

Avaliação de parâmetros ergonômicos: ruído e temperatura no posto operacional de tratores agrícolas.

Evaluation of ergonomic parameters: noise and temperature in the operational station of agricultural tractors.

Andrade, P. Santos, J. Sartori, M.

UNESP - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru
UNESP - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru
UNESP - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru

Retirado de: <http://convergencias.esart.ipcb.pt>

RESUMO: O surgimento de máquinas e implementos utilizados na agricultura mudaram definitivamente as técnicas de produção em todo o mundo, de forma que o aumento da produtividade deste setor levou o homem a ser substituído pelas máquinas a fim de possibilitar o acesso a novas práticas na agricultura. A realização de uma operação segura com trator agrícola é essencial, sendo necessário que o operador tenha o conhecimento de algumas medidas gerais de segurança. Este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar o ruído e a temperatura como risco físico no interior da cabine de um trator, considerando os limites de tolerância permitidos pela Norma Regulamentadora 15 (Atividades e Operações Insalubres) e 17 (Ergonomia).

PALAVRAS-CHAVE: limites de tolerância, riscos físicos, análise ergonômica.

ABSTRACT: The emergence of machines and agricultural implements used in agriculture had definitively changed the techniques of production in the whole world, so that the increase of the productivity of this sector took the man to be substituted for the machines in order to make possible the access the new practices in agriculture. The accomplishment of a safe operation with agricultural tractor is essential, being the necessary that the operator has the knowledge of some general measures of security. This work was accomplished with the aim to analyse noise and temperature as physical risk in the interior of the cabin of a tractor, Unhealthy considering the limits of tolerance allowed by Regulator Norm 15 (Activities and Operations) and 17 (Ergonomics).

KEYWORDS: limits of tolerance, physical risks, ergonomic analysis.

1. Introdução

Atualmente, há uma imensa variedade de máquinas agrícolas com diferentes funções e acessórios para oferecer ao usuário mais conforto e segurança. A ergonomia é uma área de conhecimento que tem como objetivo analisar fatores de risco em diversas situações de trabalho, visando propostas de melhorias unindo o conforto, a segurança e a eficiência no trabalho.

A exposição por períodos considerados adequados dentro de Normas Regulamentadoras (NRs) contribui para minimizar riscos de acidente, doenças e condições inseguras entre as atividades executadas. Porém, ao analisarmos os riscos que os trabalhadores estão expostos diariamente, é possível notar que a maioria está fora dos níveis considerados adequados.

Dentre vários critérios que retratam uma análise ergonômica a iluminação, o ruído e a temperatura como condição ambiental utilizada de forma incorreta refletem no ambiente e acabam afetando a saúde e eficiência dos trabalhadores.

O ruído está presente na maior parte das atividades relacionadas à mecanização agrícola, sendo um agente físico insalubre, o qual se torna o principal risco que o trabalhador está exposto. A NR 15 estabelece como limite de tolerância 8 horas diárias de trabalho, porém é de conhecimento que os tratores são grandes emissores de altos níveis de ruído, de forma que os valores ultrapassam o que é exigido pela norma.

Os ensaios realizados em tratores agrícolas auxiliam nas avaliações do desempenho operacional gerando dados para o dimensionamento correto de máquinas e implementos, sendo assim possível avaliar o nível de segurança e conforto do operador. É importante salientar que os ensaios devem estar em conformidade com órgãos de regulamentação e normas disponibilizadas para cada aspecto físico analisado.

2. Ruído e temperatura avaliados como risco físico

Nas últimas décadas, as máquinas agrícolas fabricadas no Brasil visando um maior desempenho operacional tiveram um grande aumento em relação a suas dimensões e potências que não correspondem com as condições de segurança do operador, estando exposto a fatores insalubres como o ruído (FERNANDES, 2003).

De acordo com Gimenez (2012), em função da intensidade e do tempo de exposição ao ruído, operadores de máquinas podem sofrer danos irreversíveis com a perda da audição. Esses danos são em sua maioria imperceptíveis e quando detectados já podem estar em estágio avançado. Além de ser prejudicial à saúde, o ruído afeta negativamente o desempenho durante a operação, levando à fadiga, erros e favorecendo a ocorrência de acidentes.

Segundo Baesso, Teixeira, Rodrigues Junior, Magno Junior e Fernandes (2008), a utilização de implementos traionados, aumenta o nível de ruído devido as exigências de potência do motor. Nas máquinas acionadas pela tomada de potência, este aumento é causado, principalmente, pelos órgãos acionados.

Os fabricantes de equipamentos agrícolas direcionaram seus esforços para reduzir os níveis de ruído nas cabines de operação de tratores nos últimos anos. Muitos fabricantes conceberam cabines de operação para tratores com níveis de ruído abaixo do nível seguro de 85 dB (CELEN & ARIN, 2003).

As condições no interior da cabine do trator têm um impacto significativo sobre o desempenho do operador, refletindo sobre o resultado total no sistema homem-trator-ambiente (RUZIC, 2011).

Para Gimenez (2012) ao longo de um dia de trabalho as temperaturas podem oscilar de modo expressivo em função da região e época do ano. Para atenuar este efeito podem ser utilizados desde anteparos simples para proteger o operador do vento e radiação solar até cabines com controle automático da temperatura fundamental nas condições extremas.

Um trabalhador pode sofrer desidratação pelo excesso de suor e reposição insuficiente dos sais minerais. Em situações extremas, o mecanismo de termoregulação começa a falhar e a temperatura corporal pode subir até 41°C (IIDA, 2016).

3. Metodologia

O ensaio foi desenvolvido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu – SP.

Os ensaios foram realizados em duas pistas: concreto comum e solo firme. A pista de concreto comum têm 100 metros de comprimento e 4 metros de largura, e a de solo firme 100 metros de comprimento e 6 metros de largura.

Foi utilizado um trator agrícola 4x2 TDA cabinado com potencia de 64,7kW (88cv), transmissão mecânica possui 12 marchas sincronizadas à frente e 12 à ré, em 3 gamas de velocidades, ensaiado com diferentes combinações de marcha com potência.

O medidor de nível de pressão sonora utilizado foi o modelo DEC 300, fabricado pela Instrutherm. Suas principais características são: display de cristal líquido com 4 dígitos, microfone de eletreto condensado de ½ polegada, com precisão de $\pm 3,5$ dB, com faixa de leituras de 40 a 130dB, ponderação de frequência A, ponderação de tempo FAST e desligamento automático: O medidor desliga automaticamente após aprox. 15 minutos de inatividade.

O registrador de temperatura com datalogger utilizado foi o modelo AK168, fabricado pela Akso. Possui display de cristal líquido, com faixa de medição de -30 a 60°C, precisão de ± 1 °C. Seu visor LCD indica: temperatura atual, nº de registros coletados, hora, data, temperatura máxima, temperatura mínima, alarme de alta e alarme de baixa e Intervalo entre registros: de 10 segundos a 24 horas (configurável). Possui software do próprio para transferência de dados.

Para aquisição de dados dinâmicos foi utilizado um equipamento denominado “Unidade Móvel de Ensaio da Barra de Tração - UMEB”. O equipamento foi desenvolvido na Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP de Botucatu para realizar ensaios de tratores em solo agrícola. Para aquisição de dados em “rotação de trabalho” foi utilizado uma grade intermediária de 12 discos recortados com 28 polegadas cada com largura de corte de 1600mm (Figura 1).

Fig. 1 – Unidade Móvel de Ensaio da Barra de Tração – UMEB.



Para o ensaio “dinâmico”, a medição do ruído dentro da cabine apresentado no trator durante os ensaios foram feitas na altura do ouvido do operador (Figura 2) de acordo com a NR 15, na direção da fonte sonora de maior intensidade, onde foram coletadas quatro amostras de cada combinação de marcha com a potência em um intervalo de 15 em 15 segundos.

Fig. 2 – Decibelímetro na altura do ouvido do operador para coleta de dados.



Foram usadas quatro condições para coleta de ruído nas máquinas agrícolas com as seguintes variáveis:

- a) Gama I – 4: máquina com motor em rotação (rotação máxima, 2300 e 2000 RPM).
- b) Gama II – 2: máquina com motor em rotação (rotação máxima, 2300 e 2000 RPM).
- c) Gama II – 3: máquina com motor em rotação (rotação máxima, 2300, 2000 e 1700 RPM).
- d) Gama II – 4: máquina com motor em rotação (rotação máxima, 2300, 2000 e 1700 RPM).

A medição de ruído externo apresentado nos tratores foi feita com o medidor de nível de pressão sonora fixado na parte de fora (Figura 3) e assim como na medição interna, foram coletadas quatro amostras de cada combinação de marcha com a potência em um intervalo de 15 em 15 segundos com as mesmas variáveis citadas acima.

Fig. 3 – Decibelímetro fixado na parte externa do trator para coleta de dados.



Para o ensaio em “rotação de trabalho” foi acoplado uma grade intermediária e para a medição de ruído repetiu-se a mesma metodologia utilizada no ensaio “dinâmico”. Foram usadas três condições para coleta de ruído nas máquinas agrícolas com as seguintes variáveis:

- a) Gama I – 4: máquina com motor em rotação (rotação máxima, 2300 e 2000 RPM).
- b) Gama II – 2: máquina com motor em rotação (rotação máxima, 2300 e 2000 RPM).

c) Gama II – 3: máquina com motor em rotação (rotação máxima, 2000 e 1700 RPM).

A medição de ruído externo no ensaio em “rotação de trabalho” utilizou-se a mesma metodologia para o ensaio “dinâmico”, com as mesmas variáveis citadas acima.

Para as medições de temperatura dentro da cabine apresentado nos tratores durante os ensaios foi utilizado um registrador de temperatura com datalogger fixado próximo ao assento do operador dentro da cabine. O aparelho ficou dentro da cabine durante todo o ensaio “dinâmico” e em “rotação de trabalho” e foi programado para registrar a temperatura de 10 em 10 minutos. Ao final dos ensaios, o aparelho apresentou à máxima e mínima registrada no interior da cabine.

Fig. 4 – Registrador de temperatura fixado próximo ao corpo do operador.



Para o delineamento dos dados, utilizou-se um fatorial incompleto 5X4, onde os dados obtidos nos ensaios foram submetidos a uma análise de variância sendo complementada pelo teste de Tukey, considerando significativo quando $p < 0,05$, para a variável ruído.

Valores em uma mesma linha, seguidos por letras minúsculas idênticas não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Tukey, enquanto valores em uma mesma coluna, seguidos por letras maiúsculas idênticas não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Tukey, onde “A” ou “a” apresentam os maiores valores e “D” ou “d” apresentam os valores mais baixos e próximos do valor estipulado pela norma.

4. Resultados

Os resultados são demonstrados conforme tabelas abaixo das três condições em que o trator foi avaliado: estático, dinâmico e rotação de trabalho. Cada condição avaliada teve como variáveis a combinação de marchas (GI-4, GII-2, GII-3 E GII-4) com potência do trator (rotação máxima, 2300 rpm, 2000 rpm e 1700 rpm). Os resultados obtidos foram comparados com a NR 15, com limite de tolerância para oito horas diárias de exposição máxima de 85 dB(A).

Na Tabela 1 observa-se a comparação de médias do ruído externo entre o ensaio estático com o ensaio dinâmico. Constata-se que todos os dados estão todos acima do que a norma recomenda como o máximo de exposição diária para o operador de máquinas.

Tab. 1 – Comparação de médias do ruído externo entre o ensaio estático com o ensaio dinâmico.

	Rot. Máxima	2300rpm	2000rpm	1700rpm
Estático	87,13 dA	87,15 dA	87,123 dA	87,15 bA
GI4	96,78 aA	97,03 aA	95,98 aB	-
GI2	92,38 bB	93,25 bA	92,33 bB	-
GI3	93,10 bA	92,93 bA	90,40 cB	90,15 aB
GI4	90,50 cA	90,45 cA	87,33 dB	87,08 bB

Nota. * Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5%. ($p < 0,01$)

Diferentemente do observado na tabela de ruído externo, os dados ($p < 0,01$) de ruído no interior da cabine apresentaram um valor aproximado dos 85dB estipulados pela norma e em algumas combinações valores abaixo do que é recomendado (Tabela 2).

Tab. 2 – Comparação de médias do ruído interno entre o ensaio estático com o ensaio dinâmico.

	Rot. Máxima	2300rpm	2000rpm	1700rpm
--	-------------	---------	---------	---------

Estático	85,55 cA	84,65 cB	84,65 bB	80,53 cC
G14	86,63 bA	86,18 bA	86,85 aA	-
G12	88,78 aA	87,38 aB	85,93 aC	-
G13	86,90 bA	86,95 bA	86,40 aA	83,33 aB
G14	88,10 aA	84,83 cB	83,83 bC	82,43 bD

Nota. * Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5%. ($p < 0,01$)

Para os dados ($p < 0,01$) do ensaio onde o trator estava em rotação de trabalho, observou-se que todos os dados de ruído externo estão acima do que a norma recomenda como máximo de exposição diária para o operador. Ainda é possível observar que os valores estão muito acima dos dados de ruído externo do trator em ensaio dinâmico (Tabela 3).

Tabela 3 – Comparação de médias do ruído externo entre o ensaio estático com o ensaio em rotação de trabalho.

	Rot. Máxima	2300rpm	2000rpm	1700rpm
Estático	87,13 cA	87,15 dA	87,13 cA	87,15 bA
G14	96,83 bA	95,65 cB	95,08 bC	-
G12	98,40 aA	96,45 bB	95,50 bC	-
G13	-	97,95 aA	97,35 aB	95,30 C
G14	-	-	-	-

Nota. * Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5%. ($p < 0,01$)

Os dados ($p < 0,01$) de ruído no interior da cabine no ensaio de rotação de trabalho apresentaram um valor aproximado dos 85dB estipulados pela norma e em algumas combinações valores abaixo do que é recomendado.

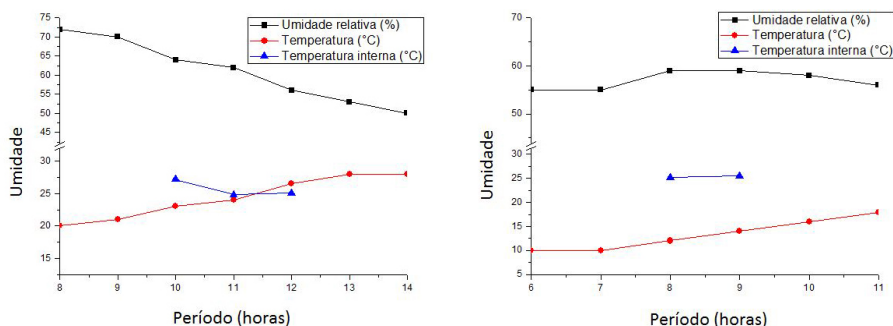
Tab. 4 – Comparação de médias do ruído interno entre o ensaio estático com o ensaio em rotação de trabalho.

	Rot. Máxima	2300rpm	2000rpm	1700rpm
Estático	85,55 bA	84,65 dB	84,65 aB	80,53 bC
G14	86,78 aA	87,35 aA	83,20 aB	-
G12	86,65 aA	86,90 aA	80,68 bB	-
G13	-	85,35 bA	82,45 aB	81,90 aB
G14	-	-	-	-

Nota. * Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5%. ($p < 0,01$)

Na Figura 5 é possível observar que no início do ensaio dinâmico a temperatura interna da cabine já se apresentava superior à temperatura externa, se aproximando dos 27°C com uma umidade em torno de 64%. Contudo, o fato da cabine apresentar ar-condicionado faz com que o calor seja amenizado e com isso o operador acaba não notando esta diferença.

Fig. 5 – Comparação da temperatura externa e umidade relativa com a temperatura interna da cabine do trator agrícola durante o ensaio dinâmico e ensaio de rotação de trabalho, respectivamente.



Com base na Figura 5 podemos notar que durante todo o ensaio a temperatura se manteve em 25,2°C, valor bem acima da temperatura que estava naquele momento. No dia do ensaio a máxima obtida foi de 24°C, e apesar da temperatura ter aumentado durante o dia, a temperatura no interior da cabine ultrapassou o valor da máxima diária. A umidade se manteve em 59% durante todo o ensaio.

5. Conclusões

Os valores ($p < 0,01$) de ruído do trator estático estão quase todos abaixo dos 85dB estipulados pela norma, como é possível constatar nas tabelas. Ao compararmos os dados do ensaio dinâmico com o trator estático, é possível notar que as médias estão bem acima dos valores recomendados, onde o valor estático apresentado é inferior. A existência da cabine é um fator que auxiliou na atenuação do ruído, possibilitando em algumas combinações de marcha com potência que o operador possa ficar exposto durante as 8h de trabalho.

Ao compararmos os valores externos com os valores internos, é possível observar que os valores internos obtidos no ensaio são totalmente mais baixos, de forma que a cabine funciona como uma superfície refletora do som, deixando passar uma menor quantidade de ruído para seu interior.

Os dados analisados indicam que pode ter ocorrido fato equivalente ao descrito por Odorizzi et al. (2014), apresentando valores de ruído muito acima do limite de 85 dB(A) para uma jornada de trabalho de 8 hora sendo necessária a utilização do EPI, além da adequação da máxima exposição diária permissível para tais níveis de ruído.

Ao observarmos os valores do ensaio em rotação de trabalho, é possível constatar que o nível de ruído externo é bem superior comparado ao ruído do trator estático de forma que os valores ultrapassam em 15% o máximo permitido pela norma. Porém ao compararmos o ruído interno com o ruído do trator estático é notável que os valores são bem aproximados, de forma em que não há grande diferenciação de valores do trator estando em movimento quanto estando estático.

No entanto, ao compararmos os valores externos com os valores internos, é visível a grande diferença, já que os valores de ruído interno apresentam a maioria de seus valores abaixo do permitido pela norma, chegando a um valor de 5% a menos nos 85dB quando comparado aos 15% a mais que o ruído externo apresentou.

Resultados semelhantes podem ser observados nos estudos de Alves et al. (2011) em que foram analisados tratores com a variação de rotação do motor similares e concluiu-se que altas rotações geram níveis de ruído muito acima do recomendado pela norma podendo ocorrer alterações reversíveis ou irreversíveis no ouvido e perdas crescentes de percepção.

Pelos dados é possível notar que visando o bem estar do operador, apesar do trator em rotação de trabalho exigir mais potência, é visível que a absorção de ruído no interior da cabine é bem mais reduzida, de forma que o operador consiga trabalhar normalmente durante as 8h diárias permitidas pela norma na maioria de suas combinações, sem que lhe cause problemas de audição a um curto prazo. Apesar a mínima existência de valores acima do permitido no ensaio de rotação de trabalho, ainda é necessária que se faça o uso do meio mais usual para medidas de controle do operador utilizando uma proteção auricular eficiente durante toda a sua jornada de trabalho.

Souza et al. (2004) observaram que níveis de potência sonora acima de 85 dB(A) podem causar desconforto acústico, prejuízo na comunicação, irritação e diminuição da produtividade de trabalho.

Ainda que os ensaios tenham ocorridos em dias em que a temperatura apresentou bastante variação, notou-se que independente da temperatura externa apresentar-se baixa, o interior da cabine mesmo com a utilização do ar condicionado apresentou um valor superior ao considerado como confortável para as 8 horas de trabalho segundo a NR 17, sendo possível observar que a temperatura externa em alguns casos não atua diretamente na temperatura interna da cabine. O que se pode constatar nesses casos, é um maior equilíbrio nas temperaturas, evitando grandes variações, de fato que o mesmo não ocorre quando a temperatura externa está elevada.

Os resultados encontrados nos ensaios podem ser comparados aos resultados obtidos por Gosling e Araújo (2008), pois em ambas as avaliações os resultados se apresentaram acima do determinado pela norma, proporcionando, assim, um ambiente de trabalho agressivo ao bem estar do trabalhador, visto que as máquinas não possuem proteções eficazes contra os agentes avaliados na pesquisa.

Embora o operador não esteja exposto diretamente ao sol, devida a proteção da cabine, faz-se necessário a utilização de protetores solar e a utilização de roupas adequadas para que o operador evite desconfortos maiores, apresentando um maior rendimento em suas operações.

Referências Bibliográficas

- Baesso, M., Teixeira, M.M., Rodrigues Junior, F.A., Magno Junior, R. G. & Fernandes, H.C. (2008). Avaliação do nível de ruído emitido por um conjunto trator pulverizador com e sem assistência de ar. *Engenharia na Agricultura*, 16 (4), 400-407.
- Brasil. (2013). Ministério do Trabalho e Emprego. *Norma Regulamentadora 15: Atividades e operações insalubres*. Brasília: Saraiva.
- BRASIL. (2013). Ministério do Trabalho e Emprego. *Norma Regulamentadora 17: Ergonomia*. Brasília: Saraiva.
- Celen, I.H., & Arin, S. (2013). Noise Levels of Agricultural Tractors. *Pakistan Journal Of Biological Sciences*, 19, 1706-1711. Recuperado em 10 dezembro, 2016, de <http://scialert.net/abstract/?doi=pjbs.2003.1706.1711>.
- Fernandes, J.C. (1993). Levantamento estatístico sobre o nível de ruído em operações agrícolas com tratores. *Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica*, 12. Brasília: Cobem.
- Gimenez, L. (2012). *Ergonomia e Segurança em Máquinas Agrícolas*. Recuperado em 15 novembro, 2016, de [http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/aulas/leb332/AULAS 2016/Aula 11 - Ergonomia e segurança de maquinas agricolas_Prof Leandro/Aula 11 - Texto Ergonomia e Segurança.pdf](http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/aulas/leb332/AULAS%202016/Aula%2011%20-%20Ergonomia%20e%20seguranca%20de%20maquinas%20agricolas_Prof%20Leandro/Aula%2011%20-%20Texto%20Ergonomia%20e%20Seguranca.pdf).
- Iida, I. (2016). *Ergonomia: Projeto e Prática*. São Paulo: Edgard Blucher.
- Ruas, A. (1999). *Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho*. São Paulo: Fundacentro.
- Ruzic, D. (2011). Agricultural tractor cab characteristics relevant for microclimatic conditions. *Journal Of Applied Engineering Science*, 323-330. Recuperado em 15 janeiro, 2017, de https://www.researchgate.net/publication/287003520_Agricultural_tractor_cab_characteristics_relevant_for_microclimatic_conditions.

Reference According to APA Style, 5th edition:

Andrade, P. Santos, J. Sartori, M. ; (2017) Avaliação de parâmetros ergonômicos: ruído e temperatura no posto operacional de tratores agrícolas. *Convergências - Revista de Investigação e Ensino das Artes*, VOL X (19) Retrieved from journal URL: <http://convergencias.ipcb.pt>