

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**STEFANI REFATTI MORAES**

**NÍVEIS DE RUÍDO EMITIDOS POR TRATOR AGRÍCOLA DURANTE OPERAÇÃO  
DE PULVERIZAÇÃO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE TRABALHO**

**Alegrete  
2023**

**STEFANI REFATTI MORAES**

**NÍVEIS DE RUÍDO EMITIDOS POR TRATOR AGRÍCOLA DURANTE OPERAÇÃO  
DE PULVERIZAÇÃO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE TRABALHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador: Vilnei de Oliveira Dias

**Alegrete  
2023**

**STEFANI REFATTI MORAES**

**NÍVEIS DE RUÍDO EMITIDOS POR TRATOR AGRÍCOLA DURANTE OPERAÇÃO  
DE PULVERIZAÇÃO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE TRABALHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 07 de julho de 2023.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Vilnei de Oliveira Dias  
Orientador  
UNIPAMPA

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Lanes Beatriz Acosta Jaques  
UNIPAMPA

---

Eng. Agríc. Sueli Elisa Kullmann

---



Assinado eletronicamente por **Sueli Elisa Kullmann, Usuário Externo**, em 13/07/2023, às 17:06, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



Assinado eletronicamente por **VILNEI DE OLIVEIRA DIAS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/07/2023, às 17:34, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



Assinado eletronicamente por **LANES BEATRIZ ACOSTA JAQUES, PROFESSOR MAGISTERIO SUPERIOR - SUBSTITUTO**, em 14/07/2023, às 08:06, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1183909** e o código CRC **21D9B0A0**.

---

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Neiva Refatti Moraes e Antonio Brizola Moraes, por serem sempre meu alicerce, acreditarem no meu potencial e trilharem este caminho comigo. A vocês devo tudo.

Aos meus avós, Geni Serpa Refatti e Euzébio Luiz Refatti, pelo amor e carinho.

A mi abuelo Octacílio Moraes (*in memoriam*), pelo apoio e incentivo, em vida, e que tanto sonhou com minha formatura.

Ai miei bisnonni Ernesto Vitorio Refatti (*in memoriam*) e Aurélia Laurini Refatti (*in memoriam*), por legarem o amor pela agricultura.

A mi hermana e Engenharia Agrônoma favorita, Jaqueline de Oliveira Bortolin, pela amizade e companheirismo em mais de uma década.

À minha amiga Natália do Nascimento Garcez, presente da Engenharia Agrícola, por estar comigo em todos os momentos.

Ao meu *golden quartet*, proporcionado por Harry Potter, Greice Kelli Carvalho, Letícia Marques e Fernanda Ramos, que mesmo a quilômetros de distância sempre se fizeram presentes.

Ao meu eterno melhor amigo, Mateus Brizolla da Silva, “Gwapo” (*in memoriam*), por ser minha estrela guia mesmo após sua partida.

Aos demais amigos e colegas da universidade, pela parceria nos momentos de estudo e de diversão.

À Universidade Federal do Pampa que, através de um ensino de qualidade e gratuito, me permitiu cursar a graduação em Engenharia agrícola.

Ao Prof. Dr. Vilnei de Oliveira Dias pela orientação e por compartilhar seus conhecimentos, contribuindo para minha formação acadêmica.

Ao Técnico Jhon Pablo Lima Cornélio pelo auxílio durante a execução do experimento.

A todos os professores do curso pelos seus ensinamentos, em especial à Prof.<sup>a</sup> Dra. Eracilda Fontanela.

Por fim, como nos diz Valter Hugo Mãe, “somos o resultado de tanta gente, de tanta história, tão grandes sonhos que vão passando de pessoa a pessoa, que nunca estaremos sós”. Assim, agradeço à todas as demais pessoas que passaram pela minha vida, e às que permanecem.

“E ele deu a opinião, segundo a qual quem conseguisse obter duas espigas de milho e duas folhas de grama num pedaço de chão onde somente uma crescia antes, merecerá mais da humanidade e prestará um serviço mais essencial a seu País do que toda a raça de políticos juntos”.

J. Swift

## RESUMO

A evolução da mecanização agrícola, melhorou o desempenho operacional e produtivo, reduzindo o esforço físico humano, e elevando a produtividade por área. Todavia, o trabalhador permanece exposto a diversos riscos laborais ao operar uma máquina agrícola, sejam eles físicos, químicos ou biológicos, ampliando a incidência de doenças ocupacionais. O ruído gerado pelas operações agrícolas é considerado um dos principais fatores ergonômicos prejudiciais ao operador do maquinário e pessoas próximas ao raio de alcance do ruído, afetando não somente a audição, mas o bem-estar e o rendimento na realização do trabalho, aumentando a possibilidade de acidentes. Assim, este trabalho tem por objetivo quantificar os níveis de ruído emitidos por um trator agrícola, considerando diferentes raios de afastamento e rotações de motor, avaliando a influência do acionamento de pulverizador com assistência a ar aos níveis de ruído. O ensaio foi conduzido em área experimental do Laboratório de Mecanização Agrícola do Pampa, da Universidade Federal do Pampa – Campus Alegrete, no município de Alegrete/RS. Como fonte de ruído, utilizou-se um trator agrícola e um pulverizador com assistência a ar nas barras pulverizadoras. A captação dos níveis de ruído foi realizada por meio de um medidor de nível sonoro (decibelímetro digital) portátil. Os tratamentos foram compostos de assistência a ar do pulverizador (desligada, capacidade média e máxima), rotação do motor (1400, 1600, 1800 e 2000 rpm) e raio de afastamento em relação ao trator (posto de operação, 1,0 m e 7,5 m). Os níveis de ruído demonstraram dependência do raio de afastamento, da rotação do motor e do acionamento da assistência a ar nas barras do pulverizador. A influência dos ruídos emitidos diminuiu com o afastamento da fonte de ruído. A assistência a ar junto às barras de pulverização gera acréscimo nos níveis de ruído emitidos, os quais são elevados com o aumento da rotação do ventilador. Considerando uma jornada de trabalho de oito horas, mais de 50% dos níveis de ruído medidos encontram-se dentro do limite diário permitido pela Norma Regulamentadora nº 15 (NR 15), sem a utilização de dispositivos de proteção auricular. No entanto, para o operador e trabalhadores próximos ao maquinário, faz-se necessário o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI).

Palavras-Chave: Mecanização agrícola. Ergonomia. Norma NR 15.

## ABSTRACT

The evolution of agricultural mechanization has improved operational and productive performance, reduced human physical effort, and increased productivity per area. However, the worker remains exposed to several occupational risks when operating an agricultural machine, whether physical, chemical, or biological, increasing the incidence of occupational diseases. The noise generated by agricultural operations is considered one of the main ergonomic factors harmful to the machinery operator and people close to the noise range, affecting not only the hearing, but the well-being and performance in carrying out the work, increasing the possibility of accidents. Thus, this work aims to quantify the noise levels emitted by an agricultural tractor, considering different distance radii and engine speeds, evaluating the influence of air-assisted sprayer activation on noise levels. The test was carried out in an experimental area of the Laboratório de Mecanização Agrícola do Pampa – Campus Alegrete, in the municipality of Alegrete/RS. As a source of noise, an agricultural tractor, and a sprayer with air assistance on the spray booms were used. Noise levels were captured using a portable noise dosimeter (digital decibel meter). The treatments consisted of air assistance from the sprayer (off, medium, and maximum capacity), engine speed (1400, 1600, 1800 and 2000 rpm) and distance radius in relation to the tractor (operating station, 1.0 m, and 7.5 m). Noise levels showed dependence on the distance radius, engine speed and activation of the air assistance on the spray booms. The influence of emitted noise decreases with distance from the noise source. The air assistance on the spray booms generates an increase in emitted noise levels, which increase with the increase in fan speed. Considering an eight-hour working day, more than 50% of the measured noise levels are within the daily limit allowed by Regulatory Standard No. 15 (NR 15), without the use of hearing protection devices. However, for the operator and workers close to the machinery, it is necessary to use Personal Protective Equipment (PPE).

Keywords: Agricultural mechanization. Ergonomics. Standard NR 15.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área experimental de realização do experimento .....	24
Figura 2 – Trator agrícola, modelo TL 75 da marca New Holland .....	25
Figura 3 – Decibelímetro digital Instrutemp ITDEC 1040 .....	26
Figura 5 – Pulverizador Jacto, modelo Falcon Vortex 600® .....	27
Figura 6 – Ventilador centrífugo do sistema de assistência de ar .....	28
Figura 7 – Posição do decibelímetro em cada raio de afastamento, com destaque ao posto de operação.....	30
Figura 8 – Medição de ruído no posto de operação .....	31
Figura 9 – Medição de ruído à um metro de distância do trator .....	31
Figura 10 – Medição de ruído à 7,5 m de distância.....	32
Figura 11 – Registro dos níveis de ruído medidos no posto de operação.....	33
Figura 12 – Medição dos níveis de ruído ao final do percurso .....	33
Figura 13 – Regressão linear das médias de ruído emitidos pela interação dos fatores assistência a ar x rotação do motor.....	38

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente .....	23
Quadro 2 – Especificações técnicas do trator NH TL 75 .....	25
Quadro 3 – Especificações técnicas do decibelímetro digital Instrutemp .....	26
Quadro 4 – Especificações do implemento de pulverização Jacto .....	28
Tabela 1 – Síntese da análise de variância do nível de ruído em função da condição de carga e rotação do motor em diferentes raios de afastamento .....	35
Tabela 2 – Teste de Tukey para o desdobramento das interações entre os fatores raio de afastamento e assistência a ar na barra de pulverização de um trator agrícola .....	36
Tabela 3 – Médias de ruído emitidos pela interação assistência a ar x rotação do motor .....	37
Tabela 4 – Níveis de ruído e o tempo limite de exposição diário permitido pela NR 15 .....	39

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Objetivos .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.1 Objetivo geral .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 A modernização do setor agrícola.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 O ruído e as máquinas agrícolas .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Os níveis de ruído na História.....</b>	<b>16</b>
<b>2.4 Níveis de ruído em tratores agrícolas.....</b>	<b>17</b>
<b>2.5 Fontes de ruído em tratores .....</b>	<b>18</b>
<b>2.6 Níveis de ruído e a saúde do trabalhador .....</b>	<b>19</b>
<b>2.7 Legislações relacionadas à emissão de ruído.....</b>	<b>21</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1 Equipamentos agrícolas e instrumentos .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1.1 Decibelímetro digital .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.3 Pulverizador .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2 Metodologia de aferição do nível de ruído.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2.1 Condições ambientais .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.2 Tratamentos avaliados no experimento .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.3 Execução do experimento .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.4 Análise estatística dos dados .....</b>	<b>34</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 Limites diários de ruído tolerados (NR 15) .....</b>	<b>39</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura evolui desde seus primórdios, e, após a Revolução Industrial, a intensificação do uso de máquinas propiciou a produção em escala. A inquietude gerada pelo iminente aumento da população, serviu como combustível para o contínuo desenvolvimento de tecnologias.

A crescente demanda por alimentos está diretamente ligada a esse aumento populacional mundial, tornando indispensável a expansão da atividade agrícola. Com a evolução da mecanização agrícola, melhorou-se o desempenho operacional e produtivo, reduzindo o esforço físico humano, e elevando a produtividade por área.

Todavia, o trabalhador permanece exposto a diversos riscos laborais ao operar uma máquina agrícola, sejam eles físicos, químicos ou biológicos, ampliando a incidência de doenças ocupacionais. A segurança do operador está atrelada, também, ao seu bem-estar, tornando o fator ergonômico de suma importância durante o desempenho das atividades de trabalho.

O ruído gerado pelas operações agrícolas é considerado um dos principais fatores ergonômicos prejudiciais ao operador do maquinário e pessoas próximas ao raio de alcance do ruído, afetando não somente a audição, mas o bem-estar e o rendimento na realização do trabalho, aumentando a possibilidade de acidentes (CHAIBEN NETO *et al.*, 2020). O trator agrícola é um dos veículos mais utilizados nas propriedades. Embora tenha ocorrido a redução dos níveis de ruído, devido ao progresso tecnológico, o excesso de exposição, diária ou semanal, pode causar a perda auditiva parcial ou completa, principalmente quando não se faz o uso de equipamentos de proteção (BILSKI, 2013).

A Norma Regulamentadora nº 15, estabelece os limites de tolerância para exposição a ruídos, contínuos ou intermitentes, não excedendo 8 horas diárias quando o nível de ruído apresentar intensidade de 85 dB (A), e 7 minutos para 115 dB (A). Níveis acima desse limite não permitem a exposição de operadores sem o uso de equipamentos de proteção (VEIGA *et al.*, 2021).

Desta forma, se mostra pertinente o estudo dos níveis de ruído emitidos por máquinas e implementos agrícolas, a que os trabalhadores rurais estão expostos, como forma de avaliar os seus efeitos no corpo humano, possibilitando a proposição de alternativas e adequações viáveis, que garantam a saúde e segurança dos trabalhadores.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Quantificar os níveis de ruído emitidos por um trator agrícola, considerando diferentes raios de afastamento e rotações de motor, avaliando a influência do acionamento de pulverizador com assistência a ar aos níveis de ruído.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

I. Determinar os níveis de ruído em torno do operador no posto de operação, a 1,0 m, e a 7,5 m de distância do trator;

II. Analisar os níveis de ruído, em diferentes rotações de motor, a que o operador está exposto, em um trator agrícola sem cabine;

III. Verificar a influência do acionamento de pulverizador com assistência a ar ligada, aos níveis de ruído, quando comparada à assistência a ar desligada;

IV. Avaliar os níveis de ruído aferidos, com os limites de tolerância diária, determinados na NR 15.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A modernização do setor agrícola

O desenvolvimento de tratores agrícolas ocorreu através da modernização do setor agrário, assim, o trator agrícola de rodas converteu-se no veículo mais utilizado em propriedades rurais ao redor do mundo, com uma frota de cerca de 29 milhões de tratores, sendo o Brasil um dos maiores produtores mundiais de tratores, com 98% das máquinas vendidas no país de fabricação nacional (BAESSO *et al.*, 2015; NUNES *et al.*, 2016; FARIAS & SCHLOSSER, 2020). No ano de 2020, da produção total de máquinas agrícolas, 70,9% foram de tratores de rodas, 11,3% de retroescavadeiras e 10,4% de colheitadeiras de grãos, segundo dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA.

Assim, a mecanização agrícola proporcionou eficiência e praticidade as operações agrárias, substituindo o trabalho realizado manualmente ou por tração animal, por máquinas que realizam desde o preparo do solo até à colheita, garantindo maiores produtividade e precisão, o cultivo em áreas extensas, em menores períodos que, aliado a clima e vegetação favoráveis, tornou o Brasil um grande exportador de produtos agropecuários (CUNHA; DUARTE; RODRIGUES, 2009; BAESSO *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2020).

Apesar dos benefícios de ordem econômica para o setor, o trabalhador rural passou a estar exposto a um ambiente nocivo e insalubre, em sua maior parte, decorrente do ruído emitido pelas máquinas agrícolas (SPADIM *et al.*, 2015). Ademais tem-se os problemas ergonômicos e exposição as condições climáticas, poeira e fumaça do escapamento, evidenciando que a projeção dos tratores prioriza o trabalho, e não o trabalhador (SOUZA; FERNANDES; VITÓRIA, 2003). Anteriormente, os projetos visavam a redução de custos de produção e de equipamentos; no entanto, os clientes em vários mercados se mostram mais sensíveis a vibrações e ruídos, tornando a evolução desses fatores, um poderoso aspecto de marketing (SILVA, 2004; YILDIZ *et al.*, 2013).

A produtividade nas operações agrícolas não depende apenas da maquinaria empregada, mas da saúde e bem-estar do operador e dos trabalhadores auxiliares (SILVA, 2004; GOMES *et al.*, 2021). Deste modo, é essencial identificar as condições de trabalho que geram maiores níveis de ruído, e a influência da potência

do motor, ano de fabricação, presença de cabine, e ativação de implementos (BAESSO *et al.*, 2017; GOMES *et al.*, 2021).

## 2.2 O ruído e as máquinas agrícolas

Embora o som faça parte da vida diária dos seres humanos e da mecanização agrícola, alguns sons são desagradáveis e indesejáveis, promovendo efeitos fisiológicos e psicológicos, uma vez que exercem certa pressão sobre a membrana do tímpano, causando uma sensação de desconforto e perda gradual da sensibilidade auditiva; os ditos ruídos (CELEN & ARIN, 2003; SILVA *et al.*, 2017; FARIAS & SCHLOSSER, 2020).

O ruído é um dos agentes físicos mais perigosos encontrados no local de trabalho, pois, constitui-se de uma poluição sonora, a qual deixa traços invisíveis da sua influência no meio ambiente, e ocorre na maior parte dos processos fabris, civis, motores, máquinas e ferramentas (SANTOS FILHO *et al.*, 2004; RINALDI *et al.*, 2008; MION *et al.*, 2009; YANAGI JUNIOR *et al.*, 2012). Consiste em três classes: contínuo, intermitente e impulsivo. O ruído contínuo é aquele em que não há interrupção, enquanto o intermitente ocorre em ciclos, e o som pode aumentar e diminuir rapidamente; o ruído impulsivo é breve e abrupto, geralmente provocado por explosões ou impactos (TIPOS DE, 2011). Tosin (2009) afirma que esse agente insalubre está presente em mais de 90% das atividades humanas, sendo o principal risco ao qual o trabalhador está exposto.

Na agricultura, o ruído tem como principal origem a operação com tratores, uma vez que a forte resposta acústica induzida pela excitação externa causa ruído dentro da cabine através da janela de vidro e para-brisa, e a repetida reflexão de sons pelas finas placas da cabine produzem reverberação (EGELA & HAMED, 2017; WANG *et al.*, 2022). Além disso, sua intensidade pode aumentar com a utilização de implementos, como arados e roçadeiras, velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar (BABALOLA *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2020).

Estudos realizados com tratores agrícolas da velha geração demonstram que o ruído gerado por esses veículos não está dentro de uma faixa adequada de níveis de ruído, excedendo os limites de exposição diário e/ou semanal, induzindo a perda auditiva (BILSKI, 2013; YAMIN *et al.*, 2021). Com o progresso tecnológico, nos últimos anos, houve redução dos níveis de ruído audível percebidos pelos

operadores de tratores agrícolas, grande parte pela substituição das máquinas mais antigas por equipamentos modernos, no entanto, não foi capaz de reduzir o ruído a níveis seguros de trabalho sem a utilização de protetores auriculares nos tratores não-cabinados (BILSKI, 2013; SPADIM *et al.*, 2015).

Desta forma, é necessário determinar a destruição espacial do ruído para avaliar a salubridade do ambiente de trabalho de operadores de máquinas e trabalhadores que auxiliam a operação agrícola (SANTOS *et al.*, 2020).

### **2.3 Os níveis de ruído na História**

Em 600 a.C., na cidade de Sibaris, na Grécia Antiga, a perturbação por ruído passou a ser relatada, em decorrência da atividade dos ferreiros nos limites da cidade. A primeira relação causal da exposição ao ruído com a perda auditiva foi realizada por Plínio, o Velho, quatro séculos depois, ao observar que os moradores próximos às cataratas do rio Nilo apresentavam perda de audição (SOUZA, 2010).

Com a Revolução Industrial, no século XVIII, o trabalho passou a ser mecanizado, em sua maioria de fiação e tecelagem, ocupando armazéns e galpões, e juntamente a Revolução Verde, expandiu a produção agrícola, o que resultou em ambientes insalubres de trabalho, devido à longas exposições a ruído (CHAIBEN NETO *et al.*, 2020; MOURA *et al.*, 2020).

No início do século XIX, surgiram os primeiros veículos autopropelidos a vapor e, no final do século, foram equipados com motores a combustão interna, não agradando à população devido ao ruído emitido pelos veículos (FERNANDES, 1996). A partir de 1930 os tratores passam a ser considerados emissores de altos níveis de ruído, por esta razão, iniciou-se estudos relacionados aos efeitos do ruído de máquinas, no ser humano, centrado na audição (TOSIN; LANÇAS; ARAÚJO, 2015). O primeiro estudo existente sobre ruído de máquinas na agricultura data de 1937, no qual o pai da audiologia C. C. Bunch, constatou a perda auditiva bilateral de um trabalhador rural de 26 anos.

Na primeira metade do século XX, pesquisas desenvolvidas em área militar, relacionavam o homem e a máquina, com análises antropométricas de posições de trabalho, evidenciando a preocupação com o conforto de máquinas agrícolas; na década de 1950, essa relação foi abrangida aos demais efeitos fisiológicos do ruído,

apontando os altos níveis de ruído de tratores como responsável pela perda auditiva dos trabalhadores (FERNANDES, 1996).

A partir dos anos 60, com a modernização agrícola no Brasil, o uso de máquinas foi intensificado, propiciando uma expressiva evolução na produtividade agrícola (SCHLOSSER *et al.*, 2002; BAESSO *et al.*, 2017).

#### **2.4 Níveis de ruído em tratores agrícolas**

O tempo de exposição a ruídos contínuos e intermitentes emitidos por máquinas agrícolas confere impactos negativos à saúde dos trabalhadores rurais e, apesar da evolução tecnológica, não foi possível reduzir o ruído a níveis seguros, sem a utilização de protetores auriculares (BAESSO *et al.*, 2017; CARNEIRO, 2018).

Os níveis de ruído variam baseados no tipo de trator, velocidade do motor e tipo de trabalho executado pela máquina, além das características dimensionais e físicas dos materiais utilizados nos componentes da máquina agrícola que, ao operar em maiores velocidades, produz vibrações e ruídos no posto de operação; condições climáticas, do solo, e habilidades do condutor também influenciam na flutuação dos níveis de ruído (FERNANDES, 1991; OLDONI *et al.*, 2010; BILSKI, 2013; GHOTBI *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2017). Gonçalves *et al.* (2013), observaram uma redução do ruído em decorrência da mudança de horário, devido à temperatura, velocidade do vento e umidade relativa do ar.

A distância da fonte de ruído influencia no seu nível, demonstrando uma correlação positiva em que, quanto maior o nível sonoro apresentado por uma máquina, maior deve ser o raio de afastamento desta, para manter-se em área segura (SILVA NETO, 2017; VEIGA *et al.*, 2021).

Tratores mais antigos, por conta dos materiais empregados em seus componentes e da privação ergonômica, emitem maiores níveis de ruído e, em sua maioria não possuem cabine para isolamento acústico (MION *et al.*, 2009; BAESSO *et al.*, 2017; CHAIBEN NETO *et al.*, 2020; GOMES *et al.*, 2021). A ausência de cabine confere um aumento de, aproximadamente, 15 dB ao nível de ruído, pois, cerca da cabine ocorrem ruídos acima do limite recomendado de 85 dB, indicando condições extremamente desconfortáveis de trabalho (SANTOS FILHO *et al.*, 2004; RINALDI *et al.*, 2008; DAMASCENO *et al.*, 2019; FARIAS & SCHLOSSER, 2020).

Ademais, a presença de cabine em máquinas agrícolas assegura a proteção em caso de acidente, reduz a exposição a fatores ambientais como calor e poeira (RINALDI *et al.*, 2008; CUNHA; DUARTE; SOUZA, 2012).

Operações agrícolas aliadas às condições do ambiente laboral, demonstram a necessidade de se adotar medidas de segurança que garantam o conforto e bem-estar do trabalhador, como equipamentos de proteção individual (EPI) (ARCOVERDE *et al.*, 2011).

Com o avanço tecnológico e os estudos realizados nas últimas décadas, os ruídos audíveis gerados pelo motor do trator e seus componentes foram reduzidos, visando atingir níveis aceitáveis aos trabalhadores expostos (BILSKI, 2013; FARIAS & SCHLOSSER, 2020). Em estudo conduzido por Ramos, Valero e Cañavate (1999), observou-se que o nível de ruído em tratores com cabine decresceu de 89 dB, em 1981, para 78 dB, em 1999; em tratores sem cabine, houve o decréscimo de 95 para 86 dB. Avaliando o exterior do trator, registrou-se uma redução de 11% no nível sonoro (de 88 dB para 78 dB), evidenciando a importância de determinar as fontes de ruído, e aprimorar a maquinaria agrícola.

## **2.5 Fontes de ruído em tratores**

Os medidores de ruído, conhecidos por decibelímetros, são uma importante ferramenta para quantificar os níveis de ruído a que os trabalhadores estão expostos, como forma de precavê-los dos riscos e empregar as devidas proteções. O uso desse aparelho deve ocorrer continuamente, pois, as condições ambientais, climáticas, e de conservação das máquinas agrícolas influencia diretamente a emissão e a propagação do ruído, intensificando os riscos à saúde dos colaboradores (VEIGA *et al.*, 2021).

As máquinas agrícolas possuem distintas fontes de ruído, sendo o escapamento responsável por até 60% do ruído total emitido, seguido por aspiração, ventilador e vibração; a transmissão e o sistema hidráulico também influenciam nos valores (GHOTBI *et al.*, 2013; RAVANDI *et al.*, 2016; MOURA *et al.*, 2020). A origem desse ruído vem do processo de combustão do motor e da ação mecânica com o motor (DEWANGAN; KUMAR; TEWARI, 2005; YADAV *et al.*, 2013). Nas proximidades do motor, é possível aferir níveis acima de 90 dB (FERNANDES, 1996; VEIGA *et al.*, 2021).

Correlacionando os níveis de ruído com a posição, os maiores valores encontram-se à esquerda, uma vez que o escapamento do trator agrícola se encontra nessa posição, e na parte frontal do trator, onde está localizado o motor; subsequente tem-se as posições direita e traseira da máquina (MAGALHÃES; CORTEZ; NAGAHAMA, 2012; MISSIO *et al.*, 2015; CARNEIRO, 2018; MARQUES FILHO & LANÇA, 2022).

Entretanto, a ativação de implementos tracionados ou acionados por tomada de potência (TDP) exigem maior potência do motor, elevando os níveis de ruído emitidos direta ou indiretamente (DAMASCENO *et al.*, 2019). Devido ao maior esforço do motor, requerido pelos implementos, operações de preparo do solo com arados, grades, subsoladores e escarificadores, apresentam os maiores níveis de ruído, excedendo os limites de exposição diária estabelecidos pela NR-15, alcançando valor acima de 96 dB, fazendo necessário o uso de EPIs (ARCOVERDE *et al.*, 2011; CUNHA; DUARTE; SOUZA, 2012; EGELA & HAMED, 2017). O aumento nos níveis sonoros na parte traseira do trator decorre da ativação de implementos (SANTOS FILHO *et al.*, 2004; GOMES *et al.*, 2021).

Ademais dos implementos utilizados para preparo do solo, o acionamento de pulverizadores na tomada de potência gera um aumento dos níveis de ruído emitidos pelo conjunto mecanizado. Baesso *et al.* (2008), ao avaliarem a influência de pulverizador com assistência a ar, demonstraram resultados de até 104,85 dB, no posto de operação, ou seja, acima do limite permitido para uma jornada de trabalho de oito horas. O ventilador centrífugo presente no sistema de assistência a ar na barra de pulverização realiza a distribuição de um elevado volume de ar em duto inflado, durante o deslocamento do conjunto mecanizado; a turbulência formada pelo volume e velocidade do ar varia de acordo com a rotação do ventilador (MATTHEWS; MILLER; BATEMAN, 2014).

## **2.6 Níveis de ruído e a saúde do trabalhador**

A agricultura é uma ocupação que envolve exposições potencialmente excessivas a agentes nocivos à saúde, como o ruído, apesar da modernização agrícola, uma vez que o foco está relacionado a vestimentas e equipamentos de proteção contra agroquímicos; logo, se faz necessário realizar avaliações de saúde e

segurança dos trabalhadores (CARNEIRO, 2018; FARIAS & SCHLOSSER, 2020; MOURA *et al.*, 2020).

A centralização dos projetos dos tratores agrícolas no aumento da sua eficiência, deixando o fator humano em segundo plano, vulnerabiliza a audição dos operadores, os quais desenvolvem patologias causadas por ferimentos auditivos (ALVES *et al.*, 2011; ARCOVERDE *et al.*, 2011; MARQUES FILHO & LANÇA, 2022). Ao avaliar os níveis de ruído aos quais o trabalhador rural está exposto propicia-se a melhoria dos projetos ergonômicos e de segurança das máquinas agrícolas, por parte dos fabricantes, e a conscientização desses trabalhadores quanto aos riscos da sua atividade, e da importância do uso de protetores auriculares (POJE *et al.*, 2016; CARNEIRO *et al.*, 2018).

O operador de tratores agrícolas encontra-se em constantes problemas relacionados à ergonomia e segurança, em decorrência do nível sonoro, frequência e tempo de exposição a ruídos e vibrações, levando ao aumento de acidentes pela irritação e distração causadas pelo excesso de ruído no posto de trabalho, em especial próximo ao ouvido do operador (PIMENTA JUNIOR *et al.*, 2012; BAESSO *et al.*, 2015; SOARES *et al.*, 2015; CHAIBEN NETO *et al.*, 2020).

Apesar do ouvido humano suportar certos níveis de ruído, a constante exposição a níveis acima dos recomendados, sem a utilização de protetores auriculares, gera efeitos acumulativos ao decorrer do tempo, levando à perda auditiva temporária ou permanente (RAMOS; VALERO; CAÑAVATE, 1999; ALVES *et al.*, 2011; ANDERSSON *et al.*, 2015; CARNEIRO, 2018). Em estudo desenvolvido por Karlovich *et al.* (1988), analisando o efeito do ruído na audição de trabalhadores rurais, observou-se que, cerca de 50% dos homens avaliados, apresentavam algum grau de deficiência de comunicação aos 50 anos, e 25% apresentavam, pelo menos, o início de uma deficiência aos 30 anos; apenas 18-25% dos trabalhadores relataram o uso de protetores auditivos.

O uso de protetores auriculares é capaz de atenuar os níveis de ruído entre 10 e 20 dB, todavia, sua qualidade, forma e tempo de utilização, influenciam de tal forma que, mesmo com seu uso, pode haver danos à saúde dos trabalhadores em operação com tratores (CUNHA; DUARTE; RODRIGUES, 2009; CUNHA; DUARTE; SOUZA, 2012).

O progresso tecnológico que visa ganhar velocidade na produção, diminuiu a carga de trabalho físico dos homens, no entanto, apresenta efeitos negativos; além

dos acidentes e doenças associadas à exposição da população agrícola a pesticidas, vibração e partículas orgânicas, é comum a exposição ao ruído excessivo (KARLOVICH *et al.*, 1988; CELEN & ARIN, 2003). Aliado a posturas inadequadas, o ruído emitido pelas máquinas agrícolas leva o operador a quadros de estresse e fadiga, reduzindo o seu desempenho (MISSIO *et al.*, 2015; CHAIBEN NETO *et al.*, 2020; OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2022).

Altos níveis de ruído podem causar, de imediato, dores de cabeça; tontura, nervosismo e estresse problemas para dormir, e perda de concentração; torna mais difícil processar informações complexas para tarefas difíceis (DEWANGAN; KUMAR; TEWARI, 2005).

A longa exposição a ruído de trator influencia na frequência cardíaca, pressão sanguínea, respiração, e níveis de ácido úrico no sangue; há relatos de mudança de tamanho de glândulas do sistema endócrino, contração de vasos sanguíneos, aumento da pupila, náusea e fadiga (RINALDI *et al.*, 2008; YAMIN *et al.*, 2021). Também influencia no comportamento motor, perceptual e cognitivo, desencadeando variações glandulares, cardiovasculares e gastrointestinais através do sistema nervoso autônomo, podendo aumentar o risco de depressão, agressividade, estresse e ansiedade, afetando negativamente a vida social de um agricultor ou tratorista, pois afeta a capacidade comunicativa (KARLOVICH *et al.*, 1988; BILSKI, 2013; SOARES *et al.*, 2015; YAMIN *et al.*, 2021).

Fernandes (1991), constatou a insalubridade da exposição diárias a níveis de ruído acima de 80 dB, demonstrando a perda auditiva em 59,8% dos tratoristas avaliados, os quais estavam expostos a níveis entre 90 e 110 dB.

Segundo Baesso *et al.* (2008, p. 401), “pessoas expostas a 82, 85, 88 ou 92 dB, em uma jornada diária de trabalho (8 horas), perdem 2, 5, 10 ou 20% da audição, respectivamente”.

Ao verificar a relação entre a exposição a ruído e a pressão sanguínea entre operadores, Egela e Hamed (2017) constataram que antes do turno de trabalho, 57,4% dos operadores apresentavam pré-hipertensão, e 42,6% apresentavam pressão normal. Após o turno, 64,5% apresentavam estágio I de hipertensão, 28,4% pré-hipertensão, e 7,1% estágio II de hipertensão.

## **2.7 Legislações relacionadas à emissão de ruído**

A exposição excessiva ao ruído é reconhecida como um problema de saúde ocupacional, sendo fundamental a quantificação de seus níveis, fato este que levou ao desenvolvimento de regulamentos e normas sobre níveis e tempos de exposição permissíveis (KARLOVICH, 1988; OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2022).

Visando o estabelecimento de níveis máximos de ruído em relação ao ano de fabricação de máquinas e veículos, em 1958 é criada a primeira legislação, na Alemanha; passados alguns anos, ocorreu a publicação da Recomendação ISO R 362, considerando um limite máximo de ruído, de 85 a 89 dB (ISO, 1964).

O risco auditivo a qual os trabalhadores estavam expostos foram definidos a partir do ano de 1975, com a publicação das Normas ISO 1995 e ISO 1999, pela *International Organization for Standardization* - ISO; enquanto em 1977, no Brasil, a Lei nº 6.524 entrou em vigor, aprovando as Normas Regulamentadoras (NR) voltadas à Segurança e Medicina do Trabalho (FERNANDES, 1996).

A partir de 1987, o Brasil adotou o método internacional para medição de ruído no posto de trabalho de tratores agrícolas, possibilitando a realização de inúmeros estudos voltados ao tema; nesse mesmo ano, a publicação da Norma NBR 9999 definiu o valor de ruído de fundo em 10 dB abaixo do registrado durante execução de ensaios (FERNANDES, 1996; SANTOS FILHO *et al.*, 2004).

Em 1990, foi publicada a Norma NBR 10152, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, estabelecendo limites de ruído para conforto acústico, os quais variam entre 30 dB e 55 dB, dependendo do ambiente avaliado (FERNANDES, 1996). Os tempos de exposição máximos permitidos (Quadro 1) aos trabalhadores, em distintos níveis de ruído, para que não ocorram problemas de saúde, como perda auditiva, foram estipulados através da NR 15, de 1990 (CARNEIRO, 2018).

Quadro 1 – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

<b>Nível de ruído dB (A)</b>	<b>Máxima exposição diária permissível</b>
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: adaptado de Brasil (2022).

No ano de 2017, a ABNT publica as Normas NBR ISO 5131 e NBR ISO 7216, especificando o método para medição de ruído na posição de operador de tratores agrícolas e florestais, e o método para medição do nível de pressão sonora em tratores agrícolas e florestais em movimento, respectivamente.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

As avaliações dos níveis de ruído foram conduzidas em área experimental, conforme destacado em laranja na Figura 1, do Laboratório de Mecanização Agrícola do Pampa, da Universidade Federal do Pampa – Campus Alegrete, no município de Alegrete, Rio Grande do Sul, em latitude 29°47'32.08" S e longitude 55°46'1.63" O. O clima do município é Cfa – clima subtropical úmido, com verão quente, segundo a Classificação de Köppen (CLASSIFICAÇÃO..., 2023). O estudo foi realizado em área com relevo plano, em estrada de terra, sem barreiras físicas naturais ou artificiais em um raio de, pelo menos, 100 m.

Figura 1 – Área experimental de realização do experimento



Fonte: Google Earth, 2023.

#### 3.1 Equipamentos agrícolas e instrumentos

Como fonte de ruído, utilizou-se um trator agrícola da marca New Holland<sup>1</sup>, modelo TL 75 (Figura 2), cujas especificações técnicas constam no Quadro 2.

---

<sup>1</sup> A citação de marcas comerciais não implica em sua recomendação (ou não) pela autora.

Figura 2 – Trator agrícola, modelo TL 75 da marca New Holland



Fonte: Autora.

Quadro 2 – Especificações técnicas do trator NH TL 75

Modelo	TL 75 E
Ano de fabricação	2011
Motor	ciclo Diesel, 4T, ou injeção direta
Fabricante do motor	MWM – série 229
Tração do trator	4x2 TDA (tração dianteira auxiliar)
Potência do motor	55,2 kW / 75 cv
Rotação correspondente	2400 rpm (sem carga)
Rotação ao torque máximo	1400 rpm
Cilindros	4
Transmissão	helicoidais; 12 velocidades Frente + 4 Ré
Posto de operação	Plataformado com estrutura de proteção na capotagem (EPC)
Dimensões	comprimento: 3700 mm largura: 1920 mm altura: 2700 mm
Horas de uso	2300
Pneus traseiros	18.4 30 R1
Pneus dianteiros	14.4 24 R1

Fonte: Autora.

### 3.1.1 Decibelímetro digital

A captação dos níveis de ruído foi realizada por meio de um medidor de nível sonoro (decibelímetro digital) portátil, da marca Instrutemp, cujas especificações técnicas são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Especificações técnicas do decibelímetro digital Instrutemp

Modelo	ITDEC 4010
Tela	LCD Cristal líquido de 4 dígitos
Escala	30 dB a 130 dB $\pm$ 1,5 dB
Interface	RS-232 óptica
Frequência	35,1 a 8,5 Hz
Linearidade	80 dB
Microfone	Tipo eletrônico condensado
Memória	16000 medições
Tamanho	245 mm x 80 mm x 35 mm
Peso	350 g

Fonte: Autora.

A Figura 3 apresenta uma imagem do equipamento utilizado durante o experimento para medir os níveis de ruído emitidos pelo conjunto mecanizado.

Figura 3 – Decibelímetro digital Instrutemp ITDEC 1040



Fonte: Autora.

### 3.1.3 Pulverizador

De forma a avaliar a influência do acréscimo de carga nos níveis de ruído, ao acionar implementos, utilizou-se um pulverizador da marca Jacto, modelo Falcon Vortex 600<sup>®</sup> (Figura 4), com acoplamento montado aos três pontos de engate do sistema hidráulico do trator.

Figura 4 – Pulverizador Jacto, modelo Falcon Vortex 600<sup>®</sup>



Fonte: Autora.

O implemento agrícola é equipado com assistência a ar na barra de pulverização (sistema Vortex<sup>®</sup>). O sistema Vortex<sup>®</sup> é constituído de um ventilador centrífugo (Figura 5), acionado pelo sistema hidráulico do trator, responsável pela produção de cortinas de ar de volume regulável, e distribuição destas através de um duto inflado montado acima dos bicos da barra de pulverização; o volume de ar produzido é conduzido pelas pontas de pulverização (BATISTELLA *et al.*, 2015). Para regular o volume de ar produzido, de modo a ajustar a necessidade de aplicação, varia-se a rotação do ventilador.

Figura 5 – Ventilador centrífugo do sistema de assistência de ar



Fonte: Máquinas Agrícolas Jacto S.A. (2014).

As demais especificações técnicas do pulverizador constam no Quadro 4.

Quadro 4 – Especificações do implemento de pulverização Jacto

Modelo	Falcon Vortex 600®
Largura útil total	14 m
Altura de trabalho	0,5 – 1,3 m
Porta-bicos	Duplo
Capacidade do reservatório	600 l
Bomba hidráulica	Pistão
Vazão da bomba hidráulica	75 l min <sup>-1</sup>
Espaçamento entre bicos	0,50 m
Número de bicos	28
Sistema comando mecânico/hidráulico	Master Flow®

Fonte: Autora.

### 3.2 Metodologia de aferição do nível de ruído

A metodologia utilizada para realização das avaliações foi baseada nas Normas NBR ISO 5131 (ABNT, 2017) e NBR ISO 7216 (ABNT, 2017), as quais se referem à medição de ruído no posto do operador de tratores agrícolas, e quando o trator se encontra em movimento, respectivamente.

### 3.2.1 Condições ambientais

Conforme determinado na NBR 9999<sup>2</sup> (ABNT, 1987), durante a realização dos ensaios a velocidade do vento deve ser inferior a  $5,0 \text{ m s}^{-1}$  e a temperatura deve estar entre  $-5^{\circ}\text{C}$  e  $30^{\circ}\text{C}$ . No dia de realização do experimento, de acordo com os dados obtidos no endereço eletrônico do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (BRASIL, 2023), da estação meteorológica de Alegrete (A826), a temperatura encontrava-se em  $20,5^{\circ}\text{C}$ , com velocidade do vento variando entre  $0,3$  e  $0,6 \text{ m s}^{-1}$ , apresentando assim, condições satisfatórias para execução.

O nível de ruído de fundo no local deve ser de, pelo menos, 10 dB abaixo do nível de ruído medido no ensaio, segundo estipulado na NBR ISO 7216; o ruído de fundo medido no dia de execução do experimento foi de 54, dB, estando, desta forma, de acordo com as exigências mínimas referidas pela norma.

### 3.2.2 Tratamentos avaliados no experimento

Os tratamentos foram obtidos pela combinação de três níveis de assistência a ar, quatro regimes de rotação do motor, e três raios de afastamento (3x4x3), conforme descrito abaixo:

#### i. Assistência a ar

A avaliação não se correlacionava com a qualidade da pulverização do implemento, desta forma, não se fez o uso de calda ou líquido para simulação da operação, avaliando-se apenas o ruído emitido pelo acionamento do ventilador centrífugo do sistema de pulverização. Foram avaliadas três condições:

a) Assistência a ar desligada ( $A_{DES}$ ): pulverizador acoplado ao trator sem seu acionamento; barras de pulverização fechadas;

b) Assistência a ar média ( $A_{MÉD}$ ): pulverizador acoplado ao trator e acionado; barras de pulverização abertas e assistência a ar funcionando em capacidade média do ventilador centrífugo;

---

<sup>2</sup> Norma cancelada sem substituição em 11/2010.

c) Assistência a ar máxima ( $A_{MÁX}$ ): pulverizador acoplado ao trator e acionado; barras de pulverização abertas e assistência a ar funcionando em máxima capacidade do ventilador centrífugo.

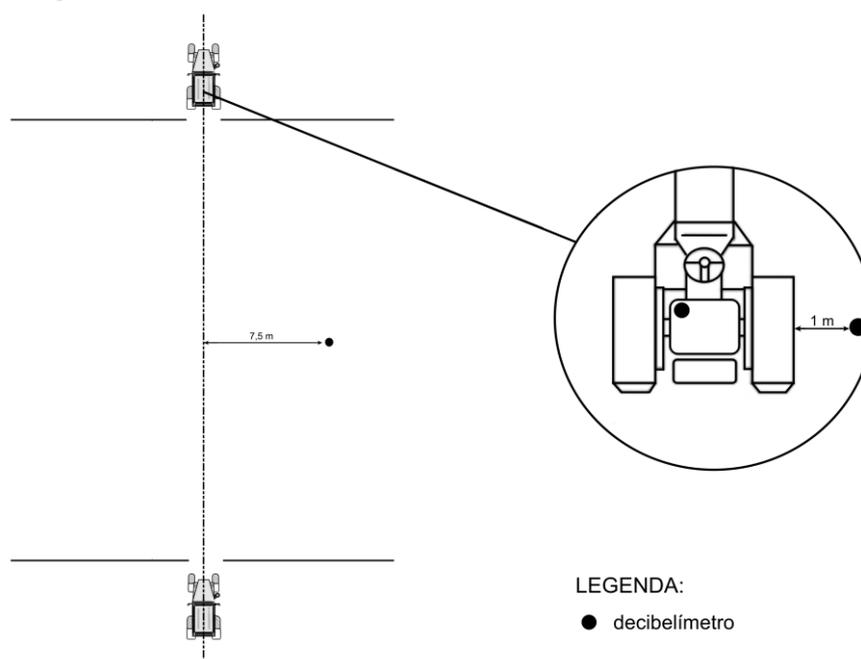
## ii. Rotação do motor

Para determinar a influência da rotação do motor nos níveis de ruído, foram avaliadas quatro rotações: 1400 rpm, 1600 rpm, 1800 rpm e 2000 rpm.

## iii. Raio de afastamento

Os níveis de ruído foram aferidos em três raio de afastamento em relação ao trator (Figura 6), para cada condição da assistência a ar e rotação do motor.

Figura 6 – Posição do decibelímetro em cada raio de afastamento, com destaque ao posto de operação



Fonte: Autora.

a) Posto de operação (PO) (Figura 7): à altura do ouvido do operador e à 0,20 m de distância lateralmente.

Figura 7 – Medição de ruído no posto de operação



Fonte: Autora.

b) À um metro de distância (1,0 m) (Figura 8): ao lado do motor, ou seja, lado direito do trator.

Figura 8 – Medição de ruído à um metro de distância do trator



Fonte: Autora.

c) À sete metros e meio de distância (7,5 m) (Figura 9): ao lado direito do trator.

Figura 9 – Medição de ruído à 7,5 m de distância



Fonte: Autora.

Para os raios de afastamento 1,0 m e 7,5 m, o microfone do decibelímetro foi posicionado à cerca de 1,20 m de altura, em relação ao solo.

### 3.2.3 Execução do experimento

Para garantir a segurança e saúde dos presentes durante o estudo, estes fizeram uso de protetores auriculares, como forma de reduzir os efeitos sonoros provocados pelo conjunto mecanizado.

Os níveis de ruído obtidos no posto de operação foram medidos pelo operador do trator, evitando a presença de mais pessoas no posto para que não ocorressem acidentes. Assim, após a estabilização da velocidade e da rotação, o decibelímetro iniciava a captação dos ruídos durante um trajeto de 20 m do conjunto mecanizado, na pista; ao final do percurso, o valor mais alto era registrado pelo aparelho, e anotado em ficha (Figura 10).

Figura 10 – Registro dos níveis de ruído medidos no posto de operação



Fonte: Autora.

Para os raios de afastamento de 1,0 m e 7,5 m, as medições foram realizadas ao final do percurso. A captação do maior nível de ruído era determinada com a passagem do conjunto mecanizado pelo microfone do decibelímetro (Figura 11).

Figura 11 – Medição dos níveis de ruído ao final do percurso



Fonte: Autora.

### 3.2.4 Análise estatística dos dados

O delineamento experimental escolhido foi inteiramente casualizado (DIC), por permitir qualquer número de tratamentos ou repetições, além de apresentar maior número de graus de liberdade do erro experimental, implicando em maior precisão do experimento (CARGNELUTTI FILHO; LÚCIO; LOPES, 2009). Foram realizadas três repetições para cada tratamento.

Posteriormente, os dados obtidos, referentes ao ruído máximo emitido em cada tratamento (dB), foram tabulados em planilha eletrônica, e analisados através do software estatístico Sisvar (1996). A análise dos dados foi realizada utilizando a Análise de Variância (ANOVA) ao nível de significância de 5%.

A comparação entre as médias dos tratamentos qualitativos foi realizada por meio do teste de Tukey ao nível de probabilidade de erro de 5%, enquanto para os dados de rotação do motor, fez-se análise de regressão linear simples. Quando interações significativas foram encontradas, as médias das interações foram desdobradas e não foram considerados os efeitos principais dos fatores que compunham os tratamentos.

Finalmente, os resultados foram comparados com a NR 15, de modo a avaliar os níveis de ruído emitidos pelo conjunto mecanizado e os limites de tolerância diários permitidos para exposição a ruídos.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A síntese dos resultados da análise de variância dos níveis de ruído (dB) emitidos pelo conjunto mecanizado durante a operação de pulverização estão apresentados na Tabela 1, para as variáveis raio de afastamento (RA), assistência a ar (A) e rotação do motor (RPM). De acordo com a Tabela 1, as variáveis raio de afastamento, assistência a ar e rotação do motor apresentaram efeito significativos a 5% de probabilidade, bem como as interações raio de afastamento x assistência a ar (RA x A) e assistência a ar x rotação do motor (A x RPM). Para as interações raio de afastamento x rotação de motor (RA x RPM) e raio de afastamento x assistência a ar x rotação de motor (RA x A x RPM) não houve efeito significativo, uma vez que são estatisticamente iguais.

Tabela 1 – Síntese da análise de variância do nível de ruído em função da condição de carga e rotação do motor em diferentes raios de afastamento

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Raio afastamento (RA)	2	3578,462	1789,231	5514,753	0,000*
Assistência a ar (A)	2	385,494	192,747	594,083	0,000*
Rotação motor (RPM)	3	690,620	230,207	709,541	0,000*
RA * A	4	67,322	16,831	51,875	0,000*
RA * RPM	6	2,213	0,369	1,137	0,350 <sup>ns</sup>
A * RPM	6	13,304	2,217	6,834	0,000*
RA * A * RPM	12	2,264	0,189	0,582	0,850 <sup>ns</sup>
Erro	72	23,360	0,324		
Total	107	4763,040			
CV (%)	0,69				

ns = Não significativo ( $P > 0,05$ ); \* = Significativo a 5% ( $P < 0,05$ ); CV = Coeficiente de Variação.

Na Tabela 2, avaliou-se a influência da distância a que o trabalhador rural se encontra em relação ao conjunto mecanizado, e do funcionamento da assistência a ar nas barras de pulverização.

No posto de operação do trator agrícola, devido à maior proximidade da fonte de ruído, observou-se níveis de ruído mais elevados. À medida em que aumentou o raio de afastamento, estes níveis de ruído reduziram, demonstrando um comportamento inversamente proporcional entre distância e intensidade sonora emitida.

Tabela 2 – Desdobramento das interações entre os fatores raio de afastamento e assistência a ar na barra de pulverização de um trator agrícola

Raio de afastamento	Assistência a ar		
	Desligada	Média	Máxima
	Ruído (dB)		
PO	88,04 aB	86,50 aC	89,79 aA
1,0 m	82,89 bB	82,50 bB	85,91 bA
7,5 m	72,29 cB	72,24 cB	78,43 cA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Ao comparar o posto de operação e o maior raio de afastamento (7,5 m), pode-se notar uma diferença de quase 16 dB, quando a assistência a ar se encontrava desligada.

Ao comparar os três níveis de assistência a ar, os maiores níveis de ruído ocorreram quando a assistência a ar estava funcionando em seu nível máximo, independente do raio de afastamento. Os menores níveis de ruído foram medidos quando a assistência a ar estava funcionando em nível médio, no entanto, não apresentou diferença significativa quando comparada à assistência a ar desligada, pois, os ruídos emitidos pelo motor foram predominantes.

Assim, correlacionando o raio de afastamento ao funcionamento da assistência a ar, o maior nível de ruído ocorreu no posto de operação do trator agrícola, quando a assistência a ar funcionando em nível máximo. O nível de ruído médio emitido foi de 89,79 dB.

Santos *et al.* (2014), também utilizando um pulverizador modelo Falcon Vortex 600, observaram níveis de ruído acima de 97 dB no posto de operação, em rotação constante de 2400 rpm. Os resultados apresentados por Baesso *et al.* (2008) e Santos *et al.* (2014) são maiores que os avaliados neste trabalho, possivelmente pela utilização de tratores mais potentes, o que corrobora com Baesso *et al.* (2014, p. 585), ao afirmarem que “os tratores que apresentam as maiores potências do motor tendem a apresentar maiores valores de ruído a uma mesma rotação do motor”; tal relação também foi verificada por Gomes *et al.* (2021).

Quanto maior o raio de afastamento em relação ao conjunto mecanizado, menor foi o nível de ruído medido, não apresentando diferença significativa entre a assistência desligada e média, reforçando os resultados encontrados por Oliveira Júnior, Alves e Cunha (2011) que, ao avaliarem os níveis de ruído emitidos por um

trator agrícola em diferentes raios de afastamento, também observaram este comportamento. Tal observação é consolidada por Magalhães, Cortez e Nagahama (2012, p. 34), que ao ensaiarem um trator agrícola de 55 cv em condições estáticas e dinâmicas, afirmaram que “à medida que se afasta do trator verifica-se diminuição dos valores de ruído”.

Tosin (2009), ao avaliar o nível de pressão sonora de um trator de mesmo modelo utilizado neste trabalho (TL 75E), ensaiado em pista de solo firme, encontrou resultados semelhantes no posto de operação, variando de 88,81 a 89,78 dB. O fator predominante para o autor foi a ausência de cabine para atenuação do ruído.

A assistência a ar nas barras de pulverização gera acréscimo nos níveis de ruído emitidos, possivelmente devido ao funcionamento do ventilador centrífugo do pulverizador, e ao aumento do volume de ar nos dutos inflados das barras. Desta forma, avaliou-se para além do funcionamento da assistência a ar, a influência dos regimes de rotação do motor aos níveis de ruído emitidos, conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Desdobramento das interações entre os fatores rotação do motor e assistência a ar na barra de pulverização de um trator agrícola

Rotação Motor	Assistência a ar		
	Desligada	Média	Máxima
RUÍDO (dB)			
1400	78,18 b	76,87 c	80,43 a
1600	80,03 b	79,44 b	83,63 a
1800	82,32 b	81,86 b	86,66 a
2000	83,77 b	83,49 b	88,12 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

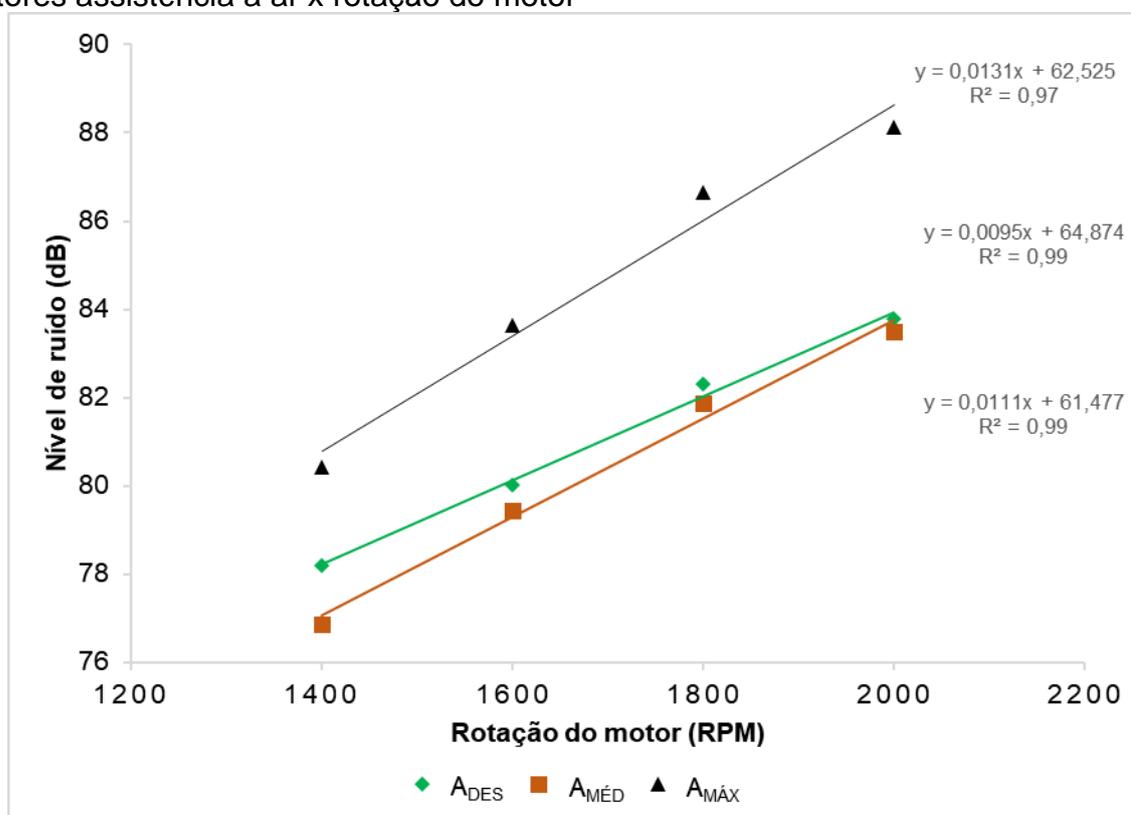
As menores rotações do motor (1400 rpm e 1600 rpm) apresentaram os menores níveis de ruído emitidos, para todos os níveis de funcionamento da assistência a ar, bem como as maiores rotações do motor (1800 rpm e 2000 rpm) apresentaram os maiores níveis de ruído.

Tanto a rotação do motor quanto a assistência a ar na barra de pulverização foram determinantes para os níveis de ruídos emitidos, uma vez que o aumento de ambas gerou incremento às emissões sonoras. Quando a assistência a ar estava desligada, a variação entre as rotações de motor mínima e máxima foi de cerca de 6 dB, e em funcionamento máximo, essa variação foi de, aproximadamente, 8 dB,

demonstrando o incremento ocasionado pelo aumento da rotação do motor para cada situação.

Os níveis de ruído apresentaram um comportamento linear, como mostrado na Figura 12, de modo que, ao aumentar a rotação, o ruído emitido também aumentou. Silva Neto (2017) e Alves *et al.* (2011) enfatizam essa linearidade afirmando que, para todas as rotações do motor, à medida em que aumentam, há o incremento de ruído.

Figura 12 – Regressão linear das médias de ruído emitidos pela interação dos fatores assistência a ar x rotação do motor



A\_DES: assistência a ar desligada; A\_MÉD: assistência a ar média; A\_MÁX: assistência a ar máxima.

Assim, a maior média observada ocorreu quando a rotação do motor estava em 2000 rpm e a assistência a ar em funcionamento máximo, o nível de ruído médio apresentado foi de 88,12 dB. Isso se deve ao fato de que o motor precisa produzir mais potência para aumentar a sua rotação e para superar o acréscimo de carga ocasionado pelo implemento, desta forma, aumentando o ruído emitido (ABOOD, 2018; SANTOS *et al.*, 2020).

#### 4.1 Limites diários de ruído tolerados (NR 15)

A Tabela 4 apresenta a correlação entre os níveis de ruído medidos com a Norma Regulamentadora n° 15.

Tabela 4 – Níveis de ruído e o tempo limite de exposição diário permitido pela NR 15

Raio de afastamento	Rotação do motor (RPM)	Assistência a ar	Ruído (dB)	Tempo de exposição
7,5 m	1400	AMÉD	68,27	> 8 h
7,5 m	1400	ADES	69,10	> 8 h
7,5 m	1600	ADES	71,13	> 8 h
7,5 m	1600	AMÉD	71,43	> 8 h
7,5 m	1800	ADES	73,70	> 8 h
7,5 m	1800	AMÉD	73,93	> 8 h
7,5 m	1400	AMÁX	74,17	> 8 h
7,5 m	2000	ADES	75,23	> 8 h
7,5 m	2000	AMÉD	75,33	> 8 h
7,5 m	1600	AMÁX	77,10	> 8 h
1,0 m	1400	AMÉD	79,27	> 8 h
1,0 m	1400	ADES	80,03	> 8 h
7,5 m	1800	AMÁX	80,70	> 8 h
1,0 m	1600	AMÉD	81,50	> 8 h
1,0 m	1400	AMÁX	81,50	> 8 h
7,5 m	2000	AMÁX	81,77	> 8 h
1,0 m	1600	ADES	81,80	> 8 h
PO	1400	AMÉD	83,07	> 8 h
1,0 m	1800	AMÉD	83,80	> 8 h
1,0 m	1800	ADES	84,20	> 8 h
1,0 m	1600	AMÁX	85,20	< 8 h
PO	1400	ADES	85,40	< 8 h
PO	1600	AMÉD	85,40	< 8 h
1,0 m	2000	AMÉD	85,43	< 8 h
1,0 m	2000	ADES	85,53	< 8 h
PO	1400	AMÁX	85,63	< 8 h
PO	1600	ADES	87,17	6 h
PO	1800	AMÉD	87,83	6 h
1,0 m	1800	AMÁX	87,87	6 h
PO	1600	AMÁX	88,60	5 h
PO	1800	ADES	89,07	4 h 30
1,0 m	2000	ADES	89,07	4 h 30
PO	2000	AMÉD	89,70	4 h 30
PO	2000	ADES	90,53	4 h
PO	1800	AMÁX	91,40	3 h 30
PO	2000	AMÁX	93,53	2 h 40

Nota-se que mais de 50% desses níveis estão dentro do limite diário permitido, considerando uma jornada de oito horas de trabalho, sem o uso de proteção individual, não apresentando riscos ao trabalhador.

Alguns valores ficaram próximo ao permitido, no entanto, é recomendado o uso de protetor auricular para que haja atenuação do ruído percebido pelo trabalhador.

Ao analisar as médias separadamente, o maior nível de ruído emitido foi de 93,53 dB, no posto de operação do trator agrícola enquanto a assistência a ar estava em regime máximo; quando a assistência a ar se encontrava desligada, a emissão foi de 90,53 dB. Os valores se assemelham aos obtidos por Baesso *et al.* (2008), ao utilizarem o mesmo modelo de pulverizador do presente trabalho, avaliando a influência de um conjunto trator-pulverizador com e sem assistência a ar e o raio de afastamento. Os autores demonstraram que, quando a assistência se encontrava ligada, o nível de ruído chegou a 104,85 dB no posto de operação (a 0,2 m do ouvido do operador) e, enquanto desligada, o nível caiu para 98,15 dB; para os raios de afastamento de 1,0 m e 7,5 m, os ruídos foram próximos de 95 e 85 dB, com e sem assistência a ar, respectivamente.

Os níveis de ruído mais críticos ocorreram no posto de operação e a um metro do trator, em rotações de motor mais elevadas, reduzindo a jornada de trabalho para, no máximo, duas horas e quarenta minutos. Isto demonstra a necessidade do uso de protetores auriculares não somente pelo operador, mas por pessoas que trabalham próximas ao conjunto mecanizado, em especial quando o trator opera em maior rotação do motor, pois essas também encontram-se expostas às condições de ruído.

Outra estratégia para atenuação dos ruídos, além do uso de protetores auriculares, é a utilização de cabines, conforme proposto por Martins *et al.* (2023). Os autores avaliaram a influência do uso de cabines em três colhedoras de café, evidenciando a redução dos ruídos no posto de operações para níveis abaixo do limite de exposição da NR 15, nos modelos que apresentavam cabine. Os maiores níveis de ruído, observados no posto de operação do trator agrícola, poderiam ser atenuados pela presença de cabine; o trator utilizado para o experimento apresenta apenas estrutura de proteção na capotagem (EPC).

No caso de tratores que não possuam cabine de fábrica, Santos *et al.* (2020) recomendam a adaptação de cabines, como uma medida de controle prioritária, uma

vez que, a ausência de cabine pode elevar os níveis de ruído em cerca de 10 dB (CELEN & ARIN, 2003).

Pimenta Junior *et al* (2012, p. 519), utilizando um trator de 75 cv como fonte de ruído, concluíram que “independente do ambiente de trabalho, operações rotineiras que se realizam com distância inferior a cinco metros em relação à posição central do trator, devem ser efetuadas com utilização de EPI”, o que expressa a importância da conscientização dos trabalhadores rurais quanto à necessidade do uso de equipamentos de proteção individual durante as operações agrícolas.

A exposição à ruídos durante as atividades laborais pode afetar o desempenho do trabalhador ao contribuir para o aumento do estresse e desconfortando, de modo a dispersar a atenção (SANTOS *et al.*, 2020). A longo prazo, ocorre o desenvolvimento de complicações cardiovasculares, como a hipertensão arterial, e aumento da frequência cardíaca pela elevação dos níveis de adrenalina e noradrenalina no sangue (ABOOD, 2018).

## 5 CONCLUSÕES

Os níveis de ruído demonstram dependência do raio de afastamento, da rotação do motor e do acionamento da assistência a ar nas barras do pulverizador.

Os maiores níveis de ruído são observados no posto de operação do trator agrícola, enquanto os níveis de ruído mais baixos ocorrem a 7,5 m da fonte de ruído, demonstrando que, quanto maior o raio de afastamento, menor é a influência dos ruídos emitidos.

Rotações de motor apresentam comportamento linear, assim, o motor funcionando em rotações mais elevadas, aumenta a emissão de ruídos.

A assistência a ar junto às barras de pulverização gera acréscimo nos níveis de ruído emitidos, os quais são elevados com o aumento rotação do ventilador.

Considerando uma jornada de trabalho de oito horas, mais de 50% dos níveis de ruído medidos encontram-se dentro do limite diário permitido pela Norma Regulamentadora nº 15 (NR 15), sem a utilização de dispositivos de proteção auricular. No entanto, para o operador e trabalhadores próximos ao maquinário, faz-se necessário o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI).

## REFERÊNCIAS

- ABOOD, A. M. Assessment of tractor noise level during spraying operation while using a tractor mounted aero blast sprayer. **International Conference on Materials Engineering and Science**. Suzhou: IOPscience. 2018. p. 1-9.
- ALVES, A. D. D. S. *et al.* Níveis de potência sonora emitidos por trator agrícola em condições estáticas e dinâmicas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, jan./mar. 2011. 110-119.
- ANDERSSON, M. *et al.* Índices de depreciação, ergonomia, segurança, nível de ruído e manutenção como parâmetros de avaliação em tratores agrícolas de quatro rodas. **Revista Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales**, La Plata, v. 114, n. 1, 2015. 95-100.
- ARCOVERDE, S. N. S. *et al.* Nível de potência sonora nas operações agrícolas. **Nucleus**, Georgia, v. 8, n. 1, abril 2011. 277-286.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9999**: Medição do nível de ruído, no posto de operação, de tratores e máquinas agrícolas. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 5131**: Tratores agrícolas e florestais – Medição de ruído na posição do operador. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 7216**: Tratores agrícolas e florestais – Medição de ruído emitido quando em movimento. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA. **Máquinas agrícolas e rodoviárias: produção, vendas internas no atacado, exportações em unidades, exportações em valor e emprego (2020)**. Disponível em: <https://anfavea.com.br/site/edicoes-em-excel/>. Acesso em 4 jan. 2023.
- BABALOLA, A. A. *et al.* Evaluation of agricultural tractor noise in field operations at the College of Engineering and Environmental Studies, Olabisi Onabanjo University, Ago-Iwoye, Nigeria. **National Engineering Conference**. Zaria: Ahmadu Bello University. 2018. p. 559-563.
- 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, v. 16, n. 4, out./dez. 2008. 400-407.
- BAESSO, M. M. *et al.* Avaliação do nível de ruído, itens de segurança e ergonomia em tratores agrícolas. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 9, n. 4, 2015. 368-380.

BAESSO, M. M. *et al.* Níveis de ruído emitidos por tratores agrícolas. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v.11, n. 3, 2017. 229-238.

BAESSO, M. M. *et al.* Níveis de ruído emitidos por tratores agrícolas em conformidade com a norma regulamentadora NR 15. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 22, n. 6, nov./dez. 2014. 583-588.

BATISTELLA, B. *et al.* Eficiência potencializada. **Revista Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 10, n. 156, 2015. 12-15.

BILSKI, B. Audible and infrasonic noise levels in the cabins of modern agricultural tractors - does the risk of adverse, exposure-dependent effects still exist? **International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health**, Łódź, v. 26, n. 3, 2013. 488-493.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Instituto Nacional de Meteorologia. **Tempo**. Brasília, DF: INMET, 2023. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A826>. Acesso: 31 mar. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. Secretaria de Trabalho. **Norma regulamentadora NR-15: Atividades e operações insalubres**. Brasília, DF: Ministério do Trabalho e Previdência, 2022.

BUNCH, C. C. Usable hearing. **Annals of Otology, Rhinology and Laryngology**, Saint Louis, v. 43, n. 1, June 1937. 367-376.

CARGNELUTTI FILHO, A.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J. **Experimentação agrícola e florestal**. Santa Maria: UFSM / CCR / Departamento de Fitotecnia, 2009. 204 p.

CARNEIRO, D. C. D. S. **Níveis de ruído emitido por colhedora autopropelida de café em diferentes condições de trabalho**. 2018. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2018.

CARNEIRO, M. D. A. *et al.* **Avaliação dos níveis de ruído na operação mecanizada de semeadura do milho**. 1º Simpósio Mato-Grossense de Mecanização Agrícola e Agricultura de Precisão. Sinop: Universidade Federal do Mato Grosso. 2018. p. 1-3.

CELEN, L. H.; ARIN, S. Noise levels of agricultural tractors. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 6, n. 19, 2003. 1706-1711.

CHAIBEN NETO, M. *et al.* Avaliação do risco ergonômico de um operador agrícola em atividade de trituração de restos culturais. **Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 24, n. 2, jul./dez. 2020. 190-195.

CLASSIFICAÇÃO climática de Köppen para os municípios brasileiros. 2023. Disponível em: <https://koppenbrasil.github.io/>. Acesso em: 13 jan. 2023.

- CUNHA, J. P. A. R.; DUARTE, M. A. V.; RODRIGUES, J. C. Avaliação dos níveis de vibração e ruído emitidos por um trator agrícola em preparo de solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, out./dez. 2009. 348-355.
- CUNHA, J. P. A. R.; DUARTE, M. A. V.; SOUZA, C. M. A. Vibração e ruído emitidos por dois tratores agrícolas. **IDESIA - Revista de Agricultura em Zonas Áridas**, Tarapacá, v. 30, n. 1, enero/abril 2012. 25-34.
- DAMASCENO, F. A. *et al.* Avaliação do nível de ruído emitido por um trator agrícola acoplado a uma colhedora de milho. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 27, n. 5, 2019. 412-419.
- DEWANGAN, K. N.; KUMAR, G. V. P.; TEWARI, V. K. Noise characteristics of tractors and health effect on farmers. **Applied Acoustics**, Elsevier, v. 66, 2005. 1049-1062.
- EGELA, M. E.; HAMED, A. R. Tractor noise levels impact on operator safety. **Journal Soil Science and Agricultural Engineering**, Mansoura, v. 8, n. 8, 2017. 355-362.
- FARIAS, M. S.; SCHLOSSER, J. F. Níveis de ruído no posto de operação de um trator agrícola na operação de semeadura. **Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 24, n. 1, fev./jul. 2020. 47-52.
- FERNANDES, J. C. **Avaliação dos níveis de ruído em tratores agrícolas e seus efeitos sobre o operador**. 1991. 193 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1991.
- FERNANDES, J. C. **Atenuação dos níveis de ruídos em tratores agrícolas**. 1996. 119 f. Tese (Livre-Docência em Vibrações e Acústica e Ruídos) - Universidade Estadual Paulista, Bauru, 1996.
- GHOTBI, M. R. *et al.* Driver exposure and environmental noise emission of Massey Ferguson 285 tractor during operations with different engine speeds and gears. **African Journal of Agricultural Research**, Victoria Island, v. 8, n. 8, 8 March 2013. 652-659.
- GOMES, A. P. A. *et al.* Noise levels emitted by agricultural tractors with and without implements activation. **Nativa**, Sinop, v. 9, n. 4, 2021. 413-418.
- GONÇALVES, S. S. *et al.* Ensaio de opacidade e nível de ruído de um trator agrícola. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, n. 3, maio/jun. 2013. 244-252.
- GOOGLE EARTH PRO 7.3.6. 2023. Universidade Federal do Pampa, RS. Coordenadas 61°91'69,45" E 67°03'551.24" S. Elevação: 97 m. Data de visualização: 10 maio 2023. Data da imagem: 09 set. 2022.
- INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION (ISO). **ISO R 362**: Measurement of noise emitted by vehicles. London: British Standards Institution, 1964.

KARLOVICH, R. S. *et al.* Hearing sensitivity in farmers. **Public Health Reports**, Washington, v. 103, n. 1, Jan./Feb. 1988. 61-71.

MAGALHÃES, A. T.; CORTEZ, J. W.; NAGAHAMA, H. D. 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. **Revista Engenharia na Agricultura**, Botucatu, v. 27, n. 4, out./dez. 2012. 24-44.

MÁQUINAS AGRÍCOLAS JACTO S.A. **Linha Falcon**: Falcon AM14/Vortex. Disponível em: [https://s3.amazonaws.com/1-jacto.com.br/files/product\\_file\\_file\\_pt\\_BR\\_1591723780833\\_Folheto\\_Jacto\\_Falcon\\_PT\\_930000247.pdf](https://s3.amazonaws.com/1-jacto.com.br/files/product_file_file_pt_BR_1591723780833_Folheto_Jacto_Falcon_PT_930000247.pdf). Acesso em: 20 abr. 2023.

MARQUES FILHO, A. C.; LANÇAS, K. P. Can the tractor's cabin allow the noise at the operator's station?. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 16, 2022. 1-6.

MARTINS, K. M. *et al.* Occupational noise level emitted by self-propelled harvesters during mechanized coffee harvesting. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 53, n. 6, 2023.

MATTHEWS, G. A.; MILLER, P. C. H.; BATEMAN, R. **Pesticide application methods**. Chichester: Wiley-Blackwell, 2014.

MION, R. L. *et al.* Avaliação dos níveis de ruído de um conjunto mecanizado trator e semeadora adubadora pneumática. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 2, mar./abr. 2009. 87-92.

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

MOURA, M. D. S. *et al.* Avaliação do nível de ruído emitido por um trator durante uma operação agrícola. In: \_\_\_\_ **Os desafios da engenharia de produção frente às demandas contemporâneas**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2020. Cap. 6, p. 55-62.

NUNES, M. D. *et al.* **Impactos de ruídos de maquinários agrícolas na saúde humana**. X Semana Acadêmica do Curso de Agronomia - SEAGRO. Cascavel: FAG. 2016. p. 5-7.

OLDONI, A. *et al.* Avaliação dos níveis de ruído dos tratores agrícolas destinados a agricultura familiar. **XIX CIC/ XII ENPOS/ II Mostra Científica**. Pelotas: UFPel. 2010.

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

OLIVEIRA JÚNIOR, G. G. D. *et al.* Vibração e ruído no posto de operação de um trator cafeeiro acoplado a um turbo pulverizador sob diferentes velocidades de trabalho. **Revista Concilium**, v. 22, n. 2, 2022. 118-130.

PIMENTA JUNIOR, C. G. *et al.* Análise espacial do nível de ruído emitido por trator agrícola. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 3, jul./set 2012. 514-520.

POJE, A. *et al.* A case study of the impact of skidding distance on tractor operator exposure to noise. **Baltic Forestry**, Latvia, v. 2, n. 2, 2016. 357-364.

RAMOS, J. G.; VALERO, C.; CAÑAVATE, J. O. El problema del ruido en los tractores agrícolas. **Mecanización**, Madrid, 15 abril 1999. 70-72.

RAVANDI, M. R. G. *et al.* Noise levels of a MASsey Fergusson 285 tractor during movement on dirt and paved roads. **Noise Control Engineering Journal**, Reston, v. 64, n. 5, Sep./Oct. 2016. 608-614.

RINALDI, P. C. N. *et al.* Características de segurança e níveis de ruído em tratores agrícolas. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 2, abr./jun. 2008. 215-224.

SANTOS FILHO, P. F. D. *et al.* Utilização de um sistema de aquisição automática de dados para avaliação dos níveis de ruído de um trator agrícola de pneus. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 3, 2004. 381-386.

SANTOS, L. M. D. *et al.* Characterization of noise emitted by a low-profile tractor and its influence on the health of rural workers. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 92, n. 3, 2020. 1-10.

SANTOS, L. N. *et al.* Avaliação dos níveis de ruído de um conjunto trator-pulverizador, em função da velocidade de trabalho. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 42 ed., 2014, Campo Grande. **Anais eletrônicos da Associação Brasileira de Engenharia Agrícola**, Campo Grande: 2014.

SCHLOSSER, J. F. *et al.* Antropometria aplicada aos operadores de tratores agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, 2002. 983-988.

SILVA NETO, J. M. **Níveis de ruído emitidos por tratores agrícolas cabinados e não cabinados**. Universidade Federal Rural do Semiárido - UFRSA. Mossoró. 2017.

SILVA, A. C. D. *et al.* Ruído e vibração no posto de operação de um trator agrícola em função da pressão dos pneus e velocidade operacional. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 25, n. 5, 2017. 454-458.

SILVA, R. P. D. *et al.* Avaliação do nível de ruído em colhedoras combinadas. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, maio/ago. 2004. 381-387.

SISVAR: Sistema computacional de análises estatísticas. Versão 5.6. Lavras: Universidade Federal de Lavras (UFLA), 1996. Disponível em: <https://des.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>. Acesso em: 17 abr. 2023.

SOARES, C. M. *et al.* Avaliação do nível de ruído causado por um trator agrícola acoplado a uma colhedora de milho. **Congresso Mineiro de Engenharia e Tecnologia**. Lavras: UFLA. 2015.

SOUZA, T. C. F. **Exposição a ruído e hipertensão arterial: investigação de uma relação silenciosa**. 2010. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2010.

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

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

TIPOS DE ruído: fontes de ruído. **Técnico segurança do trabalho e TI**, dez. 2011. Disponível em: <http://tstetecnologias.blogspot.com/2011/12/tipos-de-ruidofontes-de-ruido.html>. Acesso em: 4 jan. 2023.

TOSIN, R. C. **Avaliação do ruído e da vibração no posto de trabalho em dois tratores agrícolas**. 2009. 149 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

TOSIN, R. C.; LANÇAS, K. P.; ARAÚJO, J. A. B. Avaliação do ruído no posto de trabalho em dois tratores agrícolas. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 24, n. 4, 2015. 108-118.

VEIGA, R. K. *et al.* Análise e distribuição espacial do ruído no posto de trabalho do operador e nas proximidades de máquinas agrícolas e florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 43–65, 2021.

WANG, Z. *et al.* Noise reduction in tractor cabs using coupled resonance acoustic materials. **IEEE Access**, v. 10, 2022. 32689-32695.

YADAV, P. S. *et al.* Noise reduction on agricultural tractor. **Symposium on International Automotive Technology**. Pune: SAE International. 2013. p. 1-8.

YAMIN, M. *et al.* Noise exposure and its impact on psychological health of agricultural. **Noise Control Engineering Journal**, Reston, v. 69, n. 6, Nov./Dec. 2021. 500-506.

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

YILDIZ, A. *et al.* Interior noise analysis and prediction of a tractor cabin with emphasis on correlations with experimental data. **Noise and Vibration Conference and Exhibition**. Pune: SAE International. 2013. p. 8.