepantes da distribuição. A caixa central (*box*) apresenta os dados entre o primeiro e terceiro quartis (*hinge*), com a mediana representada por uma linha dentro da caixa. Linhas verticais (*whiskers*), iniciando no meio da base (e do topo) da caixa e terminando em valores extremos (denominados adjacentes inferior e superior) indicam, aproximadamente, a variabilidade dos dados (MCGILL; TUKEY; LARSEN, 1978).

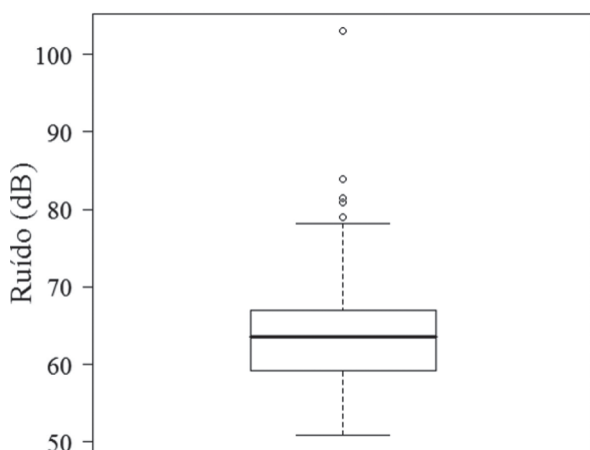


FIGURA 2 – Box-plot do ruído gerado por derrçadora de frutos de cafeeiro.

A partir da análise do gráfico de *Box-plot* gerado, é possível observar que o nível de ruído gerado por uma derrçadora portátil apresentou valores discrepantes, ou seja, acima das linhas verticais, o que pode significar que alguns locais apresentaram níveis de ruído acima dos valores normais.

Apenas a análise descritiva dos dados não nos permite saber em quais localidades o ruído alcançaria os maiores ou menores níveis de ruído, também não nos permite conhecer como esse se distribuiria ao longo de uma lavoura cafeeira. Dessa forma, a geoestatística surge como uma ferramenta eficiente na observação dessa distribuição espacial.

Baseando-se na metodologia de análise geoestatística, foi possível quantificar a magnitude e a estrutura de dependência espacial do ruído produzido pela derrçadora portátil de frutos do cafeeiro em operação, pois o valor absoluto da diferença entre duas amostras observadas aumentou, quando as amostras se distanciavam, até um valor no qual a localidade não mais exercia influência, o que culminou na estabilidade do semivariograma experimental a partir da distância que separa a variabilidade estruturada da aleatória (Tabela 1 e figura 3).

A validação permitiu a escolha do melhor modelo de ajuste do semivariograma, pois o modelo esférico (Figura 3) apresentou o Erro Médio (EM), mais próximo de zero, o menor valor possível do Desvio Padrão do Erro Médio (DP_{EM}); o Erro Médio Reduzido (ER) mais próximo de zero, e por fim o valor Desvio Padrão dos Erros Médios Reduzidos (S_{ER}) foi o mais próximo de 1,0. De acordo com Webster e Oliver (2007), o modelo matemático esférico de ajuste de semivariograma é o mais frequentemente utilizado em geoestatística.

O efeito pepita é um importante parâmetro do semivariograma, e indica variabilidade não explicada (MCBRATNEY; WEBSTER, 1986), considerando a distância de amostragem utilizada, o efeito pepita encontrado para a variável foi 5,62. Esse parâmetro pode ser expresso como percentagem do patamar e tem o objetivo de facilitar a comparação do grau de dependência espacial das variáveis em estudo (TRANGMAR; YOST; UEHARA, 1985). Na análise do grau de dependência espacial (GD) da variável em estudo, utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994), na qual se a relação $C_0/(C_0+C_1)*100$ for menor que 25% o grau de dependência espacial é considerado forte, entre 25% e 75% é considerado moderado e maior que 75% o grau de dependência espacial é fraco. O grau de dependência espacial (GD) encontrado para o ruído produzido pela derrçadora em estudo foi de 7,13%, o que é caracterizado como forte. Dessa maneira, nota-se que o nível de ruído é fortemente influenciado pela localização da máquina e do observador.

TABELA 1 – Método, Modelo e parâmetros estimados do semivariograma experimental para a variável: ruído de uma derrçadora (dB).

Modelo	C_0	C_1	C_0+C_1	A	GD	EM	DP_{EM}	ER	S_{ER}
Esférico	5,62	73,11	78,73	28,45	7,13	-0,0469	4,1818	-0,005048	0,98

C_0 – Efeito Pepita; C_1 - Contribuição; C_0+C_1 – Patamar; a - alcance; GD – Grau de Dependência Espacial; EM - Erro Médio; DP_{EM} - Desvio Padrão do Erro Médio; ER - Erro Médio Reduzido; S_{ER} - Desvio Padrão dos Erros Médios Reduzidos.

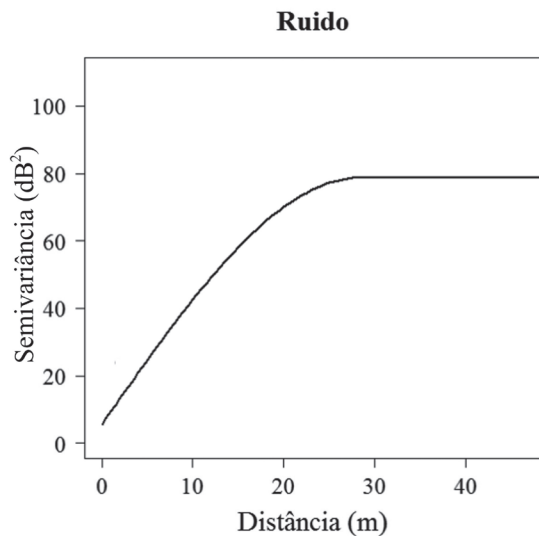


FIGURA 3 – Semivariograma do ruído produzido pela derriçadora portátil em operação na lavoura cafeeira, ajustado pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML) e pelo modelo esférico.

Yanagi Junior et al. (2012), estudando a variabilidade espacial dos níveis de ruído de uma derriçadora portátil operando em campo aberto, encontraram o valor de GD igual a 4%, também caracterizado como forte.

Os valores do alcance relativos aos semivariogramas têm uma importância considerável na determinação do limite da dependência espacial, ou seja, indicam até onde a variável é influenciada pelo espaço. Nesse estudo, o alcance encontrado foi de 28,45 m. Nos estudos de Yanagi Junior et al. (2012), o alcance encontrado foi de 12,66 m. Essa diferença pode se dar em função de os autores terem utilizado o semivariogram ajustado pelo método gaussiano e também pelo fato de estarem realizando os testes em campo aberto.

Observa-se, na Figura 4, que as cores mais esbranquiçadas significam menores valores de ruído, que são observados nas bordas da área. As cores mais escuras representam os maiores valores de ruídos e podem ser observadas na parte central da área, mais próximos da derriçadora. Diante desses resultados, pode-se observar a distância e a posição segura para que o trabalhador se encontre em melhores condições de bem-estar. Nos casos em que não é possível realizar o trabalho a uma distância segura faz-se então necessário o uso de equipamentos de segurança e proteção individual (EPI), tais como o uso de protetores auriculares. Segundo a NR 15 (NORMA..., 1990), o nível máximo de ruído permitido para 8 horas de trabalho é de 85 dB, acima desse nível torna-se obrigatório a utilização de equipamento de proteção individual (EPI).

Na colheita semimecanizada do café é comum a formação de equipes que geralmente são constituídas de duas ou três pessoas, em que uma pessoa é responsável por operar a derriçadora e a(s) outra(s) pessoa(s) é(são) responsável(veis) por realizar o recolhimento e a abanação do café derriçado que está depositado nos panos estendidos em baixo da saia do cafeeiro. Dessa maneira, todos esses trabalhadores podem sofrer danos causados pela exposição aos ruídos gerados pelas máquinas.

Conforme pode-se observar na figura 4, o operador da máquina é o que está mais sujeito a sofrer os danos causados pela exposição aos ruídos elevados uma vez que, no ponto central (0, 0) (em que a derriçadora estava em operação) o nível de ruído encontrado foi 103,10 dB. Isso, pois, segundo a NR15 (NORMA..., 1990), o trabalhador, sem uso de EPI, só poderia ficar exposto a esse nível de ruído por uma hora, pois acima desse tempo o ruído torna-se prejudicial à saúde do

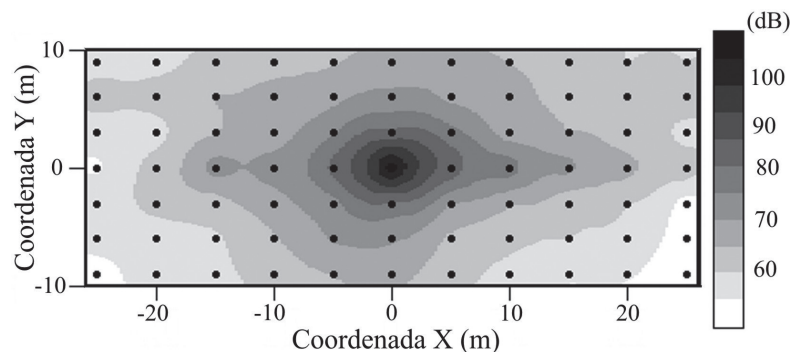


FIGURA 4 – Distribuição espacial do ruído produzido por uma derriçadora portátil em operação, em um lavoura cafeeira (dB).

mesmo, causa fadiga e conseqüentemente queda de produtividade. Segundo Mion et al. (2009), valores acima de 92 dB, indicam altos níveis de pressão sonora, demonstrando que os operadores correm sérios riscos de perda de audição. Sendo assim, os operadores das derriçadoras devem usar EPI, sempre protetores auriculares. Caso o protetor auricular não seja utilizado, podem ocorrer de reações físicas, como aumento da pressão sanguínea e do ritmo cardíaco (ALVES et al., 2011).

O valor de ruído recomendado pela NR-15 (NORMA..., 1990), para 8 horas de exposição diária é de 85 dB(A). Esse valor pode ser encontrado à 6 m da derriçadora na mesma linha em que ela está em operação e a 3 m de distância, quando se trata de diferentes linhas de plantio. Esse comportamento ocorre porque o cafeeiro se torna uma barreira para a propagação do ruído. Assim, sem a utilização de EPI's, os trabalhadores responsáveis pelo recolhimento dos frutos do cafeeiro devem se posicionar a no mínimo 6 m de distância da derriçadora, quando estiver na mesma linha de cafeeiros em que a máquina estiver em operação, e no mínimo a 3 m de distância quando estiver numa linha de plantio diferente daquela em que a máquina estiver operando.

Na Figura 4, observa-se também que a 10 m de distância da derriçadora, na linha de plantio do cafeeiro e também a 5 m de distância, em uma linha diferente daquela do posicionamento da derriçadora, encontram-se valores de ruído próximos a 75 dB. Apesar da NR-15 (NORMA..., 1990) não exigir o uso de EPI para este nível de ruído, Souza et al. (2004) afirmam que níveis de ruído acima de 75 dB(A) já causam desconforto acústico, irritação, diminuição da produtividade e a comunicação fica prejudicada.

Na linha do cafeeiro, a 17 m de distância da derriçadora, o ruído apresentou níveis próximos a 65 dB. Delgado (1991) observou que o intervalo de 65 dB(A) a 85 dB(A), provocam efeitos psíquicos e físicos, através do sistema nervoso, com aumento da pressão sanguínea e de batimentos cardíacos.

De acordo com a metodologia utilizada e os resultados encontrados observa-se a importância do correto posicionamento dos trabalhadores, quando estão realizando a colheita semimecanizada do café e também da necessidade de utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) para os operadores das máquinas, bem como para os demais operários que trabalham próximos a essas máquinas. O mapeamento da variabilidade espacial dos níveis de ruídos emitidos por uma derriçadora

permite realizar esse correto posicionamento, mostrando-se uma boa ferramenta para garantir a salubridade dos trabalhadores ou mesmo permitir a definição do uso de EPI's.

4 CONCLUSÕES

A análise destes dados por meio das técnicas de geostatística possibilitou caracterizar a estrutura e a magnitude da distribuição espacial do ruído produzido por uma derriçadora, em operação em uma lavoura cafeeira.

Foi possível também a confecção de um mapa de isolinhas, obtido por krigagem, que contribuirá para a definição de zonas de salubridade para os trabalhadores envolvidos na colheita semimecanizada dos frutos do cafeeiro. Isso permitirá definir a necessidade do uso dos equipamentos de proteção individual para o trabalhador, em função de sua localização em relação à máquina, reduzindo dessa maneira a possibilidade de danos à saúde e perdas de produtividade.

5 AGRADECIMENTOS

À CAPES, CNPq e FAPEMIG, pelo suporte financeiro a esta pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

- ALVES, A. D. S. et al. Níveis de potência sonora emitidos por trato agrícola em condições estáticas e dinâmicas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 110-119, jan./mar. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9999**: medição do nível de ruído no posto de operação de tratores e máquinas agrícolas. Rio de Janeiro, 1987. 21 p.
- BARBOSA, J. A.; SALVADOR, N.; SILVA, F. M. Desempenho operacional de derriçadores mecânicos portáteis, em diferentes condições de lavouras cafeeiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 12-15, mar. 2005.
- BLISKA, F. M. M. et al. Custos de produção de café nas principais regiões produtoras do Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 29, n. 8, p. 5-20, ago. 2009.
- CAMBARDELLA, C. A. et al. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

- CUNHA, J. P. A. R.; TEODORO, R. E. F. Avaliação do nível de potência sonora em derrigadores e pulverizadores motorizados portáteis utilizados em lavouras de café. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 71-77, set./dez. 2006.
- DELGADO, L. M. **El tractor agrícola y utilización**. Madri: La laboreo solotractor, 1991. 235 p.
- DIGGLE, P. J.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. **Model based geostatistics**. New York: Springer, 2007.
- FARACO, M. A. et al. Seleção de modelos de variabilidade espacial para elaboração de mapas temáticos de atributos físicos do solo e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 463-476, mar./abr. 2008.
- FERRAZ, G. A. S. et al. Geostatistical analysis of fruit yield and detachment force in coffee. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 13, n. 1, p. 76-89, Jan. 2012a.
- _____. Variabilidade espacial e temporal do fósforo, potássio e da produtividade de uma lavoura cafeeira. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 140-150, jan./fev. 2012b.
- ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 1989. 561 p.
- JOHANN, J. A. et al. Variabilidade espacial da rentabilidade, perdas na colheita e produtividade do feijoeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 700-714, jul./ago. 2010.
- KERRY, R.; OLIVER, M. A. Sampling requirements for variograms of soil properties computed by the method of moments and residual maximum likelihood. **Geoderma**, Amsterdam, v. 140, n. 1/2, p. 383-396, abr. 2007.
- MARCHANT, B. P.; LARK, R. M. Robust estimation of the variogram by residual maximum likelihood. **Geoderma**, Amsterdam, v. 140, n. 1/2, p. 62-72, abr. 2007.
- MATIELLO, J. B. et al. **Melhorando a colheita do café**. Varginha: Fundação PROCAFÉ, 2009. 44 p.
- MCBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 37, n. 3, p. 617-639, May 1986.
- MCGILL, R.; TUKEY, J. W.; LARSEN, W. A. Variations of box plots. **The American Statistician**, v. 32, n. 1, p. 12-16, 1978.
- MION, R. L. et al. Avaliação dos níveis de ruído de um conjunto mecanizado trator e semeadora adubadora pneumática. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 87-92, mar./abr. 2009.
- NASCIMENTO, R. G. et al. Avaliação da poluição sonora na Unicamp. **Revista Ciências do Ambiente Online**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 60-64, fev. 2007.
- NORMAS regulamentadora de segurança e saúde no trabalho NR-15: atividades e operações insalubres. Brasília, 1990. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/temas/segsau/legislacao/normas/conteudo/nr15>>. Acesso em: 10 set. 2007.
- OLIVEIRA, E. et al. Custos operacionais da colheita mecanizada do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 827-831, jun. 2007.
- RIBEIRO JÚNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. GeoR: a package for geostatistical analysis. **R-News**, New York, v. 1, n. 2, p. 14-18, June 2001.
- SILVA, C. B. et al. Avaliação ergonômica de uma colhedora de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 179-185, fev. 2011.
- SILVA, F. M. **Colheita mecanizada e seletiva do café: cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 75 p.
- SILVA, F. M. et al. **Colheita do café mecanizada e semimecanizada**. Lavras: UFLA, 2001. 88 p.
- SOUZA, C. M. A. et al. Comparação entre derriça manual e mecânica de frutos de cafeeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 305, p. 39-43, 2006.
- SOUZA, L. H. et al. Avaliação do nível de ruído emitido por um desintegrador/picador/moedor (DPM-1) no processamento de milho. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 12, n. 2, p. 118-123, 2004.
- TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, New York, v. 38, n. 1, p. 45-94, 1985.
- Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 276-283, jul./set. 2013

WEBSTER, R.; OLIVER, M. *Geostatistics for environmental scientists*. Chichester: J. Wiley, 2007. 315 p.

YANAGI JUNIOR, T. et al. Spatial variability of noise level in agricultural machines. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 217-225, mar./abr. 2012.