

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

GILMAR MARTINELLI JUNIOR
RICARDO RODRIGUES DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE RUÍDO EMITIDO POR DOIS
TRATORES AGRÍCOLAS**

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL

2016

GILMAR MARTINELLI JUNIOR
RICARDO RODRIGUES DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE RUÍDO EMITIDO POR DOIS
TRATORES AGRÍCOLAS**

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza

Trabalho de Conclusão de Curso de
graduação apresentado à Universidade
Federal da Grande Dourados, para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Agrícola.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2016

GILMAR MARTINELLI JUNIOR
RICARDO RODRIGUES DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE RUÍDO EMITIDO POR DOIS
TRATORES AGRÍCOLAS**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Agrícola na Universidade Federal da Grande
Dourados, pela comissão formada por:

Dourados, 15 de abril de 2016.

Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza
Orientador - FCA/UFGD

Prof. Me. Gerson Schaffer
UEMS

Prof. Dr. Roberto Carlos Orlando
FCA/UFGD

DEDICATÓRIA

Nós dedicamos este trabalho a todos os profissionais e pesquisadores da área agrícola de segurança do trabalho, os quais desenvolvem pesquisas e soluções para reduzir os danos à saúde dos trabalhadores.

HOMENAGEM

Eu, Gilmar Martinelli Junior, gostaria de homenagear a minha Avó Vanirdes por sempre apoiar e rezar por mim quando viva. Sempre dando conselhos que foram importantes para mim, além de muito amor. Gostaria de homenagear meu Avô João e Avó Anna, por sempre querer o meu bem, e por serem meus padrinhos de batismo.

Eu, Ricardo Rodrigues da Silva, gostaria de homenagear meu Pai José João da Silva e minha Mãe Maria Petelin Rodrigues da Silva, os quais foram minha base primordial, sempre me apoiando diante de todas as decisões da minha vida afim de que me tornasse uma pessoa cada dia melhor.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por nos iluminar em nossas decisões e desafios que a vida oferece.

Às nossas famílias, pelo apoio que sempre nos dera diante das dificuldades que enfrentamos em nossa vida.

Aos Professores Cristiano Márcio Alves de Souza, Leidy Zulys Leyva Rafull e Roberto Carlos Orlando, por sempre nos ajudar quando mais precisamos, e pelos seus conselhos durante o curso.

À UFGD, por oferecer a oportunidade de cursar Engenharia Agrícola, com qualidade e gratuidade de uma universidade pública federal.

BIOGRAFIA DOS AUTORES

Gilmar Martinelli Junior, nascido em Aurifloma-SP, filho de Giomar Martinelli e Dirce Aparecida Gomes Martinelli. Viveu sua infância e adolescência em General Salgado-SP. No início de 2010 foi morar em São José do Rio Preto-SP. Em 2011 mudou para Dourados-MS, com o intuito de cursar a graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Dourados. Durante a vida acadêmica participou do grupo de pesquisa “Engenharia de Sistemas Agrícolas Mecanizados” e foi bolsista PIBIC/CNPq. Durante o ano de 2013-2014 foi Diretor de Marketing da JEEAGRI (Jovens Empreendedores da Engenharia Agrícola), na AIESEC (Association internationale des étudiants en sciences économiques et commerciales) foi Gerente de Vendas entre 2014-2015, e por último teve seu estágio obrigatório realizado na Sapé Agropastoril Ltda.

Ricardo Rodrigues da Silva, filho de José João da Silva e Maria Petelin Rodrigues da Silva, nasceu em Tupã, Estado de São Paulo, em 12 de abril de 1988. Iniciou seus estudos no ensino superior em março de 2006 no curso em Administração de Empresas pela Faculdade FACCAT, em março de 2010 tornou-se bacharel. Após um ano, trabalhando no ramo do agronegócio, optou por uma nova graduação ligada a área e em 2011, ingressou no curso de Engenharia Agrícola na Universidade Federal da Grande Dourados.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	VII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Breve história do trator agrícola	3
2.2. Segurança no trabalho.....	3
2.3. Ergonomia.....	4
2.3.1. Postura e movimentos.....	4
2.3.2. Ruído.....	5
2.4 Avaliação de ruído em máquinas agrícolas	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4.1. Avaliação do ruído emitido por um Trator TL85E.....	13
4.2. Avaliação do Trator MF265	17
5. CONCLUSÃO	22
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	23

RESUMO

MARTINELLI JUNIOR, Gilmar; SILVA, Ricardo Rodrigues da. **Avaliação do nível de ruído emitido por dois tratores agrícolas**. 2016. 27f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrícola). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

No mercado brasileiro houve aumento da frota de tratores agrícolas em 465,9% em 45 anos. A cada ano que passa tem-se um aumento da oferta de novas marcas e novos modelos, conhecidos por emitirem grande quantidade de ruído quando estão em operação agrícola. O ruído pode causar sérios danos e distúrbios em pessoas que trabalham diretamente com essas máquinas. Assim, o trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o nível de ruído emitido por dois tratores agrícolas de pneus, submetidos a diferentes rotações do motor e raios de afastamento da origem da fonte emissora. Foram feitos ensaios, com a coleta de dados de dois tratores agrícolas, modelos TL85E e MF265, com variação da rotação do motor (1500, 1700, 1900, 2100 e 2300 rpm), do raio de afastamento (0, 5, 10, 15, 20 e 25 m) e dos lados do trator (frontal, traseiro, direito e esquerdo). O nível de ruído emitido pelo trator TL85E aumentou linearmente com o aumento da rotação do motor, enquanto seus valores diminuiram quadraticamente com o aumento do raio de afastamento da fonte de emissão, independentemente do lado em que os dados foram obtidos. Os níveis de ruído obtidos nos lados traseiro, esquerdo e direito do trator TL85E cabinado apresentaram comportamento semelhante, enquanto a curva dos níveis de ruído para o lado frontal apresentou maiores valores que os outros lados, a partir de 7 m de distância da fonte emissora. Os resultados apontaram que para a rotação usual de trabalho do trator exige o uso de equipamentos de proteção individual. Os níveis de ruído emitidos pelo trator MF265 foram inferiores aos limites estabelecidos pela legislação brasileira, para uma exposição de 8 h diárias, independentemente da rotação do motor que foi usada, inclusive na fonte de emissão. À medida que se aumenta a rotação do motor do trator MF265 sem cabine aumenta linearmente o nível de ruído, mas diminui seus valores de forma da raiz quadrada do raio de afastamento do trator.

1. INTRODUÇÃO

No ano de 1960 a frota de tratores era de 62.684 unidades, enquanto em 2005 a frota estava com 354.722 unidades, houve um aumento de 465,9% da frota brasileira (ANFAVEA, 2015; IBGE, 2015). Grande parte deste aumento não foi acompanhada com a comercialização de tratores com cabines.

No mercado brasileiro existe uma ampla variedade de marcas e modelos de tratores agrícolas, com ou sem cabines. Nos últimos anos houve crescimento na venda de modelos cabinados, isto porque estes possuem isolamento acústico, térmico e previne a entrada de partículas pequenas de poeiras e de agrotóxicos, proveniente do escapamento do trator ou das máquinas tracionadas.

Os tratores agrícolas de pneus são máquinas conhecidas por emitirem elevado nível de ruídos durante sua operação. Neste caso, o operador e as pessoas que trabalham ao seu redor estarão sofrendo diretamente a ação da pressão sonora, sendo em grande parte com alta frequência, intensidade e duração.

Em operações agrícolas observam-se vários fatores ambientais que podem proporcionar conforto ou não ao trabalhador (DUL e WEERDMEESTER, 2012), como a vibração e alguns parâmetros climáticos. Entretanto, um dos grandes problemas de máquinas e implementos agrícolas é a grande incidência de ruídos emitidos. Nos tratores agrícolas de pneus, principalmente os mais antigos e não dotado com cabine, o nível de ruído é extremamente alto para o operador e os funcionários que estiverem no raio de emissão de ruído (SOUZA et al., 2001). Aliada a grande incidência de ruído, há também a longa jornada de trabalho que os operadores e funcionários passam durante algumas etapas do processo agrícola.

De acordo com Souza et al. (2003), os primeiros ensaios oficiais com máquinas agrícolas foram realizados na Suécia, em 1897. Embora este não seja o primeiro, o teste de tratores da Universidade de Nebraska é o mais conhecido e famoso mundialmente. Este teste serve como parâmetro para todos os ensaios atualmente. Somente em 1958, na Alemanha foi estabelecida a primeira legislação para valor máximo de nível de ruído em veículos e máquinas. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) possui inúmeras normas para fazer os testes de nível de ruído e máxima emissão de ruído, há também a norma regulamentadora N° 15 na qual serve para definir os limites do nível de ruído pela jornada de trabalho.

Analisando os resultados de alguns trabalhos (SOUZA et al., 2001, SOUZA et al., 2003, SOUZA et al., 2006) executados para avaliar o nível de ruído de máquinas agrícolas, pode-se observar que foram encontrados níveis de ruído acima do permitido pela legislação brasileira, obrigando o operador a fazer uso de protetor auricular durante toda operação. De acordo com Ros (2010), os operadores, devido o tempo de exposição ao nível de ruído que a máquina emite, podem ter prejudicada sua audição. Assim, faz-se necessário considerar no estudo do ruído emitido por máquinas agrícolas não somente o seu nível, mas também sua relação com o afastamento da fonte emissora ou com o tamanho da máquina, visando a melhoria do conforto do operador.

O nível de ruído adequado para dar conforto ao trabalhador durante as operações agrícolas e de campo, como foi dita anteriormente, é de grande importância para o grupo de pessoas que trabalham com máquinas e equipamentos agrícolas. Assim, neste trabalho foi avaliado o nível de ruído emitido por dois tratores agrícolas de pneus, fabricados em diferentes épocas e com diferente potência do motor, submetidos a diferentes demandas de rotação do motor e raios de afastamento da origem da fonte emissora.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Breve história do trator agrícola

A Revolução Industrial (1770) foi um grande passo para o desenvolvimento da humanidade, na qual foi construída a máquina a vapor. As máquinas foram inventadas, com o propósito de otimizar o tempo do trabalho humano, além disso, houve um grande aumento produtivo de mercadorias e do lucro dos empresários na Inglaterra no século XVIII.

Os primeiros tratores eram movidos a motores a vapor e foram introduzidos em 1868. Estes tratores foram construídos como locomotivas para pequenas estradas e eram operados por um homem, seu motor pesava menos de 5 toneladas. No decorrer dos anos, esses veículos de 4 rodas foram sendo modificados e melhorados, com a principal mudança foi com a utilização do petróleo.

Hoje os tratores utilizam o diesel como combustível para a produção de calor, que depois irá produzir energia mecânica. Essas máquinas também tiveram novos sistemas de injeção de combustível, sistema de arrefecimento, sistema de lubrificação, além disso, o desenvolvimento de cabines para que o operador consiga operar o trator da melhor forma possível.

2.2. Segurança no trabalho

A Revolução Industrial, com o seu modo de produção comercial em larga escala de produtos manufaturados, exigiu que seus colaboradores fossem cada vez mais rápidos na linha de montagem. Uma vez que eles não tiveram cursos técnicos para operarem as máquinas e equipamentos da sua época, noções de segurança e higiene no trabalho, eles estavam comprometendo sua segurança.

De acordo com Gertrudes (2003), foram feitos movimentos das classes sociais para a reformulação da legislação, buscando garantias de proteção da classe trabalhadora. Assim, o empregador foi levado a assumir responsabilidades e garantir condições seguras no ambiente de trabalho.

Segundo Delwing, o conceito de segurança no trabalho é advindo de um conjunto de normas que visam a melhoria das condições dos ambientes de trabalho. Evitando assim acidentes, minimizando os riscos de trabalho, preparando os trabalhadores para desastres ocupacionais e promovendo a melhoria das condições

físicas e psíquicas do trabalho e por via de regra, irá melhorar a eficiência de produção. Além disso, irá reduzir os índices de problemas de saúde quando estiverem com uma idade avançada.

O conceito de segurança do trabalho, de acordo com Chiavenato (2000), é o conjunto de medidas técnicas, educacionais, médicas e psicológicas, empregadas para prevenir acidentes, eliminar as condições inseguras do ambiente, instruindo ou convencendo as pessoas da implantação de práticas preventivas.

O Brasil está nas primeiras posições de uma lista de países com os maiores índices de acidentes de trabalho do mundo. Grande parte dessas ocorrências são nos setores da construção civil e transportes. De acordo com o Ministério da Previdência Social, do total de acidentes o setor Agropecuário respondeu por 3,47% do total de acidentes registrados na Comunicação de Acidentes do Trabalho (CAT). O setor da Indústria representa 45,48% e o setor de Serviços 51,05% do total de acidentes registrados, excluídos os dados de atividade ignorada.

2.3. Ergonomia

2.3.1. Postura e movimentos

A ergonomia é uma disciplina científica que estuda as relações entre seres humanos e outros elementos ou sistemas, no caso do trabalho é a interação entre o trator e os funcionários.

A postura estuda o melhor posicionamento de partes do corpo, como a cabeça, tronco e membros, no espaço. Ter uma boa postura é importante para que o operador consiga fazer a tarefa exigida, de modo a evitar estresse e desconforto.

Este tipo de estudo passou a ter importância ao redor do mundo só no século XVIII. A partir daí vários pesquisadores passam a descrever os danos para a saúde do trabalhador, devido a condições severas de trabalho, que iriam mais tarde incidir sobre o corpo deles, através de doenças ocupacionais.

A postura e os movimentos de um operador em trator agrícola, são considerados no projeto destas máquinas. O registro de movimentos é importante para posicionar os objetos num espaço delimitado, os controles de uso frequente irão ser colocados na zona preferencial, já os que tem um menor uso serão posicionados fora desta zona.

Segundo Iida (2005), o registro dos movimentos geralmente é realizado por um sistema de planos tri ortogonais. Para que um plano seja bem definido como vertical, é preciso que divida o homem em duas partes simétricas, um à direita e outro à esquerda. Todos os planos paralelos a ele são chamados de planos sagitais, à esquerda ou à direita do plano sagital simetria. Os planos verticais perpendiculares aos planos sagitais chamam-se planos frontais. Já os que ficam na frente são os frontais anteriores e os que ficam às costas, planos frontais posteriores. Ainda segundo esse autor, os planos horizontais, paralelos ao piso, são chamados de planos transversais.

De acordo Iida (2005), o fator mais importante para o dimensionamento é a postura, existindo três posturas básicas para o corpo: deitada, sentada e de pé. Para cada tipo de trabalho é exigido um estudo para os movimentos corporais.

2.3.2. Ruído

Os tratores agrícolas de pneus são máquinas conhecidas por emitirem grande quantidade de ruídos durante a operação. Neste caso, o operador e as pessoas ao seu redor estarão sofrendo diretamente da ação de ondas sonoras, sendo em grande parte com alta frequência, intensidade sonora e duração.

O ruído pode ser conceituado como um som não desejável, ou uma situação não prazerosa. Esta definição conceitual não é muito correta, pois para muitos este som produz uma sensação desejável. Como exemplo, num evento que geralmente tem músicas, para os que estiverem participando deste evento será um som desejável, já para as pessoas da região será indesejável.

Segundo Iida (2005), o ruído é uma mistura complexa de diversas vibrações, medido em uma escala logarítmica, cuja unidade é decibel (dB). O ouvido humano possui a capacidade de perceber uma grande faixa de intensidades sonoras, desde aquelas próximas de zero, até potências superiores (10^{13}), equivalentes a 130 dB. A partir deste nível de ruído, provocará uma sensação dolorosa e poderá acarretar sérios danos no curto ou longo prazo no sistema do aparelho auditivo.

Um som possui três variáveis como frequência, intensidade e duração. O ouvido humano é capaz de perceber sons na frequência de 20 a 20000 Hz (ZAEYEN et al., 2004). Na intensidade, o ouvido humano é capaz de perceber sons na faixa de 20 a 140 dB. A duração do som é medidas em segundos. Os sons de curta duração (menores que 0,1 s) dificultam a percepção e aparentam ser diferentes daqueles de longa duração (acima de 0,1 s).

Segundo Dul e Weerdmeester (2012), uma exposição acima de 80 dB(A), durante oito horas de trabalho, pode provocar surdez. Além disso, a cada aumento de 3 db(A), deve haver uma redução do tempo pela metade. Assim, se o ruído for de 83 db(A), o tempo de exposição se reduz para 4 horas e, com 89 db(A), para 1 hora de exposição.

O limite tolerável irá depender de cada tipo de atividade, em geral ruídos entre 70 a 90 db dificultam a conversação e a concentração, e podem provocar aumento dos erros e redução do desempenho. O ideal é conservar o nível de ruído próximo de 70 dB (IIDA, 2005).

De acordo com Dul e Weerdmeester (2012), embora seja recomendável reduzir o nível de ruído, no ambiente de trabalho este não deve ser inferior a 30 dB(A). Isso porque nossos ouvidos acabam se acostumando a esse ruído de fundo. Se o ruído de fundo for muito baixo, qualquer barulho de baixa intensidade poderá sobressair e distrair a atenção.

Os ruídos podem ser contínuos ou de impactos. Os contínuos são aqueles que ocorrem uniformemente e durante toda a jornada de trabalho. Por outro lado, os ruídos de impactos possuem picos de energias acústicas, com duração inferior a 1 s e podem chegar a níveis de 110 a 135 dB. Um exemplo dos contínuos são as máquinas de estamparia e forjadoras. Pode-se considerar como ruídos de impactos, aqueles advindos de ações de martelagens, bate-estacas, tiros, explosões, som de apitos ou zumbidos.

Há estudos indicando que ruídos acima de 90 dB(A) já causam danos auditivos aos trabalhadores. Hoje em dia, existem muitas normas estrangeiras que fixam o limite máximo em 80 dB(A) (IIDA, 2005).

Uma das consequências provocadas pelo ruído é a surdez. A surdez poderá ser surdez de condução ou surdez nervosa. Na surdez de condução, resultará numa redução da capacidade de transmitir vibrações. Pode ser causada por diversos fatores, como acúmulo de cera, perfuração do tímpano. Já na surdez nervosa, ocorre no ouvido interno e é devida a redução da sensibilidade das células nervosas da cóclea. Um dos fatores para este tipo de surdez é a exposição prolongada a ruídos intensos.

Segundo Iida (2005), a surdez pode ter um caráter temporário, reversível ou poderá ser permanente. Uma exposição diária, durante a jornada de trabalho, com um nível elevado de ruído, poderá causar surdez temporária, que poderá desaparecer com o descanso diário. Dependendo dos fatores como intensidade, frequência e tempo de

exposição, o descanso diário poderá não ser suficiente para a recuperação. Neste caso, haverá um efeito acumulativo e resulta numa surdez permanente.

O limite de tolerância para ruído contínuo ou intermitente é 85 dB(A), considerado a máxima exposição diária permissível durante 8 horas de jornada de trabalho, pela norma regulamentadora brasileira NR-15 (Quadro 1). Com o aumento do nível de ruído dB(A) menor será a máxima exposição diária permissível conforme as normas. Para o ruído de 115 dB (A), sua máxima exposição diária permissível será durante 7 minutos de jornada de trabalho, percebe que tem uma redução acentuada da jornada de trabalho do trabalhador, conseqüentemente haverá a necessidade de maior mão-de-obra, aumentando assim o custo da atividade desempenhada.

QUADRO 1. Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

Nível de ruído dB(A)	Máxima exposição diária permissível
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: NR-15.

A NR-15 não permite a exposição a níveis de ruído acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos. Pode ser que durante a

jornada de trabalho ocorrem dois ou mais períodos de exposição a ruídos diferentes níveis, devem ser efeito os seus efeitos combinados de que forma, a soma das seguintes frações:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \quad (1)$$

em que,

C_n – indica o tempo total que o trabalhador fica exposto a nível de ruído específico, h;

T_n – indica a máxima exposição diária permissível a este nível, h.

Na NR-15 tem os limites de tolerância para ruídos de impacto, como na atividade agrícola dificilmente tem incidência de tais ruídos. Além do mais, nos tratores agrícolas de pneus não há emissão de ruídos de impacto, não levando em consideração neste trabalho.

2.4 Avaliação de ruído em máquinas agrícolas

O ensaio de medição do nível de ruído em máquinas agrícolas é importante para se saber qual é a intensidade sonora que chega realmente ao ouvido dos operadores. Dependendo das variáveis envolvidas, continuidade da pressão sonora e condições de como foram gerados os ruídos, pode-se ter resultados representativos e que podem trazer informações visando minimizar seus efeitos.

No campo científico existem várias metodologias para ensaio de medição de nível de ruído em máquinas agrícolas, variando rotação do motor (rpm), raio de afastamento (m), lado (frontal, traseiro, esquerdo e direita) e localização da fonte emissora, com o uso ou não de implementos agrícolas conjugados.

Pimenta et al. (2012), analisando o nível de ruído para diferentes raios de afastamento (1, 2, 3, 4 e 5 m) e quatro diferentes direções ao redor do trator (dianteira, traseira, direita e esquerda), com quatro rotações do motor (1000, 1500, 2000 e 2500 rpm), verificaram que as regiões de maiores intensidades de ruído ocorrem próximas ao trator nas maiores rotações, reduzindo-se à medida que o raio de afastamento aumenta.

Nos ensaios de trator com o arado de discos, a maior média de nível de ruído foi encontrada quando utilizaram a maior velocidade e a maior profundidade, indicando a tendência de elevação do nível de ruído, em função do aumento da força de tração requerida (SOUZA et al., 2003). O maior nível de ruído obtido no trator com

grade de discos foi encontrado quando utilizaram maiores velocidades e maior profundidade. O trator com aplicador de calcário teve maior média de nível de ruído quando utilizou maior velocidade. Não se observou diferença significativa para as médias de nível de ruído quando o trator tracionou a semeadora-adubadora. Para trator e pulverizador, a maior média foi encontrada na maior velocidade. Na avaliação da colhedora, a maior média de nível de ruído foi encontrada na menor velocidade, devido a uma trepidação da colhedora.

Em trabalho realizado por Silva et al. (2004), os resultados mostraram que as colhedoras TC57, MF-3640 e SLC-6200, com ou sem presença de tratores ao lado ambos em movimento, apresentaram valores de níveis de ruído diferentes entre si. Os tratamentos em que as colhedoras estavam descarregando o produto carreta tracionada por um trator, ambos ligados e parados, observou-se que não houve diferença significativa para as colhedoras analisadas.

Oliveira Junior et al. (2011), desenvolveu um trabalho com o objetivo de avaliar os níveis de ruído emitidos por um trator em distintas operações agrícolas, em função de quatro lados e raios de afastamentos com distâncias entre 2 a 10 metros. Nas condições que o experimento foi conduzido, concluiu-se que as operações avaliadas como aração, gradagem e semeadura apresentam níveis de ruídos, medindo junto ao ouvido do operador, acima do permitido, pela legislação brasileira. Assim, os autores recomendaram o uso obrigatório do protetor auricular para que não ocorra perda de audição.

Com o aumento da rotação de trabalho, o nível de ruído aumentou nas operações de aração e gradagem, pois pode ter havido maior demanda de força de tração. Em relação ao raio de afastamento do conjunto trator-semeadora, o nível de ruído esteve acima do limite de conforto quando foi medido do lado do escapamento do trator, até quatro metros de distância da fonte emissora. Assim, demonstrando como é importante o uso de equipamentos de proteção individual para pessoas que trabalham próximas às máquinas (Oliveira Junior et al., 2011).

Segundo Cunha et al. (2012), as operações agrícolas podem impor grande estresse físico e mental aos tratoristas devido sua exposição ao ruído e a vibração. Esses Autores avaliaram dois tratores agrícolas com mesmas rotações do motor. Os resultados quanto a vibração foram feitas no assento do trator, indicando o trator mais antigo pode comprometer a saúde, segurança e o conforto do tratorista.

Em geral o avanço tecnológico, tem garantido o melhor desempenho quando se trata de ergonomia, porém, precisa de um grande aprofundamento em estudos quanto à acústica das cabines dos tratores e a redução de ruídos, faça reduzir os impactos ao operador.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Projeto de Máquinas da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada no município de Dourados, MS.

O ensaio de medição do nível de ruído no trator modelo TL85E foi realizado em área anexa as dependências do Laboratório de Projeto de Máquinas da Universidade Federal da Grande Dourados. O trator TL85E foi fabricado no ano de 2012, possui potência nominal do motor de 88 cv (64,7 kW), e é cabinado. Os dados dos testes foram coletados no dia 17 de junho de 2015, nos períodos da manhã e tarde. A duração da coleta dos dados foi de aproximadamente de 5 horas.

O trator modelo MF265, foi ensaiado na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados (latitude -22,23, longitude -54,98 e altitude de 408 m). O mesmo fabricado no de 1990, com potência nominal do motor de 65 cv (47,8 kW), e é cabinado. Os dados dos testes foram coletados no dia 19 de junho de 2015, nos períodos da manhã e tarde. A duração da coleta dos testes foi de 5 horas e 25 minutos.

De acordo com a norma técnica NBR 10151 (ABNT, 2000), é necessário ter equipamentos para medição de precisão e estar devidamente calibrados. O medidor de nível de pressão sonora atendeu às especificações da IEC 60651. O decibelímetro utilizado nos testes dos dois tratores foi um Highmed, modelo HM852, alcance de 30 a 130 dB(A), com resolução de 0,1 dB(A). Foi usado um equipamento Kestrel, modelo 4500NV, para medição da umidade relativa do ar ambiente e a velocidade do vento, conforme exigência da norma.

As medições de níveis de ruído foram efetuadas em pontos afastados aproximadamente 1,2 metros do piso (ABNT, 2000). Para a realização dos testes, não pode haver interferências audíveis advinhas de fenômenos da natureza, como por exemplo: trovões, chuvas fortes, tempestades, etc. Diante disso, os testes foram realizados em dias de sol, com ventos com intensidade menor que $5,0 \text{ m s}^{-1}$ e umidade relativa menor que 80%. Assim, utilizou-se um microfone com o uso de protetor, prevenindo do efeito de ventos. Nos dois dias de testes houve variação da intensidade dos ventos, chegando no máximo de $4,0 \text{ m s}^{-1}$, já no caso da umidade relativa, o máximo atingido foi de 76,8%. Foi coletado o ruído oriundo do ambiente para cada rotação, com três repetições.

Com uma trena de alcance de 50 metros foram feitas as marcações dos raios de afastamento com distância 0, 5, 10, 15, 20 e 25 m da fonte de emissão de ruído do trator (escapamento do trator) para a parte dianteira, traseira, esquerda e direita. Na Figura 1 tem-se um esquema demonstrando os lados do trator onde foram coletados os dados de ruído.

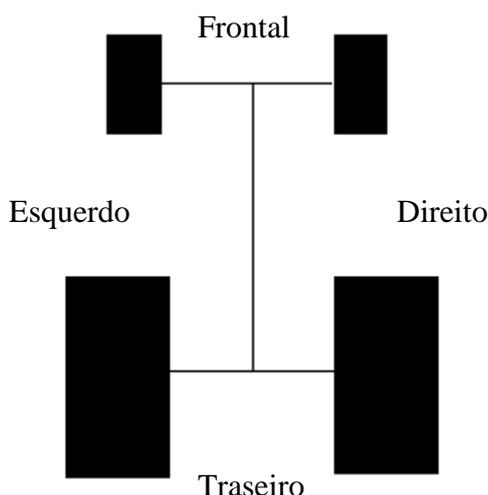


FIGURA 1. Esquema demonstrando as posições de coleta de dados em cada lado dos tratores.

Para ambos os tratores foram coletados, em cada rotação do motor, três repetições dos níveis de ruído ambiente, umidade relativa e velocidade do vento. Totalizando 360 leituras em 5 rotações (1500, 1700, 1900, 2100 e 2300 rpm), 6 raios de afastamento (0, 5, 10, 15, 20, 25 m) e 4 lados. As leituras foram tomadas a cada 3 segundos, uma forma de ter maior precisão do nível de ruído emitido, obtendo-se assim amostragem composta.

O experimento foi montado no delineamento inteiramente casualizado, no esquema de parcelas subdivididas, onde as parcelas foram constituídas pelas rotações do motor e as subparcelas os lados do trator e os raios de afastamento da fonte de emissão, com cinco repetições.

Os dados obtidos dos testes foram submetidos à análise de variância, com significância de 5%. Quando significativo pelo teste F, os dados foram submetidos ao processo de regressão, sendo os coeficientes testados pelo teste t, a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação do ruído emitido por um Trator TL85E

As médias do nível de ruído ambiente coletado durante a realização de cada rotação do trator foram de 47,0 (1500 rpm), 48,7 (1700 rpm), 46,8 (1900 rpm), 50,3 (2100 rpm) e 46,5 dBA (2300 rpm).

Outros dados de relevância para o máximo de precisão são a umidade relativa do ar e velocidade do ar. A umidade relativa do ar manteve-se entre 56,9 a 64,0%, enquanto a velocidade do ar estava entre 1,5 a 4,0 m s⁻¹. Assim, pode-se dizer que o trabalho respeitou a norma NBR 9999, na qual no momento do ensaio de medição do nível de ruído a velocidade do vento deve ser no máximo 5,0 m s⁻¹ e a umidade relativa menor do que 80%.

No Quadro 2 é apresentado o resumo da análise de variância dos dados de ruído emitido nas diferentes rotações do motor, do raio de afastamento e do lado de emissão do ruído. Observa-se que o nível de ruído foi influenciado por todas as variáveis estudadas, bem como a interação entre elas. Assim, optou-se por estudar uma superfície de resposta do nível de ruído em função da rotação e do raio de afastamento, para cada lado do trator.

QUADRO 2. Resumo da análise de variância dos dados de ruído para rotação (Ro), raio de afastamento (Raio) e lados do trator (Lado)

FV	GL	Quadrado médio
Ro	4	1.331,569**
Erro (A)	10	0,254
Raio	5	5.877,223**
Ro × Raio	20	5,199**
Lado	3	47,848**
Ro × Lado	12	5,232**
Raio × Lado	15	11,335**
Ro × Raio × Lado	60	1,629**
Resíduo	230	0,317

** significante a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Analisando os dados obtidos no Lado 1 do trator TL85E, que se refere a parte dianteira do trator, verifica-se que o ruído diminui de maneira quadrática com o aumento do raio de afastamento da fonte de emissão (Equação 2 e Figura 2), enquanto seus valores aumentaram linearmente com o aumento da rotação do motor do trator.

Resultado semelhante foi observado por Pimenta Junior et al. (2012), que observou redução do nível de ruído com o aumento do raio de afastamento da máquina.

$$y = 66,8868 - 2,0427^{**}x + 0,0465^{**}x^2 + 0,0126^{**}z \quad R^2 = 0,98 \quad (2)$$

em que,

y – nível de ruído emitido pelo trator, dB(A);

x – raio de afastamento, m;

z – rotação do motor do trator, rpm;

** – Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

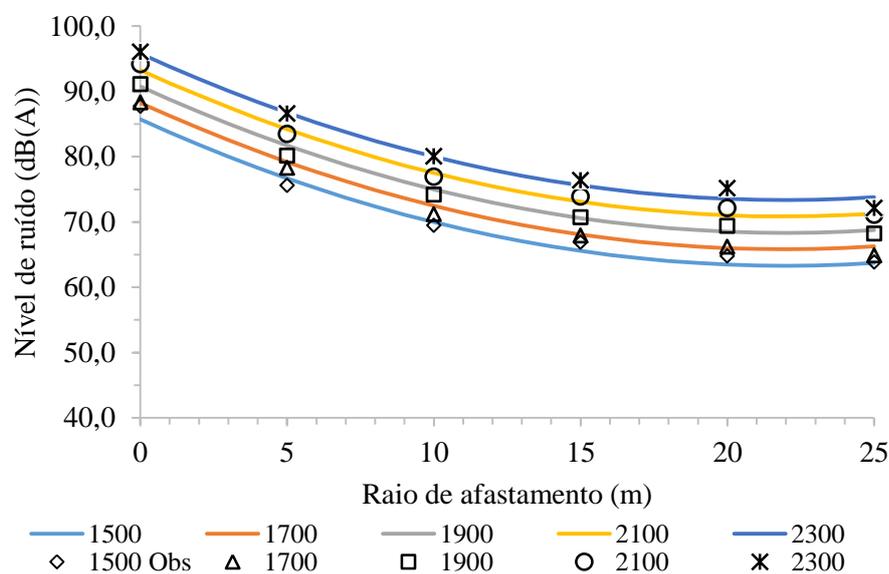


FIGURA 2. Nível de ruído emitido por um trator TL85E em função do raio de afastamento, para as respectivas rotações do motor, obtidos na sua parte frontal.

Mesmo para a rotação de 1500 rpm, o nível de ruído é maior na fonte de emissão, atingindo um valor de 85,8 dB(A), ultrapassando o limite de tolerância para ruído contínuo ou intermitente de 85 dB(A) para uma jornada de trabalho de 8 h, conforme a NR-15. À medida que aumenta o raio de afastamento, o nível de ruído vai diminuindo quadraticamente.

O incremento da rotação do motor em 200 rpm provocou aumento linear de 2,52 dB(A) no nível de ruído emitido pelo trator, independentemente do raio de afastamento da máquina.

O trator é usado na semeadura de culturas anuais, assim havendo frequentemente a necessidade de reabastecimento de insumos nos depósitos das semeadoras-adubadoras, o que é feito por trabalhadores que prestam serviço ao redor da máquina. Como essas máquinas demandam potência para operar no plantio com cerca de 2000 rpm no motor do trator, nessas condições um trabalhador deveria permanecer o tempo todo durante o trabalho fazendo uso do protetor auricular (Figura 2).

Por outro lado, quando a semeadora-adubadora é reabastecida com insumos, o trator permanece com rotação do motor reduzida e considerando que a mesma é de 1500 rpm, os trabalhadores que estiverem a menos de 3,8 m de distância do conjunto trator-semeadora-adubadora deveriam usar o protetor auricular constantemente.

Analisando os dados de ruídos obtidos nos lados 2, 3 e 4 do trator, que se referem a os lados traseiro, esquerdo e direito do trator, respectivamente, verifica-se que o ruído diminui de maneira quadrática (Equação 3, 4 e 5) com o aumento do raio de afastamento da fonte de emissão (Figura 3, 4 e 5), semelhante ao ocorrido com os dados obtidos no Lado 1. O nível de ruído aumentou linearmente com o aumento da rotação do motor do trator. Resultados semelhantes foram encontrados por Cunha et al. (2012), que verificaram aumento linear do ruído com o aumento da rotação do motor.

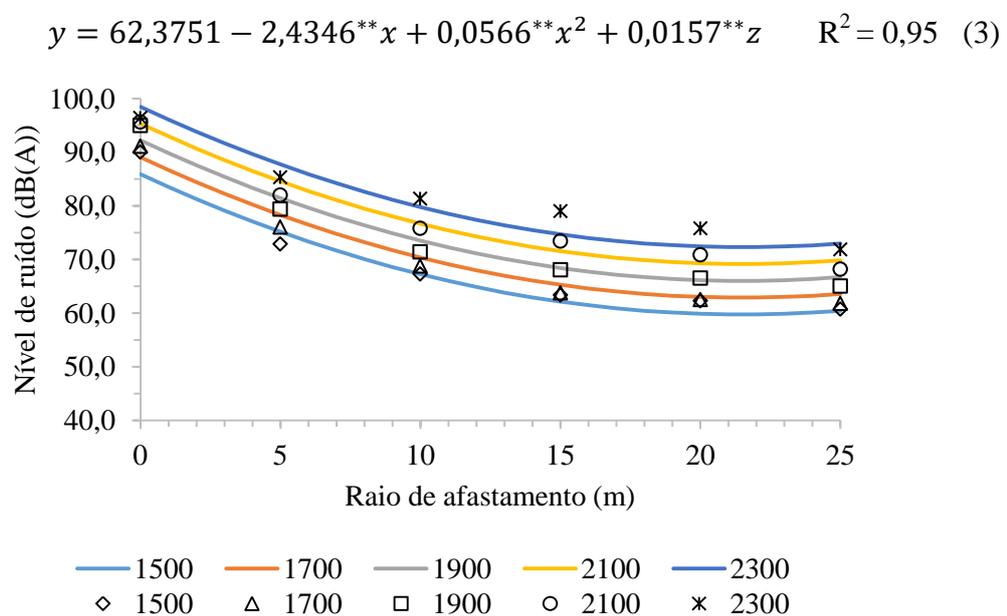


FIGURA 3. Nível de ruído emitido pelo trator TL85E em função do raio de afastamento, para as respectivas rotações do motor, obtidos na parte de trás.

$$y = 67,3981 - 2,2886^{**}x + 0,0505^{**}x^2 + 0,0129^{**}z \quad R^2 = 0,97 \quad (4)$$

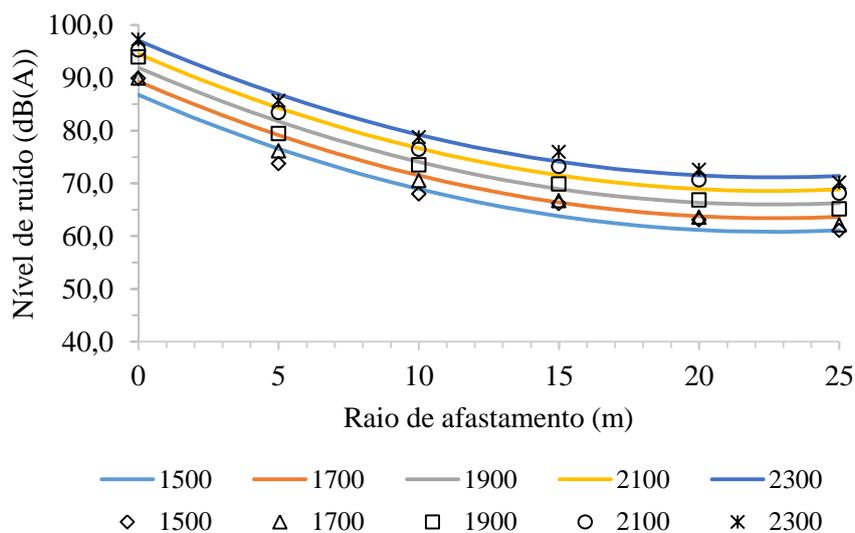


FIGURA 4. Nível de ruído emitido pelo trator TL85E em função do raio de afastamento, para as respectivas rotações do motor, obtido do lado esquerdo.

$$y = 66,7643 - 2,3119^{**}x + 0,0525^{**}x^2 + 0,0128^{**}z \quad R^2 = 0,99 \quad (5)$$

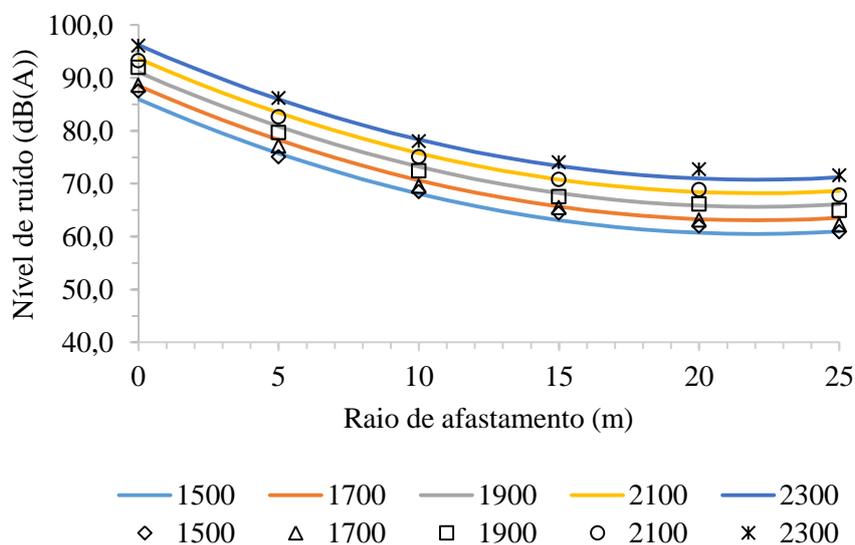


FIGURA 5. Nível de ruído emitido pelo trator TL85E em função do raio de afastamento, para as respectivas rotações do motor, obtido do lado direito.

Na Figura 6 está apresentada as curvas de nível de ruído em função do raio de afastamento, para os quadros lados do trator, obtidos para uma rotação do motor de

2000 rpm. Pode-se observar que os níveis de ruído dos lados traseiro, esquerdo e direito apresentaram comportamento semelhante, enquanto a curva dos níveis de ruído para o lado frontal apresenta maiores valores a partir de 7 m de afastamento da fonte emissora. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de ocorrer perdas nos sistemas de transmissão de potência na forma de ruído, e estando os mesmos localizados na parte dianteira do trator, acabou-se somando com o ruído emitido pelo escapamento de gases do motor.

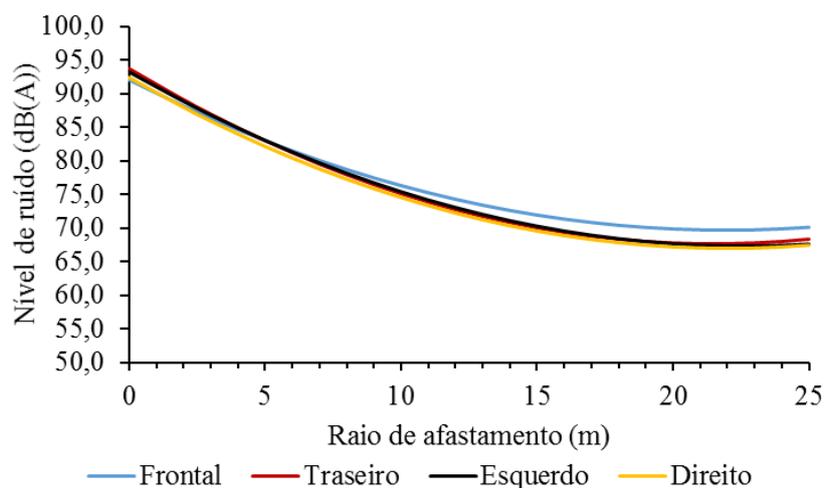


FIGURA 6. Nível de ruído emitido pelo trator TL85E em função do raio de afastamento, para os respectivos lados e rotação do motor de 2000 rpm.

4.2. Avaliação do Trator MF265

Antes do início das determinações de ruídos, foi medido o ruído de fundo, velocidade do vento e umidade relativa. Utilizou-se um protetor de ventos, junto ao microfone do medidor de pressão sonora, com intuito de uniformizar as leituras. Com o uso do aparelho decibelímetro obteve-se as médias do nível de ruído ambiente durante a realização de cada rotação do trator apresentando 47,4 (1500 rpm), 48,4 (1700 rpm), 45,8 (1900 rpm), 47,9 (2100 rpm) e 48,1 dBA (2300 rpm).

A umidade relativa do ar manteve-se entre 53,4 a 76%, enquanto a velocidade do ar estava entre 1,9 a 3,7 m s⁻¹. Assim, pode-se dizer que o trabalho respeitou a norma NBR 9999, na qual no momento do ensaio de medição do nível de ruído a velocidade do vento deve ser no máximo 5,0 m s⁻¹ e a umidade relativa menor do que 80%.

Os dados do resumo da análise de variância do ruído para a rotação do motor, do raio de afastamento e do lado de emissão para o Trator MF265 estão

apresentados no Quadro 3. Pode-se observar que houve influência da rotação do motor, do raio de afastamento e do lado do trator sobre os valores do nível de ruído, bem como a interação entre elas.

QUADRO 3. Resumo da análise de variância dos dados de ruído para rotação (RO), raio de afastamento e lado do trator

FV	GL	Quadrado médio
Ro	4	240,4992**
Erro (A)	10	0,1959
Raio	5	7.223,0570**
Ro x Raio	20	5,1462**
Lado	3	227,8568**
Ro x Lado	12	2,6488**
Raio x Lado	15	9,4398**
Ro x Raio x Lado	60	0,2714**
Resíduo	230	0,1118

**significante a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Houve tendências de o nível de ruídos aumentar linearmente com o aumento da rotação no motor e de diminuir com a raiz quadrada do raio de afastamento do trator até se assemelhar ao nível de ruído ambiente (Figuras 7 a 10 e Equações 6 a 9).

$$y = 66,5316 + 0,87475^{**}x + 0,006451^{**}z - 10,0575^{**}\sqrt{x} \quad R^2 = 0,99 \quad (6)$$

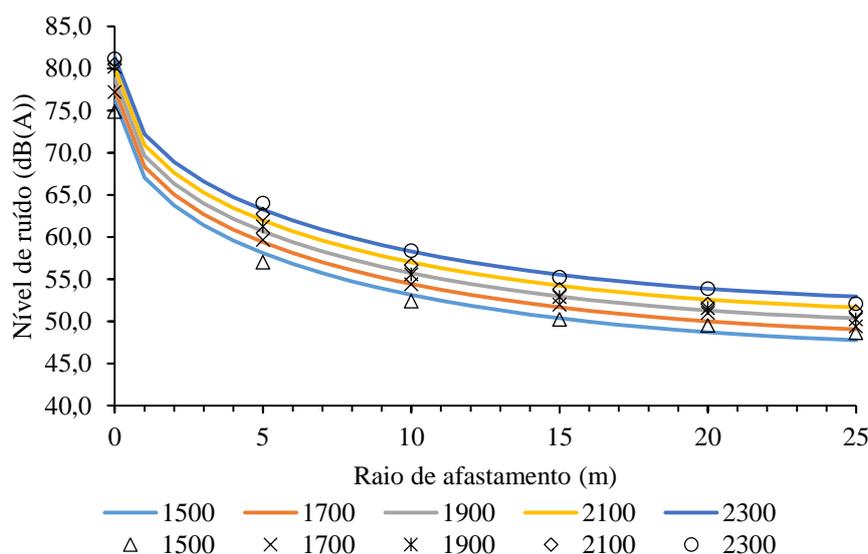


FIGURA 7. Nível de ruído emitido por um trator MF265 em função do raio de afastamento, com o motor funcionando nas respectivas rotações, para os dados coletados do lado frontal.

$$y = 70,2128 + 1,4132**x + 0,0040528**z - 12,9619**\sqrt{x} \quad R^2 = 0,99 \quad (7)$$

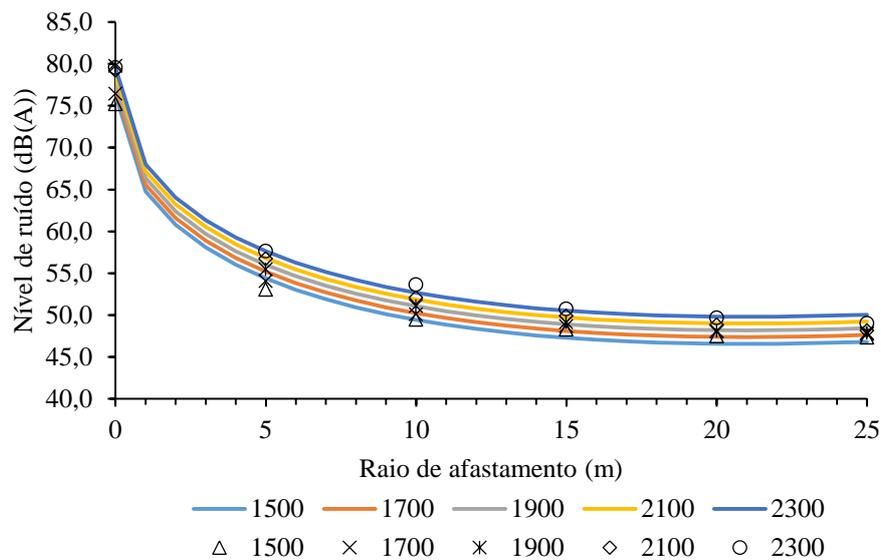


FIGURA 8. Nível de ruído emitido por um trator MF265 em função do raio de afastamento, com o motor funcionando nas respectivas rotações, para os dados coletados na direção da parte traseira do trator.

$$y = 66,6797 + 0,883488**x + 0,00643704**z - 10,1736**\sqrt{x} \quad R^2 = 0,99 \quad (8)$$

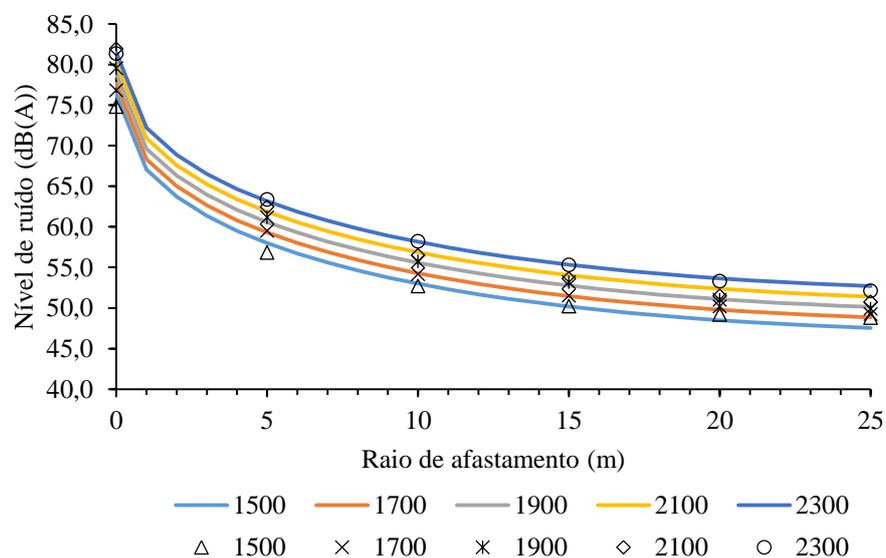


FIGURA 9. Nível de ruído emitido por um trator MF265 em função do raio de afastamento, com o motor funcionando nas respectivas rotações, para os dados coletados do lado esquerdo.

$$y = 67,6198 + 0,909496**x + 0,00606296**z - 10,3034**\sqrt{x} \quad R^2 = 0,99 \quad (9)$$

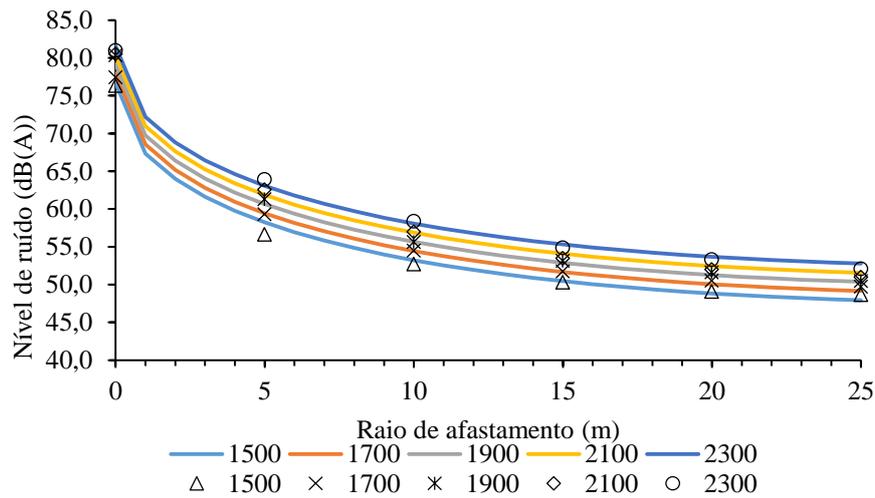


FIGURA 10. Nível de ruído emitido por um trator MF265 em função do raio de afastamento, com o motor funcionando nas respectivas rotações, para os dados coletados do lado direito.

Referente a saída de gases do trator, o escapamento, obteve-se o maior nível de ruído, ou seja, não houve outro elemento que tenha contribuído para aumentar o ruído emitido pela máquina. Os valores observados de nível de ruído emitido na fonte foram inferiores a 81,0 dB(A), verificado na rotação de 2300 rpm.

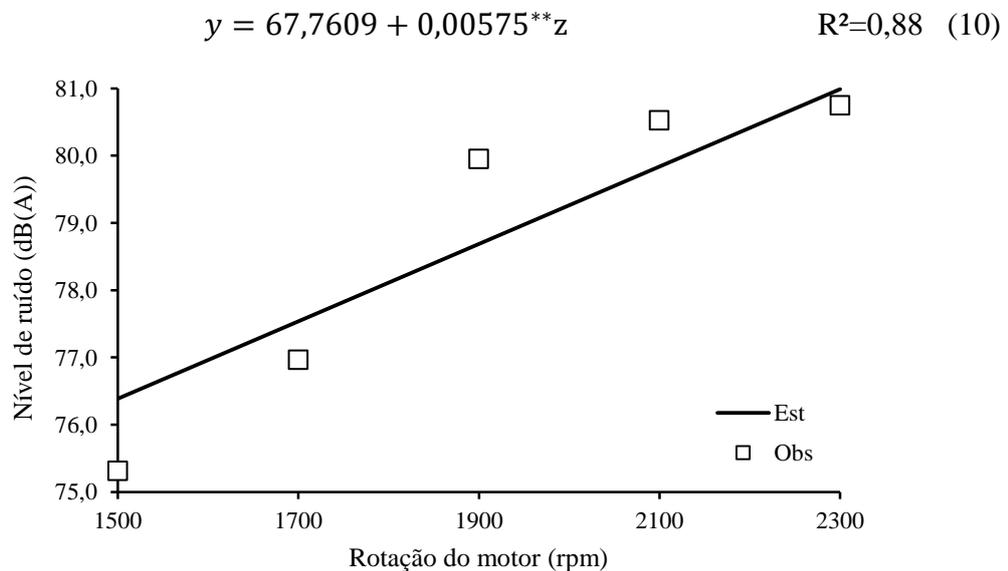


FIGURA 11. Nível de ruído emitido por um trator MF265 em função do raio de afastamento, com o motor funcionando nas respectivas rotações, para os dados coletados na fonte emissora.

De acordo com a norma vigente, o valor limite para o nível de ruído é de 85 dB(A) com exposição de 8 horas diárias de trabalho. Percebe-se que em todas as rotações estudadas, nos diferentes lados do trator, os níveis de ruídos estavam abaixo do limite exigido na norma.

Considerando a importância referente a linha de pesquisa, este trabalho teve como objetivo avaliar os níveis de ruídos emitidos por dois tratores agrícolas cabinados, demonstrando que, mesmo sendo cabinados, podem haver níveis de ruídos acima do permitido, tratores originalmente sem cabine o nível de preocupação com operador aumenta muito ,devido ao nível de ruído ser maior , trazendo desconforto, perda de audição e estresse ao operador.

5. CONCLUSÃO

O nível de ruído emitido pelo trator TL85E aumentou linearmente com o aumento da rotação do motor, enquanto seus valores diminuíram quadraticamente com o aumento do raio de afastamento da fonte de emissão, independentemente do lado em que os dados foram obtidos.

Os níveis de ruído obtidos nos lados traseiro, esquerdo e direito do trator TL85E apresentaram comportamento semelhante, enquanto a curva dos níveis de ruído para o lado frontal apresenta maiores valores comparados aos outros lados, a partir de 7 m de distância da fonte emissora. Para a rotação usual de trabalho do trator exige o uso de equipamentos de proteção individual.

Os níveis de ruído emitidos pelo trator MF265 foram inferiores aos limites estabelecidos pela legislação brasileira, para uma exposição de 8 h diárias, independentemente da rotação do motor que foi usada, inclusive na fonte de emissão.

À medida que se aumenta a rotação do motor do trator MF265 aumenta linearmente o nível de ruído, mas diminui seus valores de forma da raiz quadrada do raio de afastamento do trator.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – **Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2000. p.02.

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Indústria automobilística brasileira**. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/anuario2007/Cap1_15_2007.pdf>. Acessado em: 03 de Agosto de 2015.

CUNHA, J.P.A.R.; DUARTE, M.A.V.; SOUZA, C.M.A. Vibração e ruído emitidos por dois tratores agrícolas. **Idesia**.v.30, p.25-34, 2012.

CUNHA, J.P.B.; LEONÍDIO, D.M.; PIMENTA, J.C. G.; DELMOND, J.G.; REIS, E. F.; COUTO, R. F. **Análise espacial do nível de ruído emitido por trator agrícola**. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Aprovado em: 09 de janeiro de 2012. Disponível em:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119024529022>> . Acessado em: 21 de agosto de 2015.

DELWINGS, E.B. Curso Técnico em Segurança no Trabalho. **Centro de Educação Profissional Martin Luther**. Disponível em:<<http://www.cotemar.com.br/biblioteca/seguranca-do-trabalho/apostila-seguranca-do-trabalho-I.pdf>>. Acessado em 18 de agosto de 2015.

DUL, J; WEERDMEEESTER, B. **Ergonomia Prática**. 3ª ed., São Paulo: Blucher, 2012. 163p.

GERTRUDES, M.R.L.; BRANDALIZE, A. **Manual de Segurança do Trabalho para Microempresa**. Terra e Cultura, Nº 36, p. 103 – 116, 2003.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2ª ed., São Paulo: Blucher, 2005. 592p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

OLIVEIRA JUNIOR. 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, 2011.

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**, v.7, n.3, p.514-520, 2012.

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

SOUZA, C.M.A.; QUEIROZ, D.M.; RAFULL, L.Z.L.; PINTO, F.A.C. Evaluación del nivel de ruido emitido por un sistema de cosecha para frijoles. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuárias**, v.10, n.3, p.49-54, 2001.

SOUZA, L.H.; FERNANDES, H.C.; VITÓRIA, E.L. Avaliação do nível de ruído causado por diferentes conjuntos mecanizados. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v.28, n.105/106, p.21-30, 2003.

ZAEYEN, E.J.B.; INFANTOSI, A.F.C.; CUSTÓDIO, E.J.S. Avaliação e acompanhamento da deficiência auditiva em recém-nascidos. **Editora Fiocruz**, 2004. 564 p.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

M385a Martinelli Junior, Gilmar
AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE RUÍDO EMITIDO POR DOIS TRATORES
AGRÍCOLAS / Gilmar Martinelli Junior, Ricardo Rodrigues Silva -- Dourados:
UFGD, 2016.
33f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Cristiano Márcio Alves de Souza
Co-orientadora: Leidy Zulys Leyva Rafull

TCC (graduação em Engenharia Agrícola) -Faculdade de Ciências Agrárias,
Universidade Federal da Grande Dourados.
Inclui bibliografia

1. Mecanização agrícola. 2. Ruídos. 3. Ergonomia. 4. Tratores agrícolas. I
Ricardo Rodrigues Silva II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.