



José Antonio Ramos da Silva

Ruído Ocupacional das Atividades Mecanizada e Semimecanizada da Colheita do Café

Alfenas - MG

2018

José Antonio Ramos da Silva

Ruído Ocupacional das Atividades Mecanizada e Semimecanizada da Colheita do Café

Dissertação apresentada à
Universidade José do Rosário
Vellano - UNIFENAS, como parte
das exigências do programa de pós-
graduação em Sistema de Produção
na Agropecuária, para a obtenção
do título de Mestre.

Orientador Professor Dr. Fernando Ferrari Putti

Coorientador Professor Dr. Adriano Bortolotti da Silva

Alfenas - MG

2018

Dados internacionais da catalogação-na-publicação

Biblioteca Central da UNIFENAS

Silva, José Antonio Ramos da
Ruído ocupacional das atividades mecanizada e semimecanizada da colheita do café. — José Antonio Ramos da Silva. — Alfenas, 2018.
75 f.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Ferrari Putti
Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção na Agropecuária -Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas,2018.
Cafeicultura 2. Mecanização 3. Variabilidade espacial 4. Geoestatística I. Universidade José do Rosário Vellano II. Título

CDU: 633.73(043)

Zélia Fernandes Ferreira Miranda

Bibliotecária CRB 1486



Certificado de Aprovação

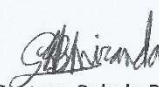
TÍTULO: "RÚIDO OCUPACIONAL DAS ATIVIDADES MECANIZADA E SEMIMECANIZADA DA COLHEITA DO CAFÉ"

AUTOR: José Antônio Ramos da Silva

ORIENTADOR: Prof. Dr. Fernando Ferrari Putti

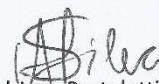
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de **Mestre Profissional em Sistemas de Produção na Agropecuária** pela Comissão Examinadora.


Prof. Dr. Fernando Ferrari Putti
Orientador


Prof. Dr. Gustavo Rabelo Botrel Miranda


Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva

Alfenas, 20 de novembro de 2018.


Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva
Coordenador do programa de Mestrado
Sistemas de Produção na Agropecuária
UNIFENAS

A Deus, por abençoar e iluminar meu caminho;

Aos meus pais, José Alestino e Mariana (*in memorian*), que me ensinaram a combater o bom combate e seguir em frente, mesmo diante das dificuldades;

Aos meus irmãos, Maria Izabel, Anésia, Mário, Marli e Giubilene, que me mostraram que as dificuldades impostas pelas linhas do tempo devem ser superadas por cada um de nós;

Aos amigos do Instituto Federal do Sul de Minas – Campus Muzambinho, que me incentivaram a aceitar este desafio;

Ao doutorando, Professor MSc. Geraldo Gomes de Oliveira Júnior, que me incentivou diante das dificuldades. Um amigo exemplar que admiro por sua capacidade, humildade e profissionalismo;

Em especial, à minha amada esposa Inês e ao meu filho Antônio, meus amores, companheiros durante minha caminhada e que proporcionam sentido à minha vida por amor, sinceridade e carinho a mim ofertados.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Por saber que Deus é o único capaz de fornecer as condições necessárias ao homem e ajudá-lo a transpor tantos obstáculos que surgem no decorrer da vida, e por crer na sua existência, agradeço a Ele, primeiramente, por ter me dado força, saúde e inteligência para chegar até o fim deste desafio.

“Nenhum dever é mais importante do que a gratidão” (Cícero).

Mesmo que com simples palavras, venho retribuir, àqueles(as) que me ajudaram, direta ou indiretamente, na realização deste objetivo, não por hierarquia, mas por diferença em tempos e contexto, entretanto, todos fundamentais;

À minha família (Inês, Antônio e Célia), pelo apoio, carinho, compreensão e paciência, ofertados integralmente em todas as etapas deste desafio;

Aos meus amigos e padrinhos de casamento, Anselmo e Sílvia, pelo exemplo de humildade e confiança e pela imensurável ajuda na construção dos meus primeiros degraus do conhecimento;

À família Costa, proprietários da Fazenda São Manoel e a seus funcionários, pela acolhida e ajuda prestada durante a coleta de dados para o desenvolvimento deste trabalho;

Ao Instituto Federal do Sul de Minas, de forma especial ao Campus Muzambinho pela concessão de meu afastamento profissional e apoio tecnológico;

À Universidade José Rosário Vellano - UNIFENAS, ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção na Agropecuária, pela oportunidade concedida para a realização do mestrado;

A todos os meus professores do curso de pós-graduação, em especial ao professor Dr. Adriano Bortolotti da Silva, pelo apoio e incentivo prestados desde o início deste curso;

Ao meu orientador, professor Dr. Fernando Ferrari Putti, que mesmo sem me conhecer foi solícito em me aceitar como orientando, sempre presente em todos os momentos de decisões, com orientações firmes e objetivas e sempre me dispondo de liberdade de ação desde o primeiro momento;

Ao professor Dr. Gustavo Rabelo Botrel Miranda que gentilmente aceitou participar e colaborar com este trabalho;

Ao meu amigo e mestre, professor Geraldo Gomes de Oliveira Júnior, pelo incentivo prestado nas horas de dificuldade, pelo conhecimento compartilhado e pelo tempo cedido para o desenvolvimento deste trabalho;

Aos amigos Alexandro de Moraes, Rosemeiry Gouveia de Santana Moraes e Danilo Eduardo dos Santos, pela valiosa ajuda na coleta de dados em campo;

Aos amigos do curso de pós-graduação, em especial aos amigos de estrada, que faziam nossas viagens mais alegres e descontraídas;

Aos professores Dr. Rodrigo Lilla Manzione (UNESP) e Dra. Camila Pires Cremasco Gabriel (UNESP), pela valiosa ajuda.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Não poderia deixar de agradecer, de forma especial, uma pessoa, minha Esposa. Sempre presente e solícita em todos os momentos; sempre me fazendo acreditar na capacidade de superação de todos os obstáculos deste difícil, porém gratificante desafio. Sou eternamente grato por cada sorriso, cada carinho, cada incentivo, cada gesto. Anseio estar ao seu lado, juntamente com nosso filho, por todos os dias de vida que Deus me conceder. Meu muito obrigado a você, Inês.

RESUMO

A utilização de equipamentos mecanizados na produção de café é uma ferramenta que otimiza processos, melhora a produção e conseqüentemente diminui custos. Porém, o ruído gerado pelas máquinas pode expor os trabalhadores a níveis de pressão sonora, que podem ser prejudiciais à sua saúde, sendo possível levar estes trabalhadores a problemas emocionais, físicos, psicológicos e sociais. Dentre eles, a perda auditiva é um dos principais problemas que pode ser agravado com o tempo e o nível de exposição. No presente estudo, objetivou-se quantificar o nível de ruído ocupacional gerado pelos equipamentos mais utilizados na colheita mecanizada e semimecanizada do café, sendo que, no Artigo 1, o objetivo foi determinar o nível de ruído ocupacional, nas atividades de colheita mecanizada e semimecanizada dos frutos do cafeeiro e compará-los com os limites de tolerância da legislação vigente. E no Artigo 2, avaliar a variabilidade espacial do ruído gerado por uma colhedora de café automotriz com a utilização da análise geoestatística. Para a coleta de dados foram utilizados uma colhedora automotriz de café, um soprador, duas recolhedoras distintas, um trabalhador auxiliar, que permaneceu na traseira da recolhedora e uma derriçadeira portátil. Os dados foram coletados na zona auditiva dos trabalhadores por dosímetro e decibelímetro, devidamente calibrados eletromecanicamente e configurados de acordo com a Norma Regulamentadora (NR 15) e a Norma de Higiene Ocupacional (NHO 01). Os resultados mostraram que na comparação dos níveis de ruído entre a colheita semimecanizada e mecanizada, os mesmos encontravam-se acima do permitido pela legislação vigente que é de 85 dB(A), para uma jornada de 8 horas diária, sendo que o menor e o maior nível de ruído ocupacional encontrados foram de 89,0 dB(A) e 100,7 dB(A) para o auxiliar da recolhedora e soprador, respectivamente. A atividade de colheita semimecanizada é 4,2 % mais ruidosa em comparação à colhedora automotriz. Quanto à variabilidade espacial do ruído gerado pela colhedora automotriz, obteve-se um forte grau de dependência espacial entre os pontos amostrados, com um alcance de 9,5m, podendo ser visto pelos mapas de isolinhas, sendo que quem mais sofre com os níveis de ruído emitido pelo equipamento é o operador, porém trabalhadores que se encontram a uma distância de até 5,5m da fonte geradora também estão sendo afetados por níveis de ruído acima dos permitidos. Portanto, os operadores dos equipamentos e trabalhadores que estejam próximos à colhedora automotriz do cafeeiro devem usar equipamentos de proteção individual.

Palavras-chave: Cafeicultura, Mecanização, Variabilidade Espacial, Geoestatística.

ABSTRACT

The use of mechanized equipment in the production of coffee is a tool that optimizes processes, improves production and consequently reduces costs. However, the noise generated by the machines can expose workers to sound pressure levels that can be harmful to their health, and can lead to these workers to emotional, psychological and social problems. Among them, hearing loss is one of the main problems that can be aggravated by the time and the level of exposure of this worker. In the present study, the objective was to quantify the level of occupational noise generated by the most used equipment in the mechanized and semi-mechanized harvesting of coffee, and in Article 1, the objective was to determine the occupational noise level in the mechanized and semi-mechanized harvesting activities of the fruits of coffee and compares them with the limits of tolerance of the current legislation. And in Article 2, to evaluate the spatial variability of the noise generated by an automotive coffee harvester with the use of the geostatistical analysis. For the data collection, was used: automotive coffee harvester, a blower, two different pickers, an auxiliary worker that remained in the back of the collector and portable mechanical stripper. The data were collected in the auditory zone of the workers by dosimeter and decibelimeter duly calibrated electromechanically and configured according to the norms of NR 15 and NHO 01. The results showed that in the comparison of the noise levels between the semi-mechanized and mechanized harvest were above the permitted by the current legislation, which is 85 dB (A) for an 8-hour day, with the lowest and highest occupational noise level found was 89.05 dB (A) and 100.66 dB (A) for the auxiliary of the collector and blower, respectively, and that semi-mechanized harvesting activity is 4.07% noisier in comparison to the automotive harvester. As for the spatial variability of the noise generated by the automotive harvester, a strong degree of spatial dependence was obtained between the points sampled with a range of 9.5 m, which can be seen by the maps of isolines, and those who suffer most from the levels of noise emitted, by the equipment is the operator, but the workers that are within a distance of up to 5.5m from the generating source are also being affected by noise levels above those allowed. Therefore, equipment operators and workers who are close to the coffee machine should use personal protective equipment.

Key words: Coffee Crop, Mechanization, Spatial Variability, Geoestatistic

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1 - Tipos de protetores auriculares: circum-auricular ou concha (a), inserção ou plug (b) e semi-auricular (c).....	23
Figura 2 - Variograma típico e seus componentes.	28

Capítulo 2

Figura 3 - Equipamentos utilizados na colheita mecanizada e semimecanizada do café: a) colhedora automotiva Eletron Auto TDI, b) soprador caseiro, c) derriçadeira mecânica portátil, d) recolhedora SWZ, e) recolhedora Vicon e f) posição do trabalhador auxiliar na recolhedora Vicon.	42
Figura 4 - Posicionamento do auxiliar do equipamento recolhedora Vicon.	45
Figura 5 - Box-plot do ruído dB(A) gerado pela colhedora automotriz TDI e derriçadeira Shindaiwa C230.....	48

Capítulo 3

Figura 6 - Limite da área amostral, distribuição dos pontos de coleta do ruído e posicionamento da colhedora automotriz.	59
Figura 7 - Colhedora Automotriz Electron Auto TDI.	60
Figura 8 - Semivariograma experimental do ruído produzido por uma colhedora automotriz de café ajustado pelo método dos mínimos quadrados ordinários e pelo modelo Gaussiano.....	65
Figura 9 - Parâmetros da validação cruzada para o semivariograma ajustado aos dados de ruído gerado por uma colhedora automotriz de café (dB).	67
Figura 10 - Distribuição espacial do ruído produzido por uma colhedora automotriz de café dB(A) em uma área livre de obstáculos e indicação frontal da máquina.	68

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1 - Nível de ruído médio na colheita mecanizada do cafeeiro.....	46
Tabela 2 - Comparação do nível de ruído médio na colheita mecanizada e semimecanizada do cafeeiro.	46
Tabela 3 - Tempo máximo de exposição diária permissível no uso de equipamentos mecanizados e semimecanizado na atividade de colheita do cafeeiro de acordo com a NHO 01.	48

Capítulo 3

Tabela 4 - Análise descritiva dos dados para o ruído gerado pela colhedora automotriz de café em decibéis (dB).....	64
Tabela 5 - Parâmetros do semivariograma ajustado aos dados do nível de ruído gerado por uma colhedora automotriz de café.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIC	Associação Brasileira da Indústria do Café
cc	Centímetro Cúbico
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
cv	Cavalo Vapor
dB	Decibel – Unidade de medida do som/ruído
dB(A)	Unidade de medida do som/ruído com a faixa de compensação lenta (ruídos contínuos e intermitentes)
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ha	Hectare
hp	Horse Power (Cavalo Potência)
kW	Kilowatt
m	Metro
MQO	Mínimo Quadrado Ordinário
NHT	Normas de Higiene do Trabalho
NHO	Normas de Higiene Ocupacional
NHO 01	Norma de Higiene Ocupacional que estabelece os critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído
NPS	Nível de Pressão Sonora
NR	Normas Regulamentadoras que tratam do conjunto de requisitos e procedimentos relativos à segurança do trabalho
NR 6	Norma Regulamentadora que trata dos equipamentos de proteção individual (EPI)
NR 9	Norma Regulamentadora que trata do programa de prevenção de riscos ambientais
NR 15	Norma Regulamentadora que trata de atividades e operações insalubres e determina os limites de tolerância máxima permitida diariamente
OMS	Organização Mundial da Saúde
Pol ³	Polegada cúbica
q-3	Incremento de duplicação
RBC	Rede Brasileira de Calibração
rpm	Rotação por minuto
SR	Sem Redução
SWZ	Marca Comercial

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
2REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Café.....	16
2.2 Colheita	17
2.3 Som e ruído	19
2.4 Ruído na mecanização agrícola	20
2.5 O ruído e a saúde laboral	21
2.6 Proteção auditiva	22
2.7 Legislação Relaciona à Exposição ao Ruído.....	24
2.7.1 Norma Regulamentadora (NR) e NR 15	24
2.7.2 Norma de Higiene Ocupacional (NHO) e NHO 01	25
2.8 Variabilidade espacial do ruído	25
2.9 Geoestatística.....	26
2.9.1 Análise exploratória dos dados	27
2.9.2 Construção e modelagem de variogramas.....	27
2.9.3 Validação e krigagem	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
CAPÍTULO 2	36
ARTIGO 1: Nível de ruído ocupacional na colheita mecanizada do café.....	37
INTRODUÇÃO.....	39
MATERIAL E MÉTODOS.....	41
RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
CONCLUSÕES	50
AGRADECIMENTOS	51
REFERÊNCIAS, BIBLIOGRÁFICAS	52
CAPÍTULO 3	54
ARTIGO 2: Variabilidade espacial do ruído gerado por uma colhedora automotriz de café em área aberta.....	55
INTRODUÇÃO.....	57
MATERIAL E MÉTODOS.....	59
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	64
CONCLUSÕES	70

AGRADECIMENTOS	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

No setor agrícola nacional, o cafeeiro tem grande importância para o Brasil constituindo-se como uma das principais do país, agregando um considerável volume de recursos à economia nacional. Em relação às pessoas que estão envolvidas diretamente na cadeia cafeeira brasileira, a cultura tem gerado um expansivo número de empregos diretos e indiretos (RODRIGUÉZ et al., 2013).

No sul de Minas Gerais está concentrada a maior produção do estado, região que coloca esse produto como o principal na economia mineira (MARTINS et al., 2015). Vale ressaltar que, a cafeicultura em todo estado tem posição ímpar no mercado econômico, sendo que, segundo as estimativas governamentais, a atividade tem gerado emprego para aproximadamente quatro milhões de pessoas na produção e para dez milhões de pessoas, quando se consideram segmentos de comércio e serviços (SANTOS et al., 2009).

Os produtores de café enfrentam diversas dificuldades na atividade, sendo uma delas o alto custo investido na produção (FERNANDES et al., 2012). Sendo assim, os cafeicultores têm buscado a necessidade de elevar a produtividade, além da eficiência e eficácia na condução de lavouras, visando principalmente à redução do custo dentro da cadeia produtiva (RICCI et al., 2005; SANTINATO et al., 2014).

Portanto, as atividades da cultura do cafeeiro têm passado por mudanças significativas que vêm sendo concretizadas com o tempo, em especial no que se refere ao processo de mecanização das diversas operações existentes que, anteriormente, eram realizadas manualmente pelos trabalhadores (CUNHA; SILVA; DIAS, 2016). Assim, na busca de maior rentabilidade é necessária a adoção de tecnologias que reduzam os custos nas lavouras, como o emprego da mecanização agrícola (SANTOS et al., 2009; FERNANDES et al., 2012).

O processo de colheita é uma das principais operações da cafeicultura que, por sua vez, merece atenção especial, uma vez que é nela que o produtor recupera o que foi investido durante o ano e pode, ainda, influenciar na qualidade da produção, sendo que em função da necessidade de mudanças, estas atividades passaram a ser realizadas através de sistemas mecanizados, por meio de colhedoras e/ou derriçadeiras (MATIELLO; ALMEIDA; GARCIA, 2013; SILVA et al., 2013; SANTINATO et al., 2015).

No Brasil, a mecanização da colheita do cafeeiro é uma realidade, em grande parte das lavouras, sendo os benefícios técnicos e econômicos comprovados (SANTINATO et al., 2015). O processo de mecanização possibilita manter um padrão em todas as etapas, com enorme

uniformidade, além do mais, as máquinas permitem que os produtores estabeleçam seu ritmo da colheita, trazendo benefícios em toda cadeia (SANTOS; VIEIRA; BOREM, 2015).

A utilização destes equipamentos mecanizados contribui muito para otimização e aumento da eficiência das operações agrícolas, contudo, a intensificação destas atividades tem exposto os trabalhadores a riscos ocupacionais, como elevados níveis de ruído, altos níveis de vibração, além da exposição a elevados índices de calor que, juntos, podem comprometer a saúde ocupacional desses trabalhadores (LIMA JÚNIOR et al., 2014).

O ruído é considerado um dos principais e mais comuns agentes físicos, estressante e nocivo, além de ser facilmente encontrado nos diversos ambientes de trabalho, ainda atinge grande número de pessoas dentro do ambiente laboral, dependendo do nível e do tempo de exposição (LIMA JÚNIOR et al., 2014).

Além da perda auditiva, que pode se desenvolver para estágios mais elevados ao longo dos anos, danos respiratórios, cardiovasculares, psicológicos, fadiga, disfunções no sistema imunológico, distúrbios do sono, irritabilidade, um aumento significativo na possibilidade de acidentes de trabalho e, o ruído afeta diretamente a qualidade na execução das atividades laborais, comprometendo, de forma significativa, a saúde do trabalhador (LOPES et al., 2012; SILVA et al., 2014; SANTOS; ALMEIDA, 2016).

A avaliação quantitativa de riscos físicos ocupacionais permite verificar se os limites de tolerância estão acima dos permitidos. Vale destacar que estas avaliações subsidiam a seleção de medidas de segurança, que reduzam os danos à saúde das pessoas ligadas a essas operações (ARCOVERDE et al., 2011; SANT'ANA; ZANNIN, 2016).

Outro fator a ser considerado é a distribuição espacial do ruído, em relação à fonte geradora. Para tanto, utiliza-se das técnicas da geoestatística para determinar uma distância segura aos trabalhadores próximos aos operadores e equipamentos agrícolas mecanizados em funcionamento, porém desenvolvendo atividades adversas às mecanizadas e/ou semimecanizada (FERRAZ et al., 2013). Ainda segundo o mesmo autor, vale ressaltar que na etapa de colheita dos frutos do cafeeiro, principalmente na colheita semimecanizada, utiliza-se do serviço manual intercalado com outras atividades, como a varrição, abanação e o recolhimento dos frutos.

Nesse sentido, no presente estudo, objetivou-se a quantificar o nível de ruído ocupacional gerado pelos equipamentos mais utilizados na colheita mecanizada e

semimecanizada do café, sendo que, no Artigo 1, o objetivo foi determinar o nível de ruído ocupacional nas atividades de colheita mecanizada e semimecanizada dos frutos do cafeeiro e compará-los com os limites de tolerância da legislação vigente. E no Artigo 2, avaliar a variabilidade espacial do ruído gerado por uma colhedora de café automotriz, com a utilização da análise geoestatística.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Café

O café teve sua origem nos altos bosques da Etiópia, sendo que sua proliferação ocorreu a partir da Arábia Saudita. O café chegou ao Brasil pela região Norte, em 1727, mais precisamente na cidade de Belém, no Estado do Pará. Devido ao Brasil apresentar condições edafoclimáticas favoráveis naquela época, o cultivo se espalhou rápido pelo país, inicialmente com sua produção mais voltada para o mercado doméstico (CARVALHO, 2008).

Na trajetória do plantio pelo Brasil, a cultura do café passou por diversos Estados, como Maranhão, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Minas Gerais, transformando-se rapidamente em um produto agrícola de grande importância para o fortalecimento econômico do país (TURCO et al., 2013).

A evidência nacional e internacional do café ocorreu no século XIX, no qual iniciou um novo ciclo econômico no país, em torno de 1825. O aumento do consumo nos Estados Unidos e Europa ajudou bastante na exportação do produto brasileiro (ABIC, 2013). O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café (COVRE et al., 2013), com exportações para diversos países, sendo também considerado o segundo maior consumidor da bebida (ALVARENGA, 2015).

O cafeeiro é uma planta perene, pertencente à família Rubiaceae e ao gênero *Coffea*, sendo as espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora* as mais plantadas no mundo e comumente cultivadas para a produção comercial (HEIN; GATZWEILER, 2006; CUBRY et al., 2013).

O café arábica é uma planta que leva dois anos para completar o ciclo fenológico, essa característica é típica do cafeeiro, uma vez que a maioria das plantas emitem flores na primavera e frutificam no mesmo ano fenológico (CAMARGO; CAMARGO, 2001)

Para as condições climáticas do Brasil, o ciclo fenológico do cafeeiro pode ser subdividido em seis fases distintas, sendo elas 1) vegetação e formação das gemas foliares; 2)

indução e maturação das gemas florais; 3) florada, chumbinho e expansão dos frutos; 4) granação dos frutos; 5) maturação dos frutos e 6) Senescência (CAMARGO; CAMARGO, 2001). Após o processo de maturação, os frutos do cafeeiro são colhidos e processados.

Por se tratar de uma cultura de fundamental importância no mercado agrícola do país, merece mais atenção no intuito de minimizar custos e favorecer os produtores, principalmente os pequenos e médios, incentivando-os a investir cada vez mais nesta atividade, de forma especial na etapa de colheita dos frutos, uma vez que a eficiência na colheita é inversamente proporcional aos custos, ou seja, quanto mais eficiente a colheita, menor o seu custo e esta etapa pode, ainda, influenciar na qualidade do produto final. Vale ressaltar que uma das formas de investimento que vem sendo apresentada e utilizada pelos produtores é a mecanização (OLIVEIRA et al., 2007; RIBEIRO et al., 2009; MATIELLO; ALMEIDA; GARCIA, 2013).

2.2 Colheita

O processo da colheita merece atenção, sendo uma das etapas mais complexas da produção do cafeeiro. A colheita envolve várias atividades, destacando-se a derriça, a varrição, o recolhimento e transporte, sendo que, mesmo as realizadas com equipamentos mecânicos, necessitam de mão de obra. Para o cafeicultor, a colheita tem muita importância para sucesso do empreendimento, pois é nela que o mesmo retira sua produção do campo e busca o retorno de seus inúmeros investimentos (SILVA et al, 2013; SANTINATO et al., 2015).

De acordo com Silva e Salvador (1998), as regiões como Alto Paranaíba, Triângulo, Sul e Oeste de Minas; na Mogiana (São Paulo), no Oeste da Bahia, áreas menores de Goiás e Mato Grosso têm realizado quase toda colheita de forma mecanizada. Por sua vez, nas regiões de topografia desfavorável, a colheita é semimecanizada e pode se estender até agosto e setembro, como por exemplo, na Zona da Mata de Minas, no estado do Espírito Santo, Sul de Minas Gerais e áreas vizinhas de São Paulo, sendo que, em média, a colheita ocorre em 100 dias na maioria das regiões (SILVA et al., 2009).

A colheita deve ser programada em questão do período de maturação das lavouras, devendo ter início quando as plantas estiverem com grande parte dos frutos no estágio cereja, sendo que, o talhão que apresentar o maior percentual de frutos maduros, deve ser o primeiro a ser colhido. Ressalta-se que, caso demore a realização da atividade da colheita, poderá ocorrer redução da qualidade do produto (PEREIRA; VASCONCELOS; SALES, 1999). Por isso, Silva

et al. (2013) destacam que a utilização de colhedoras é uma opção interessante, uma vez que as máquinas otimizam o processo, podendo realizar o trabalho equivalente a 250 trabalhadores.

O processo da colheita do cafeeiro pode ser totalmente mecanizado, no qual se utilizam de colhedoras automotrizes ou tracionadas por tratores. A derriça, quando tracionada por outro equipamento é mais trabalhosa, necessitando de mais funcionários, sendo necessário o recolhimento dos frutos, os quais ainda precisam ser ventilados e ensacados (SILVA et al., 2009).

Os mecanismos e algumas condições específicas, como disponibilidade de mão de obra e de equipamentos, tipo de área e manejo da lavoura (declividade, variedade, espaçamento, altura das plantas, etc.) e o custo da operação, são alguns fatores que são analisados para a realização das operações, além de definirem os sistemas de colheita. A colheita pode ser classificada como manual, semimecanizada e mecanizada (SILVA, 2010; MATIELLO, ALMEIDA, GARCIA, 2013). Os autores ainda explicam cada sistema:

1. **Manual:** Consiste no sistema considerado convencional, sendo que já foi um dos mais utilizados. Nesse sistema, grande parte da colheita é realizada a partir de serviços manuais, na qual há necessidade de uso intensivo de mão de obra;
2. **Semimecanizado:** É um sistema intermediário, uma vez que intercala o serviço manual e mecanizado. Este sistema varia muito, podendo ser apenas uma ou até quase todas as operações realizadas por máquinas e tem crescido muito nos últimos anos, principalmente, por atender a pequenos e grandes produtores;
3. **Mecanizado:** Consiste na utilização de colhedoras que, por sua vez, realizam as operações de derriça, recolhimento, abanação e ensaque ou armazenamento a granel do café colhido. Destaca-se que esse sistema se limita às propriedades com topografia favorável, pois as máquinas não conseguem realizar suas operações em locais declivosos.

O uso de máquinas agrícolas vem se tornando muito comum nas propriedades rurais por ajudar o produtor a se manter na atividade e atender a demanda do produto. Para isso, os produtores investem em maquinários a fim de facilitar o desenvolvimento de algumas atividades, como é o caso da colheita semimecanizada dos frutos do cafeeiro, em locais com declividade mais acentuada em que o uso de colhedoras automotrizes ou de equipamentos puxados por arrasto são inviáveis (SILVA, 2010; SANTINATO et al., 2015).

2.3 Som e ruído

O som nada mais é do que o resultado de variações da pressão no ar (GERGES, 2000). De maneira geral, as variações de pressão do ar fazem com que o nosso tímpano realize movimentos e, assim, gere o que nós humanos percebemos como som, sendo transmitido por meio dos ossículos (martelo, bigorna e estribo) do tímpano até a cóclea, na qual é convertido em sinais elétricos que vão para o cérebro (GUIDINI et al., 2012).

Por sua vez, o ruído é um tipo de som ou mistura destes que tem a capacidade de causar danos à saúde das pessoas (COSTA et al., 2015). Resumidamente, ruído consiste em um som ou conjunto de sons desagradáveis e danosos ao ouvido dos indivíduos (MARQUES; COSTA, 2006; COSTA et al., 2015). A unidade de medida do nível de pressão sonora é conhecida como decibel (dB) (LUZZI; CERVO; SPECHT, 2015).

Segundo Long (2006), o ruído pode ser dividido em dois tipos: o ruído ocupacional e o ruído ambiental, sendo que, o ruído ambiental é o ruído gerado por qualquer atividade ao ar livre e este depende de três fatores: da fonte propriamente dita (nível de potência sonora e a direção), da trajetória (meios de atenuação e barreiras) e da posição do receptor.

Ruído ocupacional é um fenômeno físico presente no ambiente de trabalho das pessoas que indica uma mistura de sons, cujas frequências não seguem uma regra precisa. Vale ressaltar ainda que o ruído é uma das formas de poluição mais frequentes no ambiente laboral, por se tratar de um agente físico invisível (LUZZI; CERVO; SPECHT, 2015).

A exposição ao ruído, no ambiente de trabalho, tem gerado problemas à saúde auditiva dos trabalhadores, sendo este tipo de ruído conhecido como ruído ocupacional (DUARTE et al., 2012).

A caracterização da exposição ocupacional ao ruído é expressa em porcentagem de energia sonora, definida como dose, tendo como referência o valor máximo de energia diária admitida (GIAMPAOLI et al., 2001). Portanto, a dose de ruído é uma variante do ruído equivalente, para o qual o tempo de medição é fixado em 8 horas (CAVALCANTE; FERRITE; MEIRA, 2013).

Os ruídos podem ser classificados em contínuo, intermitente e de impacto, sendo estes tipos detalhados a seguir:

- O ruído contínuo é o que permanece estável, dentro de um alto nível de pressão sonora, podendo ter oscilações máximas de 3 a 5 dB(A), durante um longo período;

- O ruído intermitente é um ruído com variações, maiores ou menores de intensidade;
- O ruído de impacto apresenta picos de energia acústica com duração menor de um segundo, a intervalos superiores a um segundo;

Destaca-se que para o ruído contínuo ou intermitente, há risco grave e iminente para exposições, sem proteção, a 115 dB(A). Por sua vez, para ruído de impacto, há risco grave e iminente, para exposições iguais ou superiores a 140 dB(A) (DUARTE et al., 2012).

Quando se pretende realizar o controle de uma fonte de ruído, atender a legislação ou mesmo prever o nível de ruído, o ponto chave é a realização de medições (GUIDINI et al., 2012). O ruído apresenta grandes variações e há muitas técnicas para medi-lo, entretanto, as mais empregadas são a utilização do dosímetro e decibelímetro (CAVALCANTE; FERRITE; MEIRA, 2013).

2.4 Ruído na mecanização agrícola

Devido às normas vigentes, as exigências para a fabricação de máquinas devem levar em consideração o fator humano, melhorando as condições de trabalho, segurança e ergonomia daquele que irá operar o equipamento, com estas medidas poderá haver uma diminuição do risco de acidentes, fadiga e, conseqüentemente, um aumento na qualidade do trabalho realizado, aumentando, também, a produtividade (ALVES et al., 2011).

Um fator desfavorável ao operador é o ruído presente no ambiente laboral, que pode causar estresse, fadiga e desconforto, com isso, afeta o desempenho, a eficiência e a segurança do trabalhador nas suas rotinas diárias. Ressalta-se que os danos à saúde auditiva e seus reflexos na vida do trabalhador estão relacionados à exposição e a altos níveis de potência sonora que vão se acumulando ao longo do tempo (MASSA et al., 2012).

Por se tratar de um agente físico, nocivo e estressante, facilmente encontrado nos mais diversos ambientes laborais, o ruído difere dos demais tipos de poluição, não deixando sinais visíveis de sua atuação no ambiente (FERRAZ et al., 2013). A Organização Mundial da Saúde (OMS) considera o ruído como o segundo maior poluidor ambiental, perdendo apenas para a água (BRITO; CARVALHO JÚNIOR; TOLEDO, 2018).

Estudos com pulverizador e derriçadores mecânicos portáteis de café mostraram que o nível de ruído diminuiu sua intensidade em função do raio de afastamento das fontes geradoras

avaliadas, no entanto, mesmo após um raio de 10 m de distância dos equipamentos, os valores encontrados ainda estavam acima dos limites de tolerância permitidos para a realização do trabalho (CUNHA; TEODORO, 2006).

No entanto, em trabalho realizado sobre os níveis de potência sonora emitidos por trator agrícola, em condições estáticas e dinâmicas, os autores concluíram que o nível de ruído encontrado na parte traseira, 79,2 dB(A), era menor que as demais direções: frente, lateral direita e lateral esquerda e que, a partir de 4 metros de distância em qualquer direção, em relação à fonte geradora, seria possível trabalhar sem a devida proteção auditiva, em função dos níveis encontrados estarem abaixo do limite de tolerância: frente 82,4 dB(A), direita 83,2 dB(A) e esquerda 82,7 dB(A) (ALVES et al., 2011).

Alves et al. (2011) relataram que o aumento da rotação do motor é diretamente proporcional ao aumento do nível de ruído gerado, sujeitando o operador a maiores condições de estresse e, conseqüentemente, diminuindo o tempo de trabalho sem a devida proteção auricular.

Baesso et al. (2008) demonstraram que quando os operadores de conjunto trator-pulverizador fazem uso do dispositivo turbina, estão sujeitos a riscos de hipoacusia, devido ao excesso de ruído que ultrapassa 85 dB(A), limites que se encontram acima dos estipulados para uma jornada de trabalho de 8 horas.

Muitas etapas, na atividade de colheita dos frutos do cafeeiro, são desenvolvidas de forma manual, podendo estar consorciadas ao uso de equipamento mecanizado próximo a estes trabalhadores, principalmente na colheita semimecanizada (FERRAZ et al., 2013). Portanto, a necessidade de se estabelecer o conforto acústico e determinar uma distância segura em relação à fonte geradora pode ajudar na tomada de decisões, para a minimização ou mitigação relacionada à saúde auditiva do trabalhador (FERRAZ et al, 2013).

2.5 O ruído e a saúde laboral

O cuidado com a saúde laboral de um trabalhador certamente irá proporcionar mais vantagens competitivas, com isso, haverá uma maior produtividade e conseqüentemente menores custos, porém, muitos trabalhadores são expostos a elevados níveis de pressão sonora no ambiente de trabalho (SILVA et al., 2014).

A perda auditiva, além de afetar a localização dos sons dentro do ambiente laboral, afeta também a percepção da fala e de sinais de advertência dentro deste ambiente. Fica evidente a

ineficiência na comunicação entre os indivíduos, tanto qualitativa quanto quantitativamente, em locais onde há a presença de ruído. Destaca-se que a fadiga e o aumento dos erros são comuns devido à falha na cognição e perda de concentração decorrentes da exposição prolongada a este agente físico (PICARD et al., 2008).

Os responsáveis pela saúde dos trabalhadores (administradores, gestores e políticos) possuem um desafio muito grande voltado para a questão da vigilância do trabalhador rural, que é a compreensão do problema que esta população vive e a criação de novas maneiras para mitigação e intervenção nestas atividades (PERES; ROZEMBERG; LUCCA, 2005).

Estudos mostram que os níveis de exposição ao ruído, gerado por equipamentos agrícolas, muitas vezes são superiores ao permitido pelas normas que é 85 dB(A), durante uma jornada de 8 horas de trabalho. Este valor independe das características da plantação onde a atividade é desenvolvida, portanto, torna-se indispensável o uso de protetor auricular para o desempenho desta atividade (SOUZA; RAFULL; QUEIROZ, 2006).

Diante do exposto, pode-se dizer que a perda auditiva e o ruído são fatores que podem influenciar para que acidentes laborais ocorram, comprometendo além da perda na produção, uma perda significativa de capital o que torna necessário a redução do ruído ocupacional para diminuir os acidentes relativos a este agente e mais estudos voltados para solução ou amenização do nível de pressão sonora, dentro do ambiente de trabalho (PICARD et al., 2008).

2.6 Proteção auditiva

O ruído pode gerar danos ao aparelho auditivo ao longo dos anos, assim como problemas psicológicos e laborais em função do nível e do tempo de exposição pelo trabalhador, sendo que a exposição a este agente físico, no ambiente laboral, é um problema de saúde ocupacional cada vez mais presente na vida dos trabalhadores (SILVA et al., 2014).

O uso de medidas de proteção para a atenuação do nível de pressão sonora, tanto de uso individual quanto coletivo torna-se necessária a fim de minimizar ou mitigar os efeitos causados à saúde auditiva dos trabalhadores (SANTOS; FERREIRA, 2008).

O dispositivo ou equipamento de proteção de uso individual destinado à proteção de riscos susceptíveis de ameaça à segurança e à saúde do trabalhador é denominado de Equipamento de Proteção Individual (EPI) (BRASIL, 1978; BELTRAMI; STUMM, 2013).

Para proteção da saúde auditiva dos trabalhadores, deve-se utilizar os protetores auditivos de atenuação adequada, em situações que os níveis de ruído presentes no ambiente de trabalho estejam superiores ao estabelecido pelas normas vigentes. Esses protetores podem ser divididos em circum-auricular ou concha, inserção ou plug e semi-auricular (CARVALHO FILHO et al., 2013)



Fonte: www.3m.com.br.

Figura 1 - Tipos de protetores auriculares: circum-auricular ou concha (a), inserção ou plug (b) e semi-auricular (c).

Por sua vez, os dispositivos ou equipamentos que atuam na proteção de vários trabalhadores simultaneamente, são denominados de equipamentos de proteção coletiva (EPC), funcionando como barreiras de proteção ou atenuação. Os EPCs devem ser implementados como proteção prioritária em relação aos EPIs, pois tratam-se das medidas planejadas para a proteção coletiva, trazendo maior segurança a todos os trabalhadores expostos ao agente de risco, no ambiente de trabalho (BRASIL, 1978; BELTRAMI; STUMM, 2013).

Segundo Gerges (2000), o controle do Nível de Pressão Sonora (NPS) pode ser dividido em três partes: Intervenção na fonte geradora, na propagação ou no trabalho, podendo estas medidas serem por meio da eliminação ou substituição do equipamento por algum mais silencioso, aumento na distância, enclausuramento total ou parcial, barreiras, silenciadores, isolamento em cabine acústica, redução do tempo de exposição e, por fim, a utilização dos EPIs.

O autor ainda relata que através da intervenção, em algumas fontes, houve sucesso na atenuação do ruído final. Como exemplo, o uso de silenciadores que, em motores elétricos, com um NPS de 88 a 112 dB, houve uma redução de 10 dB. Nos casos de EPIs, existem vários tipos

e níveis diferentes de atenuação, sendo necessária a escolha de um protetor adequado para a atividade a ser desenvolvida.

2.7 Legislação Relaciona à Exposição ao Ruído

Por se tratar de um agente físico, que gera poluição sonora e que pode prejudicar a saúde dos trabalhadores, torna-se necessária a observância de normas que servirão de ferramentas para a avaliação do agente de risco ruído, norteadas medidas preventivas a fim de evitar a ocorrência de doença ocupacional. Dentre estas ferramentas podemos citar as Normas Regulamentadoras (NRs) e as Normas de Higiene Ocupacional (NHOs).

2.7.1 Norma Regulamentadora (NR) e NR 15

As Normas Regulamentadoras (NRs) tratam-se do conjunto de requisitos e procedimentos relativos à segurança e medicina do trabalho. Todas as empresas privadas, públicas e órgãos do governo, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), têm observância obrigatória às normas (BRASIL, 1978).

Ao todo, foram aprovadas vinte e oito, em 1978, através da Portaria nº 3.214, sendo que atualmente tem-se trinta e seis NRs aprovadas pelo Ministério do Trabalho e Emprego (BRASIL, 1978).

Destas, a NR 15 é a norma regulamentadora que trata sobre as atividades, agentes e operações insalubres que podem ser caracterizadas nos ambientes de trabalho e causarem danos ocupacionais, especialmente quando ultrapassarem os limites de tolerância estabelecidos (SALES; SILVA; SILVA, 2015).

Portanto, torna-se necessária a realização de avaliações quantitativas e qualitativas para caracterização dos agentes de riscos, sendo que o anexo I e anexo II da NR 15, estabelecem limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente e ruído de impacto, respectivamente (BRASIL, 1978).

O limite de tolerância, de acordo com a NR 15, é a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição do agente, que não causará danos à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral (CAVALCANTE; FERRITE; MEIRA, 2013).

2.7.2 Norma de Higiene Ocupacional (NHO) e NHO 01

Através de resultados de reestudo da equipe técnica da Coordenação de Higiene do Trabalho da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança do Trabalho (FUNDACENTRO), as normas de Higiene Ocupacional (NHO) substituem as Normas de Higiene do Trabalho (NHT), que foram publicadas na década de 1980 (GIAMPAOLI et al., 2001).

Considerando a rapidez em que o desenvolvimento tecnológico acontece, a dinamicidade do processo na evolução das técnicas de identificação, avaliação e controle dos riscos ambientais, assim como a apresentação das Normas de Higiene Ocupacional ao público técnico, que atua na área da saúde ocupacional, torna-se de fundamental importância a apresentação dos resultados das experiências e das vivências profissionais de seus autores, complementadas por estudos e consultas em documentações técnicas nacional e internacional, assim como a revisão técnica dessas normas (GIAMPAOLI et al., 2001).

Desta forma, acredita-se que estas Normas possam colaborar no controle da exposição e na prevenção de doenças ocupacionais e contribuir efetivamente como ferramenta na identificação e na quantificação dessas doenças (GIAMPAOLI et al., 2001).

De maneira geral, a NHO-01 estabelece critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído, que implique risco potencial de surdez ocupacional (DUARTE et al., 2012).

Esta norma é aplicada à exposição ocupacional aos diversos tipos de ruídos, em especial, o ruído contínuo, intermitente e ruído de impacto, podendo ser em quaisquer situações de trabalho, mas ressalta-se que a mesma não está voltada para a caracterização das condições de conforto acústico (SALES; SILVA; SILVA, 2015).

A NHO-01 pode contribuir efetivamente como ferramenta na quantificação do ruído, visando colaborar no controle da exposição e na prevenção da saúde auditiva do trabalhador (GUIDINI et al., 2012; SALES; SILVA; SILVA, 2015; ROCHA et al., 2016).

2.8 Variabilidade espacial do ruído

Estudos relacionados a níveis de ruído em operações agrícolas são fundamentais para implantação de medidas de prevenção adequadas, visando o conforto e bem-estar do trabalhador rural, sendo que, no caso do agente físico ruído, ocorre a implantação de medidas de proteção coletiva e individuais, como o uso de protetores auriculares (GERGES, 2000; ARCOVERDE et al., 2011).

Em estudos envolvendo o uso de máquinas agrícolas, na maioria das vezes, Consideram-se somente os danos que podem ser causados ao operador, no entanto, vale ressaltar que também deve ser levado em consideração o nível de pressão sonora deste agente, que se propaga ao redor da fonte do ruído, que pode prejudicar outros trabalhadores (ARCOVERDE et al., 2011).

Alguns autores, avaliando a dispersão do ruído, verificaram que à medida que se afasta da fonte geradora, o nível de pressão sonora diminui a intensidade, ainda assim, os valores emitidos apresentavam níveis elevados, acima do limite de tolerância (CUNHA; TEODORO, 2006; SOUZA; RAFULL; QUEIROZ, 2006)

A variabilidade espacial é a variação dos valores apresentados por uma determinada grandeza, em função do espaço ao redor de uma determinada fonte (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

Técnicas como a análise da geoestatística vêm sendo utilizadas para melhor representação gráfica desta variabilidade espacial, juntamente com o uso de interpolação de dados pela krigagem. Como resultado, tem-se uma melhor definição da variável analisada, podendo predizer os valores em locais não amostrados, diminuindo as incertezas em locais amostrados e, com estas ferramentas em mãos, é possível trabalhar melhor no planejamento e no desenvolvimento das atividades em questão (OLIVEIRA; GREGO; BRANDÃO, 2015).

2.9 Geoestatística

A geoestatística trata-se de um conjunto de técnicas ramificadas da estatística espacial, sendo que, seu estudo se refere a fenômenos naturais caracterizados pela distribuição de uma ou mais variáveis no espaço, denominadas variáveis regionalizadas (VRs), que foram formalizadas por Matheron, em 1971, em que a semelhança dos valores amostrados é proporcional a proximidade entre eles, ou seja, quanto mais próximas as coletas, maior será a semelhança entre elas (WEBSTER; OLIVER, 2007; OLIVEIRA; GREGO; BRANDÃO, 2015).

Comparando-se a geoestatística com a estatística clássica é possível dizer que na primeira existe uma correlação entre os dados, ou seja, uma necessidade de dependência espacial entre os pontos amostrados e na segunda os pontos observados são independentes entre si (SRIVASTAVA et al., 2005).

O objetivo da geoestatística é estimar os dados em locais onde estes não foram amostrados, ajustando as funções matemáticas locais ou globais. Para isso, utiliza-se da

inferência espacial, também chamada de interpolação, sendo possível a geração de mapas de isolinhas, facilitando a visualização gráfica dos dados (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

2.9.1 Análise exploratória dos dados

Na análise exploratória dos dados, procedimento de grande importância para a interpretação dos dados e gráficos, tem-se a base da geoestatística, onde objetiva-se ter um maior conhecimento da variável a ser estudada, descrevendo e visualizando dados espaciais de forma a verificar a existência de padrões de associação espacial (LINDNER; PITOMBO, 2017).

Dentre as variáveis em estudo, tem-se um tipo de variável mostrando que existem pontos semelhantes distribuídos no espaço, exibindo uma certa estrutura espacial, que se referem a um fenômeno regionalizado. Sendo assim, pode-se dizer que esses pontos são chamados de variáveis regionalizadas (MATHERON, 1971).

Vale ressaltar que as VRs, quando apresentam comportamento diferenciado em relação à direção do estudo, são consideradas anisotrópicas, porém, quando o comportamento se assemelha em todas as direções e se difere na distância são chamadas de isotrópicas. Sendo que a covariância é a separação dos pontos amostrados por uma distância “h” em relação aos valores de uma mesma variável (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

2.9.2 Construção e modelagem de variogramas

A construção e modelagem de variogramas trata-se de uma ferramenta primária na geoestatística, em que a análise mostra o comportamento dos dados de uma forma estruturada, onde a representação gráfica é obtida na análise dos dados da variância (γ) pela distância (h), podendo ser considerada como sendo a grandeza que mais auxilia na tomada de decisão para a existência ou não da dependência espacial (VIEIRA; XAVIER; GREGO, 2008).

Segundo Lindner e Pitombo (2017), a variância entre os pontos amostrados (γ) é igual a diferença quadrática média entre as observações de uma variável aleatória $Z(x)$ pela distância (h) que as separam, representada pela equação:

$$\gamma(h) = [Z(x) - Z(x + h)]^2$$

A função do semivariograma é determinada pela metade da média das variâncias entre os pontos na equação (KERRY; OLIVER, 2007; MARCHANT; LARK, 2007):

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

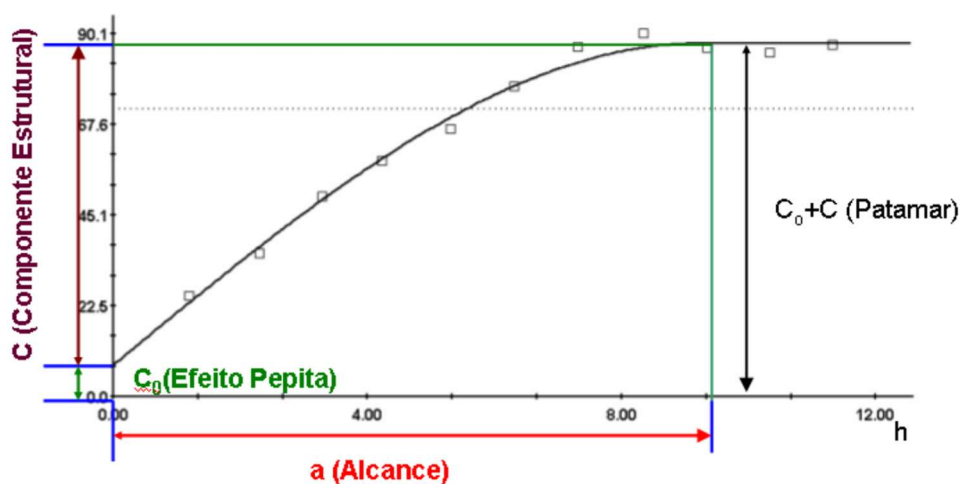
Em que,

$N(h)$ corresponde ao número de pares experimentais de observações $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$ separados por uma distância “h”.

Quando há uma dependência espacial, a semivariância cresce até um determinado ponto e se estabiliza. Porém, quando este crescimento não existe é porque não existe dependência entre as amostras, ocorrendo o efeito da aleatoriedade, chamado também de efeito pepita (VIEIRA; XAVIER; GREGO, 2008).

Um variograma com patamar e com características próximas do ideal é ilustrado na Figura 2, em que, segundo Silva et al. (2011) se divide em:

- 1- Alcance (a): representa a distância correlacionada espacialmente entre as amostras.
- 2- Contribuição (C): representa a diferença entre o Patamar (C) e o Efeito Pepita (C_0).
- 3- Efeito Pepita (C_0): é a diferença entre as amostras de maior proximidade e gerada por erros de amostragens ou de medidas e micro regionalizações.
- 4- Patamar ($C_0 + C$): é o ponto inicial em que, a partir dele, não há mais dependência espacial entre as amostras, isso porque a diferença entre os pares amostrados torna-se invariante com a distância.



Fonte: Silva et

al. (2011).

Figura 2 - Variograma típico e seus componentes.

Existem vários modelos teóricos de ajuste de semivariograma, tais como: Cúbico, Esférico, Exponencial, Gaussiano, Pentaesférico, Lei de Potência e Efeito Senoidal, porém, alguns são mais comumente encontrados, como é o caso dos modelos Esférico, Exponencial e Gaussiano (YAMAMOTO; LANDIM, 2013; LINDNER; PITOMBO, 2017).

2.9.3 Validação e krigagem

A validação é a etapa onde se obtém o modelo teórico que melhor se ajusta à realidade dos dados. Para isso, trabalha-se com dados previamente conhecidos a fim de estimar valores observados e, a partir destes resultados, estimam-se os erros e as hipóteses estatísticas para os testes de similaridade das características centrais e a distribuição dos vetores entre as amostras. Ressalta-se que existem ferramentas computacionais desenvolvidas para facilitar a manipulação de dados em grande quantidade (OLIVEIRA; GREGO; BRANDÃO, 2015).

A krigagem foi desenvolvida por Daniel G. Krige e é utilizada para estimar valores para locais não observados, porém a variância entre os dados deve ser mínima, sem tendência, de forma que as incertezas sejam minimizadas (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

Trata-se de uma técnica que difere dos demais métodos de interpolação, pois parte do princípio que pontos mais próximos no espaço possuem a tendência de possuírem valores mais aproximados, quando comparados a pontos mais afastados (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

Vale ressaltar que existem vários tipos de krigagem, as quais podem ser citadas a krigagem simples, krigagem ordinária, krigagem universal, krigagem disjuntiva e cokrigagem (CAMARGO, 1998; RODRIGUES DOS SANTOS, 2010).

REFERÊNCIAS

- ABIC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ. 2013. **Sabor do café: história do café**. Disponível em: http://www.abic.com.br/scafe_historia.html. Acesso em: 20 jan. 2018.
- ALVARENGA, G. L. **Análise econométrica da competitividade entre Brasil e Colômbia no mercado de café arábica**. 2015. Dissertação (Mestrado em Gestão de negócios, economia e mercados), Universidade Federal de Lavras – UFLA, 2015.
- ALVES, A. D. S.; COSTA, F. R. L.; CORTEZ, J. W.; DANTAS, A. C. S.; NAGAHAMA, H. J.; Nível de potência sonora emitido por trator agrícola em condições estáticas e dinâmicas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 110-119, jan/mar. 2011.
- ARCOVERDE, S. N. S.; CORTEZ, J. W. PITANGA JÚNIOR, C. O. NAGAHAMA, H. J. Nível de potência sonora nas operações agrícolas. **Nucleus**, Ituverava, v. 8, n. 1, p. 1-10, abr. 2011.
- BAESSO, M. M.; TEIXEIRA, M. M.; RODRIGUES JUNIOR, F. A.; MAGNO JUNIOR, R. G.; FERNANDES, H. C. Avaliação do nível de potência sonora emitido por um conjunto trator-pulverizador com e sem assistência de ar. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 4, p. 400-407, out./dez. 2008.
- BELTRAMI, M.; STUMM, S. **EPI e EPC**. Curitiba – PR E-tec, 2013. 135p. Disponível em: [http://ead.ifap.edu.br/netsys/public/livros/LIVROS_SEGURANÇA_DO_TRABALHO/Módulo IV/20 EPI e EPC/Livro_EPI e EPC.pdf](http://ead.ifap.edu.br/netsys/public/livros/LIVROS_SEGURANÇA_DO_TRABALHO/Módulo_IV/20_EPI_e_EPC/Livro_EPI_e_EPC.pdf) . Acesso em 19 abr. 2018.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria 3.214, de jul. 1978. **Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho – NR 15: atividade e operações insalubres**. Brasília, 1978. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/legislacao/item/3679-portaria-3-214-1978>>. Acesso em 01 ago. 2018.
- BRITO, L. A. P. F.; CARVALHO JÚNIOR, J. B.; TOLEDO, V. D. A eficiência de algoritmos matemáticos para avaliação do ruído urbano. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Taubaté, v. 10, n. 1, p. 22-35, jan./abr. 2018.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, mar. 2001.
- CAMARGO, E. C. G. **Geoestatística: fundamentos e aplicações**. [S. l.: s. n.], 1998. cap. 5. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/5geoest.pdf. Acesso em: 17 dez. 2017.

CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. 334 p.

CARVALHO FILHO, C. A., CORTEZ, J. W., SANTOS, V. M. L., ARCOVERDE, S. N. S., NAGAHAMA, H. J. Desempenho do trator agrícola em função das marchas e das proporções de biodiesel. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 28, n. 3, p. 135-142, jul./set. 2013.

CAVALCANTE, F.; FERRITE, S.; MEIRA, T. C. Exposição ao ruído na indústria de transformação no Brasil. **Revista CEFAC**, São Paulo, v. 15, n. 5, p. 1364-70, jan. 2013.

COSTA, J. B.; ROSA, S. A. B.; BORGES, L. L.; MARILIA RABELO HOLANDA CAMARANO, M. R. H. Caracterização do perfil audiológico em trabalhadores expostos a ruídos ocupacionais. **Estudos Vida e Saúde**, Goiânia, v. 42, n. 3, p.273-287, 2015.

COVRE, A. M.; PARTELLI, F. L.; MAURI, A. L.; DIAS, M. A. Crescimento e desenvolvimento inicial de genótipos de café Conilon. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, v. 7, n. 2, p. 193-202, maio/ago. 2013.

CUBRY, P.; BELLIS, F.; POT, D.; MUSOLI, P.; LEROY, T. Global analysis of Coffea canephora Pierre ex Froehner from the Guineo-Congolese region reveals impacts from climatic refuges and migration effects. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Witzzenhausen, v.60, n. 2, p.483–501, fev. 2013.

CUNHA, J. P. B.; SILVA, F. M.; DIAS, R. E. B. A. Eficiência de campo em diferentes operações mecanizadas na cafeicultura. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p.76-86, jan./mar. 2016.

CUNHA, J. P. A. R.; TEODORO, R. E. F. Avaliação do nível de ruído em derriçadores e pulverizadores motorizados portáteis utilizados em lavouras de café. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 71-77, set/dez. 2006.

DUARTE, S. T.; MATOSI, M.; TOZO, T. C.; TOSO, L. C.; TOMIAS, A. A.; DUARTE, P. A. D. Praticando o silêncio: intervenção educativa para a redução do ruído em Unidade de Terapia Intensiva. **Revista Brasileira de enfermagem**, Brasília v. 65, n. 2, p. 285-290, mar./abr. 2012.

FERNANDES, A. L. T., PARTELLI, F. L., BONOMO, R., GOLYNSKI, A. A. Moderna Cafeicultura dos Cerrados Brasileiros, **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, abr./jun. 2012.

FERRAZ, G. A. S.; SILVA, F. C.; NUNES, R. A.; PONCIANO, P. F. Variabilidade espacial do ruído gerado por uma derriçadora portátil em lavoura cafeeira. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 276-283, jul/set. 2013.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. 2. ed Florianópolis: N Editora, 2000. 696 p.

GIAMPAOLI, E.; SAAD, I. F. S. D.; CUNHA, I. A.; SILVA, M. D. **Norma de Higiene Ocupacional. Procedimento Técnico. Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído. NHO 01.** São Paulo: Fundacentro, 2001. 37 p.

GUIDINI, R. F.; BERTONCELLO, F.; ZANCHETTA, S.; DRAGONE, M. L. S. Correlações entre ruído ambiental em sala de aula e voz do professor. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 398-404, ago. 2012.

HEIN, L.; GATZWEILER, F. The economic value of coffee (*Coffea arabica*) genetic resources. **Ecological Economics**, Amsterdam, v.60, n. 1, p.176–185, nov.2006.

KERRY, R.; OLIVER, M. A. Comparing sampling needs for variograms of soil properties computed by the method of moments and residual maximum likelihood. **Geoderma**, Amsterdam, v. 140, n. 4, p. 383-396, ago. 2007.

LIMA JÚNIOR, P. S.; CORTEZ, J. W.; NAGAHAMA, H. J.; ARCOVERDE, S. N. S. Nível de ruído emitido por conjunto trator-recolhedora de café. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 7, n. 25, p. 426-433, abr. 2014.

LINDNER, A.; PITOMBO, C. S. A conjoint approach of spacial statistics and a traditional method for travel mode choice issues. **Journal of Geovisualization and Spatial Analysis**, Switzerland AG, v. 2, p. 1, nov. 2017.

LONG, Marshall. **Architectural Acoustics**. USA: Elsevier, 2006. 844 p.

LOPES, A. C.; OTOWIZ, V. G.; LOPES, P. M. B.; LAURIS, J. R. P.; SANTOS, C. C., Prevalence of noise-induced hearing loss in drivers. International **Archives of Otorhinolaryngology**, São Paulo, v.16, n.4, p. 509-514, oct./dec. 2012.

LUZZI, F. C.; CERVO, T. C.; SPECHT, L. P. Comportamento e análise do ruído ferroviário na cidade de Santa Maria. **Journal of Transport Literature**, São José dos Campos, v. 9, n. 4, p. 10-14, oct./dec. 2015.

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.

MARQUES, F. P.; COSTA, E. A. Exposição ao ruído ocupacional: alterações no exame de emissões otoacústicas. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, São Paulo, v. 72, n. 3, p. 362-366, maio/jun. 2006.

MARTINS, M.; APARECIDO, L. E. O.; SANTOS, L. P. S.; MENDONÇA, J. M. A.; SOUZA, P. S. Influência das condições climáticas na produtividade e qualidade do cafeeiro produzido na região do Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 499-506, out./dez. 2015.

MASSA, C. G. P.; RABELO, C. M.; MOREIRA, R. R.; MATAS, C. G.; SCHOCHAT, E.; SAMELLI, A. G. P300 in workers exposed to occupational noise. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, São Paulo, v. 78, n. 6, p.107-112, nov/dec. 2012.

MATHERON, G. **The theory of regionalized variables and its applications**. [S.l.]: Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathematique, 1971. v.5, 218 p.

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R.; GARCIA, A. W. R. **Mecanização em cafezais**. Varginha: Fundação PROCAFÉ, 2013. 56 p.

OLIVEIRA, E; SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P. Influência da colheita mecanizada na produção cafeeira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1466-1470, set./out. 2007.

OLIVEIRA, R. P.; GREGO, C. R.; BRANDÃO, Z. N. **Geoestatística aplicada na Agricultura de Precisão utilizando o vesper**. 23 ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015. ISBN 978-85-7035-572-0.

PEREIRA, R. C.; VASCONCELOS, S. S.; SALES, F. **Colheita e beneficiamento de café**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 24 p.

PERES, F.; ROZEMBERG, B.; LUCCA, S. R. Percepção de riscos no trabalho rural em uma região agrícola do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: agrotóxicos, saúde e ambiente. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.21, n.6, p.1836-1844, nov./dez. 2005.

PICARD, M.; GIRARD, S. A.; SIMARD, M.; LAROCQUE, R.; LEROUX, T.; TURCOTEC, F.; Association of work-related accidents with noise exposure in the workplace and noise induced hearing loss based on the experience of some 240,000 person-years of observation. **Accident Analysis and Prevention**, Amsterdam, v. 40, n.5, p.1644–1652, sept. 2008.

RIBEIRO, M. S.; LIMA, L. A; FARIA, F. H. S.; REZENDE, F. C.; FARIA, L. A. Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 569-577, out./dez. 2009..

RICCI, M. S. F.; ALVES, B. J. R.; MIRANDA, S. C.; OLIVEIRA, F. F. Growth rate and nutritional status of an organic coffee cropping system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, p.138-144, mar/apr. 2005.

ROCHA, C. H.; LONGO, I. A.; MOREIRA, R. R.; SAMELLI, A. S. Evaluation of the hearing protector in a real work situation using the field-microphone-in-real-ear method. In: **CoDAS**. Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 99-105, mar./abr. 2016.

RODRIGUES DOS SANTOS, G. **Hierarquização geométrica dos preditores geoestatísticos**. 2010. 200 f. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária), Universidade Federal de Lavras - UFLA, 2010.

RODRIGUÉZ, D.; CURE, J. R.; GUTIERREZ, A. P.; COTES, J. M.; CANTOR, F. A coffee agroecosystem model: II. Dynamics of coffee berry borer. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v.248, n.1, p.203–214, jan. 2013.

SALES, R. S.; SILVA, F. M.; SILVA, F. C. Doses de ruídos a qual estão submetidos operadores de derriçadoras portáteis de café. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 169-175, abr./jun. 2015.

SANT'ANA, D. Q.; ZANNIN, P. H. Ruído ocupacional em estações de ônibus – estudo de caso em estações tubo – Curitiba – Paraná – Brasil. **Revista RA'EGA**, Curitiba, v. 37, p.110-130, maio/ago. 2016.

SANTINATO, F.; SILVA, C. D.; SILVA, R. P.; RUAS, R. A. A.; FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, R. Colheita mecanizada do café em lavouras de primeira safra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 12, p. 1215-1219, nov. 2015.

SANTINATO, F.; SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; SANTINATO, R. Análise quali-quantitativa da operação de colheita mecanizada de café em duas safras. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 495-505, out./dez. 2014.

SANTOS, M; ALMEIDA, A. Ruído e saúde ocupacional: consequências para além da hipoacusia. **Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional**, v. 1, n. 1, p.1-3, 2016.

SANTOS, J. D; FERREIRA, M. I. D. C. Variation of Audiometric Thresholds Among Workers Subjected to Occupational Noise. **International Archives of Otorhinolaryngology**, São Paulo, v.12, n.2, p. 201-209, abr./jun. 2008.

SANTOS, R. V.; VIEIRA, H. D.; BORÉM, F. M. Desenvolvimento de cenários utilizando um sistema de apoio à decisão para análise de custos da fase de pós-colheita do café. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 445-454, out./dez. 2015.

SANTOS, V. E.; GOMES, M. F. M.; BRAGA, M. J.; SILVEIRA, S. F. R. Análise do setor de produção e processamento de café em Minas Gerais: uma abordagem matriz insumo-produto. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 47, n. 2, p. 363-388, abr./jun. 2009.

SILVA, A. F.; QUARTEZANI, W. Z.; ZIMBACK, C. R. L.; LANDIM, P. M. B. **Aplicação da Geoestatística em Ciências Agrárias**, Botucatu: FEPAF, 2011. 136 p.

SILVA, J. L. L.; COSTA, F. S.; SOUZA, R. F.; SOUSA, J. L.; OLIVEIRA, R. S. O ruído causando danos e estresse: possibilidade de atuação para a enfermagem do trabalho. **Avances en Enfermería**, Bogotá, v. 32, n. 1, p. 124-138, enero./jun. 2014.

SILVA, F. C.; SILVA, F. M.; SILVA, A. C.; BARROS, M. M.; PALMA, M. A. Z. Desempenho operacional da colheita mecanizada e seletiva do café em função da força de desprendimento dos frutos. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 53-60, jan./mar. 2013.

SILVA, F. M. Mecanização da lavoura cafeeira. In: SIMPÓSIO SOBRE MECANIZAÇÃO DA LAVOURA CAFEEIRA, 2010, Lavras. **Anais [...]** Lavras: UFLA, 2010. p. 50-65.

SILVA, F. M.; ARRÉ, T. J.; TOURINO, E. S.; GOMES, T. S.; ALVES, M. C. Uso de ethrel na colheita mecanizada e seletiva de café arábica (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 178-182, jul./dez. 2009.

SILVA, F. M.; SALVADOR, N. **Mecanização da lavoura cafeeira: colheita**. Lavras: UFLA, 1998. 55 p.

SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z.; QUEIROZ, D. M.; Derrçadora portátil na colheita total e seletiva de frutos do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1637-1642, nov. 2006.

SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P. BUCKMASTER, D. R. **Engineering principles of agricultural machines**. 2nd ed. St. Joseph, Michigan: ASAE, 2005, 604 p.

TURCO, P. H. N.; FRONZAGLIA, T.; VEGRO, C. L. R.; FIRETTI, R.; TÔSTO, S. G.; BLISKA, F. M. M. Trajetória tecnológica cafeeira no brasil, 1924 a 2012. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 60, n. 2, p. 105-119, jul./dez., 2013.

VIEIRA, S. R.; XAVIER, M. A.; GREGO, C. R. Aplicações de geoestatística em pesquisas com cana-de-açúcar. In: Cana de Açúcar, **Instituto Agrônomo de São Paulo**, Campinas, Cap. 39, p. 839-852, 2008, 882 p.

WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. **Geostatistics for environmental scientists**. 2nd ed. Chichester: J. Wiley, 2007. 315 p.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de Textos. 2013. 215 p.

CAPÍTULO 2

ARTIGO 1: NÍVEL DE RUÍDO OCUPACIONAL NA COLHEITA MECANIZADA DO CAFÉ

José Antonio Ramos da Silva, Geraldo Gomes de Oliveira Júnior, Carlos Emanuel de Melo Costa, Adriano Bortolotti da Silva, Camila Pires Cremasco Gabriel, Fernando Ferrari Putti

(Artigo formatado de acordo com as normas da revista Coffee Science – ISSN impresso 1809-6875; ISSN eletrônico 1984-3909 – B1 – recebido: 09 de maio de 2018; aceito: 13 de agosto de 2018; publicado: Coffee Science, Lavras, v. 13, n.4, p. 448-454, oct./dec. 2018.)

RESUMO: A cafeicultura tem passado por mudanças significativas, em especial no que se refere ao processo de mecanização das diversas operações existentes que anteriormente eram realizadas manualmente pelos trabalhadores. Observa-se que a intensificação das atividades mecanizadas pode expor trabalhadores a níveis de ruído capazes de comprometer sua saúde auditiva. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi determinar o nível de ruído ocupacional nas atividades de colheita mecanizada e semimecanizada dos frutos do cafeeiro e compará-los com os limites de tolerância da legislação vigente. O nível de ruído ocupacional foi determinado considerando-se a exposição de grupos homogêneos, utilizando-se medidor integrador de uso pessoal, dosímetro de ruído, calibrados eletromecanicamente e com aferição de campo. Os resultados demonstram que os níveis de ruído encontrados estão acima dos limites permitidos para uma jornada de 8 horas de trabalho. O maior nível observado foi de 100,7 dB(A), na operação de varrição com o equipamento soprador e o menor nível 89,0 dB(A), na atividade auxiliar do equipamento recolhadora selecta H3000 Vicon. A atividade de colheita com o equipamento derriçadeira portátil apresentou nível de ruído 4,2% mais elevado em relação à colheita com o equipamento colhedora automotriz.

Termos para indexação: cafeicultura, mecanização, risco ocupacional.

OCCUPATIONAL NOISE LEVEL IN MECHANIZED AND SEMIMECANIZED COFFEE HARVEST

ABSTRACT: Coffee cultivation has undergone significant changes, especially with regard to the mechanization process of the various existing operations that were previously carried out manually by the workers. It is observed that the intensification of mechanized activities can expose the workers to noise levels capable of compromising their hearing health. In this sense, the objective of the present study was to determine the level of occupational noise in the activities of mechanized and semi-mechanized harvesting of coffee fruits and compare them with the limits of tolerance of the current legislation. The occupational noise level was determined considering the exposure of homogeneous groups, using an integrative meter for personal use, noise dosimeter, electromechanically calibrated and with field calibration. The results demonstrate that the noise levels found are above the limits allowed for an 8-hour working day. The highest observed level was 100.7 dB (A) in the sweeping operation with the blower equipment and the lowest level 89.0 dB (A) in the auxiliary activity of the selected collection equipment Vicon H3000. Harvesting activity with a portable mechanical stripper equipment showed a noise level 4.2% higher compared to harvesting with automotive harvester equipment.

INDEX TERMS: coffee cultivation, mechanization, occupational risk.

INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma atividade com grande representatividade dentro do agronegócio brasileiro (APARECIDO et al., 2017), responsável por grande movimentação financeira no país, além de se caracterizar como uma base financeira para diversos municípios e regiões (FERREIRA JÚNIOR et al., 2016).

Constata-se, ultimamente, que as atividades da cultura do cafeeiro têm passado por mudanças significativas, ao longo do tempo, em especial no que se refere ao processo de mecanização das diversas operações existentes e que, anteriormente, eram realizadas manualmente pelos trabalhadores (CUNHA et al., 2016).

O processo de colheita é uma das principais operações da cafeicultura, que influenciam na atividade de produção, sendo que em função da necessidade de mudanças, estas atividades passaram a ser realizadas por meio de sistemas mecanizados, podendo ser colhedoras e/ou derriçadeiras (SANTINATO et al., 2015; SILVA et al., 2013).

Estudos demonstram que o rendimento para a colheita dos frutos do cafeeiro de forma semimecanizada chega a ser oito vezes superior a colheita realizada de forma manual (MATIELLO et al., 2013) e que a colheita manual chega a ser de 50% a 60% mais onerosa que a colheita mecanizada (SANTINATO et al., 2014).

No entanto, mesmo contribuindo para a otimização das operações agrícolas, a intensificação do uso de equipamentos mecanizados, no processo de colheita do cafeeiro, pode expor os trabalhadores a elevados níveis de ruído que, dependendo da intensidade e tempo de exposição, é capaz de comprometer a saúde ocupacional dos mesmos (LIMA JÚNIOR et al., 2014; VALLONE et al., 2016).

Desta forma, a exposição ao ruído, por um longo período pode levar o trabalhador à perda auditiva, causar danos psicológicos, distúrbios do sono, alterações cardiovasculares, disfunção do sistema imunológico, fadiga, irritabilidade e, ainda, aumentar o risco de ocorrência de acidentes de trabalho e diminuir o desempenho dos trabalhadores (SILVA et al., 2014).

O ruído é um tipo de som ou mistura destes que tem a capacidade de causar danos à saúde das pessoas que o percebem, caracterizado por ser um conjunto de sons desagradáveis ao ouvido dos indivíduos (COSTA et al., 2015).

Vale ressaltar que a perda auditiva, além dos danos fisiológicos e mentais causados ao trabalhador, pode, ainda, progredir para estágios mais graves ao longo dos anos (SANTOS; ALMEIDA, 2016).

Portanto, a avaliação quantitativa do risco físico ruído permite verificar se os limites de tolerância estão dentro dos permitidos na legislação vigente, subsidiando a seleção de medidas de proteção ocupacional, para redução de danos à saúde dos trabalhadores que estejam ligados a essas operações (SANT'ANA; ZANNIN, 2016).

Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi determinar o nível de ruído ocupacional nas atividades de colheita mecanizada e semimecanizada dos frutos do cafeeiro e compará-los com os limites de tolerância da legislação vigente, uma vez que o limite de tolerância é de 85 dB(A), para uma jornada de 8 horas diárias e 82 dB(A) para o nível de ação, de acordo com a Norma Regulamentar NR 15 e a Norma de Higiene Ocupacional NHO 01.

MATERIAL E MÉTODOS

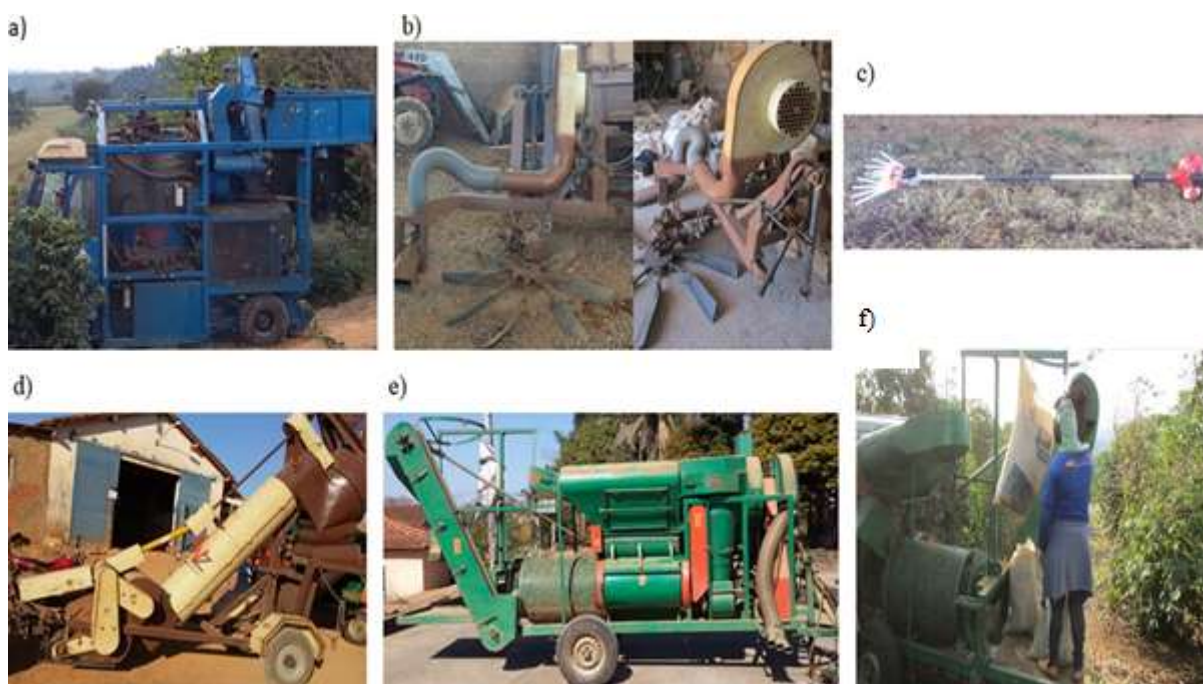
Local do experimento

O presente estudo de caso foi realizado na propriedade denominada Fazenda São Manoel, localizada no município de Muzambinho, no sul de Minas Gerais, com uma área total de 98 ha, dos quais 60 ha estão ocupados com a cultura do cafeeiro, cuja produção média anual é de 2.400 sacas.

O levantamento dos dados ocorreu durante as atividades de colheita do cafeeiro, nos meses de julho a agosto de 2017, nas glebas denominadas “Café do Curral”, variedade catuaí vermelho 144, espaçamento 3,5 x 0,8 m; “Café da Casa”, catuaí vermelho 144, espaçamento 3,5 x 0,8 m; “Café da Paineira”, catuaí vermelho 144, espaçamento 3,6 x 0,8 m e “Café do Coqueiro”, acaiá, espaçamento 2,5 x 1,0 m.

Equipamentos avaliados

A avaliação ocorreu por meio da quantificação do nível de ruído ocupacional para as atividades desenvolvidas na etapa de colheita mecanizada e semimecanizada, por meio da utilização de colhedora automotriz Electron Auto TDI, modelo MWM D229-4, com cabine, fabricação 2012, motor de 4 cilindros, potência de 67 cv, trabalhando com uma rotação de 1800 rpm; derriçadeira portátil Shindaiwa, modelo C230, com cilindradas (cc/Pol³) de 22,5/1,4, com potência/rpm de 1,2 hp/7500 rpm; soprador de fabricação caseira, com turbina do soprador SWZ, com rotação de trabalho de 2200 rpm; recolhadora SWZ, modelo B-900, fabricação 2016, rotação de trabalho de 1450 rpm e recolhadora Vicon, modelo Selecta H3000 Saco Bag, fabricação 2011, rotação de trabalho 2200 rpm e um trabalhador auxiliar que se posiciona na saída do café na recolhadora Vicon (Figura 3).



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 3 - Equipamentos utilizados na colheita mecanizada e semimecanizada do café: a) colhedora automotiva Eletron Auto TDI, b) soprador caseiro, c) derriçadeira mecânica portátil, d) recolhedora SWZ, e) recolhedora Vicon e f) posição do trabalhador auxiliar na recolhedora Vicon.

Os implementos, soprador e recolhedoras, SWZ e Vicon, foram arrastados pelo trator Yanmar, modelo 1155-4 SR, ano de fabricação 2010, potência de 40,5 kW (55 cv), descabinado.

Coleta de dados

A coleta de dados se deu de forma a representar a jornada de trabalho, respeitando o horário de refeição, totalizando 8 horas diária de trabalho.

A quantificação do ruído foi desenvolvida de forma a caracterizar a exposição dos trabalhadores, por meio de grupos homogêneos, considerando os seguintes tratamentos: Colhedora, Soprador; Recolhedora SWZ; Recolhedora Vicon, Auxiliar da Recolhedora Vicon e Derriçadeira Shindaiwa C230.

Para a coleta dos dados foram realizadas 21 (vinte e uma) repetições de dosimetria para as derriçadeiras, 5 (cinco) para a colhedora, soprador, recolhedoras e auxiliar da recolhedora Vicon, com o equipamento dosímetro fixado no corpo do operador.

Avaliações

Para este estudo, os ruídos foram classificados como contínuos e para sua avaliação foi utilizado medidor integrador de uso pessoal, dosímetro de ruído modelo DOS-100 da marca SKILL TEC, os quais foram calibrados eletromecanicamente com certificado da Rede Brasileira de Calibração (RBC) e aferição de campo, antes e após a avaliação, por meio do calibrador CAL-4000 marca INSTRUTHERM, IEC 942/CLASSE 2, com níveis de pressão sonora de saída de 94 e 114 dB.

O dosímetro foi configurado conforme os seguintes parâmetros: critério de referência de 85 dB(A), que corresponde à dose de 100% para uma exposição de 8 horas, nível limiar de integração de 80 dB(A), incremento de duplicação de dose de 3 dB (q-3) e indicação de ocorrência de níveis superiores a 115 dB(A) (GIAMPAOLI et al., 2001).

Durante todo processo de coleta de dados, foi utilizado protetor de ventos no microfone do dosímetro a fim de evitar possíveis interferências da velocidade do ar e proteger o microfone contra poeira, conforme recomendado por Giampaoli et al. (2001).

O dosímetro de ruído foi instalado preso ao cinto da calça com o microfone posicionado na zona auditiva (+ ou – 150 mm), medido a partir da entrada do canal auditivo (GIAMPAOLLI et al., 2001). Após a realização da avaliação e coleta dos dados, foi determinado o Nível de Exposição Normalizado NEN em dB(A), por meio da seguinte expressão:

$$NEN = NE + \log\left(\frac{T_E}{480}\right) [dB(A)] \quad (1)$$

Em que,

NE - é o nível de exposição: é o nível médio representativo da exposição ocupacional diária; e

T_E - é o tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho.

O Nível de Exposição (NE) - foi calculado pela seguinte fórmula:

$$NE = 10 \log \left[\left(\frac{480}{T_E} \right) * \left(\frac{D}{100} \right) \right] + 85 \quad (2)$$

Em que,

NE - é o nível de exposição;

T_E - é o tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho.

D - Dose diária de ruído em porcentagem;

Para este critério, considera-se como nível de ação o valor NEN igual a 82 dB(A).

Vale ressaltar que a jornada de trabalho estabelecida foi de 8 horas diárias (480 minutos), a qual os trabalhadores foram expostos ao agente físico ruído, portando o T_E será de 480 minutos diários.

Após a avaliação, os resultados médios obtidos foram comparados com os limites de tolerância estabelecidos pela NHO-01 (GIAMPAOLI et al., 2001). A partir dos dados médios encontrados, avaliou-se o tempo máximo de exposição ao ruído ocupacional em que os operadores e auxiliar poderiam ficar expostos, sem a devida proteção auricular, sendo que, para os valores intermediários encontrados, foi considerada a máxima exposição diária permissível relativa ao nível imediatamente mais elevado de acordo com a NHO 01 (CUNHA, TEODORO, 2006).

Análise estatística

Os dados dos níveis de ruído ocupacional das atividades de colheita mecanizada e semimecanizada da cultura do cafeeiro foram, então, submetidos à análise de variância, por meio do teste F. Nos casos em que o valor do teste F foi significativo, foram realizados testes de comparação de médias de Tukey, ao nível de 5% de significância. Para tanto, empregou-se o software estatístico computacional “SISVAR” (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na colheita mecanizada do cafeeiro, a etapa de derriça é realizada com equipamento automotriz e as etapas de varrição e recolhimento são executadas com implementos varredores e recolhedores acoplados ao trator, podendo existir ou não a presença de ajudantes, como mostra a Figura 4, o posicionamento do auxiliar do equipamento recolhedora Vicon.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 4 - Posicionamento do auxiliar do equipamento recolhedora Vicon.

Os resultados demonstram que o nível de ruído, contínuo/intermitente, em todas as etapas avaliadas das operações mecanizadas da colheita do cafeeiro, ultrapassaram o critério de referência que embasa os limites de exposição diária, aos quais correspondem a uma dose de 100% para a exposição de 8 horas ao nível de 85 dB(A) (Tabela 1).

Observou-se que o menor nível de ruído encontrado foi verificado na atividade realizada pelo auxiliar do equipamento recolhedora Vicon, com 89,0 dB(A) e o maior nível, na atividade de varrição, com a utilização do equipamento soprador, com 100,7 dB(A) (Tabela 1). Vale ressaltar que a exposição ao ruído acima dos limites de tolerância pode gerar problemas de saúde ocupacional, como a perda auditiva, bem como influenciar de forma negativa, reduzindo a eficiência na realização das operações (MASSA et al., 2012).

TABELA 1 - Nível de ruído médio na colheita mecanizada do cafeeiro.

Trator/Colhedora	RPM	Implemento/ atividade	Modelo	Ruído dB(A)*	CV ¹
Yanmar 1155-4 SR	2200	Soprador	Caseiro	100,7±0,51 a	1,3%
Colhedora automotriz	1800	-	TDI MWM D229-4	93,8±2,49 b	
Yanmar 1155-4 SR	2200	Recolhedora	Vicon Selecta H3000	92,9±0,64 b	
Yanmar 1155-4 SR	1450	Recolhedora	SWZ	89,1±0,20 c	
-	-	Auxiliar	Vicon Selecta H3000	89,0±0,10 c	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. *Não são significativos ($P>0,05$) e são significativos ($P\leq 0,05$). ¹ CV – Coeficiente de Variação.

Observa-se, ainda, que as atividades com uso do equipamento colhedora automotriz TDI MWM D229-4 e recolhedora Vicon Selecta H3000, bem como as atividades com o equipamento recolhedora SWZ e auxiliar da operação do equipamento Vicon Selecta H3000, não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Tabela 1).

Constatou-se, ainda, que embora o trator Yanmar 1155-4 SR tenha realizado as atividades de varrição com o equipamento soprador e a atividade de recolhimento com o equipamento selecta H3000 Vicon, na mesma rotação, os níveis de ruído encontrados apresentaram uma diferença de 7,8 dB(A), demonstrando a influência do implemento acoplado para a geração do nível de ruído. Situação semelhante a encontrada por Oliveira Junior et al. (2011), quando avaliou os níveis de ruído emitido por um trator agrícola em diferentes operações mecanizadas.

Para a derriça e a colheita dos frutos do cafeeiro, além da utilização do equipamento automotriz, tem-se utilizado derriçadeiras portáteis em operações semimecanizadas, em substituição a atividade que anteriormente era realizada manualmente. No presente estudo, os equipamentos, derriçadeira e colhedora automotriz, apresentaram níveis de ruído acima de 85 dB(A), permitidos para uma jornada de 8 horas diárias de trabalho (Tabela 2).

TABELA 2 - Comparação do nível de ruído médio na colheita mecanizada e semimecanizada do cafeeiro.

Tipo de colheita	Equipamento	Ruído dB(A)*	CV ¹
Semimecanizada	Derriçadeira Shindaiwa	97,8±1,78 a	2,0%
Mecanizada	Colhedora Automotriz TDI	93,8±2,49 b	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. *Não são significativos ($P>0,05$) e são significativos ($P\leq 0,05$). ¹ CV – Coeficiente de Variação.

O nível médio de ruído ocupacional obtido na atividade de colheita, com o equipamento derriçadeira portátil avaliada, cujo valor é de 97,8 dB(A) está abaixo dos valores encontrados por Cunha & Teodoro (2006) 104,6, 100,7 e 102,2 dB(A), respectivamente, quando avaliaram diferentes tipos de derriçadeiras. Ainda segundo os mesmos autores, quando as derriçadeiras trabalharam em marcha lenta, o nível médio de ruído ocupacional atingiu valores elevados aproximando do limite máximo aceitável. Possivelmente, a diferença no nível de ruído encontrado entre o presente estudo, 2017 e os valores apontados por Cunha e Teodoro (2006), decorre da evolução nos equipamentos de derriçadeira, ao longo do tempo, considerando que o trabalho de Cunha e Teodoro foi realizado há 11 anos .

Vale destacar que a atividade de colheita, com o equipamento derriçadeira, apresentou maior nível de ruído ocupacional, em comparação ao encontrado na atividade de colheita, utilizando-se equipamento colhedora automotriz, ou seja, a colhedora automotriz emitiu 4,2% menos ruído ocupacional quando comparada as derriçadeiras. Segundo Sales et al. (2015), a atividade com operação do equipamento derriçadeira pode apresentar elevado potencial de risco à saúde dos trabalhadores, em função do nível de ruído a que estão expostos, durante a realização das atividades de colheita semimecanizada.

Portanto, comparando-se o tempo de exposição e o nível de ruído ocupacional encontrado, verifica-se que os trabalhadores envolvidos, em todas as atividades da colheita mecanizada e semimecanizada do cafeeiro, não poderão desenvolver suas atividades sem o uso de proteção auricular adequada, visto que, de acordo com a NR 15 e NHO 01, a exposição de trabalhadores a níveis de ruído ocupacional superior a 85 dB(A), ultrapassa o limite de tolerância para uma jornada de trabalho de 8 horas (BRASIL, 1978; GIAMPAOLI et al., 2001).

Ainda de acordo com a NR 15, a exposição de trabalhadores a níveis de ruído ocupacional superior a 85 dB(A), para uma jornada de 8 horas, sem o devido controle preventivo, requer o pagamento de adicional de insalubridade no valor de 20% (BRASIL, 1978).

A partir da análise da Figura 5, é possível observar o comportamento dos dados nas etapas de colheita mecanizada e semimecanizada do cafeeiro, uma vez que estes apresentam bom comportamento, ou seja, não apresentam grande variação, podendo dizer, então, que os dados dos níveis de ruído gerados pelas operações de colheita mecanizada e semimecanizada do cafeeiro não sofreram variações significativas (Figura 5).

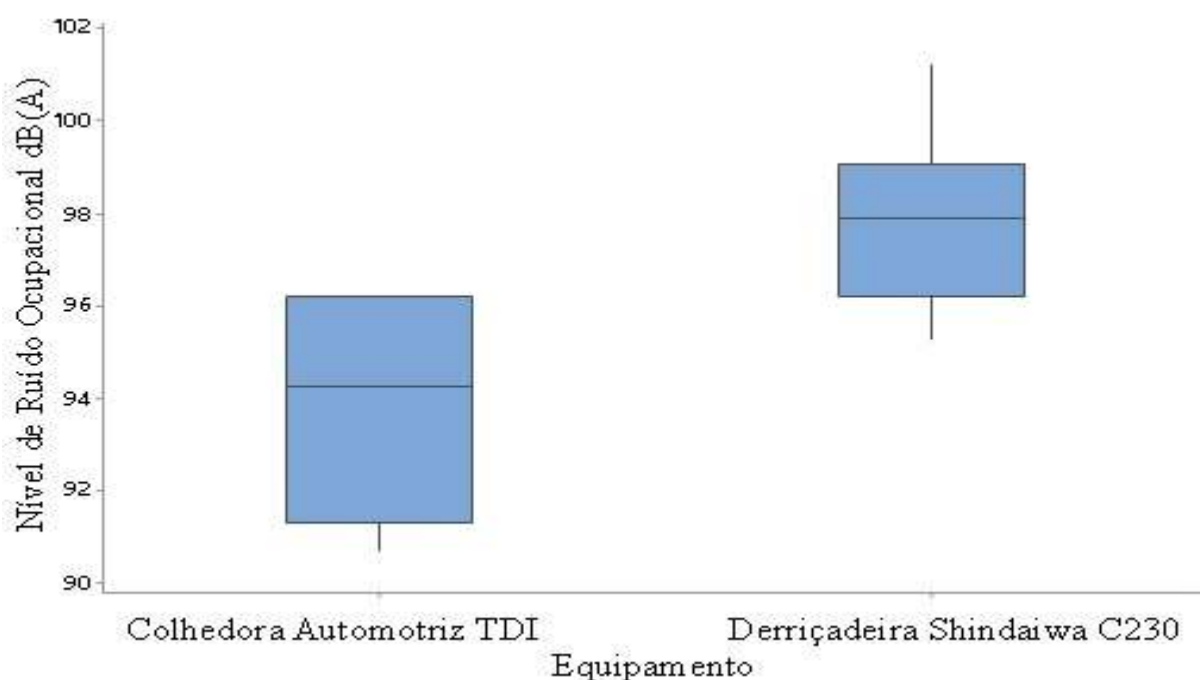


Figura 5 - Box-plot do ruído dB(A) gerado pela colhedeira automotriz TDI e derriçadeira Shindaiwa C230.

Ressalta-se, ainda, que o limite de exposição, também denominado de limite de tolerância, não configura a proteção de todos os trabalhadores envolvidos na atividade, visto que a NHO 01 define como limite de exposição, o parâmetro que representa condições sobre as quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta repetidamente, sem sofrer efeitos adversos à sua capacidade de ouvir e entender uma conversação normal (GIAMPAOLI et al., 2001).

Na Tabela 3, são apresentados os tempos máximos diários permitidos para a exposição ao ruído, sem a devida proteção, por trabalhadores, considerando se os níveis encontrados em cada situação de trabalho avaliada, de acordo com o recomendado pela NHO 01 (GIAMPAOLI et al., 2001).

Giampaoli et al. (2001), recomendam a adoção de medidas preventivas a partir do nível de ação (82 dB(A)), de forma a minimizar a probabilidade que a exposição ao ruído cause prejuízos à audição do trabalhador e evite que o limite de exposição seja ultrapassado.

TABELA 3 - Tempo máximo de exposição diária permissível no uso de equipamentos mecanizados e semimecanizados na atividade de colheita do cafeeiro de acordo com a NHO 01.

Equipamento/Atividade	Ruído dB(A)	Tempo de exposição*	CV ¹
-----------------------	-------------	---------------------	-----------------

Soprador	100,7±0,51	11,90 min	1,6%
Derriçadeira Shindaiwa	97,8±1,78	23,81 min	
Colhedora automotriz	93,8±2,49	60,00 min	
Recolhedora	92,9±0,64	75,59 min	
Recolhedora	89,1±0,20	190,48 min	
Auxiliar	89,0±0,10	190,48 min	

* Tempo aproximado de exposição permitido. ¹ C.V. - Coeficiente de variação

CONCLUSÕES

Nas condições em que o estudo foi conduzido, pôde-se concluir que os níveis de ruído nas atividades de colheita mecanizada e semimecanizada estão acima dos limites permitidos para uma jornada de 8 horas de trabalho diária, devendo ser utilizados dispositivos de proteção individual para atenuação de ruído ao limite de tolerância, a fim de melhorar as condições de trabalho para os operadores.

O maior nível de ruído encontrado foi na operação de varrição com o uso do equipamento soprador com 100,7 dB(A) e o menor valor na atividade de varrição com o auxiliar do equipamento recolhadora selecta H3000 Vicon com 89,0 dB(A).

A atividade de colheita com o equipamento derriçadeira portátil apresentou nível de ruído 4,2% mais elevado em relação a colheita com o equipamento colhedora automotriz.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFSULDEMINAS) – Campus Muzambinho, pelo apoio financeiro e tecnológico, aos amigos Alexandro de Moraes, Rosemeiry Gouveia de Santana Moraes, pela valiosa ajuda na coleta de dados e aos proprietários e funcionários da fazenda São Manoel, que colaboraram com a coleta de dados do estudo.

REFERÊNCIAS

APARECIDO et al. Agrometeorological Models for Forecasting Coffee Yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 109, n. 1, p. 249-258, jan. 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria 3.214, de jul. 1978. **Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho – NR 15:** atividade e operações insalubres. Brasília, 1978. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/legislacao/item/3679-portaria-3-214-1978>. Acesso em 01 ago. 2018.

COSTA et al. Caracterização do perfil audiológico em trabalhadores expostos a ruídos ocupacionais. **Estudos Vida e Saúde**, Goiânia, v. 42, n. 3, p.273-287, maio/jun. 2015.

CUNHA, J. P. A. R.; TEODORO, R. E. F. Avaliação do nível de ruído em derriçadores e pulverizadores motorizados portáteis utilizados em lavouras de café. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 71-77, set./dez. 2006.

CUNHA, J. P. B.; SILVA, F. M.; DIAS, R. E. B. A. Eficiência de campo em diferentes operações mecanizadas na cafeicultura. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p.76-86, jan./mar. 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, mar./apr. 2014

FERREIRA JÚNIOR et al. Recomendação para colheita mecânica do café baseado no comportamento de vibração das hastes derriçadoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 2, p. 273-278, feb. 2016.

GIAMPAOLI et al. **Norma de Higiene Ocupacional. Procedimento Técnico. Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído. NHO 01**. São Paulo: Fundacentro, 2001. 37 p.

LIMA JÚNIOR et al. Nível de ruído emitido por conjunto trator recolhedora de café. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 7, n. 25, p.426-433, jul./set. 2014.

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R.; GARCIA, A. W. R. **Mecanização em cafezais**. Varginha: Fundação PROCAFÉ, 2013. 56P.

MASSA et al. P300 in workers exposed to occupational noise. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, São Paulo, v. 78, n. 6, p.107-112, nov./dez. 2012.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; ALVES, G. S.; CUNHA, J. P. A. R. Avaliação dos níveis de ruído emitido por um trator agrícola em diferentes operações mecanizadas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.7, n.12, p. 1-13, jan./jun. 2011.

SALES, R. S.; SILVA, F. M.; SILVA, F. C. Doses de ruídos a qual estão submetidos operadores de derriçadeiras portáteis de café. **Coffee Science**, Lavras, v.10, n. 2, p.169-175, abr./jun. 2015.

SANT'ANA, D. Q.; ZANNIN, P. H. Ruído ocupacional em estações de ônibus – estudo de caso em estações tubo – Curitiba – Paraná – Brasil. **Revista RA`EGA**, Curitiba, v. 37, p.110-130, maio/ago. 2016.

SANTINATO et al. Análise quali-quantitativa da operação de colheita mecanizada de café em duas safras. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 495-505, out./dez. 2014.

SANTINATO et al. Colheita mecanizada do café em lavouras de primeira safra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 12, p.1215-1219, nov. 2015.

SANTOS, M; ALMEIDA, A. Ruído e saúde ocupacional: consequências para além da hipoacusia. **Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional**, v. 1, n. 1, p.1-3, 2016.

SILVA et al. Desempenho operacional da colheita mecanizada e seletiva do café em função da força de desprendimento dos frutos. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p.53-60, jan./mar. 2013.

SILVA, et al. O ruído causando danos e estresse: possibilidade de atuação para a enfermagem do trabalho. **Avances en Enfermería**, Bogotá, v. 32, n. 1, p. 124-138, jan./jun, 2014.

VALLONE et al. Risk exposure to vibration an noise in the use of agricultural track-laying tractors. **Annals of agricultural and Environmental Medicine**, Lublin, v. 23, n. 4., p. 591-597, oct./dec. 2016.

CAPÍTULO 3

ARTIGO 2: VARIABILIDADE ESPACIAL DO RUÍDO GERADO POR UMA COLHEDORA AUTOMOTRIZ DE CAFÉ EM ÁREA ABERTA

(Artigo formatado de acordo com as normas da revista Coffee Science – ISSN impresso 1809-6875; ISSN eletrônico 1984-3909 – B1)

José Antonio Ramos da Silva¹, Rodrigo Lilla Manzione², Geraldo Gomes de Oliveira Júnio³,
Carlos Emanuel de Melo Costa⁴, Adriano Bortolotti da Silva⁵, Fernando Ferrari Putti⁶

RESUMO: Apesar das vantagens na produção, a mecanização pode expor os trabalhadores a elevados níveis de ruído no ambiente laboral, sendo este considerado como uma das principais causas de perda auditiva relacionada ao trabalho. Nesse sentido, objetivou-se, neste trabalho, analisar a variabilidade espacial do ruído gerado por uma colhedora automotriz de café, em uma área aberta e identificar as zonas de salubridade para os trabalhadores. Realizou-se o experimento na Fazenda São Manoel, no município de Muzambinho-MG. Como fonte de ruído, foi utilizada uma colhedora automotriz Electron Auto TDI, modelo MWM D229-4, com cabine, fabricação 2012, motor de 4 cilindros, potência de 67 cv, trabalhando com uma rotação de 1200 rpm. A medição do nível de ruído foi realizada por um decibelímetro digital, em pontos distribuídos em uma malha amostral regular de 2,5 x 2,5 m (32,5 x 35,0 m de área), ao redor da colhedora em funcionamento, configurado de acordo com a NR 15. A análise da dependência espacial ocorreu por meio da análise geoestatística, sendo possível caracterizar a estrutura e a magnitude da dependência espacial dos níveis de ruído emitido pela colhedora e realizar o mapeamento de sua variabilidade espacial. Observou-se que os níveis de ruído estão acima do limite estabelecido pela legislação pertinente, 85 dB(A), tanto para o operador quanto para os colaboradores que estão a uma distância de aproximadamente 5,5 m da fonte geradora.

Termos para indexação: cafeicultura, mecanização, risco ocupacional, ruído ambiental.

SPATIAL VARIABILITY OF NOISE GENERATED BY AN AUTOMOTIVE COFFEE HOLDER IN OPEN AREA

ABSTRACT: Despite the advantages in production, the mechanization can expose workers to high levels of noise in the workplace, which is considered one of the main causes of work-related hearing loss. In this sense, the objective of this study was to analyze the spatial variability of the noise generated by a coffee automated harvester in open area and to identify the health zones for the workers. The experiment was carried out at Fazenda São Manoel, in the municipality of Muzambinho/MG-Brazil. As a source of noise, an automotive harvester Electron Auto TDI, model MWM D229-4, was used with booth, manufacturing 2012, 4 cylinders engine, power of 67 hp, working with a rotation of 1200 rpm. The noise level measurement was performed by a digital decibelmeter in points distributed in a regular 2.5 x 2.5 m (32.5 x 35.0 m area) sample mesh around the operating harvester, accordance with NR 15. The spatial dependence analysis was based on geostatistical analysis, and it was possible to characterize the structure and magnitude of the spatial dependence of the noise levels emitted by the harvester and to perform the mapping its spatial variability. It was observed that the noise levels are above the limit established by the relevant legislation, 85 dB(A), for both the operator and employees who are at least 5,5 m from the generating source.

INDEX TERMS: coffee cultivation, mechanization, occupational risk, environmental noise.

INTRODUÇÃO

O uso de equipamentos mecanizados na agricultura pode expor trabalhadores a riscos ocupacionais, destacando-se o agente físico ruído que, dependendo do nível encontrado, pode comprometer a saúde ocupacional destes trabalhadores (LIMA JÚNIOR et al., 2014).

Observa-se que o ruído pode causar danos respiratórios, psicológicos, cardiovasculares, fadiga, distúrbios do sono, irritabilidade, disfunções do sistema imunológico, afetar diretamente a qualidade e desempenho das atividades laborais e, ainda, aumentar significativamente a possibilidade de acidentes de trabalho, além da perda auditiva que pode ser agravada ao longo dos anos (LOPES et al., 2012; OIAMO et al., 2018; SILVA et al., 2014; TOBÍAS et al., 2015).

Na colheita do café, muitas etapas que, anteriormente eram realizadas de forma manual, passaram a ser realizadas por meio de sistemas mecanizados, em função da necessidade de mudanças, para otimização dos processos e consequentemente redução de custos no sistema de produção (SANTINATO et al., 2015; SILVA et al., 2013).

O ruído pode ser encontrado disperso no ambiente de trabalho, em diferentes distâncias, em função da fonte geradora. Estudos de ruído ambiental e ocupacional em diferentes máquinas agrícolas, com raios de afastamento distintos, demonstraram variações nos níveis de ruído quantificados que podem ser prejudiciais para os operadores, influenciando negativamente na saúde auditiva dos mesmos, necessitando, portanto, da utilização de protetores auriculares adequados (FERRAZ et al., 2013; MISSIO et al., 2015).

Considerando-se a dispersão e variação do ruído no ambiente em relação à fonte geradora, estudos da distribuição espacial do nível de pressão sonora, tornam-se de extrema relevância para a avaliação da salubridade dos operadores em ambientes agrícolas (FERRAZ et al., 2013; YANAGI JÚNIOR et al., 2012), sendo que, na etapa de colheita dos frutos do cafeeiro, onde se faz uso de equipamentos mecanizados e/ou semimecanizados, é possível utilizar, também, do serviço manual intercalado com outras atividades como a varrição, abanação e o recolhimento dos frutos, podendo estes trabalhadores ficarem expostos a níveis de ruído acima do permitido (FERRAZ et al., 2013).

Portanto, a análise geoestatística é capaz de estimar a continuidade espacial de processos, fornecendo funções de interpolação otimizadas para obtenção de mapas mais precisos do agente a ser avaliado (YAMAMOTO; LANDIM, 2013). Para tanto, modela-se a distribuição espacial deste agente, por meio da modelagem geoespacial e interpolação por krigagem, estimador ponderado com variância mínima e média constante. Com isso, é obtido um contorno mais preciso nos mapas com o intuito de diminuir os efeitos prejudiciais causados

aos operadores e ajudantes que estejam próximos à fonte geradora do nível de pressão sonora (FERRAZ et al., 2013; FERRAZ et al., 2016).

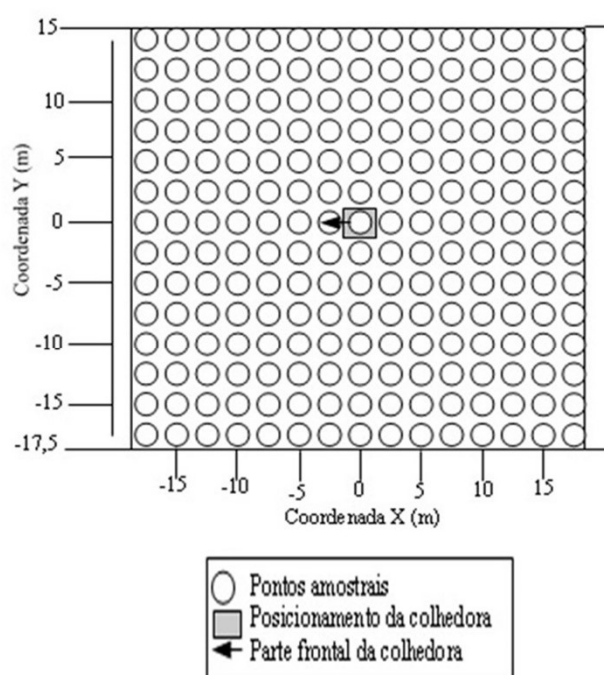
Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar a variabilidade espacial do ruído gerado por uma colhedora de café automotriz, estacionada, com a utilização da análise geoestatística, em área aberta.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

O presente estudo de caso foi conduzido na Fazenda São Manoel, município de Muzambinho/MG, coordenadas geográficas 21° 21' 31" de latitude Sul e 46° 33' 03" de longitude Oeste de Greenwich e altitude de 1069 m, em um terreiro para secagem de café, com a máquina estacionada, sendo a área caracterizada como uma área livre de obstáculo.

Uma área amostral de 32,5 x 35,0 m foi estipulada para a coleta de dados, de forma que o ponto central foi denominado de coordenada 0,0 e onde permaneceu a colhedora, estacionada e em operação. Os demais pontos foram distribuídos a cada 2,5 x 2,5 m em torno do equipamento, totalizando 210 pontos. Vale ressaltar que, em cada ponto, foram realizadas 4 repetições, com intervalo de 5 segundos, totalizando 840 amostras (Figura 6).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 6 - Limite da área amostral, distribuição dos pontos de coleta do ruído e posicionamento da colhedora automotriz.

Equipamentos avaliados

A máquina avaliada foi a colhedora automotriz Electron Auto TDI, modelo MWM D229-4, com cabine, fabricação 2012, motor de 4 cilindros, potência de 67 cv, trabalhando com uma rotação de 1200 rpm, sendo esta rotação considerada como média para a coleta dos frutos (Figura 7).



Fonte: www.tdimaquinas.com.br.

Figura 7 - Colhedora Automotriz Electron Auto TDI.

Os níveis de ruído emitidos pela colhedora foram avaliados utilizando-se medidor de pressão sonora, decibelímetro digital modelo HDB-900, da marca Hikari, calibrado eletromecanicamente com certificado da Rede Brasileira de Calibração (RBC) e aferição de campo, por meio do calibrador CAL-4000 marca INSTRUTHERM, IEC 942/CLASSE 2, com níveis de pressão sonora de saída de 94 e 114 dB, configurado com circuito de resposta lenta (*SLOW*), curva de equalização “A”, expressos em dB(A), com utilização de protetor de ventos e a coleta de dados sendo realizada na altura média do ouvido do trabalhador (BRASIL, 1978).

Análise geoestatística

Para verificação da dependência espacial do ruído gerado pela colhedora seguiu-se a metodologia descrita em Ferraz et al. (2016), Lundgren, Silva e Ferreira (2015), Missio et al. (2015), Yamamoto (2010) e Yamamoto e Landim (2013): variografia, interpolação dos dados

por krigagem ordinária e validação cruzada dos resultados. Para isso, foi utilizado o software GS+ (GAMMA DESING SOFTWARE, 2004).

- **Análise estrutural (variografia)**

O estimador geoestatístico da dependência espacial dos dados, conhecido por semivariograma pode ser estimado através da equação:

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

Onde $N(h)$ é o número de pares de valores medidos $Z(x_i)$, $Z(x_i+h)$, separados por h (FERRAZ et al., 2016). Ainda segundo os mesmos autores, o gráfico de $\hat{\gamma}(h)$ versus os valores correspondentes de h , chamado semivariograma, é uma função do vetor h e, portanto, depende de ambos, magnitude e direção de h , ilustrando a relação entre a variância das amostras e suas distâncias laterais. A distância lateral entre as amostras é estimada para otimizar o número de amostras e sua variância. A distância na qual o semivariograma atinge um valor de estabilidade é chamado alcance (A_0), sendo este, o limite da dependência espacial. Ao valor próximo à variância dos dados dá-se o nome de patamar ($C_0 + C$). O alcance da dependência espacial representa a distância em que os pontos amostrais estão correlacionados entre si. Os pontos localizados em uma área de raio maior ao alcance são independentes, apresentando uma distribuição espacial aleatória e menos homogênea. Chama-se efeito pepita (C_0) a medida em que a distância (h) tende a zero e a variação geralmente se aproxima de um valor finito. Segundo os mesmos autores, esse é um importante parâmetro do semivariograma, já que representa a variação residual e aleatória, não removida por amostragens próximas.

Os estudos variográficos foram processados considerando a adoção das direções 0° , 45° , 90° , 135° , construindo semivariogramas direcionais e omnidirecionais. Os semivariogramas omnidirecionais são normalmente considerados em uma das duas, ou nas duas seguintes situações: (i) semivariogramas direcionais semelhantes (situação de isotropia representada por um único semivariograma omnidirecional); e, (ii) escassez de dados e/ou semivariogramas direcionais demasiado erráticos. Em seguida, sobrepôs-se ambos os semivariogramas para detectar ocorrências ou não de continuidade espacial desigual em uma ou mais direções. A elaboração destes semivariogramas foram precedidas das considerações acerca da distância do campo amostral (L), onde utilizou-se o valor de $L/2$ para cálculo do semivariograma experimental, dividido em 12 passos (*lags*), com tolerância angular de $22,5^\circ$. Relações de

anisotropia (representadas geometricamente por uma elipse orientada com eixos, segundo as direções de maior e menor continuidade) não foram detectadas. A seguir, ajustaram-se os modelos teóricos esférico, exponencial e gaussiano, buscando um modelo teórico que melhor se adeque ao fenômeno estudado. O melhor ajuste de semivariograma foi medido pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO).

- **Interpolação dos dados**

A krigagem ordinária foi o método de interpolação em geoestatística utilizada para obtenção do mapa espacial. Por meio desse interpolador pode-se atingir um dos objetivos centrais dos estudos sobre variabilidade espacial que é obter, a partir de observações pontuais, informações para grandes áreas, baseadas nas observações da variável a ser estimada em locais não amostrados. Supondo-se que se queira estimar valores, z^* , para qualquer local, x_0 , onde não se tem valores medidos, assumindo estacionariedade de 2ª ordem (a variância não pode aumentar indefinidamente) e que a estimativa deve ser uma combinação linear dos valores medidos, o estimador será:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i)$$

Onde, $Z^*(x_0)$ = valor do atributo estimado no ponto x_0 , N é o número de valores medidos, $z(x_i)$, envolvidos na estimativa, e λ_i são os pesos associados a cada valor medido, $z(x_i)$, segundo Lundgren, Silva e Ferreira (2015).

A krigagem é um estimador linear ponderado que calcula o valor dos pesos pela estimativa da estrutura espacial da distribuição das variáveis, considerando a média local dos valores nas estimativas para locais não amostrados, no domínio da área de estudo. Os pesos são variáveis, de acordo com a variabilidade espacial expressa no semivariograma, sendo nada mais que uma média móvel ponderada, tornando-se um interpolador ótimo pela maneira como os pesos são distribuídos. Mas para que o estimador seja ótimo, ele não pode ser tendencioso e deve ter variância mínima. A condição de não tendência significa que, em média, a diferença entre valores estimados e medidos para o mesmo ponto deve ser nula. A condição de variância mínima significa que, embora possam existir diferenças, ponto por ponto, entre o valor estimado e o medido, essas diferenças devem ser mínimas. Essa interpolação estatística é essencialmente idêntica à regressão linear múltipla, com algumas diferenças quanto ao uso das matrizes utilizadas para resolver os sistemas (YAMAMOTO, 2010).

- **Validação cruzada**

De acordo com Manzione (2018), é importante que se tenha um meio para checar se o modelo é ajustado, verificando se é satisfatório ou não, bem como para validar o plano de krigagem antes do seu uso na construção de mapas. Os semivariogramas foram avaliados pela técnica de validação cruzada, que permite comparar o impacto dos diferentes modelos de semivariogramas sobre os resultados da interpolação, retirando os dados atuais e reestimando-os por dados dos vizinhos que permaneceram (MISSIO et al., 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise descritiva dos dados mostrou que houve uma grande variação do ruído ambiental gerado pela colhedora automotriz (Tabela 4), entre os valores mínimo e máximo. No entanto, há uma distribuição de probabilidade normal aproximada, em que a média, a mediana e a moda possuem seus valores bem próximos, curtose 1,74 e assimetria 1,29, valores considerados baixos, indicando uma assimetria na distribuição dos dados. A variabilidade dos dados é considerada baixa com desvio padrão de 4,85 e coeficiente de variação de 6,46.

Portanto, com os resultados fornecidos pela análise descritiva dos dados, têm-se condições ideais para a utilização da geoestatística para a verificação de dependência espacial.

Nesse sentido, o uso da geoestatística tornou-se necessário por se tratar de uma ferramenta capaz de fornecer informações mais precisas para ajudar nas intervenções necessárias, a fim de atingir as condições de segurança dos trabalhadores, de forma a aumentar a produtividade e preservar sua saúde (SILVA et al, 2014).

Tabela 4 - Análise descritiva dos dados para o ruído gerado pela colhedora automotriz de café em decibéis (dB).

Equipamento	Nível de ruído dB(A)									
	Mín.	Máx.	$\bar{x}$	Md	Mo	C	AS	S	EPM	CV
Colhedora Automotriz	66,7	92,8	75,0	73,8	72,7	1,74	1,29	4,85	0,33	6,46

Min. – Valor mínimo; Máx. – Valor máximo; $\bar{x}$ – Média; Md – Mediana; Mo – Moda; C – Curtose; AS – Assimetria; S – Desvio Padrão; EPM – Erro Padrão da Média; CV – Coeficiente de Variação.

Observou-se que o valor máximo do ruído ambiental encontrado (Tabela 4) ultrapassou o critério de referência, que embasa os limites de exposição diária, aos quais correspondem a uma dose de 100% para a exposição de 8 horas ao nível de 85 dB(A) (BRASIL, 1978).

A representação gráfica (semivariograma) da semivariância em função da distância h (semivariograma experimental) e uma proposta de modelo ajustado aos dados experimentais para a variável ruído gerado pela colhedora automotriz de café podem ser vistos na Figura 8.

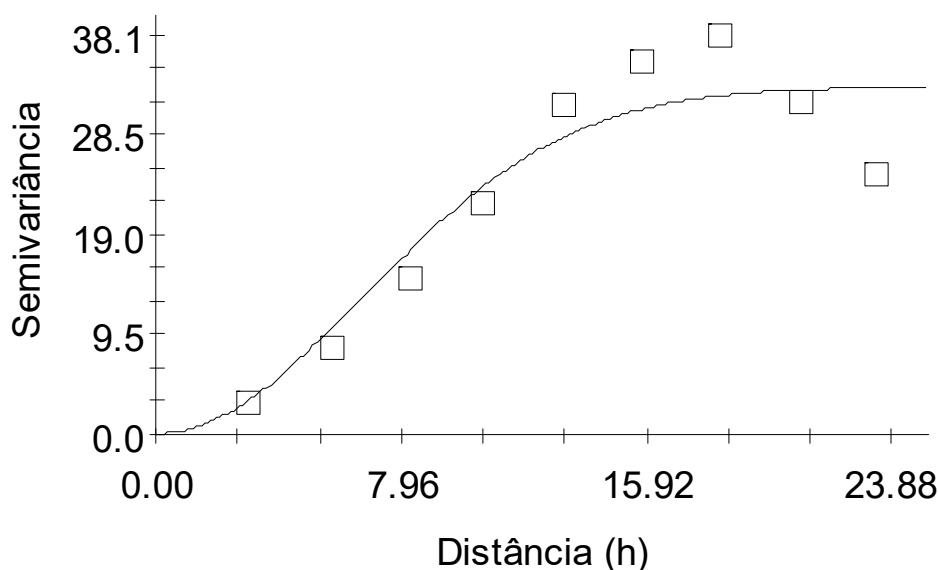


Figura 8 - Semivariograma experimental do ruído produzido por uma colhedora automotriz de café ajustado pelo método dos mínimos quadrados ordinários e pelo modelo Gaussiano.

Para o nível de ruído gerado por uma colhedora automotriz de café, ajustaram-se os parâmetros do semivariograma com o modelo Gaussiano, conforme mostra a Tabela 5.

TABELA 5 - Parâmetros do semivariograma ajustados aos dados do nível de ruído gerado por uma colhedora automotriz de café.

Variável	Geoestatística					
	Modelo	C_0	$C_0 + C$	A_0	r^2	GDE (%)
Nível de ruído Ambiental	Gaussiano	0,100	33,110	9,50	0,883	99,69

C_0 – efeito pepita; $C_0 + C$ – patamar; A_0 – alcance (m); r^2 - coeficiente de determinação do modelo e GDE - Grau de Dependência Espacial ($C / C_0 + C$) x 100 GDE – Índice de dependência espacial (fraca $\leq 0,25$ (25%); moderada 0,26 a 0,75 (26 a 75 %) e forte $> 0,75$ (75 %)) segundo classificação proposta por Bucene e Zimback (2003).

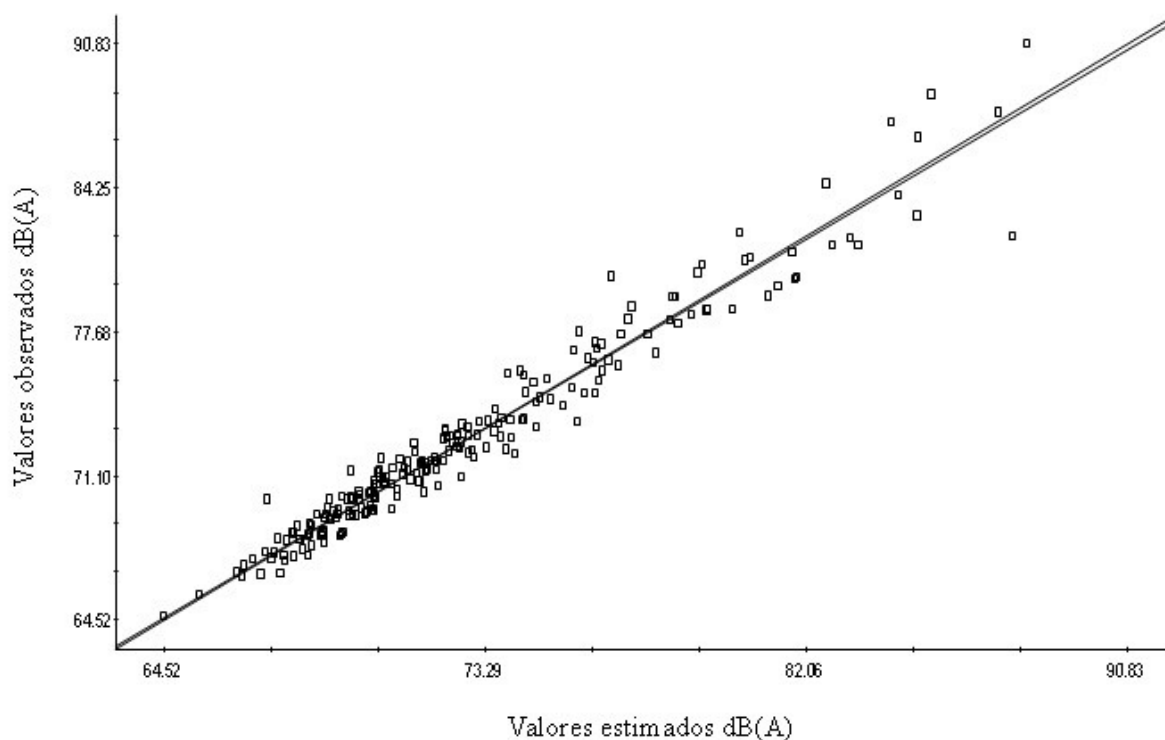
A análise geoestatística do nível de ruído ambiental, gerado por uma colhedora automotriz de café, mostrou forte grau de dependência espacial de acordo com a classificação proposta por Bucene e Zimback (2003), (Tabela 5), cujo valor é de 99,69 %, demonstrando existir uma grande influência do nível de pressão sonora sobre a localização e o espaço ao redor da máquina.

Em estudos realizados por Ferraz et al. (2013), analisando a variabilidade espacial do ruído gerado por uma derriçadora portátil em lavoura cafeeira, foi encontrado o valor de GDE igual a 92,86%, que também é caracterizado como forte, porém foi utilizado o modelo esférico.

O alcance (A_0) de 9,5 m define a distância em que existe uma dependência espacial, a partir da coordenada 0,0 (Tabela 5), o que vale dizer que a partir desta distância os dados passam a ter distribuição espacial aleatória, tornando-se independentes entre si (MISSIO et al., 2015). Nos estudos realizados por Spadim et al. (2015), onde verificou-se a dependência espacial de tratores agrícolas em diferentes rotações do motor, o alcance mínimo encontrado foi de 22,89 m.

O efeito pepita (C_0) igual a 0,1 (Tabela 5), pressupõe a inexistência de erros analíticos, amostragem ou efeito natural do fenômeno estudado, configurando uma coleta de dados adequada para a análise (LUNDGREN, SILVA e FERREIRA, 2015).

A validação cruzada foi ajustada para o nível de ruído gerado por uma colhedora de café automotriz (dB), em função das distâncias dos pontos amostrados, estando estes apresentados na Figura 9.



Coefficiente de Regressão = 0,986 (EPM = 0,015, $r^2 = 0,955$, y intercepto = 1,01, EPM Predição = 0,999)

Figura 9 - Parâmetros da validação cruzada para o semivariograma ajustado aos dados de ruído gerado por uma colhedora automotriz de café (dB).

Observa-se, neste caso, que a reta de 45° está praticamente igual a reta ajustada, o coeficiente de regressão (coeficiente angular) obtido foi de 0,986, com erro padrão de 0,015 podendo ser considerado estatisticamente a 1 e com o r^2 (coeficiente de determinação) com valor igual a 0,955, representando uma boa precisão no ajuste (Figura 9).

Observando a Figura 9, os pontos mais afastados da reta se concentram na extremidade. Isto pode ser explicado pelo fato de semivariogramas geralmente apresentarem melhores estimativas para distâncias curtas. Segundo Yamamoto e Landim (2013), isso se deve ao chamado efeito de suavização do estimador de krigagem ordinária, que tende a apresentar maiores erros nos valores mais extremos da distribuição dos dados.

O uso da krigagem apresentou resultados satisfatórios, quando se utilizou de estimativas para os valores não amostrados, devido à utilização dos melhores ajustes do semivariograma (OLIVEIRA et al., 2015). Desta forma, foi possível obter a construção do mapa que mostra a distribuição espacial do ruído, assim como uma melhor visualização desta variabilidade (Figura 10).

De acordo com a Figura 10, observa-se que uma distância segura para os trabalhadores que estão ao redor da máquina é de aproximadamente 5,5 m, partindo da fonte geradora de pressão sonora, onde o nível médio de ruído já atinge o máximo permitido pela legislação vigente. Portanto, torna-se obrigatório o uso de equipamento de proteção individual (EPI), para que não haja possíveis danos à saúde dos trabalhadores, quando estes se encontram em atividade. Desta forma, pode-se melhorar suas condições de bem-estar no trabalho.

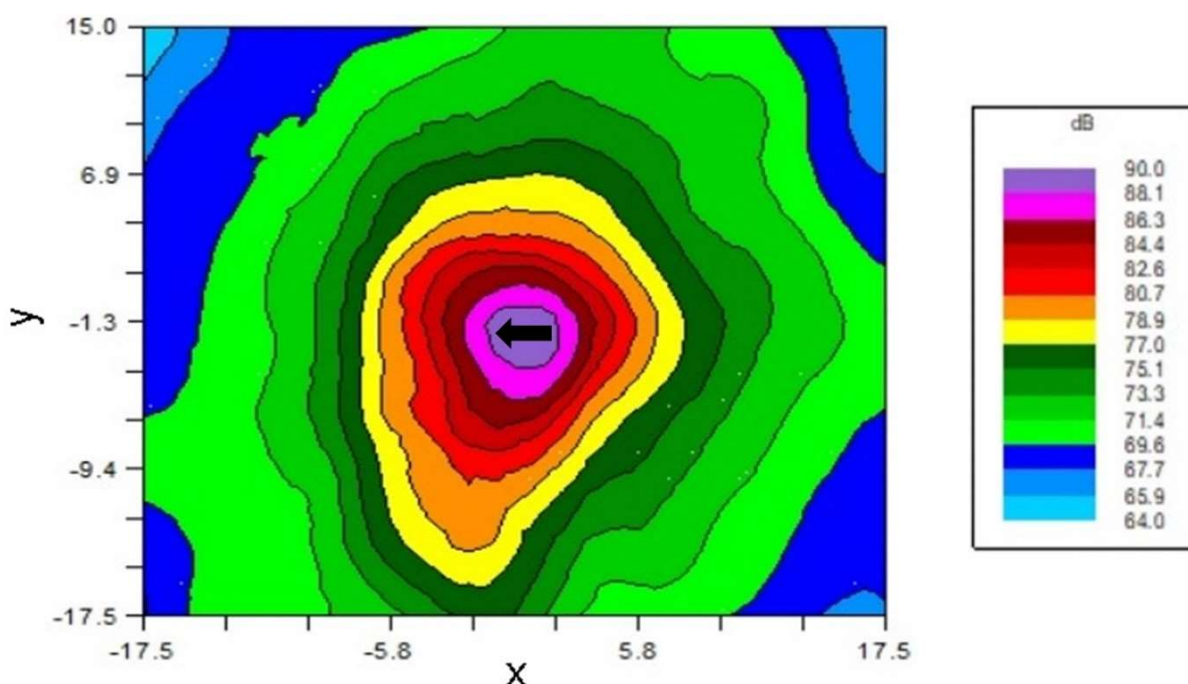


Figura 10 - Distribuição espacial do ruído produzido por uma colhedora automotriz de café dB(A) em uma área livre de obstáculos e indicação frontal da máquina.

Como pode ser visto na Figura 10, o operador da máquina é o que está mais exposto aos níveis de ruído gerados, sujeito a danos causados por esse agente físico, já que o nível médio atingiu 90,0 dB(A), portanto, conforme NR 15, o trabalhador necessita de EPI para o desempenho de suas atividades. Dessa forma, o operador exposto a esse nível de ruído, só poderia trabalhar por 151,19 minutos sem proteção adequada (GIAMPAOLI et al., 2001).

Observa-se no mapa que não ocorre nenhum efeito anisotrópico, ou seja, o variograma amostral depende apenas da distância de separação e não da direção, portanto o variograma será o mesmo em todas as direções (Figura 10).

Ainda na Figura 10, em todas as direções, conforme vai aumentando a distância, vai diminuindo o ruído, mostrando o efeito da distância sobre a fonte geradora da pressão sonora. Percebe-se, ainda, que os pontos com maiores valores do nível de ruído se concentram na parte inferior do mapa, ou seja, na projeção do motor do equipamento utilizado, situação que se assemelha a encontrada por Missio et al. (2015), quando avaliou a variabilidade espacial do nível de ruído externo em rotações de trabalho.

Spandim et al. (2015), quando avaliaram a dependência espacial do ruído de tratores agrícolas em diferentes rotações de motor, também encontraram níveis de ruído acima do permitido pela legislação vigente que é de 85 dB(A), para uma jornada de 8 horas diárias e uma

forte dependência espacial nos valores amostrados, sendo também possível, visualizar pelos mapas, uma distância segura aos operadores e trabalhadores ao redor das máquinas.

Em estudos para a avaliação dos níveis de ruído de tratores agrícolas, Silvestrini et al. (2015) concluíram que o nível de ruído é maior, quanto mais próximo do escape do motor do trator, sendo que, mesmo a uma distância de 4 m da fonte, o nível de pressão sonora ultrapassou os 85 dB(A).

Ainda segundo os mesmos autores, é comum a obrigatoriedade do uso de equipamento de proteção individual somente pelo operador, não se preocupando com os trabalhadores que estejam ao redor do equipamento, quando em funcionamento. Sendo assim, pode-se afirmar que conforme os resultados apresentados tornam-se obrigatório o uso de EPI, não só para o operador da máquina, mas para todos os trabalhadores que estejam dentro do raio de afastamento considerado insalubre.

CONCLUSÕES

Os níveis de ruído apresentaram forte grau de dependência espacial, portanto, por meio da utilização da interpolação por krigagem foi possível a confecção do mapa de isolinhas, possibilitando a visibilidade da variabilidade espacial do ruído gerado pela colhedora automotriz de café.

A partir da análise geoestatística, foi possível observar uma distância segura para os trabalhadores que desempenham atividades adversas as do operador. Vale ressaltar que, trabalhadores que atuem em distâncias de até 5,5 m ao redor da máquina, devem fazer uso de protetores auriculares

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFSULDEMINAS) – Campus Muzambinho, pelo apoio financeiro e tecnológico; aos amigos Geraldo Gomes de Oliveira Júnior e Danilo Eduardo dos Santos, pela valiosa ajuda na coleta de dados e aos proprietários da fazenda São Manoel, que colaboraram com a coleta de dados do estudo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria 3.214, de jul. 1978. **Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho – NR-15: atividade e operações insalubres**. Brasília, 1978. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/legislacao/item/3679-portaria-3-214-1978>. Acesso em 01 ago. 2018.

BUCENE, L. C.; ZIMBACK, C. R. L. Comparação de métodos de interpolação e análise espacial em dados de pH, em Botucatu-SP. **Revista Irriga**, Botucatu v. 8, n. 1, p. 21-28, jan./abr. 2003.

FERRAZ et al. Variabilidade espacial do ruído gerado por uma derriçadora portátil em lavoura cafeeira. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 276-283, jul./set. 2013.

FERRAZ et al. Spatial variability of enthalpy in broiler house during the heating phase. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 6, p. 570-575, apr. 2016.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. **GS+® - Geostatistics for the Environmental Sciences**. Version 7.0. Michigan: 2004. 1 CD-ROM.

GIAMPAOLI et al. **Norma de Higiene Ocupacional. Procedimento Técnico. Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído. NHO 01**. São Paulo: Fundacentro, 2001. 37 p.

LIMA JÚNIOR, P. S. et al. Nível de ruído emitido por conjunto trator-recolhedora de café. **Revista Agrarian**, Dourdos, v. 7, n. 25, p. 426-433, jul. 2014.

LOPES et al. Prevalência da perda auditiva induzida por ruído em motoristas. **Archives of Otorhinolaryngology**, São Paulo, v.16, n.4, p. 509-514, oct./dec. 2012.

LUNDGREN, W. J. C; SILVA, J. A. A; FERREIRA, R. L. C. Estimação de volume de madeira de eucalipto por cokrigagem, krigagem e regressão. **Revista Cerne**, Lavras v. 21, n. 2, p. 243-250, abr./jun. 2015.

MANZIONE, R. L. Mapeamento das características dinâmicas do nível freático do Sistema Aquífero Bauru como instrumento de gestão de recursos hídricos. **Geologia USP**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 227-240, mar. 2018.

MISSIO et al. Variabilidade espacial do nível de ruído externo em rotações de trabalho. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 30, n. 2, p. 104-108, abr./jun. 2015.

OIAMO et al. A combined emission and receptor-based approach to modelling environmental noise in urban environments. **Environmental Pollution**, v. 242, Part B, p. 1387-1394, nov. 2018.

OLIVEIRA et al. Inferência bayesiana na avaliação genética de bovinos da raça tabapuã do nordeste brasileiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 227-234, out./dez. 2015.

SANTINATO et al. Colheita mecanizada do café em lavouras de primeira safra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 12, p. 1215-1219, nov. 2015.

SILVA et al. Desempenho operacional da colheita mecanizada e seletiva do café em função da força de desprendimento dos frutos. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 53-60, jan. 2013.

SILVA et al. O ruído causando danos e estresse: possibilidade de atuação para a enfermagem do trabalho. **Avances en Enfermería**, Bogotá, v. 32, n. 1, p. 124-138, jan./jun. 2014.

SILVA et al. Spatial variability of the noise level of a hedge trimmer and backpack blower. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 3, p. 454-458, maio 2014.

SILVESTRINI et al. Noise levels evaluation of agricultural tractors. **International Journal of Reseach in Agriculture and Forestry**, Delawere, v. 2, n. 3, p. 46-50, mar. 2015.

SPANDIM et al. Dependência espacial do ruído de tratores agrícolas em diferentes rotações do motor. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 2, n. 3, p. 29-33, jul./set. 2015.

TOBÍAS et al. Health impact assessment of traffic noise in Madrid (Spain). **Environmental Research**, Amsterdam v. 137, n. 2, p. 136-140, feb. 2015.

YAMAMOTO, J. K. Cálculo de mapas de probabilidade diretamente dos pesos da krigagem ordinária. **Geologia USP Série Científica**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 3-14, mar. 2010

YAMAMOTO, J. K., LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 215 p.

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