

UTILIZAÇÃO DA GEOESTATÍSTICA PARA AVALIAÇÃO ESPACIAL DO NÍVEL DE RUÍDO EMITIDO POR DOIS MODELOS DE ROÇADEIRA AGRÍCOLA

Camila Piqui Guerra¹, Iago Nery Melo², Jaqueline Silva³, Elton da Silva Leite⁴, Everton Luis Poelking⁵

¹Graduanda de Engenharia Florestal, UFRB, Ba, camila-pguerra@hotmail.com

²Engenheiro Florestal, Cruz das Almas, Ba, iagonerymelo@gmail.com

³Mestranda em solos e ecossistemas, UFRB, Cruz das Almas, Ba, jakisilva17@gmail.com

⁴Eng^o Florestal, Professor doutor UFRB, Cruz das Almas, Ba, eltonnsleite@gmail.com

⁵Eng^o Florestal, professor doutor UFRB, Cruz das Almas, Ba, everton@ufrb.edu.br

RESUMO: Durante a jornada de trabalho os operadores são submetidos a várias intensidades de ruído, tornando necessário um estudo mais detalhado do uso de máquinas agrícolas para proporcionar um ambiente adequado para esses usuários. O trabalho visa estudar o comportamento do nível de ruído emitido por dois modelos de roçadeira em função do raio de afastamento quando em diferentes áreas de trabalho e rotações do motor. O experimento foi realizado na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, campus Cruz das Almas. Utilizou-se duas roçadeiras motorizadas da marca STIHL e TOYAMA. As rotações escolhidas foram a rotação de trabalho e aceleração máxima. O ruído foi mensurado com um decibelímetro digital da marca Instrutherm, modelo DEC-460. Os valores de ruído foram analisados através da geoestatística. A dependência espacial do ruído foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas e interpolação por krigagem. A geoestatística demonstrou-se satisfatória para a análise do comportamento do ruído em função do raio de afastamento em torno da roçadeira. Foram encontrados valores de ruído superiores a 85dB (NR 15). A variabilidade espacial do ruído em torno da roçadeira teve maior alcance na plena aceleração máxima com 25 m.

PALAVRAS-CHAVE: geoestatística, ruído, segurança

INTRODUÇÃO: A utilização da roçadeira, tem um relevante papel no manejo de áreas agricultáveis. Porém, para operar com este tipo de equipamento, é preciso levar em consideração o funcionamento da máquina e a adaptabilidade às diferentes condições de operação e trabalho. (ALONÇO et al, 2006). No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), estabelece normas sobre avaliações de ruídos em máquinas agrícolas, destacando a NBR 9999 e a NBR-1052, que informa os níveis de ruído proporcional para o conforto acústico do operador, e a NR 15 da portaria 3214/78, do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), que indica às atividades de operações insalubres, estabelecendo o nível máximo de ruído de 85 decibéis (dB) para exposição diária de 8 horas (BRASIL, 2017). O número de acidentes no trabalho registrados no setor Agropecuário é bastante elevado. Dentre os inúmeros fatores provenientes de máquinas agrícolas, que podem ser prejudiciais ao homem, destaca-se o ruído, sendo este o foco do presente trabalho. (BRAVALHERI et al., 2010). No campo, à medida que se aumenta a rotação do motor dessa máquina, há um acréscimo linear do nível de potência sonora, tornando indispensável o uso de proteção auricular, (ALVES et al., 2011). Desta forma, este trabalho visa estudar o comportamento do nível de ruído emitido por dois modelos de roçadeira agrícola em função do raio de afastamento quando em diferentes áreas de trabalho e rotações do motor.

MATERIAIS E MÉTODOS: O experimento foi realizado nas dependências da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, de Cruz das Almas/BA. Utilizou-se duas roçadeiras agrícola motorizadas da marca STIHL e TOYAMA. As rotações escolhidas foram a rotação de trabalho e a de aceleração máxima. A área foi delimitada por um raio de afastamento de 50 m, contido em um plano cartesiano imaginário. Em cada um dos quatro lados denominados como frontal, esquerdo, traseiro e direito, foram feitas retas de até 25 m de distância sendo as distâncias determinadas com uma trena convencional. As medições do nível de ruído foram feitas a cada 5 m a partir do centro do plano. Também foram feitas leituras em raios de afastamento de 25 m de distância da máquina, em cada um dos quatro lados, nas direções laterais até 15 metros de distância. Os cruzamentos das retas determinaram as coordenadas dos pontos de amostragem, totalizando 33 pontos de coleta. O operador junto com a roçadeira foi posicionado no centro deste plano, sendo ensaiados em dois momentos

diferentes para cada modelo de máquina utilizada. O ponto central (0, 0) correspondia ao local em que a roçadeira permaneceu em regime de operação durante toda a coleta. O local escolhido foi um povoamento de *Eucalyptus* sp. e uma área aberta com pastagem, plana e isenta de ruídos externos que poderiam intervir no experimento. O aparelho utilizado para medir os níveis de ruído gerado pela máquina foi um decibelímetro digital da marca Instrutherm, modelo DEC-460 com duas faixas de medição (Baixa – 35 -100 dB e 65-130 dB) e com protetor de vento. Foi utilizado no circuito de resposta lenta (S-LOW) e de equalização “A”, sendo expresso em dB. Para analisar o nível de ruído emitido pelo os dois modelos de roçadeira nos diferentes ambientes (área aberta e área fechada) e rotações, os dados coletados foram submetidos a geoestatística para a análise de dependência espacial do ruído produzido pela máquina em operação, que foi avaliada por meio de ajustes de semivariograma, e interpolação por Krigagem ordinária. Portanto, os dados obtidos foram analisados utilizando ferramentas da geoestatística no sentido de se obter a estrutura da distribuição espacial dos níveis de ruídos emitido pela roçadeira durante sua operação.

RESULTADO E DISCUSSÃO: A análise geoestatística nos permite saber em quais localidades o ruído alcançaria os maiores ou menores níveis, também é possível conhecer a maneira de como este fator é distribuído em uma determinada área. Dessa forma, a geoestatística surge como uma ferramenta competente na observação dessa distribuição espacial, afirma FERRAZ, et al. (2013). Como utilizado por SPADIM (2015), a metodologia para interpolação dos dados utilizada foi a Krigagem. Este é um método de interpolação utilizado na geoestatística para prever o valor da variável de um local não amostrado por meio de informações obtidas de dados amostrados e com dependência espacial expressada pelo semivariograma entre as amostras vizinhas, FERRAZ, et al. (2013). A técnica Krigagem da variável indicadora tem sido usada na elaboração de mapas probabilístico. A variável aleatória é transformada em uma variável indicadora e esta é estimada em pontos não amostrados. Na realidade, a variável indicadora é adquirida para cada teor de corte dentro dos limites da distribuição de frequências (YAMAMOTO, 2010). Neste trabalho os resultados da análise geoestatística, mostraram que todas as variáveis analisadas apresentaram dependência espacial na escala de amostragem adotada. Podendo verificar, os parâmetros do semivariograma ajustado aos modelos Esférico e Exponencial, conforme Tabela 4. Quanto ao grau de dependência espacial (IDE), a rotações máxima da marca TOYAMA avaliadas isoladamente, apresentaram uma fraca dependência espacial. De acordo com Siqueira, et al. (2008), o efeito pepita (C0) indica a descontinuidade espacial e, portanto, quanto maior o valor de C0, maior a variabilidade espacial não detectada durante o processo de análise do nível de ruído emitido pela roçadeira em diferentes áreas. Nesse contexto, verifica-se que os valores de C0 (Tabela 1) para os fatores com maior dependência espacial, verificada pelo semivariograma, são baixos, indicando boa precisão da análise realizada.

Tabela 1. Semivariograma e parâmetros de ajuste para diferentes rotações de duas roçadeiras agrícolas em função da localização.

	Marca	Rotação	Modelo teórico	Ao	Co	Co + c	IDE (%)	R ² (%)
AB	Toyama	Trabalho	Esférico	11.70	0.01	23.810	1.000	0.25
		Máxima	Exponencial	210.90	34.300	68.610	0.008	0.008
	Still	Trabalho	Esférico	21.90	0.1	38.860	0.997	0.606
		Máxima	Esférico	18.80	0.1	37.070	0.997	0.394
AF	Toyama	Trabalho	Esférico	10.40	0.01	18.610	0.999	0.149
		Máxima	Esférico	210.90	32	64.010	0.5	0.019
	Still	Trabalho	Esférico	11.50	0.01	10.590	0.999	0.118
		Máxima	Esférico	13.00	0.01	24.840	1.000	0.25

AB: área aberta; AF: área fechada; Ao: alcance; C0: Efeito pepita; C0+C: Patamar; IDE (%): Índice dependência espacial; R² (%): Coeficiente de determinação do modelo

Com a análise da geoestatística pode-se verificar que o nível de ruído apresentou forte dependência espacial, segundo classificação proposta por ZIMBACK (2001), onde classifica IDE – Índice de

dependência espacial (fraca $\leq 25\%$; moderada 26 a 75% e forte $> 75\%$). Visto que o coeficiente de determinação do modelo para área aberta varia entre os valores de 0.019 a 0.118 e na área fechada os valores variam entre 0.008 a 0.606 com alcance (Ao) máximo igual a 210.9 metros. Ainda é possível verificar, na Tabela 4, os parâmetros do semivariograma ajustado ao modelo Esférico e Exponencial. Observa-se que o modelo esférico foi o que apresentou melhor ajuste. Por meio do programa GS+, utilizou-se a ferramenta de validação cruzada, a fim de validar o modelo do semivariograma ajustado para realização da interpolação por krigagem, também empregado por PIMENTA JUNIOR, et al. (2012). De acordo com a tabela pode-se verificar que a rotação máxima da marca TOYAMA na área aberta e fechada apresentou fraca dependência espacial ($\leq 25\%$), assim como o coeficiente de determinação para esta mesma marca foi bastante inferior comparando com os parâmetros da marca STIHL em diferentes rotações e áreas. Após o ajuste do semivariograma, foi possível elaborar os mapas temáticos para a distribuição do ruído em função da rotação: aceleração máxima e aceleração de trabalho para os dois modelos de roçadeiras agrícolas marca STIHL e TOYAMA, respectivamente, construídos por krigagem ordinária, Figura 1 e 2.

Figura 1 - Distribuição espacial do ruído emitido pela roçadeira em função da aceleração máxima e de trabalho para área aberta (A) e área fechada (B). Marca STIHL.

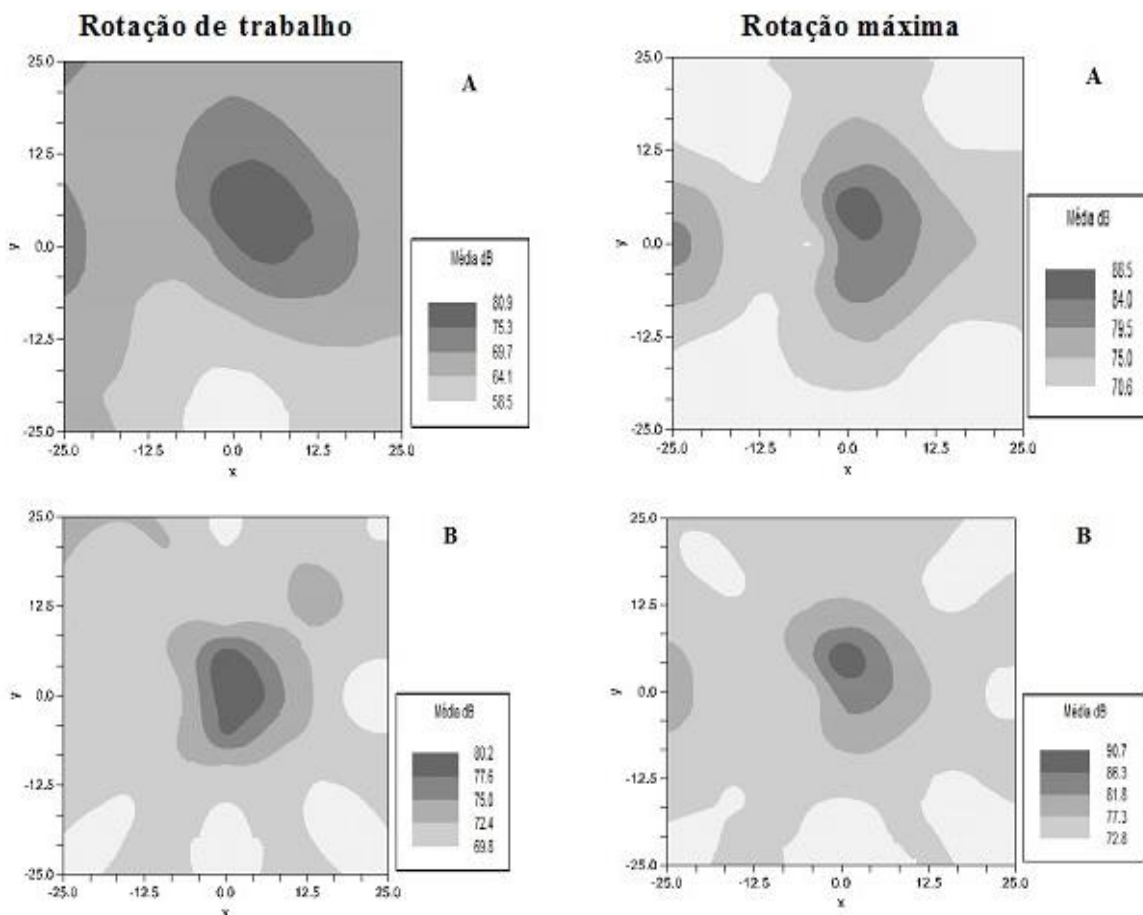
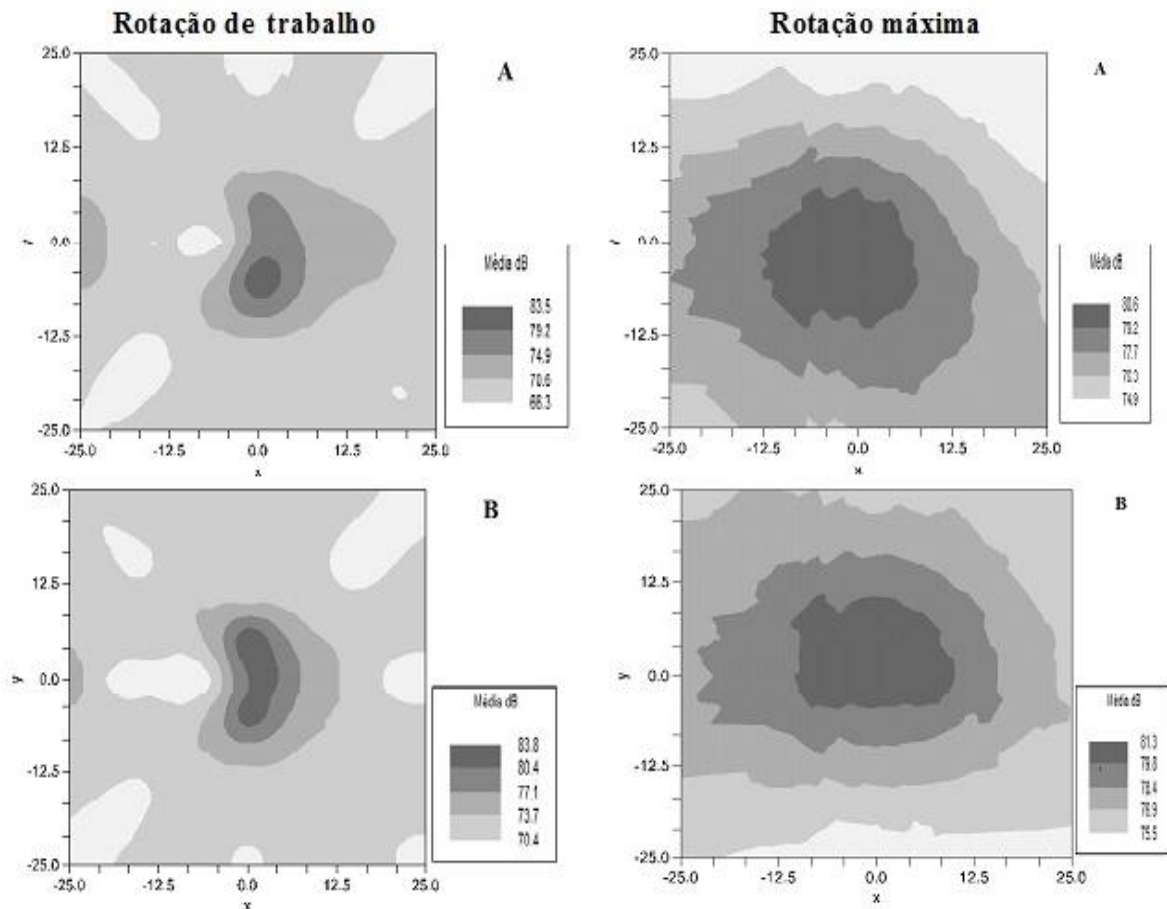


Figura – 2 Distribuição espacial do ruído emitido pela roçadeira em função da aceleração máxima e aceleração de trabalho em área aberta (A) e área fechada (B). Marca TOYAMA.



De acordo com os mapas (Figura 1 e 2), verifica-se que as regiões de maiores intensidades de ruído ocorrem próximas ao local onde a roçadeira junto com operador esteve posicionada, ou seja, no centro do plano. Pode-se observar através dos mapas de distribuição espacial que os tons de cinza reduzem, para o lado esquerdo, direito, traseiro e frontal, à medida em que se afasta da posição em que a roçadeira se encontra em operação junto com o operador. Para um afastamento em relação à fonte de ruído superior a 15,0 m, para as direções citadas anteriormente, visualizam-se no mapa, as regiões (em cinza claro) de menores intensidades de ruído. O menor nível de ruído obtido neste estudo foi de 54,8 dB(A) (em área aberta com a roçadeira da marca STIHL) este valor é menor que o permitido pela legislação (NR – 15) que é 85 dB(A) para se desconsiderar a proteção auricular com uma jornada de trabalho de oito horas. Porém, neste estudo houve níveis de ruídos muito elevados, de acordo com o mapa da área fechada, na rotação de aceleração máxima da marca STHIL (figura 2B) que atingiu um valor de 90,7 dB(A), semelhante a análise da estatística clássica que também ressaltou níveis elevados de ruído na área fechada do estudo. BAESSO et al. (2008) estudando o nível de ruído emitido pelo conjunto trator, com potência nominal de 136 kW (100 cv), e pulverizador com assistência de ar, concluíram que valores elevados de ruídos emitidos por máquinas agrícolas (maior que 85 dB(A)) são gerados em raio de afastamento de até quatro metros de distância do operador, havendo necessidade do uso de EPI (Equipamento de Proteção Individual). MAGALHÃES et al. (2012) ao estudar níveis de potência sonora em tratores agrícolas, pode ressaltar que o operador da máquina é o que está mais sujeito a sofrer os danos causados pelos elevados níveis de ruídos. Observando a Figura 3A e 3B deste trabalho, pode-se confirmar que no ponto central (0, 0) (em que a roçadeira estava em operação) o nível de ruído emitido pela máquina para aceleração de trabalho na área aberta e na área fechada foi

equivalente a 83,5 e 83,8 dB(A), respectivamente. Concordando com os resultados encontrados neste estudo, visto que os maiores níveis de ruído são para o centro da área estudada e que na medida em que se afasta do centro os níveis de ruído vão diminuindo, o mapeamento da variabilidade espacial dos níveis de ruídos emitidos por uma roçadeira agrícola permite realizar esse correto posicionamento, mostrando-se uma boa ferramenta para garantir a salubridade dos trabalhadores ou mesmo permitir a definição do uso de EPT's.

CONCLUSÃO: A geoestatística demonstrou-se satisfatória para a análise do comportamento do ruído em função do raio de afastamento da roçadeira agrícola. Os níveis de ruído obtidos neste estudo foram superiores ao permitido pela legislação. Os valores de ruído superiores a 85dB (NR 15) foram encontrados numa distância de 10 m para rotação de trabalho e 5 m para plena aceleração máxima em relação ao posicionamento da roçadeira e do operador. A variabilidade espacial do ruído em torno da roçadeira teve maior alcance na plena aceleração máxima com 25 m.

REFERÊNCIAS

- ALONÇO, A. S.; MEDEIROS, C.A.; MEDEIROS, F. A.; WENER, VALMIR; **Análise ergonômica do trabalho em atividades desenvolvidas com uma roçadeira manual motorizada.** Ciência Rural, Santa Maria, v.36, n.5, p.1638-1642, set-out, 2006.
- ALVES, A. D. S.; COSTA, F. R. L.; CORTEZ, J. W.; DANTAS, A. C. S.; NAGAHAMA, H. J. Níveis de potência sonora emitidos por trator agrícola em condições estáticas e dinâmicas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, v. 41, n. 1, p. 110-119, 2011.
- BAESSO, M. M. et al. Avaliação do nível de ruído emitido por um conjunto trator pulverizador com e sem assistência de ar. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 16, n. 4, p.400-407, 2008.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Atividades e operações insalubres.** NR 15. Disponível em: < <http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-15-1.htm> >. Acesso em: março de 2017.
- BRAVALHERI, A. C.; BERNARDO, L. A.; MIRANDA, M. A. M.; ANGELO, T. N.; PARAHYBA, V. E. S. Poluição sonora em ambientes da Unicamp. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, Campinas-SP, v. 6, n. 1, p. 1-7, 2010.
- FERRAZ, G. A. S.; SILVA, F. C.; NUNES, R. A.; PONCIANO, P. F. Variabilidade espacial do ruído gerado por uma derrçadeira portátil em lavoura cafeeira. **Coffee Science**, Lavras-MG, v. 8, n. 3, p. 276-283, 2013.
- MAGALHÃES, A.T.; CORTEZ, J.W.; NAGAHAMA, H.J. Nível de ruído de um trator agrícola em função da rotação, da distância, da velocidade e da condição do solo obtido por meio de decibelímetro com e sem proteção de vento. **Energia na Agricultura**, v.27, n.4, p. 27-44, 2012.
- PIMENTA JUNIOR, C. G.; DELMOND, J. G.; CUNHA, J. P. B. ; COUTO, R. F.; LEONÍDIO, D. M.; REIS, E. F. Análise espacial do nível de ruído emitido por trator agrícola. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PB, v.7, n.3, p.514-520, 2012.
- SIQUEIRA, G.M.; VIEIRA, S.R.; CEDDIA, M.B. **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo determinados por métodos diversos.** Bragantia, v.67, p.203-211, 2008.
- SPADIM, E. R.; MARASCA, I.; BATISTUZZI, M. M.; DENADAI, M. S.; GUERRA, S. P. S. Dependência espacial do ruído de tratores agrícolas em diferentes rotações do motor. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 3, p. 29–33, jul./set. 2015.
- YAMAMOTO, J. K. Cálculo de mapas de probabilidade diretamente dos pesos da krigagem ordinária. **Geologia USP Série Científica**, São Paulo-SP, v. 10, n. 1, p. 3-14, 2010.
- ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo.** 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu- SP, 2001.