



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

KARLA LÚCIA BATISTA ARAÚJO

**RUÍDO E VIBRAÇÃO INCIDENTES AO OPERADOR DE UM QUADRICICLO
AGRÍCOLA**

**FORTALEZA
2018**

KARLA LÚCIA BATISTA ARAÚJO

RUÍDO E VIBRAÇÃO INCIDENTES AO OPERADOR DE UM QUADRICICLO
AGRÍCOLA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A689r Aratijo, Karla Lúcia Batista.
Ruído e vibração incidentes ao operador de um quadriciclo agrícola / Karla Lúcia Batista Aratijo. – 2018.
99 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

1. Agricultura familiar. 2. Posto de operação. 3. Máquinas agrícolas. I. Título.

CDD 630

KARLA LÚCIA BATISTA ARAÚJO

RUÍDO E VIBRAÇÃO INCIDENTES AO OPERADOR DE UM QUADRICICLO
AGRÍCOLA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Aprovada em: 26 / 04 /2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. PhD. Lidia Andrade Lourinho
Universidade Estadual do Ceará - UECE

Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti
Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT

Prof. Dr. Luis de França Camboim Neto
Faculdade Terra Nordeste - FATENE

À Deus.

Aos meus pais, Luciene e Carlos.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela presença constante sem que eu precisasse pedir, por ser luz nas minhas escolhas e conforto nas horas difíceis.

A minha mãe Maria Luciene Araújo Batista, a principal responsável por minha formação e princípios de vida. Sobretudo, por ter acreditado que a educação é a maior herança que se pode deixar para os filhos. Obrigada mãe por suas orações. Ao meu pai Carlos Sabino Batista pelo apoio, incentivo e carinho de sempre.

À Universidade Federal do Ceará (UFC), uma Instituição de imensa credibilidade, onde pude realizar o meu doutorado, mestrado e graduação.

Ao meu orientador Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro, pela paciência na orientação, por todo conhecimento científico passado e incentivo que tornaram possível a conclusão deste trabalho e a realização de outros trabalhos científicos.

A banca examinadora, Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro, Prof. PhD. Lidia Andrade Lourinho, Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti e Prof. Dr. Luis de França Camboim Neto, que gentilmente se dispuseram analisar este trabalho.

A todos os professores do Departamento de Engenharia Agrícola do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, pelos conhecimentos repassados no decorrer do meu doutorado e por mim assimilados.

A todos os amigos de trabalho do LIMA (Laboratório de investigação de acidentes com máquinas agrícolas). Sem a união de todos a realização deste trabalho não teria sido possível.

Ao senhor Geraldo de Souza Mota, por disponibilizar o protótipo do quadriciclo agrícola – GERAGRI, para a realização dos ensaios de campo.

Aos operadores de tratores agrícolas do setor de mecanização do Departamento de Engenharia Agrícola, Sandoval Bezerra, Junior Freitas, Deleon Santiago e Sousa (*in memoria*), pelo apoio na realização das atividades de campo.

Enfim, a todos que colaboraram de alguma forma para que este trabalho pudesse ser concluído.

RESUMO

A preocupação com o aumento da produção, o ganho de tempo e diminuição da mão de obra, outros fatores como a melhoria nas condições de trabalho passou a ser levada em consideração, tornando as atividades agrícolas mais seguras, saudáveis e confortáveis ao operador. O protótipo do quadriciclo agrícola foi desenvolvido para trabalhar como um trator de menor porte destinado a atender características presentes na agricultura familiar, destinados para áreas menores e podendo destacar a redução do esforço físico do trabalhador. Assim objetivou-se realizar a avaliação de ruído e vibração do quadriciclo agrícola em diferentes rotações de trabalho, marchas e com e sem a presença da capota do equipamento. Para tanto o experimento foi realizado na área pertencente ao Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas agrícolas - LIMA, da Universidade Federal do Ceará - UFC. Para tal foi utilizado um quadriciclo agrícola, da marca GERAGRI, modelo GE-02. As medições da exposição ocupacional do operador a vibrações de corpo inteiro e mãos e braços, foram realizadas utilizando um analisador de vibração HD 2030 da Delta OHM e as diretrizes seguidas foram as determinadas pela NHO – 09 e NHO – 10, e o anexo A da norma NBR ISO 5008:2015 (ABNT, 2015). Na análise de ruído, utilizou-se um dosímetro pessoal de ruído da marca Instrutherm, modelo DOS-600. Para vibração de corpo inteiro, concluiu-se que com o aumento da marcha, da primeira para a segunda, há o aumento das acelerações médias nos três eixos. Os valores de pico máximo de aceleração de vibração resultante não diferem estatisticamente para o fator capota no eixo Z. Todos apresentam diferença estatística em função do aumento da marcha, quando se analisa os valores de a_{ren} e VDVR. Para a avaliação da vibração de mãos e braços concluiu-se que os valores de pico máximo nos eixos X, Y e Z apresentaram diferenças significativas para rotação e marcha, não diferindo para o fator capota. Os valores médios de a_{ren} estão muito acima do limite de exposição, apresentando valores de até 50 m.s^{-2} , acredita-se que esses valores ocorreram em função do volante estar localizado próximo do motor do quadriciclo agrícola. Para ambos os tipos de vibração avaliados, devem-se tomar medidas corretivas, para se obter a redução da vibração incidente ao operador. O nível de ruído medido no quadriciclo agrícola próximo ao ouvido do operador foi elevado em todas as variáveis testadas. Recomenda-se o uso de protetores auriculares para os operadores de quadriciclo agrícola e auxiliares de campo quando estiverem trabalhando com essas variáveis utilizadas.

Palavras-chave: Agricultura familiar. Posto de operação. Máquinas agrícolas.

ABSTRACT

Concern about increased production, increased time and labor shortages, other factors such as improved working conditions have been taken into account, making agricultural activities safer, healthier and more comfortable for the operator. The prototype of the agricultural quadricycle was developed to work as a smaller tractor designed to meet the characteristics present in the family agriculture, destined to smaller areas and being able to emphasize the reduction of the physical effort of the worker, when compared with the human and animal traction. The experiment was carried out in the experimental area belonging to the agricultural accident investigation laboratory LIMA, at the Department of Agricultural Engineering (DENA), Federal University of Ceará - UFC. For the accomplishment of the experiment was used an agricultural quadricycle, of the brand GERAGRI, model GE-02. Measurements of operator occupational exposure to full body and hand and arm vibrations were performed using a Delta OHM HD 2030 vibration analyzer and the guidelines followed were those determined by NHO - 09 and NHO - 10, and Annex A of standard NBR ISO 5008: 2015 (ABNT, 2015). In the noise analysis, a personal noise dosimeter of the brand Instrutherm, model DOS-600 was used. For full body vibration, it is concluded that with the increase of the gait, from the first to the second, there is the increase of the average accelerations in the three axes. The maximum values of the resulting vibration acceleration do not differ statistically for the hood factor in the Z axis. All present statistical difference as a function of the gait increase when analyzing the values of a_{ren} and R_{VVR} . For the evaluation of hand and arm vibration, it was concluded that the maximum peak values in the X, Y and Z axes presented significant differences for rotation and gait, not differing for the bonnet factor. The mean values of a_{ren} are well above the limit of exposure, presenting values of up to 50 m.s^{-2} , it is believed that these values occurred as a result of the steering wheel being located near the motor of the agricultural quadricycle. For both types of vibration evaluated, corrective measures must be taken to reduce the vibration incident to the operator, either in the hand and arm system or in the whole body. The level of noise level measured on the agricultural quadricycle near the operator's ear was high in all variables tested. It is recommended that ear protectors be used for agricultural quadricycle operators and field assistants when working with these variants used.

Keywords: Family farming. Operating position. Agricultural machinery.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Quadriciclo agrícola GERAGRI.....	22
Figura 2 - Valores naturais de frequência no corpo humano	36
Figura 3 - Sistema auditivo.....	51
Figura 4 - Área experimental.....	54
Figura 5 - Quadriciclo agrícola GE-02.....	55
Figura 6 - Pesagem dos eixos do quadriciclo agrícola	56
Figura 7 - Assento do quadriciclo agrícola GE-02.....	57
Figura 8 - Analisador de vibração HD 2030	58
Figura 9 - Acelerômetro triaxial modelo 356B41	59
Figura 10 - Acelerômetro triaxial modelo 356A02	60
Figura 11 - Fixação do acelerômetro 356A02 ao quadriciclo agrícola	61
Figura 12 - Dosímetro de ruído modelo DOS-600.....	64
Figura 13 - Detalhe do posicionamento do Dosímetro no bolso do operador.....	65
Figura 14 - Valores médios de VDVR para VCI.....	72
Figura 15 - Valores médios de aren para VCI	72
Figura 16 - Valores médios de aren (VMB)	77
Figura 17 - Nível de ruído obtido no lado esquerdo e direito para as duas rotações.....	80
Figura 18 - Nível de ruído obtido no lado esquerdo e direito para as duas velocidades	80
Figura 19 - Nível de ruído obtido no lado esquerdo e direito para as duas cobertura (sem capota e com capota).....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores encontrados com a pesagem do quadriciclo agrícola	56
Tabela 2 - Tratamentos utilizados no experimento	66
Tabela 3 - Resultado do teste de normalidade de Shapiro-Wilk para as variáveis avaliadas .	67
Tabela 4 - Valores médios de aceleração média (RMS) nos eixos X, Y e Z.....	68
Tabela 5 - Valores médios de pico máximo para os eixos X, Y e Z	69
Tabela 6 - Valores de dose de vibração resultante (VDVR) e aceleração resultante a exposição normalizada (aren)	70
Tabela 7 - Valores médios de aren e VDVR	71
Tabela 8 - Valores médios de aceleração média nos eixos x, y e z (VMB).....	74
Tabela 9 - Valores médios de pico máximo nos eixos X, Y e Z (VMB)	75
Tabela 10 - Valores médios de aren (VMB)	76
Tabela 11 - Valores médios de aren dos tratamentos (VMB)	76
Tabela 12 - Análise de variância (ANOVA) para os níveis de ruído medido no ouvido do lado esquerdo do operador.....	78
Tabela 13 - Análise de variância (ANOVA) para os níveis de ruído medido no ouvido do lado direito do operador.....	79
Tabela 14 - Tempo máximo de exposição diário do operador em cada uma das rotações avaliadas	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABERGO	Associação Brasileira de Ergonomia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASAE	<i>American Society of Agricultural Engineers</i>
CBO	Classificação Brasileira de Ocupação
CEE	<i>Comunidad Económica Europea</i>
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EIA	Associação Internacional de Ergonomia
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat e Figueiredo
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional de Normalização)
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira de Referências
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NR	Norma Regulamentadora
NUTEC	Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará
OIT	Organização Internacional do Trabalho

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Agricultura familiar	16
2.2	Mecanização agrícola	18
2.2.1	<i>Máquinas para agricultura familiar</i>	20
2.2.2	<i>Quadriciclo agrícola</i>	22
3	Ergonomia	23
2.3.1	<i>Ergonomia no meio rural</i>	26
2.3.2	<i>Operadores de máquinas agrícolas</i>	30
2.3.3	<i>Posto de trabalho do operador</i>	31
2.3.4	<i>Posição de trabalho sentado</i>	33
2.4	Vibração	34
2.4.3	<i>Vibração em máquinas agrícolas</i>	38
2.4.4	<i>Efeitos das vibrações no corpo humano</i>	40
2.5	Ruído	44
2.5.1	<i>Ruído em máquinas agrícolas</i>	46
2.5.2	<i>Normas para avaliação de ruído</i>	47
2.5.3	<i>Medidores de ruído</i>	48
2.5.4	<i>Efeitos do Ruído na saúde humana</i>	49
3	MATERIAL E MÉTODOS	54
3.1	Local do experimento	54
3.2	Quadriciclo agrícola	55
3.2.1	<i>Assento do quadriciclo agrícola</i>	56
3.3	Procedimentos para medição da vibração	57
3.4	Equipamentos utilizados para medição da vibração	57
3.4.1	<i>Equipamentos utilizados para medição da vibração de corpo inteiro</i>	59
3.4.1.1	<i>Fixação do acelerômetro 356B41</i>	59
3.4.2	<i>Equipamentos utilizados para medição da vibração de mãos e braços</i>	60
3.4.2.1	<i>Fixação do acelerômetro 356A02</i>	61
3.5	Parâmetros de vibrações ocupacionais que foram avaliados	61
3.5.1	<i>Vibração de corpo inteiro</i>	63
3.5.2	<i>Vibração de mãos e braços</i>	22

3.6	Ruído.....	63
3.7	Delineamento experimental e tratamentos.....	66
3.8	Análise estatístico dos dados.....	66
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4.1	Vibração de corpo inteiro	68
<i>4.1.1</i>	<i>Aceleração média (RMS) nos eixos X, Y e Z</i>	<i>68</i>
<i>4.1.2</i>	<i>Pico máximo para os eixos X, Y e Z.....</i>	<i>69</i>
<i>4.1.3</i>	<i>Valores de dose de vibração resultante (VDVR) e aceleração resultante a exposição normalizada (aren)</i>	<i>70</i>
4.2	Vibração de mãos e braços	73
<i>4.2.1</i>	<i>Aceleração média nos eixos X, Y E Z (VMB).....</i>	<i>73</i>
<i>4.2.2</i>	<i>Valores de pico máximo nos eixos X, Y e Z (VMB).....</i>	<i>75</i>
<i>4.2.3</i>	<i>Valores médios de aren (VMB)</i>	<i>76</i>
4.3	Ruído.....	78
5	CONCLUSÃO	83
	REFERÊNCIAS	84
	ANEXO A – NHO-10 - EQUAÇÕES UTILIZADAS PARA O CÁLCULO DOS VALORES DE AREN	95
	ANEXO B – NHO10- TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES IMPORTANTES..	99

1 INTRODUÇÃO

A agricultura moderna é dependente da tecnologia em todos os setores e processos produtivos. Atividades como correção do solo, preparo do solo, adubação, semeadura, irrigação, controle de plantas invasoras e colheita são altamente dependentes da tecnologia evitando o uso de trabalho manual ou animal em sistemas que visem o máximo de sua produção. O uso da tecnologia na agricultura permite melhorar a produtividade das áreas, aumentar os lucros advindos das atividades, otimizar o tempo de serviço dos trabalhadores rurais e reduzir a carga de trabalho imposta aos mesmos proporcionando-os melhores condições de trabalho.

A grande vantagem da mecanização na agricultura é que há máquinas apropriadas para grandes, médios e pequenos produtores rurais, sendo hoje em dia um bem acessível e indispensável até mesmo para agricultura familiar. Agricultores familiares podem ser caracterizados por toda e qualquer unidade produtiva em que todo trabalho é realizado por integrantes da família, maior parte da renda familiar é advinda da terra e que a terra e os equipamentos utilizados sejam de posse da família.

A mecanização é uma tecnologia necessária num processo produtivo de grande porte de uma determinada cultura, tendo em vista que a exigência do uso das máquinas desde o início de uma cultura através do preparo do solo e plantio até a fase final da colheita e transporte. Vários fatores interferem no tipo e grau de mecanização, fatores como questões econômicas e ambientais são cruciais, todavia cabe ao produtor a escolha do tipo e grau de mecanização que deve ser utilizada em sua propriedade, geralmente é feito o uso do sistema que melhor se adequa ao seu negócio.

A agricultura familiar busca por aumento de produtividade e redução do esforço físico do trabalhador, o trator de rabiça apresenta-se como uma alternativa muito eficiente para se abranger uma maior área em menor tempo quando comparado com uso da tração animal ou mesmo humana. Muitas vezes utiliza-se veículo de menor porte que possuem maior agilidade, dentre eles destacam-se os tratores de duas rodas ou tratores de rabiça. Sem esquecer-se dos tratores de quatro rodas. Todavia o custo de alguns equipamentos ainda é muito oneroso para esses agricultores, desta forma o quadriciclo agrícola apresenta-se como uma fonte de potência viável para a agricultura familiar, pois possui baixo custo.

O Quadriciclo Agrícola GERAGRI é uma nova tecnologia, um protótipo, que vem na tentativa de atender ao mercado da agricultura familiar, possuindo baixo custo de aquisição e manutenção, permite-se uma maior difusão de tecnologias agrícolas nas pequenas

propriedades rurais, este fato possibilitará aos agricultores de pequeno porte ter um menor esforço e maior eficiência em suas atividades, estimulando-o a permanecer no campo e investir em conhecimento para o uso eficiente dos seus equipamentos, ocasionando assim o fortalecimento da agricultora familiar diante a economia no Brasil.

Entretanto, como toda nova tecnologia, há a necessidade de ensaios para analisar o desempenho operacional e energético, verificar se a máquina está em conformação com as normas vigentes e se a parte ergonômica do equipamento vai proporcionar algum malefício para seu usuário. Assim objetivou-se realizar a avaliação de ruído e vibração no protótipo do quadriciclo agrícola GERAGRI em diferentes rotações de trabalho, marchas e capota do equipamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta revisão de literatura buscou-se contextualizar aspectos inerentes a definições e contribuições de máquinas para a agricultura familiar, bem como uma apresentação da ergonomia, relações existentes no sistema homem-máquina-ambiente, o posto de operação e demais fatores envolvidos no estudo.

2.1 Agricultura familiar

Teoricamente pode-se definir Agricultura familiar conforme estabelecida na Lei nº 11.322, de 24 de julho de 2006, Lei da agricultura familiar, em seu Art. 3º, define agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos: não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais; utilize predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento, na forma definida pelo Poder Executivo e dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família (BRASIL, 2006).

O módulo fiscal corresponde à área mínima necessária a uma propriedade rural para que sua exploração seja economicamente viável. O tamanho do módulo fiscal para cada município está fixado através de Instruções Especiais (IE) expedidas pelo INCRA (INCRA, 2017).

Para a agricultura familiar um módulo fiscal é um imóvel rural que direta e pessoalmente explorado pelo agricultor e sua família, lhes absorva toda a força de trabalho, garantindo-lhes a subsistência e o progresso social e econômico, com área máxima fixada para cada região e tipo de exploração, e eventualmente trabalho com ajuda de terceiros (PORTELA, 2001).

A agricultura familiar tem papel de destaque no Agronegócio brasileiro, pois a maior parte dos alimentos consumidos pelo povo brasileiro é proveniente desta categoria de produtores rurais (ALBIERO, 2010). Onde os mesmos são responsáveis pela produção de 70% do feijão e 46% do milho no Brasil (CONAB, 2012).

Apesar de sua importância, os agricultores familiares encontram várias dificuldades, dentre elas: a escassez de terra, a falta de assistência técnica, a baixa disponibilidade de recursos financeiros, o que acaba limitando o seu desenvolvimento, já que

não consegue alcançar o padrão tecnológico necessário para obter maior produtividade (SOUZA *et al.*, 2011).

A maioria destas propriedades é definida por ter mecanização ainda no estágio de tração animal ou humana. (ALBIERO *et al.*, 2010). O baixo poder aquisitivo dos agricultores familiares é a principal causa deste fato, visto que a mecanização agrícola exige um nível econômico mínimo para se poder adquirir, operar e fazer a manutenção dos equipamentos utilizados para o cultivo, semeadura, e colheita de produtos agropecuários.

Freitas (2000) afirma que a maior dificuldade para os agricultores familiares é encontrar máquinas e implementos que se adéquem as suas necessidades. Geralmente, devido ao tamanho das pequenas propriedades o pequeno agricultor fica sem condições de investir na mecanização de suas lavouras, porque não seria muito vantajoso, pelo tamanho do investimento em uma área tão pequena (PORTELA, 2001).

Apesar disto em termos de mecanização agrícola tal importância não é reconhecida nem atendida, já que poucas pesquisas tem sido realizadas para atender às demandas, além de haver poucas indústrias que se interessem em explorar o mercado de equipamentos agrícolas deste setor (ALBIERO, 2010).

Conceitos errados e seleção inapropriada de certos meios de mecanização (principalmente tratores e máquinas pesadas) tem, em muitas partes do mundo, levado a perdas financeiras, baixas produções agrícolas, assim como à degradação ambiental (CLARKE, 1997).

As estratégias de desenvolvimento rural adotadas no Nordeste semiárido caracterizam-se pela baixa eficácia. Há uma grande possibilidade do desaparecimento do enorme potencial de trabalho e de produção, representado pelas unidades agrícolas de base familiar, pois os agricultores familiares não conseguem se apropriar das inovações técnicas e sociais, capazes de permitir o seu acesso aos mercados, já que esta é condição indispensável à estabilidade e à perenidade das estruturas de produção (EMBRAPA, 2016).

Segundo Barbé (2015) devido à insuficiência de recursos financeiros, comum a muitos desses agricultores, forma-se em um círculo vicioso, já que não possuindo recursos para custear a safra e investir em seus estabelecimentos rurais, não consegue elevar seu lucro, o que impede que novos investimentos sejam realizados.

Segundo o Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES, 2003) modernização da agricultura familiar é definida como a melhoria das condições de produção com a contribuição para a incorporação de equipamentos, instrumentos e práticas que melhorem a eficiência produtiva, com aumento dos rendimentos

físicos e redução dos custos operacionais, bem como para a transformação industrial da produção agropecuária (IPARDES, 2003).

Neste sentido, é necessário à inclusão de novas tecnologias para contribuir com a elevação da qualidade do trabalho agrícola familiar, além do desenvolvimento e adaptação de novas máquinas. Deste modo a inovação tecnológica deverá ter como objetivo o desenvolvimento de pesquisas, disponibilização e apropriação de tecnologias inovadoras que gerem impactos positivos na organização econômica e renda do agricultor familiar (MELO, 2017).

2.2 Mecanização agrícola

A revolução industrial mudou os conceitos dos instrumentos de trabalho agrícola. As ferramentas rudimentares, os carros de boi foram substituídos por máquinas. Uma versão móvel de uma caldeira, a qual foi aplicada na agricultura na forma de trator a vapor simboliza esta nova era (HAMAD, 2002).

Mialhe (1996) afirma que o princípio da mecanização agrícola inicia-se em meados do século XIX. As máquinas eram consideradas por alguns como mera curiosidade, por outros um luxo e por muitos uma calamidade social. Depois, já nos anos da passagem do século começaram a ser aceitas como uma necessidade dos “tempos modernos” e, finalmente, no período pós-segunda guerra mundial tornou-se um requisito básico para o desenvolvimento da agricultura para inúmeros países do mundo, inclusive o Brasil.

O termo mecanização agrícola é geralmente usado como uma descrição global da aplicação de ferramentas, implementos, máquinas e potência mecânica (humana, animal ou motomecanizada) na agricultura. Existem três formas de prover energia para a utilização de ferramentas, implementos e máquinas: potência manual (humana); potência animal; e potência motorizada (CLARKE, 1997).

A mecanização agrícola tem como objetivo o emprego adequado dos equipamentos e máquinas agrícolas, visando sua otimização, com a racionalização dos custos. Ela exerce um papel fundamental, pois, além de multiplicar a capacidade produtiva, permite obter maior eficiência na produção agrícola (PERIN, 2008). Juntamente como o melhoramento genético das culturas e melhores técnicas de manejo, tem permitido aumento da eficiência e produtividade crescente, possibilitando, ainda, que os produtores obtenham uma produção suficiente para a viabilidade de sua atividade econômica, permitindo não só a sua sobrevivência, como também, através do aumento da sua competitividade, o seu

crescimento (ROTH, 2010).

Muitos fatores têm contribuído para a mecanização da agricultura: redução do desgaste humano; aumento da produtividade; necessidade de reduzir picos de demanda de trabalho; e melhoria na pontualidade das operações (SRIVASTAVA; GOERING; ROHRBACH, 1993). Para Monteiro (2010) a utilização correta do conjunto moto-mecanizado, trator-equipamento, pode gerar uma significativa economia de consumo de energia e portanto, menor custo operacional e maior lucro para a empresa.

De acordo com Ripoli *et al.* (2005), a moderna agricultura, seja ela em grande escala ou mesmo entre médios e pequenos agricultores tem, como principal característica, o elevado índice de mecanização das operações de campo. Montana (2010) afirma que com o aumento das operações mecanizadas no campo houve uma redução significativa no trabalho manual, que em contrapartida, aumentou o consumo de insumos energéticos nas operações de campo.

A mecanização agrícola é essencial na agricultura moderna. Atividades como preparo de solo, adubação, pulverização e colheita, que eram realizadas com trabalho manual e animal, hoje são desenvolvidas com o auxílio de máquinas. Isso ajuda a garantir melhores produtividades e permite o cultivo de maiores áreas (CUNHA; DUARTE; RODRIGUES, 2009). Com a mecanização agrícola o produtor consegue extrair o máximo da terra com o menor esforço, juntamente com diversos implementos facilitando a realização de várias atividades que vão desde o preparo do solo, semeadura até transporte do produto final (BARBOSA FILHO, 2013).

O tipo e grau de mecanização devem ser decididos pelo produtor para melhor se adequar ao seu negócio, e em suas circunstâncias particulares, a escolha dos métodos adequados será apenas uma, das muitas escolhas que o agricultor deve fazer, as decisões em se mecanizar, e como mecanizar são frequentemente complexas, e envolvem questões econômicas e ambientais (CLARKE, 1997).

A intensificação do uso de máquinas agrícolas, no Brasil, começou a partir da década de 60, fruto do processo de modernização da agricultura, sendo o trator agrícola considerado o eixo da mecanização na agricultura moderna. Em relação ao trabalho manual, o uso do trator agrícola reduziu de forma significativa a carga física à qual o trabalhador encontrava-se submetido, tornando-se responsável por uma parcela significativa do aumento da capacidade de produção agrícola e, por outro lado, também pelo aumento do consumo de energia nas atividades de campo (JESUINO, 2007).

A Norma Regulamentadora de número 12, intitulada Segurança no trabalho em

máquinas e equipamentos, em seu anexo IV- Glossário, apresenta a definição de Máquina agrícola e florestal autopropelida ou automotriz como sendo máquina destinada a atividades agrícolas e florestais que se desloca sobre meio terrestre com sistema de propulsão próprio (BRASIL, 2018).

2.2.1 Máquinas para agricultura familiar

Para Nascimento (2012), o uso da tração animal na agricultura foi substituído pela força mecanizada a partir do momento que o animal começou a competir com o homem por alimento. Conforme a mesma autora a necessidade de uma maior produção e produtividade fez com que o pequeno produtor buscasse outras formas de tração.

As grandes propriedades brasileiras podem seguir os padrões norte-americanos de mecanização agrícola (MACIEL, 2004). A margem deste processo está o pequeno agricultor geralmente situado em áreas de relevo acidentado com restrições econômicas utilizando práticas tradicionais de manejo do solo, como a queima dos resíduos de verão e preparo convencional (CASÃO JUNIOR; ARAÚJO; RIBEIRO, 1997).

Para Albiero (2010) o pouco ou quase inexistente interesse das indústrias de equipamentos em produzir máquinas e implementos adaptados à agricultura familiar tem causado a exclusão desta do mercado consumidor de equipamentos agrícolas, o que piora ainda mais a eficiência no sistema produtivo deste setor muito importante para a agricultura brasileira, além do que a pequena propriedade tem dificuldades na obtenção de financiamento para maquinaria (embora existam recursos) o que os torna clientes pouco atraentes para a indústria.

Segundo Passini e Carvalho (1999) o desafio que se coloca é encontrar os meios de produção necessários ao progresso técnico da agricultura familiar o que melhoraria a sua produção e eficiência a partir da organização dos fatores produtivos de que ela dispõe.

O desenvolvimento de ferramentas e equipamentos “apropriados” tem sido o assunto favorito dos pesquisadores envolvidos com mecanização agrícola. Porém, as atividades destes projetos geralmente tomam lugar em relativo isolamento em departamentos governamentais e universitários, são apresentados em “workshops” e congressos, mas seus produtos raramente encontram caminho dentro da produção comercial ou no mercado, em virtualmente toda conferência de mecanização encontram lugar máquinas, e ferramentas melhoradas que nunca passaram do estágio de protótipo (CLARKE, 1997).

Devido às características das propriedades da agricultura familiar (pequena área, poucos recursos financeiros) os sistemas moto-mecanizados ideais são aqueles formados por motocultores e ou microtratores aliados a máquinas e implementos de grande eficiência (ALBIERO, 2006).

Em 1920 a indústria SHAW nos Estados Unidos da América já construía tratores de jardim sendo construídos com motores e partes de motocicletas, em 1938 nos Estados Unidos da América foi desenvolvido o Speedx Modelo B projetado e construído por Harold Pond sedimentando o conceito de trator agrícola pequeno, este motocultor tinha motor refrigerado a ar, sistema de transmissão automotivo, eixos, rodas e pneus adaptados para uso agrícola (CABIN, 2005).

Na agricultura familiar é frequente o emprego de tratores de rabiça como fonte de potência, podendo ser uma ferramenta para otimizar o trabalho. Este modelo de trator torna possível abranger uma maior área em menor tempo comparado com os trabalhos que utilizam a fonte de tração animal (MORAIS *et al.*, 2009). O microtrator é um veículo de menor porte e maior agilidade, tem uma potência menor que 30 cv (BIANCHINI, 2002); com capacidade de minimizar a escassez de mão de obra (RODRIGUES *et al.*, 2006). São normalmente usados em países em desenvolvimento para preparação do solo seco ou encharcado, particularmente, utilizado em pequenas propriedades (DEWANGAN; PRASANNA KUMAR; TEWARI, 2009; MATTHEW, 2010).

Segundo o Centro de Socioeconômica e Planejamento Agrícola (ICEPA, 2002) no Brasil os principais implementos e máquinas disponíveis para microtratores e motocultivadores são: arado de aivecas; enxadas rotativas; rotoencanteirador, pulverizadores e carretas. A LAVRALE (2017) tem um gama de equipamentos que abrangem também: arado de discos, cultivador, distribuidor centrífugo; semeadora; retroescavadora; e grade adubadora. A KNAPIK (2017) tem semeadoras. A DMB (2017) tem sulcadores, e sulcadores adubadores para plantio de cana.

Em escala nacional, é pequeno o número de pequenos proprietários que possuem trator e a motomecanização praticada apresenta baixa eficiência, pois as máquinas e os implementos disponíveis são inadequados para operarem nesses estratos fundiários (FAGANELLO *et al.*, 2002).

Segundo a EMBRAPA (2015), máquinas e equipamentos agrícolas adequados para unidades produtivas de pequeno porte, voltados para a conservação e recuperação do solo, proporcionam aos agricultores maior conforto na execução das tarefas, humanizando seu trabalho e atraindo a atenção dos mais jovens.

2.2.2 Quadriciclo agrícola

Os quadriciclos de uma maneira geral, são máquinas que apresentam características satisfatórias de uso, desenvolvem um trabalho de transporte de pessoal e de produtos, porém não supre todas as necessidades advindas do dia-a-dia do pequeno agricultor, por ser uma máquina voltada principalmente para fins esportivos, não possuindo estruturas adequadas para o uso de diferentes implementos agrícolas.

A partir de informações retiradas da patente do protótipo do quadriciclo agrícola (Figura 1), observa-se que o mesmo, tem por objetivo diminuir ou amenizar as dificuldades encontradas pelos agricultores de base familiar quanto ao acesso e uso de diferentes padrões tecnológicos de produção. Voltado para a agricultura familiar, é uma alternativa econômica e ecológica para o pequeno agricultor que quer automatizar sua produção.

Figura 1 - Quadriciclo agrícola GERAGRI



Fonte: Próprio autor.

Apresenta como vantagens: baixo custo, quando comparado aos modelos convencionais; mecânica simples e de fácil manutenção; baixo consumo de combustíveis e lubrificantes; baixa compactação do solo; execução de pequenas tarefas na unidade familiar,

normalmente inviável para os modelos convencionais; pequena ocupação de espaço em abrigo ou garagens, face ao seu tamanho reduzido (máquina e implementos); facilidade e leveza para operação (FINEP, 2018).

Foi planejado com o propósito de suprir a carência de acesso a algumas tecnologias do setor agrícola por parte dos produtores rurais, principalmente da região Nordeste, bem como suprir a carência de mão de obra, estando adaptadas às diversas atividades desenvolvidas pelo setor (limpeza de área, aração, gradagem, plantio de diversos grãos, roço, abrir covas para estacas, etc.), através dos vários implementos desenvolvidos especificamente para a o Quadriciclo (UFRR, 2018).

2.3 Ergonomia

As ações de adaptação do meio realizadas pelo homem pré-histórico e, no decorrer de sua evolução, o elevado número de ações isoladas em tempos e pontos geográfica e culturalmente distintos foram fatores que contribuíram para a formação da ergonomia. Certamente, nas culturas antigas, clássicas e românicas esses fatores foram se organizando, mas não havia nesses períodos, ainda, uma preocupação de se estudar ou sistematizar as atividades humanas (SILVA; PASCHOARELLI, 2010).

Monteiro (2010) relata que no século XVIII, época da Revolução Industrial as fábricas eram sujas, barulhentas, perigosas e escuras, as jornadas de trabalho chegavam até dezesseis horas diárias, sendo o regime de trabalho de semiescravidão e sem direito a férias.

Como ocorreu em muitas áreas científicas, a Ergonomia obteve um grande desenvolvimento no decorrer da Segunda Grande Guerra Mundial, a partir do trabalho realizado por profissionais de diversas áreas, como engenheiros, fisiologistas e psicólogos. (DEBIASI; SCHLOSSER; PINHEIRO, 2004). O objetivo era adaptar os instrumentos bélicos as características e capacidades do operador, melhorando o desempenho e reduzindo a fadiga e os acidentes. Em 16 de fevereiro de 1950, foi proposto o nome ERGONOMIA por estes mesmos pesquisadores, que na ocasião fundaram a Ergonomics Research Society, na Inglaterra. A partir de então a ergonomia se expandiu no mundo industrializado.

A palavra ergonomia deriva, segundo Diebschlag *et al.* (1995), do grego: ergon, para trabalho e nomos para doutrina ou norma. Ergonomia, portanto, é uma doutrina de trabalho com o objetivo de proporcionar um arranjo, tanto no trabalho como no local onde este trabalho é realizado, de maneira que eles sejam apropriados para a natureza dos trabalhadores (ROTH, 2010).

Em 1961 foi fundada, na Europa, a Associação Internacional de Ergonomia – EIA e em 1983 foi fundada a Associação Brasileira de Ergonomia – ABERGO, afiliada a EIA. Hoje a ergonomia difundiu-se em praticamente todos os países do mundo.

Grandjean (1998) esclarece que o sistema “homem/máquina” possui um ciclo fechado, no qual o homem ocupa posição chave, enquanto compete a ele o poder de decidir. Ainda segundo o autor, o controle de máquinas nos primeiros tempos não era um grande problema, com o advento da eletrônica, com o aperfeiçoamento do mesmo e com o aumento da capacidade de produção, as tarefas do homem, especialmente no que tange as percepções das informações e sua correta interpretação, tornaram-se cada vez mais delicadas e complexas. Conseqüentemente, o “fator humano” nestes sistemas foi se tornando cada vez mais importante. Por esses motivos hoje em dia dá-se grande importância à concepção ergonômica do sistema “homem/máquina”.

Para a Associação Internacional de Ergonomia – EIA (2017), ergonomia é uma disciplina científica interessada nas interações entre o homem com outros elementos de um sistema, aplicando teoria, princípios, dados e métodos para projetar e para aperfeiçoar o bem estar humano e o desempenho do sistema global.

Da mesma forma cita Grandjean (1998), a ergonomia é uma ciência interdisciplinar. Ela compreende a fisiologia e a psicologia do trabalho, bem como a antropometria e a sociedade no trabalho. O objetivo prático da ergonomia é a adaptação do posto de trabalho, dos instrumentos, das máquinas, dos horários, do meio ambiente às exigências do homem.

É definida como a adaptação do trabalho ao homem. O trabalho corresponde às máquinas e toda a situação que envolve o relacionamento do homem e seu posto de trabalho e a ergonomia busca adaptar o segundo em relação ao primeiro (IIDA, 2005).

A ergonomia é uma ciência do trabalho e envolve as pessoas que o realizam, para entender a amplitude da ergonomia e poder intervir nas atividades do trabalho é preciso que se tenha uma abordagem holística de todo o campo de ação, os aspectos físicos e cognitivos, como psicossociais, organizacionais, ambientais da determinada atividade para então avaliar as possíveis melhorias necessárias (PHEASANT, 1998; AVIANI e ABRAHÃO, 2007).

Prates (2007) ressalta que o ambiente de trabalho deve favorecer o bom desempenho das atividades dos colaboradores, pois refletirá diretamente na produtividade dos mesmos e conseqüentemente na lucratividade da empresa. O conhecimento de técnicas ergonômicas e sua filosofia para adaptar o trabalho ao homem têm gerado grandes benefícios à funcionários e às organizações.

O pesquisador Wisner (1987) separou a Ergonomia em três grandes áreas. A Ergonomia de Concepção, que permite agir na fase inicial da implantação de um produto ou de uma organização. Já a Ergonomia de Correção é aplicada em situações reais já existentes, para resolver problemas ligados à segurança, fadiga, doenças relacionadas ao trabalho, acidentes ou na produtividade, implicando em correções ergonômicas. Quando os problemas não podem ser resolvidos pelas intervenções ergonômicas acima citadas, aplica-se a Ergonomia de Conscientização, que se resume na capacitação dos recursos humanos frente às imposições ergonômicas presentes, se beneficiando das vantagens obtidas pelas outras intervenções ergonômicas.

De acordo com Iida (2005) a ergonomia se divide em domínios especializados que abordam certas características específicas do sistema, tais como:

- **Ergonomia Física** - Características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica, relacionados com a atividade física. Os tópicos relevantes incluem a postura no trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos, distúrbios músculo-esqueléticos relacionados ao trabalho, projeto de postos de trabalho, segurança e saúde do trabalhador.
- **Ergonomia Cognitiva** - Processos mentais, como a percepção, memória, raciocínio e resposta motora, relacionados com as interações entre as pessoas e outros elementos de um sistema. Os tópicos relevantes incluem a carga mental, tomada de decisões, interação homem-computador, estresse e treinamento.
- **Ergonomia Organizacional** - Otimização dos sistemas sócio-técnicos, abrangendo as estruturas organizacionais, políticas e processos. Os tópicos relevantes incluem comunicações, projeto de trabalho, programação do trabalho em grupo, projeto participativo, trabalho cooperativo, cultura organizacional, organizações em rede e gestão da qualidade.

Conforme Abrahão e Pinho (2002), a ergonomia vem trabalhando na introdução de novas tecnologias, demonstrando a transformação do conteúdo e da natureza de trabalho, bem como das consequências destas mudanças na saúde e na produtividade. No emprego de novas tecnologias, segundo os autores, essas não se integram às exigências da atividade, frequentemente são encontradas inadequações no processo de trabalho, que, por sua vez, geram cobranças de natureza cognitiva, demandando ações distintas das previstas na tarefa original.

A ergonomia tem ainda contribuído para a melhoria das condições de trabalho do ser humano, sendo que em muitos países trata-se de um conceito relativamente novo e com contribuição ainda pequena em razão do baixo número de estudos e da restrita divulgação dos seus benefícios para o trabalhador (FONTANA; SEIXAS, 2007; MINETTI *et al.*, 1998).

Couto (1996), afirma que a ergonomia é capaz de dar sustentação positiva às formas de administrar a produção e diminuir a incidência de acidentes e traumas oriundos do trabalho.

Solmam (2002) afirma que o design de equipamentos, em especial da interface com homem, é crucial para o desempenho do sistema “homem/máquina”, influenciando não somente nos esforços a serem exigidos do operador, como, também na exposição a riscos que o mesmo pode ser submetido.

A melhoria da eficiência, confiabilidade e qualidade da produção e serviços prestados, segundo Iila (2005), pode ser alcançada através de três vias: 1) o aperfeiçoamento do sistema homem-máquina; 2) a organização do trabalho e 3) a melhoria das condições de trabalho.

Moreira (2009) diz que o trabalhador deve ser considerado como o capital humano da empresa e parte integrante e interdependente de todo o sistema produtivo. Por isso, para que as organizações possam alcançar o sucesso, devem buscar constantemente propostas para a melhoria das condições de trabalho e da satisfação do trabalhador. Já Massad *et al.* (2011) afirmam que a adaptação do homem ao trabalho é bastante complexa, sendo que a ergonomia poderá contribuir a partir do conhecimento do ser humano, projetando o ambiente de trabalho e ajustando-o às suas capacitações e limitações.

A Norma Regulamentadora (NR) de número 17, intitulada, Ergonomia, estabelece em seu corpo, parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente (BRASIL, 2007).

2.3.1 *Ergonomia no meio rural*

A ergonomia no meio rural estuda o relacionamento do homem com o seu trabalho, equipamento e ambiente para proporcionar melhoria da qualidade do ambiente de trabalho os tornando mais seguros, saudáveis, confortável e promovendo maior eficiência no trabalho desenvolvido (SILVA *et al.*, 2011).

Estudos epidemiológicos demonstram que a atividade agrícola tem relação com

muitos riscos ocupacionais, podendo ser considerada uma das profissões mais perigosas. Muitos são os acidentes fatais ou que deixam sequelas nos trabalhadores. Este quadro se torna mais agravante quando o trabalhador é o operador de uma máquina (FARIA, 2005).

Schlosser (2002) relata que as condições de trabalhos do operador de máquinas agrícolas, interferem na sua produtividade. Em condições onde há exposição do operador a níveis altos de ruído, poeira, vibração ou calor, conseqüentemente, existirá maior desconforto do trabalhador, o que pode ocasionar uma redução na sua produtividade e aumento no risco de acidentes.

É neste cenário que os conhecimentos de ergonomia podem contribuir para o desenvolvimento rural, pois diversos autores apontam os benefícios obtidos com as melhorias ergonômicas no trabalho agrícola. Organização do trabalho, projetos de ferramentas e equipamentos podem ser adequadamente projetados para as tarefas agrícolas. No *design* de ferramentas e equipamentos a contribuição da ergonomia pode ser relevante em termos de produtividade, conforto e indiretamente na diminuição dos custos de operação (ABRAHÃO, 2006).

Neste contexto a operação de equipamentos agrícolas enquadra no conceito de interface “homem/máquina”, já que engloba basicamente dois fatores: o homem (operador) e a máquina (trator), mas a eficiência deste sistema depende de diversos outros fatores. (CORRÊA, 2010).

Segundo Santos (2014) é de grande importância a aplicação da ergonomia no desenvolvimento do trator agrícola, pois cada alavanca que tem seu alcance mais dificultado ao operador pode gerar desde a perda de qualidade e quantidade de produção até lesões sérias ao operador.

Iida (2003) descreve que o trabalho com tratores agrícolas é bastante árduo e que tratores exigem mais controles do que um carro. O posicionamento desses controles deve ser feito de acordo com os dados antropométricos e as características biomecânicas. Diversos estudos têm sido realizados para melhorar o trabalho do tratorista. Eles recaem geralmente em uma das quatro categorias: aumento de estabilidade do trator; aumento do conforto; redesenho de assentos ou instalação de cabina. De acordo com o autor muitas soluções paliativas existem, porém ainda existem muitos problemas. O tema merece pesquisas para que soluções mais adequadas aliviem a carga e o sofrimento do tratorista.

Segundo Márquez (1990), a segurança na operação de tratores agrícolas deve ser uma das principais preocupações dos administradores rurais. Todos os tratores devem ser equipados com dispositivos de segurança, assim como freio de estacionamento, cinto de

segurança, estrutura de proteção contra capotamento, isolamento de peças móveis, cujo funcionamento pode causar acidentes.

Mialhe (1996) comenta que as primeiras ideias sobre o ensaio de máquinas agrícolas nasceram com a mecanização agrícola experimental. Mais tarde, o ensaio passou por uma fase de aferição compulsória de desempenho e funcionalidade. Atualmente, volta-se principalmente à obtenção de informações sobre ergonomia e segurança, poluição do meio ambiente, além daquelas que alimentam bancos de dados utilizados nas modernas técnicas gerenciais.

De acordo com Schlosser e Debiasi (2002), os conhecimentos sobre ergonomia levaram os fabricantes de tratores a oferecer modelos com melhor localização dos comandos e alavancas, porém para atingir uma situação ideal ainda são necessários muitos esforços.

Em estudos com colhedoras, Lima *et al.* (2005) expressam preocupação com esta constatação quando afirmam que no trabalho noturno, a visibilidade é diminuída consideravelmente. Outra preocupação são as intempéries do clima que dificultam e acentuam o trabalho no meio rural. Souza *et al.* (2002) descrevem que no Brasil, na maioria das regiões, o calor causa desconforto e seu excesso pode aumentar o risco de acidentes e provocar danos a saúde. Segundo Rossi *et al.* (2011) a operação com trator é uma atividade muito fatigante, na maioria das vezes o operador possui jornadas de trabalho extensas e sujeitas a determinadas condições climatológicas que podem afetar a operacionalidade do equipamento e o rendimento produtivo do operador.

Para amenizar as consequências prejudiciais a sua atividade, o posto de trabalho do operador de trator deve ter condições mínimas necessárias para que seu trabalho seja executado de tal forma que o operador não seja exposto a riscos a sua saúde e de acidentes.

As operações do trator devem ser realizadas em condições fáceis de trabalho, ou seja, de relevo, clima, ritmo de trabalho e segurança, pois caso isso não ocorra pode causar problemas de saúde ocupacional aos operadores, por não ter proteção em alguns componentes que se podem mover acidentalmente (SANTIN, 2012).

A frota de tratores no Brasil ainda é considerada antiga, apesar do investimento empregado na aquisição de tratores equipados com itens que garantem o melhor conforto e proteção do operador, em algumas propriedades ainda se utiliza tratores antigos para alguns trabalhos. Na agricultura familiar os tratores de duas rodas são conhecidos como microtratores, tobatas ou tratores de rabiças, neste tipo de máquina agrícola o operador caminha atrás do conjunto ou faz uso de assento que pode ser acoplado ao microtrator. Muitos agricultores ainda não têm consciência dos problemas causados pelo ruído e vibração

emitidos e acabam adaptando estas máquinas a sua realidade enfrentada no dia a dia de trabalho e fazem uso destes modelos antigos mesmo sem estarem adequados (ESTEVAM, 2015).

Genz e Vilagra (2009) em estudo realizado com agricultores da região identificaram queixas de inadequações do trator agrícola ao operador e jornadas de trabalho de até 15 horas diárias. Em trabalho realizado com a mesma população por Marmentini e Vilagra (2009) foram encontrados altos índices de relato de dor relacionados a atividade e ao tempo diário de trabalho.

Conforme Lima *et al.* (2005), durante a realização de seu trabalho, os operadores ficam expostos às condições adversas vindas do meio ambiente (temperatura, poeira, umidade etc.) e da máquina (ruídos, vibrações, postura, gases, temperatura etc.), sendo as últimas decorrentes do projeto da máquina.

Ao avaliar colhedoras combinadas, onde a atividade fundamental dos operadores é realizada no posto de condução (cabine), Fontana *et al.* (2004) ressaltam a importância da aplicação de critérios ergonômicos que permitam estabelecer a correta adaptação dos componentes do sistema “homem/máquina”, sendo necessário considerar as características dos operadores e do trabalho que se realiza. E deste modo alcançar maior eficiência produtiva, maior grau de conforto e segurança na tarefa resultando na melhoria das condições de trabalho.

Em uma avaliação sobre painéis de colhedoras da cana, Corrêa *et al.* (2008) afirmam que há uma grande demanda no redesenho dos componentes desse sistema, a fim de facilitar a recepção das informações que são fundamentais para o operador. Os autores afirmam ainda que tais medidas, seguindo os conceitos do design ergonômico no conjunto do posto do operador são importantes para reduzir as chances de tomadas de decisão erradas, as quais podem resultar em acidentes, além de minimizar a fadiga muscular e mental do operador.

A utilização de tratores agrícolas que sejam ergonomicamente adequados ao operador reduz a probabilidade de ocorrência de acidentes e doenças ocupacionais, aumentando assim a eficiência dos trabalhadores (DEBIASI; SCHLOSSER; PINHEIRO, 2004).

Vilagra (2009) afirma que um trator agrícola redimensionado segundo a leitura da ergonomia responderia a questões amplas de produção agrícola, saúde do trabalhador e aquecimento do mercado de máquinas agrícolas, a longo prazo, diminuindo o atraso tecnológico de origem política ocorrido em nosso país. Interpretar as dimensões do trator em

relação a conforto, segurança e produtividade confere um início científico neste longo percurso rumo ao desenvolvimento do trator agrícola.

2.3.2 Operadores de máquinas agrícolas

O CBO (Classificação Brasileira de Ocupação) publicado pelo MTE (Ministério do Trabalho e Emprego) trata do reconhecimento da existência de ocupações de trabalho brasileiro. O CBO do tratorista agrícola é 6410-15, apresentando como descrição sumária da atividade opera ajusta e prepara máquinas e implementos agrícolas, realizam manutenção em primeiro nível de máquinas e implementos, empregam medidas de segurança e auxiliam em planejamento de plantio (OCUPAÇÃO..., 2018).

Ainda segundo o mesmo site essas ocupações são exercidas por trabalhadores com escolaridade e até a quarta série do ensino fundamental, a experiência profissional ocorre com a prática de um a dois anos, a(s) ocupação(ões) elencada(s) nesta família ocupacional demanda formação profissional para efeitos do cálculo do número de aprendizes a serem contratados pelos estabelecimentos nos termos do artigo 429 da consolidação das leis do trabalho - CLT, exceto os casos previstos no art. 10 do decreto 5.598/2005.

Condições Gerais de Exercício: Essas ocupações são exercidas por trabalhadores com carteira assinada empregados na agricultura e na pecuária. O trabalho é exercido em equipe, com supervisão ocasional. O operador de máquina de beneficiamento de produtos agrícolas trabalha em ambiente fechado; o operador de colhedora e o tratorista agrícola trabalham em veículos. O trabalho é realizado em rodízio de turnos, diurno e noturno, os profissionais estão expostos a materiais tóxicos e a ruído intenso.

Para Vilagra (2009) o operador de máquinas é um trabalhador que desenvolve uma operação de precisão que requer aprendizado e condições adequadas para desenvolver o seu trabalho.

As alterações introduzidas no trabalho agrícola como um todo, com a automatização de máquinas e equipamentos, ao proporcionar aos produtores grande aumento na produtividade e regularidade na qualidade da produção fazem, também, com que durante a realização dessas operações, os operadores de máquinas agrícolas, especialmente os de tratores, fiquem expostos a condições adversas vindas tanto do meio ambiente, como temperatura, poeira e umidade como da própria máquina, nas formas de ruídos, vibrações, gases e calor, sendo estas decorrentes do projeto da máquina (LIMA *et al.*, 2005).

O operador de máquinas agrícolas segundo Schlosser (2004) costumeiramente

opera o trator mal projetado ergonomicamente e este fator aumenta o nível de estresse físico e mental, ocasionando a fadiga que compromete a saúde do trabalhador e a sua produtividade.

Atividades agrícolas expõem o trabalhador rural a riscos ocupacionais e podem ser consideradas uma das profissões com maiores riscos. Alguns destes riscos podem transformar-se em acidentes fatais ou deixar sequelas nos trabalhadores; este quadro se agrava quando o trabalhador utiliza equipamentos ou máquinas agrícolas (FARIA, 2005).

Como decorrência destas constatações, surge a preocupação com melhores condições de trabalho para os operadores de máquinas agrícolas, visando proporcionar maior conforto e segurança e diminuição da fadiga do trabalho, tendo em vista que, nestas máquinas está concentrada a maioria das ações físicas e mecânicas, destinadas a realização das atividades agrícolas (ROTH, 2010).

2.3.3 Posto de trabalho do operador

No processo de mecanização, conforme Silva *et al.* (2011), para que o operário possa desempenhar suas funções, é preciso que esteja bem adaptado ao posto de trabalho, portanto, é necessário que o mesmo detenha conhecimento sobre a máquina que opera.

O posto de trabalho é definido como a configuração física do sistema homem-máquina-ambiente (Iida, 2005). Tal unidade produtiva é formada pelo conjunto de dispositivos de informações, de órgãos de comando e equipamentos auxiliares, somado ao espaço gerado pelo deslocamento do operador ou de seus membros na execução da tarefa (FIEDLER, 1995; IIDA, 2005; BRITO, 2007).

Iida (2005) ressalta a importância do posicionamento do corpo humano em relação ao seu posto de trabalho, seus alcances e movimentos, pois os movimentos que tendem a se afastar da posição normal do corpo, chamado de abdução, tem-se como exemplo o movimento para o acionamento de uma alavanca de pé, caso esse controle esteja posicionado em um local incorreto o operador pode vir a sofrer uma lesão devido ao uso frequente deste controle.

Segundo Gomes, Santos e Fernandes (2005) no posto de operação do trator existem variáveis incontáveis relacionadas ao seu dimensionamento, partindo desse pressuposto não se pode determinar um modelo característico ideal de operador que seja totalmente compatível, pois entre essas variáveis estão a diversidade antropométrica, os biótipos da população, a alta rotatividade das tarefas, sendo assim faz-se necessário que o posto de operação seja ajustável, de forma a ser acessível a elevada diversidade

antropométrica humana.

O assento do trator é sem dúvida um dos fatores mais importantes a serem considerados quando se projeta o posto de trabalho do tratorista, que, segundo Santos (2005), é o assento a parte do local de trabalho que mais horas anuais será ocupada pelo tratorista.

Com o passar dos anos começou-se a perceber que para aumentar o rendimento da operação e diminuir o índice de acidentes, o posto de trabalho deveria estar em perfeita sincronia com o seu operador, proporcionando ao mesmo uma operação com melhor visibilidade, comandos ajustados à sua postura de trabalho, proporcionando assim conforto e segurança (MINETTE *et al.*, 2007).

Uma das medidas mais eficientes para o controle das condições ambientais no posto de operação é o emprego da cabine. Sendo um recurso capaz de proporcionar a redução dos níveis de ruído, vibrações, substâncias estranhas presentes no ar, bem como auxílio na melhoria do conforto térmico do operador (SCHLOSSER *et al.*, 2001; BRITO, 2007).

Yadav e Tewari (1999) descrevem a importância de avaliar as características antropométricas e biomecânicas dos operadores no projeto do posto de operação de tratores agrícolas. O assento do trator e a posição dos comandos de operação de mãos e pés devem ser projetados para acomodar 90% da população com possibilidades de conduzir tratores agrícolas.

Porém Schlosser *et al.* (2002) afirmam que um mesmo operador pode vir a apresentar medidas que se enquadrem dentro e fora dos percentis, esse fato dificulta o projeto de um posto de operação coerente.

Segundo Fernandes *et al.* (2009) são várias as normas internacionais que determinam dimensões, tanto do posto de operação do trator, como da interação do operador com o mesmo. Diversos órgãos como a ISO (International Standard Organization), ASAE (American Society of Agricultural Engineers), CEE (Comunidad Económica Europea) entre outras, produzem normas que estabelecem diretivas que determinam medidas máximas e mínimas a serem seguidas durante o projeto e produção dessas máquinas agrícolas, principalmente tratores. Os padrões definidos por estas normas estão de acordo com as medidas antropométricas dos operadores de outros países, e que, portanto esses padrões podem diferir das medidas dos operadores brasileiros.

Conforme Rio e Pires (2001) o desconforto visual pode provocar sensação de cansaço nos olhos, dor, irritabilidade e vermelhidão, levando o operador a buscar situações de conforto visual e adotar posturas e movimentos inadequados. Ao avaliar a iluminação no posto de trabalho em máquinas de colheita florestal, Minette *et al.* (2007) usaram um

Luxímetro digital com fotocélula para obtenção dos dados. Tais dados foram comparados com a Norma Brasileira NBR 5413 (ABNT, 1992), com base nos critérios de adequação apropriada à natureza da atividade do campo de trabalho.

O campo de visão dos operadores é um aspecto merece especial atenção, visto que a redução no campo de visão gera aumento da fadiga do operador, o qual será obrigado a se movimentar com maior frequência para visualização das áreas encobertas, além de prejudicar a sua capacidade de percepção, o que contribui para a ocorrência de acidentes (SCHLOSSER, *et al.*, 2011). A localização dos mostradores tem uma grande importância para facilitar a sua visualização pelo trabalhador, o que se tornará mais fácil se, no projeto, forem observados alguns critérios como: importância, associação, sequência e agrupamento (IIDA, 2005).

Quanto ao posicionamento dos comandos, de maneira geral, deve permitir um manejo fácil e seguro, sem a necessidade do operador se deslocar de sua posição normal de trabalho (MÁRQUEZ, 1990; IIDA, 2005).

Além dos aspectos levantados, também merecem destaque a seleção dos controles, quanto ao tipo, forma, material e forças necessárias para o acionamento, a compatibilidade da interface projetada entre os sistemas de informação e os sentidos humanos, entre outros. (BAUMHARDT, 2012).

Referindo-se ao dimensionamento do posto de operação Arbetsmiljainstitutet *et al.* (1990) sugerem que haja espaço suficiente para abrigar qualquer operador, independentemente de suas características físicas, possibilitando ainda a adoção de posições de trabalho confortáveis, além de dispor locais específicos para pertences pessoais.

2.3.4 Posição de trabalho sentado

A Academia Americana de Ortopedia define postura como o estado de equilíbrio entre músculos e ossos com capacidade para proteger as demais estruturas do corpo humano de traumatismos, seja na posição em pé, sentado ou deitado (BRACCIALLI; VILARTA, 2000).

A posição sentada, por sua vez, é definida como a situação na qual o peso corpóreo é transferido para o assento da cadeira por meio da tuberosidade isquiática, dos tecidos moles da região glútea e da coxa, bem como para o solo por meio dos pés (PYNT *et al.*, 2001). No entanto, sentar é uma ação dinâmica que deve ser vista como um comportamento e não somente como uma condição estática (BRANTON; GRAYSON, 1967).

Segundo Anderson (1983), a postura sentada é preferencialmente adotada, porque

oferece ao ser humano, diversas vantagens em relação a posição em pé, como a diminuição do gasto energético e do esforço das articulações dos membros inferiores, a redução da pressão arterial na circulação dos membros inferiores e uma maior estabilidade para a realização das tarefas.

A postura de trabalho adotada pelo operador, definida pela atividade desenvolvida, pela exigência da tarefa, pelos espaços de trabalho e pela ligação do trabalho com os equipamentos de trabalho (acionamento de comandos), se observada, conduz a concepção de postos de trabalho que privilegiem a alternância de posturas, pois a alternância postural permite aos músculos receber seus nutrientes e não ficar fatigados, além de, sempre ficar à livre escolha do trabalhador, diante da exigência momentânea da tarefa, que não permite afirmar qual a melhor postura, baseando-se apenas nos critérios biomecânicos (ROTH, 2010).

Os operadores de máquinas agrícolas ao descreverem, seguidamente, redução de rendimento no seu trabalho devido a problemas associados com dores nas costas e desconforto na posição sentada, reconhecem que a correta postura da posição sentada é de grande importância para a manutenção da saúde. O desconforto da postura de trabalho sentada, que pode ser descrito tanto pela variação entre opostos extremos em uma escala de conforto e desconforto, a maior causa de sofrimento durante o trabalho (DHINGRA *et al.*, 2003).

O trabalho sentado em uma posição desconfortável durante muitas horas, especialmente quando o assento do banco e o encosto são rígidos, leva o corpo humano a um grande estresse (DIEBSCHLAG *et al.*, 1995). O conceito de que o assento e encosto do banco sejam móveis foi introduzido primeiramente a partir do final da década de 1970, acompanhando uma demanda ergonômica que buscava agregar conhecimento de antropometria, anatomia e psicologia (ROTH, 2010).

2.4 Vibrações

As vibrações consistem de uma mistura complexa de diversas ondas, com frequência e direções diferentes. A partir da análise desses componentes, calcula-se o nível médio das vibrações, o qual pode ser usado para estimar o impacto dessas ondas no corpo humano (DUL; WEERDMEESTER, 2004).

A convenção n. 148 da OIT estabelece que o termo “vibração” compreende toda vibração transmitida ao organismo humano por estruturas sólidas e que seja nociva à saúde ou contenha qualquer outro tipo de perigo.

Para Saliba (2013) a vibração é um movimento oscilatório de um corpo gerado em função de forças desequilibradas de componentes rotativos e movimentos alternados de uma máquina ou equipamento. Quando um determinado corpo vibra, descreve um movimento oscilatório e periódico, envolvendo deslocamento durante um certo tempo. Tem-se, então, envolvimento no movimento, uma velocidade, uma aceleração e uma frequência (número de ciclos completos/ minuto).

Para Mendes (2005) a vibração é definida como uma grandeza vetorial e, portanto com magnitude, direção e sentido. Além destas variáveis outras devem ser levadas em consideração quando se trata de vibração localizada, como área de contato com a vibração, força de contato, postura do dedo, mão ou braço e temperatura.

As investigações sobre vibrações ocupacionais começaram há mais ou menos sete décadas devido à proliferação de máquinas autropelidas. As avaliações eram subjetivas, tentando estimular o limiar de percepção humana e a equivalência com as respostas para cada magnitude de vibração a fim de descobrir subjetividade, até que parâmetros poderiam ser desconfortáveis durante pequenos e longos períodos (HSE, 2001).

Na década de 40, as vibrações passaram a ser identificadas como um problema em potencial à saúde, tanto dos trabalhadores quanto das pessoas que utilizavam ônibus, trens e aviões para deslocamento. No ano de 1949, foram encontrados alguns problemas em motoristas de veículos militares, os quais desenvolviam dores na coluna resultando na aposentadoria por problemas de hérnia de disco (HSE, 2001).

No dia 1º de junho de 1977 a Organização Internacional do Trabalho - OIT, estabeleceu por meio da Convenção nº 148, que o termo vibrações compreenderia toda vibração transmitida ao organismo humano por estruturas sólidas e que fosse nociva à saúde ou contivesse qualquer outro tipo de perigo (BRASIL, 2013).

Para Poletto filho (2013) os primeiros estudos sobre vibração foram motivados por problemas de desbalanceamento de motores e eixos. Na engenharia, os estudos das vibrações são de grande importância e podem ser responsáveis por prejuízos econômicos e financeiros.

As vibrações podem ser consideradas como ondas que se propagam através de movimentos de compressão e dilatação sucessivos de propagação. A exposição às vibrações, normalmente, representa prejuízos e riscos elevados nos ambientes ocupacionais. De forma geral, pode influenciar o conforto, a segurança e a saúde das pessoas expostas. Esses efeitos são em função do modo de transmissão das vibrações ao indivíduo, das características das vibrações como direção, frequências e amplitudes, assim como do tempo de exposição e de

sua repetição (WACHOWICZ, 2007).

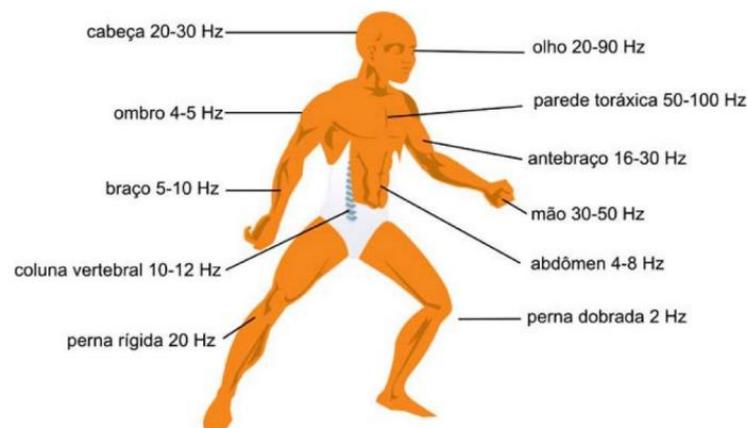
Para Back (1983) a vibração é um subproduto indesejado de sistemas mecânicos, desta forma, a aceleração, que é o efeito, não pode ser eliminada pela adição de um diferencial princípio de trabalho, precisam ser adotadas medidas de contra atuação ou, então, é preciso introduzir no projeto arranjos dinâmicos, para controlar e isolar o efeito, dentro de limites aceitáveis.

Vendrame (2017) explica que de uma maneira mais ampla, a vibração consiste em movimento inerente aos corpos dotados de massa e elasticidade. O corpo humano possui características de inércia e elasticidade que lhe conferem valores de frequência natural distintos, relativos a cada uma de suas partes (Figura 2).

Se uma frequência externa coincide com a frequência natural do sistema, ocorre a ressonância, que implica em amplificação do movimento. Assim, a energia vibratória associada a esse efeito é absorvida pelo corpo, como consequência da atenuação promovida pelos tecidos e órgãos (SALIBA, 2009).

A vibração transmitida ao corpo humano é classificada de acordo com a região atingida, podendo ser: vibração de corpo inteiro e de extremidades. As vibrações de corpo inteiro são vibrações transmitidas ao corpo todo, comumente por meio da superfície de suporte, tal como pé, costas, nádegas de um ser humano sentado, transmitida por atividades de transporte como trator, caminhão, etc. Já as vibrações de extremidades são aquelas vibrações que atingem determinada parte do corpo, principalmente mãos, braços e outros (SOEIRO, 2011).

Figura 2 - Valores naturais de frequência no corpo humano



Fonte: Vendrame, 2017.

Segundo Vendrame (2006) um corpo está em vibração quando descreve um

movimento oscilatório em torno de um ponto fixo, sendo que, o número de vezes em que o ciclo completo do movimento se repete durante o período de um segundo é chamado de frequência, e é medido em ciclos por segundo ou Hertz [Hz]. A vibração consiste em movimento inerente aos corpos dotados de massa e elasticidade. O corpo humano possui uma vibração natural. Se uma frequência externa coincide com a frequência natural do sistema, ocorre a ressonância, que implica em amplificação do movimento. A energia vibratória é absorvida pelo corpo, como consequência da atenuação promovida pelos tecidos e órgãos. (VENDRAME, 2009).

Kroemer e Grandjean (2005) comentam que ferramentas motorizadas e utilizadas durante anos podem ocasionar problemas nas mãos e braços e apontam a frequência da vibração como fator decisivo. Relatam ainda que ferramentas com frequência de vibração abaixo de 40 Hz podem causar sintomas degenerativos nos ossos, articulações e tendões das mãos e braços, levando à artrite do punho, cotovelo e ombro.

Quando um determinado corpo vibra, descreve um movimento oscilatório e periódico, envolvendo deslocamento durante um tempo determinado. Ou seja, estão envolvidas no movimento, uma velocidade, uma aceleração e uma frequência (SALIBA *et al.*, 2009).

Amaral *et al.* (2007), classifica dois tipos de vibrações: as de corpo total, que são transmitidas ao conjunto do corpo do trabalhador pelos veículos de transporte (caminhões, tratores, pontes rolantes, etc.) e as vibrações manubraquiais, transmitidas em particular à mão e ao braço em contato com as máquinas vibrantes (britadeira, lixadeira, furadeira, etc.).

Saliba (2004) explica que as vibrações podem ser classificadas como ocupacional de corpo inteiro, ocupacional mão e braço ou localizada, para o conforto, meio ambiente e de máquinas.

Estas classificações são explicadas a seguir:

- a) **Vibração ocupacional de corpo inteiro** – são vibrações transmitidas ao corpo como um todo, geralmente através da superfície de suporte, tais como pé, costas, nádegas de um homem sentado ou na área de suporte de um homem reclinado;
- b) **Vibração ocupacional mão e braço ou localizada** – são vibrações que atingem certas partes do corpo, principalmente mãos, braços e outros. Como os sistemas corpo inteiro e braços/mãos são mecanicamente diferentes, deverão ser estudados separadamente;
- c) **Vibração para conforto** – determinada ocupação pode causar desconforto intolerável em uma situação e ser agradável ou desejada em outras. Logo, os valores de conforto dependem de vários fatores, alguns até subjetivos. Desse modo, a ISO 2631 não estabelece limite para o

conforto, limitando-se apenas em indicar valores de acelerações onde as reações das pessoas são prováveis;

d) Vibração meio ambiente – são vibrações capazes de provocar desconforto e perturbação do sossego público, como, por exemplo, prédios, veículos, entre outros;

e) Vibração máquinas – são vibrações que podem indicar problemas de manutenção em máquinas e equipamentos. Logo, são medidas pelos técnicos de manutenção preventiva e comparadas como valores das normas técnicas pertinentes.

O corpo humano está exposto a vibrações em vários ambientes e podemos classificá-las pelo modo como são transmitidas ao corpo: vibração de corpo inteiro e vibração transmitida por meio das mãos.

Segundo Saliba *et al.* (2002) são vibrações transmitidas ao corpo como um todo, tais como pé, costas e nádegas de um homem sentado ou na área de suporte de um homem inclinado. A exposição à vibração de corpo inteiro pode causar danos físicos permanentes ou distúrbios no sistema nervoso (GERGES, 2000). Vibrações localizadas são as que de algum modo podem atingir certas partes de um corpo, principalmente mãos e braços. (SALIBA, 2002).

2.4.3 Vibração em máquinas agrícolas

Durante a década de oitenta, várias pesquisas geraram informações relacionadas a magnitude de vibrações ocupacionais em tratores agrícolas. Entretanto, nesse período, a tecnologia empregada era limitada, os equipamentos utilizados eram caros, restringindo a poucos centros de pesquisa a capacidade de realizar ensaios de vibrações ocupacionais (GRIFFIN, 1998).

Segundo Liljedahl *et al.* (1996) o projeto dos tratores agrícolas deve levar em consideração os efeitos humanos, os quais possibilita que o operador faça uma grande quantidade de tarefas complexas com eficiência, segurança e um mínimo de fadiga. Neste contexto, ao buscar proporcionar conforto e segurança ao operador é de considerável importância que o banco do posto de operação do trator seja adequadamente projetado.

Um dos fatores mais importantes a serem considerados pelos projetistas quando do desenvolvimento do projeto de uma máquina agrícola é, segundo Santos (2005) o banco do posto de trabalho, pois é aí que o operador realiza o seu trabalho e onde passa o maior número de horas anuais produtivas. A importância do conforto do banco, tanto no aspecto funcional,

como no aspecto estético, tem aumento desde que os usuários destes equipamentos, começaram a tomar consciência sobre um modo de operação de dirigir, mais confortável e seguro (FAI *et al.*, 2007).

As vibrações mecânicas, que ocorrem em tratores, são descritas como senoidais e aleatórias (PRASAD *et al.*, 1995). As vibrações senoidais e regulares são possíveis de prever, enquanto as aleatórias e irregulares, não possibilitam essas previsões (SANTOS, 2002). Nos tratores agrícolas, assim como em outras máquinas, podem ocorrer dois tipos de vibrações: as retilíneas (vertical, longitudinal e transversal) e as rotacionais (giro, arfagem e guinada).

Quanto à intensidade da vibração dos tratores agrícolas, essa depende das estruturas do solo, do projeto da suspensão, localização do assento, cabine, pneus, da técnica de dirigir, da velocidade, entre outros (SANTOS FILHO, 2002).

Nagaoka (2001) relatou que as pesquisas realizadas com tratores agrícolas com e sem lastros e de diferentes massas indicaram que as vibrações com frequências compreendidas no intervalo de 2 a 4 Hz apresentam os maiores picos.

Mehta e Tewari (2000) descreveram as várias maneiras de analisar o conforto do assento do trator, tanto de forma objetiva como subjetiva. Para a análise objetiva foram relatados os tipos de sensores que avaliam a pressão de contato do corpo do operador com o assento, exposto a várias frequências de vibração. Concluiu-se que para fazer um estudo completo de conforto deve-se levar em consideração informações específicas de biomecânica, níveis de vibração, distribuição de pressão no assento, postura do operador e material do coxim.

2.4.4 Efeitos das vibrações no corpo humano

A exposição ocupacional à vibração não é tão estudada quanto os outros agentes, todavia, sua ocorrência nos locais de trabalho é bastante frequente. Os efeitos desses agentes na saúde humana são consideráveis, sendo necessário, portanto, avaliação e controle. (SALIBA, 2009).

Os efeitos de vibração e de choque em seres humanos têm sido estudados por muito tempo. No começo do século 18, Ramazzini (FUNDACENTRO, 1999), descreveu resultados pós-morte dos efeitos da exposição à vibração mecânica experimentada por instrutores de cavalo: "[...] tendo por resultado as entranhas estão sendo agitadas pela força da vibração e movidas quase completamente de sua posição normal [...]".

Reynaud (1969) descreveu, em 1862, os distúrbios vasculares observados em indivíduos expostos a vibrações de mãos e braços, em sua tese intitulada *Local Asphyxia and Symmetrical Gangrene of the Extremities*.

Vendrame (2005) ressalta que pesquisadores italianos já em 1911 descreviam a síndrome da vibração nos trabalhadores que operavam martelinhos, correlacionando com o fenômeno de Reynaud. No Brasil a Portaria nº 1339 (1999) do Ministério da Saúde considera as vibrações localizadas como agentes de risco de natureza ocupacional. Ainda de acordo com esse autor, o corpo humano possui uma vibração natural. Eliminar a vibração dos ambientes de trabalho é uma proposta praticamente impossível, pois todos os equipamentos geram algum tipo de vibração, sendo importante concentrar os esforços em minimizar os riscos.

Até poucos anos, os projetos de tratores agrícolas centravam-se na maximização da eficiência, em detrimento ao fator humano (SCHLOSSER, 2002). Uma vez constatada a existência de doenças vinculadas ao trabalho estacionário e o aumento no rigor das normas de segurança do trabalho, há uma tendência em buscar melhorias nas condições de ergonomia e segurança do operador (SILVA, 2010).

As máquinas agrícolas, durante seu funcionamento, geram vibrações mecânicas que são transmitidas por toda a sua estrutura e para o ambiente que a rodeia. Quando estas ocorrem em níveis indesejados e por períodos de exposição mais longos que o suportável, podem causar problemas de saúde aos indivíduos expostos às mesmas (SANDI 2015).

Matoba (1994) refere que dor de cabeça, insônia, esquecimento, irritabilidade, depressão, zumbido e impotência aparecem em indivíduos expostos à vibração através das mãos à medida que os sinais e sintomas vão progredindo. Porém as alterações mais comuns seriam da circulação periférica, nervosa e muscular, da articulação e do sistema nervoso central e autônomo, associada com perda auditiva nistagmo e vertigem. Essas alterações são observadas em 60 a 70% dos pacientes. A avaliação física revela sinais de alterações circulatórias, nervosas e musculares nos dedos e braços.

Segundo Marques (1990) os tratores e as máquinas agrícolas produzem vibração de baixa frequência, as quais são transmitidas para o posto de operação, podendo gerar problemas de visão, irritabilidade, deformações lombares e problemas digestivos.

Tais níveis excessivos de vibração encontrados em tratores agrícolas geram uma sensação incômoda no operador, aumentando sua fadiga física e mental (FERNANDES *et al.*, 2003). Para Gerges (1992) e Iida (2005) dentre os principais efeitos estão a visão turva, perda de equilíbrio, falta de concentração e, até mesmo, danos permanentes de determinados órgãos do corpo.

Para Ribas (2012) a exposição a nível elevado de vibrações podem causar problemas irreversíveis de ordem muscular, óssea, sensitiva, de visão, entre outros. A elevada jornada de trabalho que operadores agrícolas enfrentam e as características dos tratores agrícolas têm cada vez mais agravado estes problemas, causando também a perda na eficiência operacional agrícola.

O corpo humano reage às vibrações de formas diferentes. A sensibilidade às vibrações longitudinais é distinta da sensibilidade transversal. Em cada direção a sensibilidade também varia com a frequência, isto é, a aceleração tolerável para determinada frequência é diferente daquela em outra frequência. Frequências abaixo de 1 Hz causam enjoos, enquanto as frequências entre 3 Hz e 8 Hz afetam o intestino e a coluna vertebral, e aquelas entre 15 Hz e 24 Hz podem interferir na visão, diminuindo a fixação e a percepção visual (BERASATEGUI, 2000).

Bluthner *et al.* (2006) afirmam que a vibração, no sentido horizontal, pode levar a espinha dorsal dos operadores a sofrer sérios danos. Assim, faz-se necessário o desenvolvimento de dispositivos nos assentos de trator, a fim de atenuar a vibração, principalmente no sentido horizontal.

No sistema mão e braço as consequências das vibrações são mais severas. Nas ferramentas motorizadas atingem-se altas acelerações oscilatórias nas mãos e articulações dos pulsos. A utilização destas ferramentas submete o trabalhador a vibrações localizadas que podem acarretar diversas patologias nas mãos e braços. A exposição a vibrações excessivas pode originar danos físicos permanentes denominados “Síndrome dos dedos brancos”, uma degeneração gradativa do tecido muscular e nervoso. Com isto, alguns dedos - normalmente o dedo médio - ficam brancos, até azulados, frios e "sem sentidos". Após algum tempo, os dedos voltam a ficar vermelhos e doloridos. É caracterizada por uma contração espasmódica dos vasos sanguíneos, e conhecida também como doença de Reynaud. Pode surgir no máximo após seis meses de trabalho com uma ferramenta vibratória (XIMENES, 2006).

Kroemer e Grandjean (2005), também comentam os chamados “dedos brancos”, causados por ferramentas motorizadas com frequência entre 40 e 300 Hz. Estas vibrações são rapidamente amortizadas nos tecidos, tendo efeito danoso nos vasos sanguíneos e nervos das mãos, resultando no amortecimento dos sentidos de um ou mais dedos, em que geralmente o médio é mais acometido, tornando-se desta forma branco, frio e sem sensações, passando a rosa e dolorido com o tempo. Tal sintomatologia é devida à condição espasmódica dos vasos sanguíneos denominada de Síndrome de “*Reynaud*”. A síndrome aparece em geral seis meses após o início da atividade com ferramentas vibratórias, sendo o frio um fator agravante.

Para Lanças *et al.* (2009) as vibrações estão diretamente ligadas ao afastamento por doença do trabalho no país. Estas vibrações ocasionam grande desconforto e aumentam a fadiga do trabalhador, podendo-se classificar as mesmas de acordo com a região do corpo atingida em: vibrações de corpo inteiro, comuns em atividades de transporte, tais como caminhão, trator, empilhadeira, ônibus, etc., e vibrações de extremidades que afetam principalmente mãos e braços.

Iida (2000) afirma que a preocupação com os materiais de revestimento deve ser grande, pois se os estofados forem muito macios, não proporcionarão um bom apoio ao corpo do operador, distribuindo a pressão para outras regiões das nádegas e das pernas. Esta condição pode causar estrangulamento da circulação sanguínea nos capilares, ocasionando dores e fadiga e fazendo, também, que o trabalho para manter o equilíbrio recaia novamente sobre a musculatura. Uma condição intermediária, com um estofamento pouco espesso, coloca sobre uma rígida, que não se afunde com o peso do corpo, apresenta-se mais benéfica, permitindo a redução da pressão máxima, pela melhor distribuição das pressões e aumento da área de contato, sem ocasionar um prejuízo para a postura, contribuindo para a redução do desconforto e da fadiga.

Conforme Donati (2002) as soluções buscadas para minimizar os efeitos do desconforto nos operadores de máquinas móveis têm sido encontradas basicamente em três áreas: a redução das vibrações pela escolha da máquina adequada ao trabalho, seu correto carregamento e manutenção: a redução das vibrações na máquina e no sistema do banco do operador e a determinação de perfil de bancos que auxiliem a postura do operador.

Para Pekkarinen (1995) a vibração de corpo inteiro é um estímulo difuso que excita vários receptores simultaneamente causando estresse geral. Os efeitos da vibração de corpo inteiro estão bem proximamente relacionados aos efeitos do ruído de baixa frequência. O autor relata que a vibração de corpo inteiro tem sido responsabilizada por alterações na circulação sanguínea da orelha interna e que tem sido observado uma redução temporária do limiar auditivo entre nas frequências de 2 e 4 kHz, ligada à vibração de corpo inteiro.

De acordo com Goglia *et al.* (2003) a vibração pode produzir diferentes efeitos nocivos aos operadores. Operadores de máquinas agrícolas são geralmente expostos a dois tipos de vibração: a vibração de corpo inteiro, que é transmitida através do contato dos pés do operador com comandos e alavancas, com a base da plataforma de operação e através do contato com o assento. A vibração de mãos e braços através do contato com o volante e outras alavancas.

Ambas as formas de vibração contribuem para a fadiga do operador e podem ter

umfeito negativo sobre a saúde e o desempenho no trabalho. Para avaliar o efeito da vibração, a intensidade da vibração e frequência deve ser tida em conta em conjunto com tempo de exposição. Para quantificar a exposição de vibração, medidas devem ser tomadas em condições representativas (GOGLIA, *et al.*,2003).

Segundo Flores (2010) outros distúrbios estão comumente associados à síndrome da vibração em mãos e braços (SVMB). Alguns deles estão diretamente associados às vibrações e outros são observados também em usuários de ferramentas manuais que não vibram.

Segundo Kroemer e Grandjean (2005) as vibrações que afetam o ser humano são de baixa frequência e grande amplitude e situam-se na faixa de 1 a 80 Hz, mais especificamente 1 a 20 Hz. (Quadro 1). Ainda segundo Kroemer e Grandjean (2005), para frequências acima de 2 Hz o corpo humano não vibra como uma massa única, com uma frequência natural; ao contrário, ele reage às oscilações induzidas, como um conjunto de massas ligadas. Estudos mostram que as frequências naturais são diferentes, em diferentes partes. Fernandes (2003) explica que os níveis de vibração excessivos em tratores agrícolas são bastante desconfortáveis para o operador, que conseqüentemente aumenta sua fadiga física e mental. O nível de dano causado pela vibração depende da intensidade, frequência e do tempo em que o operador de trator está exposto.

Quadro 1 - Frequência vibracional e os efeitos de ressonância no corpo humano

Frequência	Efeito no corpo humano
3-4 Hz	Forte ressonância nas vertebra cervicais.
3-6 Hz	Ressonância no estômago
4 Hz	Pico de ressonância nas vertebra lombares
4-5 Hz	Ressonância nas mãos (dificuldade de efetuar os movimentos desejados)
4-6 Hz	Ressonância no coração
5 Hz	Ressonância muito forte na cintura escapular (até o dobro de aumento de deslocamento)
5-20 Hz	Ressonância na laringe (a voz muda)
5-30 Hz	Ressonância na bexiga (urgência de urinar)
10-18 Hz	Ressonância no globo ocular (dificuldade de enxergar)
20-70 Hz	Ressonância no maxilar

Fonte: Kroemer e Grandjean (2005).

A Norma de Higiene Ocupacional (NHO 10) refere-se à avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços, tendo por objetivo estabelecer critérios e procedimentos para avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços que

implique risco à saúde do trabalhador, entre os quais a ocorrência da síndrome da vibração em mãos e braços (FUNDACENTRO, 2012).

A Norma Regulamentadora 15 em seu anexo 8, caracteriza vibração como atividade e operação insalubre que expõe os trabalhadores sem a proteção adequada, às vibrações localizadas ou de corpo inteiro (NR15). A Norma de Higiene Ocupacional 9 (NHO 09) estabelece critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro (VCI) que implique possibilidade de ocorrência de problemas diversos à saúde do trabalhador, entre os quais aqueles relacionados à coluna vertebral.

Contudo, tanto as normas da Fundacentro (NHO 09 e NHO 10) como o anexo nº 8 da Norma Regulamentadora nº15 (BRASIL, 1978) remetem a questão para a International Organization for Standardization (ISO).

2.5 Ruído

O ruído é um complexo de sons que causam sensação de desconforto e está presente de forma contínua na vida diária dos seres humanos. (KROEMER; GRANDJEAN, 2005).

Para Saliba (2008), o ruído é um fenômeno físico vibratório com características indefinidas de variações de pressão (no caso do ar) em função da frequência, isto é, para uma dada frequência podem existir, em uma forma aleatória através do tempo, variações de diferentes pressões. É um agente físico insalubre presente em mais de 90% das atividades laborativas existentes. Na operação de um trator é o principal risco ao qual o operador está exposto (TOSIN, 2009).

De acordo com Mendes (2005), normalmente ruído é definido como um som indesejável, já a National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, 1998) define ruído como um som errático, intermitente ou com oscilação estaticamente aleatória.

Segundo Hohlenwerger (2009), a ABNT (1987) conceitua o ruído como a mistura de tons cujas frequências diferem entre si, por valor inferior à discriminação do ouvido humano. Já Gerges (2000) conceitua os som como uma variação de pressão atmosférica dentro da faixa de vinte a vinte mil Hz, que é o limite de amplitude e a banda de frequência a qual o ouvido humano responde.

Kroemer e Grandjean (2005) definem o som como sendo qualquer movimento mecânico repentino, que gera flutuações na pressão do ar, que se dissipam como ondas, de forma semelhante as que ocorrem na superfície da água. Quando estas variações de pressão

sonora ocorrem com uma frequência e intensidade regulares, o ouvido humano reage a elas como sons. A intensidade do som é subjetivamente percebida de acordo com a altura do som. A altura do som é a qualidade do som que permite distinguir som grave do som agudo.

Segundo Saliba (2004) para que uma vibração seja considerada sonora, a sua frequência deve estar compreendida entre 16 Hz e 20.000 Hz, que é a faixa audível humana. Abaixo e acima deste intervalo existe respectivamente o infrassom e o ultrassom. Além disso, a variação de pressão deve possuir um valor mínimo para atingir o limiar de audibilidade, sendo que esta variação é a diferença instantânea entre a pressão atmosférica na presença e na ausência do som, em um mesmo ponto. O limiar auditivo é de $2 \times 10^{-5} \text{ N m}^{-2}$, sendo convencionalmente este valor como sendo o 0 (zero) dB. Quando a pressão sonora atinge o valor de 200 N m^{-2} , a pessoa exposta começa a sentir dor no ouvido, sendo então chamado de limiar da dor, e este valor equivale a 140 dB. Portanto, quando tratamos de pressão, a faixa audível varia de $2 \times 10^{-5} \text{ N m}^{-2}$ a 200 N m^{-2} .

Segundo Kroemer e Grandjean (2005) o decibel é a unidade física da pressão sonora e é medido em micropascal (μPa). Sendo assim, o som mais baixo que um ouvido humano saudável pode detectar está em torno de $20 \mu\text{Pa}$, podendo detectar, também, sons até um milhão de vezes mais altos, o que fez com que fosse criada uma escala logarítmica para tornar a sua leitura e o seu entendimento mais fáceis, surgindo assim o decibel (dB).

A Organização Mundial da Saúde - OMS (1980) define ruído como sendo toda sensação auditiva insalubre e/ou um fenômeno acústico não-periódico sem componentes harmônicos definidos, que causam problemas de saúde pública.

Os novos processos tecnológicos são característicos da modernidade, e o aumento da poluição é um fator decorrente deste processo. Dentre as mais diversas formas de poluição a sonora é a mais importante. Além da presença do ruído, há também a exposição a agentes químicos que também têm potencial de ototoxicidade gerando interação com o ruído (RIBAS, et al., 2010). Russo (1993) afirma que, diante disso, o ruído passou a ser um dos agentes nocivos à saúde mais presentes nos ambientes urbanos e sociais, principalmente nos locais de trabalho e nas atividades de lazer. Enfim, o ruído pode ser considerado como som inútil ou indesejável que traz vários danos à saúde de qualquer pessoa, e principalmente àquelas que estão sujeitas diretamente no seu dia-a-dia com esse agente indesejável, levando com isso à perda da audição.

Do ponto de vista fisiológico e da ergonomia no posto de trabalho do operador, são duas as características de interesse do ruído emitido por tratores: a altura e a intensidade. E ainda, o ruído é medido em uma escala logarítmica denominada decibel (dB) (MIALHE,

1996).

O risco de problemas auditivos é determinado pelo nível de som, frequência e tempo de exposição. (CUNHA. *et al.*, 2009). A presença de ruído elevados no ambiente de trabalho acaba perturbando, e, com o tempo, provocando a surdez, trazendo como sintomas iniciais a dificuldade de entender a fala em ambientes barulhentos. (DUL; WEERDMEESTER, 2004).

2.5.1 Ruído em máquinas agrícolas

Os operadores de máquinas que são expostos a níveis de ruídos elevados podem ter perda auditiva, a qual, inicialmente, é apenas temporária, podendo posteriormente ocorrer a PAIR (Perda Auditiva Induzida pelo Ruído) (KROEMER e GRANDJEAN, 2005).

Santos Filho (2002) ao avaliar os níveis de ruído causados por um trator sem cabine, em diferentes velocidades de trabalho, concluiu que os valores indicaram uma condição de trabalho extremamente desconfortável para o tratorista, proporcionando grande risco de perda da audição. O trator, mesmo encontrando-se parado com o motor ligado, pode apresentar altos níveis de ruído. Kahil e Gamero (1997) avaliaram os níveis de ruído emitidos por cinco tratores na condição estática e concluíram que os mesmos emitiram níveis de ruído acima do permitido pela legislação, que seria no máximo 85 dB para uma exposição diária de oito horas.

Pimenta Junior *et al.* (2012) estudando o comportamento do nível de ruído emitido por um trator agrícola de 55,1 kW em função do raio de afastamento e em diferentes ambientes de trabalho (aberto e fechado) e rotações do motor (1000, 1500, 2000 e 2500 rpm), concluíram que, independente do ambiente, 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, e que os maiores níveis de ruídos ocorrem com o trator a acelerações maiores e em ambientes fechados, principalmente quando utilizados em operações estacionárias.

Para Mialhe (1996) a definitiva solução para o problema do nível de ruído emitido por tratores, não consiste somente no isolamento acústico, mas de uma mudança na postura por parte dos fabricantes, passando a investir em pesquisar as fontes geradoras de ruído visando a minimizá-las.

Cunha *et al.* (2012) estudando níveis de ruídos em dois tratores agrícolas defasados temporalmente identificaram que, ambos os tratores apresentaram níveis de ruído

acima do limite de 85 dB (A). Sendo que, o nível de ruído a que o operador está exposto tem relação direta com o aumento da possibilidade de acidentes, pois o ruído excessivo pode causar irritação e perda da concentração. Grande parte dos acidentes envolvendo tratores poderia ser evitada se as máquinas envolvidas fossem dotadas de dispositivos de segurança, se os equipamentos de proteção fossem utilizados e se as regras de segurança fossem observadas durante a jornada de trabalho na realização das atividades.

Souza (2004) verificou que os níveis de ruído de uma recolhadora de feijão também não atendiam à Norma Regulamentadora nº 15, (BRASIL, 1978) que, para uma jornada de oito horas de trabalho, permite no máximo 85 dB (A).

2.5.2 Normas para avaliação de ruído

Atualmente, existem várias normativas que estabelecem os padrões aceitáveis para níveis de pressão sonora. Uma das principais normas internacionais é a ISO 5131 (International Standard Organization - ISO 1982). No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) possui algumas normativas sobre níveis de ruído em máquinas agrícolas, sendo as principais a NBR-9999 (ABNT, 1987a) e a NBR 1052 (ABNT, 1987b).

Segundo ABNT – Norma NBR 1052, quando uma pessoa é submetida a níveis altos de ruído, existe a reação de todo o organismo a esse estímulo podendo ter reflexos em aspectos fisiológicas, bioquímicas e cardiovasculares, podem também ser refletidos no comportamento psicológico do indivíduo.

A Norma Regulamentadora (NR 15), sobre atividades e operações insalubres, instituída pela Portaria 3.214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), estabelece que o nível máximo de ruído permitido para oito horas de exposição diária é de 85 dB(A). Acima desse limite, o ruído, além de perturbar as atividades humanas, pode causar sérios danos à saúde. (SILVA *et al.*, 2004).

O Quadro 2 mostra a máxima exposição diária permissível, segundo a Norma Regulamentadora (NR 15) do Ministério do Trabalho e Emprego, na qual o nível de ruído para uma exposição diária de 8h é de 85 dB (A). Atividades ou operações que exponham o trabalhador a níveis de ruídos acima de 115 dB (A), sem proteção adequada, oferecerão risco grave e eminente à saúde, como por exemplo, a perda da audição ao longo do tempo.

Quadro 2 - Máxima exposição diária em relação ao nível de ruído sem proteção auricular

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

Fonte: Norma regulamentadora (NR 15) – Atividades insalubres, 2014.

Além do ruído, os tratores agrícolas em circulação no país, na sua maioria, apresentam problemas de conforto e segurança para os operadores. Os tratores, em geral, produzem vibrações de baixa frequência, que são transmitidas para o posto do operador (SERVADIO *et al.*, 2007).

2.5.3 Medidores de ruído

Saliba (2004) explica de forma simplificada, que um medidor de pressão sonora é constituído das seguintes partes: microfone; amplificador; filtros de compensação A, B, C e D (sendo, hoje em dia, mais comum encontrar os de escala de compensação “A” e “C”); amplificador/ medidor; e medidor. O microfone é o responsável por transformar a vibração sonora (sinal mecânico) em um sinal elétrico. Ainda segundo Saliba (2004), as curvas de compensação “A”, “B”, “C” e “D” correspondem respectivamente a: audibilidade para baixos níveis de pressão sonora (similar ao ouvido humano), médios níveis de pressão sonora, altos níveis de pressão sonora (similar ao ruído de impacto) e curva especializada para medições de aeroportos.

Os medidores de nível de pressão sonora (NPS) são chamados de sonômetros, ou popularmente, de decibelímetros, podendo, de acordo com a sua precisão serem do tipo 1, 2 ou 3 e podendo possuir circuitos de compensação “A”, “B”, “C” e “D”, ou “A” e “C”, ou somente “A” (Saliba, 2004).

Além destas características há também os circuitos de respostas destes

instrumentos, que podem ser de três tipos: Fast (rápido), Slow (lento) e Impulso (FERNANDES, 2008).

Segundo Saliba (2004), a Norma Regulamentadora 15 (NR-15) e outras normas brasileiras pertinentes não estabelecem a precisão do medidor, ao contrário da American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), que recomenda que os medidores atendam, no mínimo aos requisitos da norma S1-4-1983 da American National Standards Institute (ANSI) para equipamentos do tipo 2. É importante ressaltar que os dosímetros devem ser configurados de acordo com as normas vigentes de máquinas autopropelidas que trabalham fora da estrada, como o trator agrícola (PALMER *et al.*, 2008; TÜCHSEN *et al.*, 2010).

2.5.4 *Efeitos do Ruído na saúde humana*

Algumas situações sujeitam o trabalhador a riscos que podem evoluir para doenças ocupacionais, em muitas delas essa exposição não é percebida pelo trabalhador aumentando o grau de severidade de sua doença relacionada a atividade realizada, ocasionando perda de eficiência no rendimento laboral, situações em que ocorrem os aumentos sintomáticos de absenteísmo e, até mesmo, afastamentos temporários, chegando ao extremo de afastamentos por invalidez em pessoas jovens e com muito tempo produtivo (GANIME *et al.*, 2010).

Amorim (2014) relata que as doenças otorrinolaringológicas adquiridas em ambiente de trabalho são por agentes ou mecanismos irritativos, alérgicos ou tóxicos, sendo que no ouvido interno as lesões são ocasionadas devido a exposição do mesmo a substâncias neurotóxicas ou agentes físicos como ruído, vibração, radiação ionizantes e pressão atmosférica. O autor ainda afirma que um dos principais problemas de saúde ambiental e ocupacional na atualidade é a exposição prolongada do trabalhador ao ruído, tornando a perda auditiva induzida pelo ruído um dos problemas de saúde relacionado ao trabalho mais frequente no mundo, isso ocorre devido a frequência e as múltiplas consequências ao organismo.

Segundo Fernandes (2013) o ser humano é afetado por fenômenos acústicos escutados pelo ouvido, todavia existem processos que não são escutados pelos ouvidos, mas que não deixam de ser nocivos, por conta disso a exposição prolongada ao ruído seja audível ou não pode ocasionar nos trabalhadores surdez e outras perturbações como incomodidade, alterações do sono e hipertensão.

Wang *et al.* (2017) afirmam que há uma relação positiva entre a exposição ocupacional ao ruído e a hipertensão em trabalhadores adultos de meia idade, os trabalhadores que foram expostos ao ruído industrial por mais tempo (mais de 20 anos) tiveram um risco maior de 9% de hipertensão do que os demais trabalhadores.

Jaafar *et al.* (2017) avaliando a perda auditiva induzida por ruído em trabalhadores com aparadores de grama, afirmam que há um alto risco de ser contraído a perda auditiva induzida desses funcionários, havendo a necessidade de conscientização e uso de equipamento de proteção individuais para amenizar o ruído, sendo que a exposição as faixas de 3, 4 e 6 khz respectivamente são as que mais proporcionam a perda auditiva.

Já os ruídos ocupacionais provenientes em tratores não deixam de serem maléficis aos operadores e funcionários próximos, mesmo em situações de tratores cabinados como aponta Bilski (2013) o autor avaliando o ruído audível e infaônico em tratores agrícolas modernos, verificou que os níveis sonoros audíveis experimentados pelo operador podem causar um pequeno risco para a perda auditiva induzida por ruído durante tarefas realizadas dentro da cabine fechada, além disso, trabalhar próximo a tratores pode ocorrer a perda auditiva induzida por ruído, especialmente em pessoa com problemas de hipersensibilidade ao ruído.

Aybek, Kamer e Arslan (2010) avaliando a exposição de operadores de máquinas agrícolas ao ruído, verificaram que algumas atividades realizadas, como o revolvimento do solo, aumentava o ruído e diminuía o tempo seguido em que o operador podia realizar aquela atividade em comparação com outras, os autores recomendam a aquisição de tratores cabinados a fim de se amenizar o ruído ao qual o operador é submetido, pausas curtas para evitar a exposição contínua ao ruído, principalmente tratores sem cabine e o uso de EPI para amenizar o ruído.

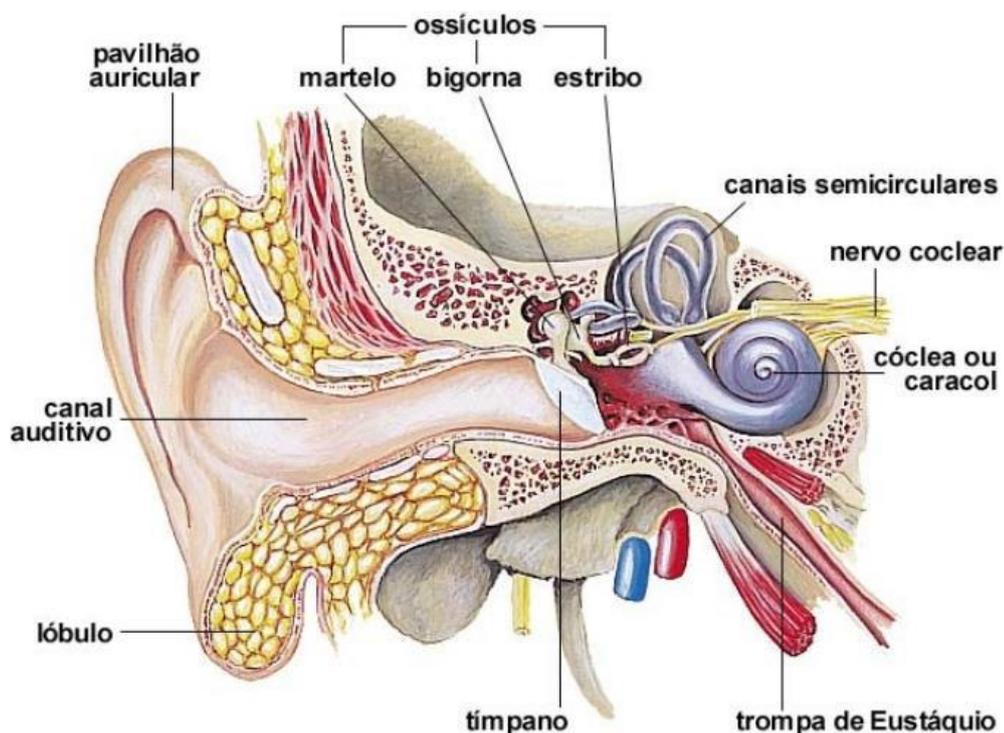
A presença de ruído ao longo da jornada de trabalho pode lesionar o sistema auditivo dos trabalhadores (Figura 3) e causar perda na audição quando os níveis são excessivos (TELES, 2009). Além dos problemas relacionados à audição, os níveis elevados de pressão sonora podem trazer distúrbios como irritabilidade, cansaço e transtornos do sono (SILVA, 2002).

Segundo o Anuário Estatístico da Previdência Social – AEPS de 2007, do Ministério da Previdência Social, o ouvido foi à terceira parte do corpo com o maior número de incidência de doença do trabalho, com 11,5% dos casos reportados, sendo que estes casos englobam doenças que afetaram o ouvido externo, médio e interno, a audição e o equilíbrio. O total de doença do trabalho envolvendo o sistema auditivo no período foi de 3.259 casos e o

total de doenças do trabalho registrados no período foram de 20.786, ou seja, 15,68% dos casos de doenças do trabalho registrados em 2007 tiveram origem no sistema auditivo.

Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde – OPAS de 2001 a exposição ao ruído, pela frequência e por suas múltiplas consequências sobre o organismo humano, constitui um dos principais problemas de saúde ocupacional e ambiental na atualidade. A Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) é um dos problemas de saúde relacionados ao trabalho mais frequentes em todo mundo. A OSHA (Occupational Safety and Health Administration) estima que 17% dos trabalhadores de produção no setor industrial dos Estados Unidos apresentam, no mínimo, algum dano auditivo leve. Na Itália, há cerca de 10 anos, a PAIR é a doença ocupacional mais registrada, representando 53,7% das doenças relacionadas ao trabalho.

Figura 3 - Sistema Auditivo



Fonte: Sociedade Brasileira de Oftamologia.

Segundo Verdussen (1978), a ação do ruído faz-se sentir de forma acentuada sobre o sistema neuro-vegetativo que altera seu equilíbrio e proporciona consequências tais como: o aparecimento de problemas digestivos, as úlceras gastrointestinais, a aerofagia e a irritabilidade ou apatia.

Segundo a OPAS (2001) os trabalhadores expostos a altos níveis de pressão

sonora apresentam descompensações metabólicas. Dentre as descompensações metabólicas destacam-se: alterações renais, entre elas a síndrome de Alportg, cujos portadores apresentam perda auditiva significativa a partir da segunda década de vida; diabetes mellitus e outras, como a síndrome de Alströmg; insuficiência adrenocortical; dislipidemias, hiperlipoproteinemias; doenças que impliquem distúrbios no metabolismo do cálcio e do fósforo; distúrbios no metabolismo das proteínas. Por exemplo, os distúrbios de melanina; hipercoagulação; mucopolissacaridose; disfunções tireoideanas (hiper e hipotireoidismo).

Ainda segundo a OPAS (2001) o diagnóstico de perdas auditivas neurossensoriais induzidas por exposição a ruído e sua diferenciação de outros quadros tendem a ser mais fáceis em situações em que o médico tem acesso ao histórico das exposições do paciente a ruído e outros agentes ototóxicos ao longo de sua vida laboral. As perdas auditivas neurossensoriais podem ser classificadas, segundo a etiologia, em: traumáticas (trauma acústico, traumatismo do crânio ou da coluna cervical, barotrauma); infecciosas (sequelas de otite, viroses, lues, meningite, escarlatina, toxoplasmose); ototóxicas (por uso de antibióticos aminoglicosídeos, diuréticos, salicilatos, citostáticos, tuberculostáticos); causadas por produtos químicos (solventes, vapores metálicos, gases asfixiantes); metabólicas e hormonais (diabetes mellitus, auto-ímmunes, renais, tireoideanas); degenerativas (presbiacusia, otospongiose, osteoartroses cervicais); neurossensoriais flutuantes (doença de Menièreg, fístulas labirínticas, doença de Lermoyezg, síndrome de Cogang); tumorais (tumores glômicos, neurinomas); relacionadas ao sistema nervoso central (esclerose múltipla, degenerações mesencefálicas, alterações bulbopontinas); hereditárias, congênitas e neonatais (algumas vezes de manifestação tardia); vasculares e hematológicas.

Segundo a OPAS (2001) a eliminação ou redução da exposição ao ruído é importante para a prevenção da PAIR e de inúmeras outras repercussões sobre o organismo humano. Idealmente o controle do ruído deve se feito ainda na fase de projeto das instalações das unidades produtivas. Para isso, deve ser desenvolvido um programa de conservação auditiva, que no mínimo inclua: avaliação dos níveis de exposição a ruído; adoção das medidas de proteção auditivas coletivas e individuais; monitoramento ambiental, médico e audiométrico; educação, motivação e supervisão; registro e guarda de documentos, consolidação, análise e divulgação dos achados, assim como providências administrativas e legais cabíveis; acompanhamento das ações.

Também podem ser tomadas medidas de controle da exposição sobre a fonte emissora ou na trajetória de propagação, por meio de: enclausuramento de processos e isolamento de setores de trabalho, se possível utilizando sistemas hermeticamente fechados;

normas de higiene e segurança rigorosas, incluindo colocação de barreiras e anteparos; monitoramento ambiental sistemático; adoção de formas de organização do trabalho que permitam diminuir o número de trabalhadores expostos e o tempo de exposição; fornecimento, pelo empregador, de equipamentos de proteção individual adequados, de modo complementar às medidas de proteção coletiva.

A OPAS (2001) recomenda a observação, a adequação e o cumprimento, pelo empregador, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA (NR 9) e do Programa de Controle Médico e de Saúde Ocupacional – PCMSO (NR 7), ambos da Portaria/MTb n.º 3.214/1978, além de outros regulamentos – sanitários e ambientais – existentes nos estados e municípios. Os Anexos n.º 1 e 2 da NR 15 definem os limites de tolerância (LT) para exposições ao ruído contínuo e de impacto, respectivamente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Nos tópicos abaixo são identificados e explanados todos os materiais e os métodos utilizados no estudo realizado.

3.1 Local do Experimento

O experimento foi desenvolvido na área (Figura 4) pertencente ao laboratório de investigação de acidentes com máquinas agrícolas LIMA, no Departamento de Engenharia Agrícola (DENA), da Universidade Federal do Ceará - UFC, localizado no Campus do Pici, Fortaleza-Ceará.

Figura 4 - Área experimental



Fonte: Próprio autor.

O solo da área foi classificado como um Argissolo Vermelho-amarelo. Foram realizadas as operações de aração e gradagem antes da realização do experimento.

Para determinar a umidade do solo, pelo método gravimétrico, foram coletadas

cinco amostras de solo (0 – 20 cm), conforme a metodologia recomendada pela EMBRAPA (1997), obtendo um valor de umidade de 7,6%.

3.2 Quadriciclo agrícola

Para a realização do experimento foi utilizado um quadriciclo agrícola 4x2 (Figura 5), da marca GERAGRI, modelo GE-02, composto por chassi de formato horizontal, diferencial, câmbio com 5 (cinco) marchas sincronizadas sendo 4 à frente e 1 de ré, movido a diesel, com partida elétrica e manual, direção de rosca sem fim, potência de 9 cv com 1 cilindro, dimensões aproximadas de 1650 mm de comprimento por 800 mm de largura, sistema de refrigeração do motor a ar, banco com estrutura de mola e estofado (GERALDO, 2009).

Figura 5 - Quadriciclo agrícola GE-02



Fonte: Próprio autor.

O quadriciclo agrícola possuía pneus dianteiros RG17 (8.3/8 – 8) e traseiros RG17 (8.3/6 – 12) foram utilizadas as seguintes pressões internas de ar nos pneus 20 lb/pol² nos pneus dianteiros e 30 lb/pol² nos pneus traseiros.

Para a realização do experimento foram utilizadas as marchas primeira e segunda,

as rotações do motor 1729 e 2075 rpm, as mesmas foram medidas com auxílio de um tacômetro digital da marca Minipa, modelo Mdt-2238b.

O peso do trator foi determinado com uma balança pertencente ao NUTEC (Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará), conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Pesagem dos eixos do quadriciclo agrícola



Fonte: Próprio autor.

A Tabela 1 apresenta os valores obtidos referente ao peso, em kg, do quadriciclo agrícola no NUTEC, a distribuição de peso em cada eixo em porcentagem e a relação peso/potência em kg. kW^{-1} .

Tabela 1 - Valores encontrados com a pesagem do quadriciclo agrícola

Posição do Pneu	Peso obtido
DIANTEIRO	230 kg
TRASEIRO	230 kg
Distribuição de peso	(%)
DIANTEIRO	50
TRASEIRO	50
Relação peso/potência (kg. kW^{-1})	69,5

Fonte: Próprio autor

3.2.1 Assento do quadriciclo agrícola

O assento (Figura 7) utilizado no ensaio é o modelo padrão original de fábrica do quadriciclo agrícola GE-02, o assento é fixo ao chassi, sem nenhum ajuste de movimentação e não possui sistema de ajuste de peso e altura do operador. O estofamento do assento é o único

sistema de amortecimento contido no mesmo. O assento não possui encosto para cabeça e descanso para os braços.

Figura 7 - Assento do quadriciclo agrícola GE-02



Fonte: Próprio autor.

3.3 Procedimentos para medição da vibração

Para a realização do experimento de vibração, foram seguidas as diretrizes determinadas pela NHO – 09 (FUNDACENTRO, 2013), NHO – 10 (FUNDACENTRO, 2013), e o anexo A da norma NBR ISO 5008:2015 (ABNT, 2015). Os ensaios foram realizados de forma que os acelerômetros foram fixados ao quadriciclo, sem promover nenhuma mudança na condução do mesmo.

3.4 Equipamentos utilizados para medição da vibração

Para a realização das medições da exposição ocupacional do operador a vibrações de corpo inteiro e mãos e braços, foi utilizado um analisador de vibração HD 2030 da Delta OHM (Figura 8).

Figura 8 - Analisador de vibração HD 2030



Fonte: Próprio autor.

As características e especificações do medidor de vibração HD2030 constam no Quadro 3.

Quadro 3 - Características do medidor de vibração HD 2030

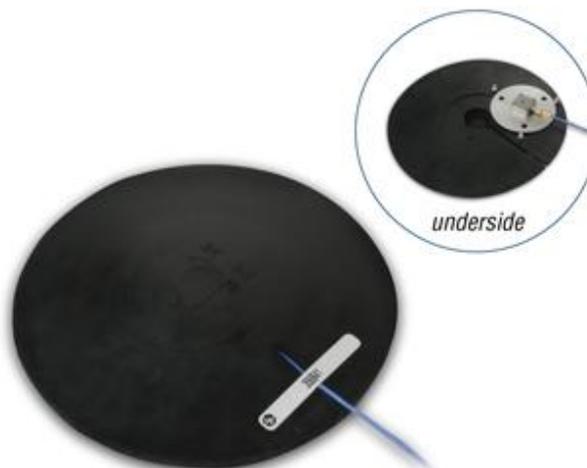
- Display gráfico de 128 x 64 pixel com luz de fundo
- Faixa de medição: 0,1 m/s ² a 7000 m/s ²
- Normas: ISO 8041:2005 / ISO 5349-1:2001/ ISO 2631-1, 2, 4:1997 / IEC 61260:1995 classe 1
- Modos de medição: Vibrações transmitidas à mão / Vibrações de corpo inteiro / Vibrações em edificações
- Parâmetros de medição: RMS, VDV, MTVV, PICO, MAX. e MIN.
- Ponderação de frequência: Fz, Fc, Wh para vibrações transmitidas a mão / Fz, Fa, Wb, Wc, Wd, We, Wj, Wk para vibrações de corpo inteiro / Fz, Fm, Wm para vibrações em edificações
- Faixa de linearidade: três faixas de 80dB sobrepostos por 70Db
- Espectro de faixa de oitava ou um terço de oitava para cada eixo de medição.
- Memória: Memória tipo FLASH interna 8MB e conector para cartão de memória tipo SD até 2GB.
- Interface: Serial RS-232 e USB
- Entrada/saída: Saída LINE para quatro canais de medição
- Alimentação: Quatro pilhas alcalinas tipo "AA" 1,5V
- Temperatura ambiente: -10 a 50°C
- Umidade ambiente: <90% U.R.
- Temperatura de armazenamento: -25 a 70°C
- Dimensões: 240 x 95 x 50 mm
- Peso: aprox. 680g

Fonte: Delta OHM (2017).

3.4.1 Equipamentos utilizados para medição da vibração de corpo inteiro

A avaliação de vibração de corpo inteiro foi realizada mediante uso de um acelerômetro triaxial (Figura 9) para assento modelo 356B41.

Figura 9 - Acelerômetro triaxial modelo 356B41



Fonte: PCB Piezotronics Inc. (2017).

Maiores características do acelerômetro 356B41 para medição da vibração de corpo inteiro, são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Características do acelerômetro 356B41 para medição da vibração de corpo inteiro

- Tipo: Acelerômetro tri-axial miniatura com eletrônico integrado (ICP™) inserido em um apoio emborrachado.
Pode ser usado, se instalado pelo apoio correto, para medições em assentos e assentos traseiros realizando testes nas vibrações emitidas.
- Sensibilidade: 100 mV/g
- Faixa de medição: ± 100 m/s ²
- Frequência de resposta ($\pm 5\%$): 0,5 Hz a 1 kHz
- Frequência ressonante: 27 kHz
- Linearidade: 1% F.S.
- Sensitividade transversa: 5% max.
- Impacto máximo: 2000gpk
- Temperatura de operação: -10 a 50°C
- Tensão de polarização: 3,5 Vdc

Fonte: Delta OHM (2017).

3.4.1.1 Fixação do acelerômetro 356B41

O acelerômetro 356B41 foi fixado a um “seatpad” (Placa de borracha semirrígida), sendo colocado na base do assento e fixo ao mesmo por meio de uma fita adesiva, de modo que não houvesse movimentação do acelerômetro ao longo do experimento.

3.4.2 Equipamentos utilizados para medição da vibração de mãos e braços

A vibração de mãos e braços foi avaliada utilizando um acelerômetro triaxial modelo 356A02 fixado ao volante do quadriciclo agrícola por meio de uma peça fixadora do equipamento e duas braçadeiras para fixação da peça ao volante, o acelerômetro foi conectado ao medidor de vibração de corpo humano HD 2030 para obtenção dos dados (Figura 10).

Figura 10 - Acelerômetro triaxial modelo 356A02



Fonte: Próprio autor.

Maiores especificações do acelerômetro 356A02 para medição da vibração de mão e braços, são apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5 - Características do acelerômetro 356A02 para medição da vibração de mão e braços

- Sensibilidade: 100 mV/g
- Faixa de medição: ± 100 m/s ²
- Frequência de resposta ($\pm 5\%$): 0,5 Hz a 1 kHz
- Frequência ressonante: 50 kHz
- Linearidade: 1% F.S.
- Sensitividade transversa: $\leq 5\%$.
- Impacto máximo: 7000gpk
- Temperatura de operação: -10 a 50°C
- Tensão de polarização: 20 a 30 Vdc

Fonte: Delta OHM (2017).

3.4.2.1 Fixação do acelerômetro 356A02

O acelerômetro 356A02 foi conectado a um fixador, sendo fixado ao volante do quadriciclo por meio de abraçadeiras de modo que não houvesse movimentação do acelerômetro ao longo do experimento, e por fim conectado ao medidor de vibração de corpo

humano HD 2030 (Figura 11).

Figura 11 - Fixação do acelerômetro 356A02 ao quadriciclo agrícola



Fonte: Próprio autor.

3.5 Parâmetros de vibrações ocupacionais que foram avaliados

Na realização do estudo foram avaliadas as vibrações incidentes no corpo inteiro do operador e de mãos e braços.

3.5.1 Vibração de corpo inteiro

Foram avaliados os seguintes parâmetros:

- **Aceleração média nos eixos ortogonais X, Y e Z:** Valor Eficaz do movimento vibratório e que indica o potencial destrutivo da vibração na direção do eixo x, y e z em $m.s^{-2}$ (FUNDACENTRO, 2013a).

- **Pico máximo nos eixos ortogonais X, Y e Z:** Indica o valor mais alto da aceleração durante a medição na direção do eixo x, y ou z (FUNDACENTRO, 2013a).
- **Aceleração resultante de exposição normalizada (aren):** corresponde à aceleração resultante de exposição (are) convertida para uma jornada diária padrão de 8 horas (FUNDACENTRO, 2013a).
- **Valor de dose de vibração resultante (VDVR):** corresponde ao valor da dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária, considerando a resultante dos três eixos de medição (FUNDACENTRO, 2013a).

Para a realização dos cálculos de aren e VDVR foi considerado que o operador trabalhou em uma jornada de 8 horas diárias no quadriciclo agrícola realizando uma única operação.

O Quadro 6 apresenta o critério de julgamento para determinar a condição de trabalho em função de VDVR e aren.

Quadro 6 - Critério de julgamento e tomada de decisão

<i>aren</i> (m/s^2)	<i>VDVR</i> ($m/s^{1,75}$)	<i>Consideração técnica</i>	<i>Atuação recomendada</i>
0 a 0,5	0 a 9,1	Aceitável	No mínimo manutenção da condição existente
> 0,5 a < 0,9	> 9,1 a < 16,4	Acima do nível de ação	No mínimo adoção de medidas preventivas
0,9 a 1,1	16,4 a 21	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando à redução da exposição diária
Acima de 1,1	Acima de 21	Acima do limite de exposição	Adoção imediata de medidas corretivas

Fonte: (FUNDACENTRO, 2013).

3.5.2 Vibração de mãos e braços

Foram avaliados os seguintes parâmetros:

- Aceleração média nos eixos ortogonais X, Y e Z;
- Aceleração resultante de exposição normalizada (aren) e
- Pico máximo nos eixos ortogonais X, Y e Z.

Para fins de determinação da condição de trabalho, independentemente da duração da jornada de trabalho, deve-se determinar a aceleração resultante de exposição normalizada (aren).

Para a realização dos cálculos de aren foi considerado que o operador trabalhou em uma jornada de 8h diárias no quadriciclo agrícola realizando uma única operação.

O Quadro 7 apresenta o critério de julgamento para determinar a condição de trabalho em função de aren.

Quadro 7 - Critério de julgamento e tomada de decisão

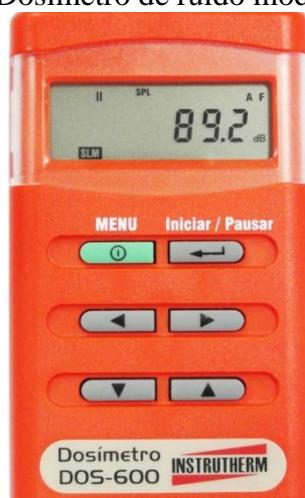
<i>aren (m/s²)</i>	<i>Consideração técnica</i>	<i>Atuação recomendada</i>
0 a 2,5	Aceitável	No mínimo, manutenção da condição existente
> 2,5 a < 3,5	Acima do nível de ação	No mínimo, adoção de medidas preventivas
3,5 a 5,0	Região de incerteza	Adoção preventivas e corretivas visando a redução
Acima de 5,0	Acima do limite de exposição	Adoção imediata de medidas corretivas

Fonte: (FUNDACENTRO, 2013).

3.6 Ruído

Para a avaliação do nível de ruído foi utilizado um dosímetro pessoal de ruído (FIGURA 12) marca Instrutherm, modelo DOS-600 para as leituras com o quadriciclo agrícola operando sem implemento acoplado.

Figura 12 – Dosímetro de ruído modelo DOS-600



Fonte: INSTRUTHERM (2017).

Mais características do dosímetro de ruído, modelo DOS 600, são apresentados abaixo, no Quadro 8.

Quadro 8 - Características do dosímetro de ruído modelo DOS-600

Memória interna de 120000 dados.
Armazena 50 eventos, separadamente.
16 timer com intervalo de amostragem configuráveis.
Comunicação com PC via interface USB.
Emissão de relatório, histograma e gráfico.
Medição de média temporal (TWA) e nível sonoro (Leq)
Normas: OSHA-80; MSHA-80, MSHA-90; DOC ACGIH; ISO-85; ISO-90.
Função decibelímetro e dosímetro com escala de 60 a 140dB com indicador de LS e LF.
Ponderação em frequência A, C e Z.
Cálculo automático de dose projetada.
Indicação de sub escala e sobre escala.
Display de LCD de 4 dígitos.
Conexão USB com o computador.
Peso: 350g (Incluindo pilhas).

Fonte: INSTRUTHERM (2017).

A escala utilizada para a realização do estudo foi o decibel (dBA). As determinações foram baseadas na NBR 9999 (ABNT, 1987), norma específica para a medida de ruído em tratores e seus efeitos sobre o tratorista. Com estes dados, foi possível verificar se o controle do nível de ruído foi efetivo e por meio do resultado foi tomada decisão para aplicação ou não das ações de redução de ruído a fim de evitar traumas acústicos e perda de audição do operador.

A análise do nível de ruído foi realizada junto ao ouvido do operador, do lado esquerdo e direito, o microfone do dosímetro foi posicionado na lapela do operador com auxílio do clipe contido no aparelho para que fossem obtidos os valores mais próximos que chegam ao ouvido do operador desenvolvendo a sua atividade laboral, enquanto, o dosímetro foi posicionado no bolso do operador. Para auxiliar na uniformização das condições de leitura e evitar a influência de possíveis rajadas de vento, no circuito de resposta lenta (slow) e de equalização “A” foi utilizado um protetor de ventos, fixo ao microfone do medidor de pressão sonora.

Figura 13 - Detalhe do posicionamento do Dosímetro no bolso do operador



Fonte: Próprio autor.

3.7 Delineamento experimental e tratamentos

Para a análise dos dados utilizou-se o esquema fatorial de três fatores no delineamento inteiramente casualizado (DIC) para a análise dos dados, sendo duas rotações do motor (1729 e 2075 rpm), duas marchas de trabalho (primeira e segunda) e dois tipos de cobertura (com e sem capota), com cinco repetições, totalizando oito tratamentos (TABELA 2). Os valores de cada unidade experimental foram obtidos através de leituras de 180 s de acordo com o estabelecido pela EN 1032 (2003), totalizando 18 amostras por cada repetição, sendo realizadas cinco repetições para cada tratamento.

Tabela 2 - Tratamentos utilizados no experimento

Tratamentos utilizados	
T1	R1/M1/CC
T2	R1/M2/CC
T3	R2/M1/CC
T4	R2/M2/CC
T5	R1/M1/SC
T6	R1/M2/SC
T7	R2/M1/SC
T8	R2/M2/SC

Legenda: R1 – 1729 rpm, R2 -2075 rpm, M1 – primeira, M2 - segunda, CC – Com capota, SC – Sem capota.

Fonte: Próprio autor.

3.8 Análise estatística dos dados

Os dados de vibração obtidos no experimento foram processados pelo software Noise Studio® 6.95. Os dados de ruído obtidos foram processados pelo software do equipamento DOS-600.

Posteriormente foi utilizado o software Excel® para tabulação dos dados e cálculo dos valores de a_{ren} e VDVR. Para avaliação dos dados foi utilizado o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2002).

Para verificar se os dados possuíam uma distribuição normal foi utilizado o Teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Comprovada a normalidade, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta o resultado do teste de normalidade de Shapiro-Wilk para as variáveis avaliadas.

Tabela 3 - Resultado do teste de normalidade de Shapiro-Wilk para as variáveis avaliadas
VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO (VCI)

Variável	Valor	p-valor	Normal
Aceleração média no eixo X (m.s ⁻²)	0,29975	0,96753	Sim
Aceleração média no eixo Y (m.s ⁻²)	0,22431	0,96374	Sim
Aceleração média no eixo Z (m.s ⁻²)	0,05847	0,94671	Sim
Pico máx. X (m.s ⁻²)	0,67891	0,97971	Sim
Pico máx. Y (m.s ⁻²)	0,06021	0,94708	Sim
Pico máx. Z (m.s ⁻²)	0,02548	0,93604	Sim
VDVR (m.s ^{-1,75})	0,02479	0,93568	Sim
aren (m.s ⁻²)	0,67007	0,98616	Sim
VIBRAÇÃO DE MÃOS E BRAÇOS (VMB)			
Variável	Valor	p-valor	Normal
Aceleração média no eixo X (m.s ⁻²)	0,60198	0,90054	Sim
Aceleração média no eixo Y (m.s ⁻²)	0,60469	0,93163	Sim
Aceleração média no eixo Z (m.s ⁻²)	0,15347	0,95889	Sim
Pico máx. X (m.s ⁻²)	0,6451	0,80544	Sim
Pico máx. Y (m.s ⁻²)	0,5352	0,90895	Sim
Pico máx. Z (m.s ⁻²)	0,17979	0,96090	Sim
aren (m.s ⁻²)	0,6487	0,88806	Sim
RUÍDO			
Variável	Valor	p-valor	Normal
Dose	0,23679	0,96444	Sim

Fonte: Próprio autor.

É possível observar que para todas as variáveis avaliadas foi obtida distribuição normal sendo possível, realizar análise de variância das variáveis avaliadas.

4.1 Vibração de corpo inteiro

Abaixo são apresentados os dados de aceleração média (RMS), Pico máximo para os eixos X, Y e Z e valores de dose de vibração resultante (VDVR) e aceleração resultante a exposição normalizada (aren) para a análise de corpo inteiro.

4.1.1 Aceleração média (RMS) nos eixos X, Y e Z

A Tabela 4 apresenta os valores médios de aceleração média nos eixos X, Y e Z.

Tabela 4 - Valores médios de aceleração média (RMS) nos eixos X, Y e Z

Fontes de Variação		Aceleração média no eixo X (m.s ⁻²)	Aceleração média no eixo Y (m.s ⁻²)	Aceleração média no eixo Z (m.s ⁻²)
Valor de F	Rotação	8,3935 **	15,8992 **	7,8553 **
	Marcha	36,7853 **	53,0715 **	71,6345 **
	Capota	42,9422 **	59,1595 **	2,7832 ns
CV (%)		11,80	8,92	12,99
Rotação (rpm)	1729	0,41156 b	0,80789 b	1,19019 b
	2075	0,45859 a	0,90411 a	1,33559 a
Marchas de trabalho	Primeira	0,38585 b	0,76810 b	1,04336 b
	Segunda	0,48430 a	0,94390 a	1,48242 a
Capota	Sem capota	0,38189 b	0,76319 b	1,21962 a
	Com capota	0,48826 a	0,94881 a	1,30616 a

Legenda: * (p<0,05); ^{NS} (não significativo). Médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).
Fonte: Próprio autor.

Todos os fatores apresentaram diferença significativa para os três eixos, com exceção apenas do eixo Z, para o fator capota, onde não houve diferença significativa.

Observa-se que com o aumento da marcha, ocorreu o aumento das acelerações médias para os três eixos X, Y e Z, sendo os maiores valores encontrados no eixo Z, obtendo resultados semelhantes ao encontrados por Cuong *et al.*, (2013).

As intensidades de vibração mais elevadas foram encontradas no tratamento com maior marcha, ou seja, a medida que ocorre o aumento da marcha, os níveis de vibrações aumentam, principalmente, em função da resposta do motor, transmissão e de outros componentes da máquina ao aumento da marcha, além das irregularidades na superfície de rolamento que também influenciam no aumento das vibrações.

4.1.2 Pico máximo para os eixos X, Y e Z

A Tabela 5 apresenta os valores médios de pico máximo para os eixos X, Y e Z encontrados.

Tabela 5 - Valores médios de pico máximo para os eixos X, Y e Z

Fontes de Variação		Pico máximo X (m.s ⁻²)	Pico máximo Y (m.s ⁻²)	Pico máximo Z (m.s ⁻²)
Valor de F	Rotação	12,1914 **	9,5202 **	3,7875 ns
	Velocidade	13,2563 **	61,2953 **	109,4474 **
	Capota	10,9496 **	39,5827 **	2,2190 ns
CV (%)		15,79	8,42	13,51
Rotação (rpm)	1729	1,50334 b	2,84510 b	5,14858 a
	2075	1,79054 a	3,08898 a	5,59521 a
Marchas de trabalho	Primeira	1,49720 b	2,65762 b	4,17145 b
	Segunda	1,79668 a	3,27646 a	6,57234 a
Capota	Sem capota	1,51085 b	2,71839 b	5,20096 a
	Com capota	1,78303 a	3,21569 a	5,54282 a

Legenda: * (p<0,05); ^{NS} (não significativo). Médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).
Fonte: Próprio autor.

Segundo Solecki (2007) a análise dos valores de pico de aceleração de vibração confirma que ocorre uma grande variação nos valores vibração ao longo da operação realizada em relação aos valores de aceleração média e que esses valores de pico elevados ocorrem principalmente devido a choques mecânicos induzidos ao assento do operador.

Valores de pico mais altos são obtidos quando se trabalha com o conjunto trator-equipamento, pois a junção do conjunto forma um sistema único que intensifica os esforços do mesmo, gerando aumento da magnitude das vibrações, isso explica os baixos valores obtidos, já que apenas o quadriciclo, sem equipamentos acoplados foi utilizado no experimento.

Lopes (2012) relata que choques mecânicos podem ser reduzidos em função do uso do cinto de segurança, mantendo o operador mais fixo ao assento e impedindo que o mesmo seja projetado para cima e para baixo, o que intensifica os picos no eixo Z.

Os valores de pico máximo de aceleração de vibração resultante não diferiram estatisticamente para o fator rotação e para o fator capota no eixo Z, esse fato provavelmente ocorreu devido à diferença de rotação não ter sido suficiente para aumentar ou diminuir os choques mecânicos ocorridos ao longo do deslocamento na área.

4.1.3 Valores de dose de vibração resultante (VDVR) e aceleração resultante a exposição normalizada (aren)

Os valores de (VDVR) e (aren) estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores de dose de vibração resultante (VDVR) e aceleração resultante a exposição normalizada (aren)

Fontes de Variação		VDVR corpo inteiro (m.s ⁻²)	aren corpo inteiro (m.s ⁻²)
Valor de F	Rotação	617,2445 **	1140,5784 **
	Velocidade	531,4573 **	2402,8196 **
	Capota	2446,1466 **	624,7193 **
CV (%)		2,13	1,85
Rotação (rpm)	1729	26,65000 b	1,66250 b
	2075	31,50500 a	2,02800 a
Marchas de trabalho	Primeira	26,82500 b	1,58000 b
	Segunda	31,33000 a	2,11050 a
Capota	Sem capota	24,24500 b	1,71000 b
	Com capota	33,91000 a	1,98050 a

Legenda: * (p<0,05); ** (p < .01); ^{NS} (não significativo). Médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Próprio autor.

Os valores de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) e VDVR para as vibrações de corpo inteiro também apresentaram diferenças significativas em todos os fatores avaliados, o que mostra que os valores de aren e VDVR crescem em função do aumento da marcha do quadriciclo e da rotação do motor e diminuem com a retirada da capota.

Conforme Balbinot (2001) ao obter valores de VDVR na faixa acima de $8,5 \text{ m.s}^{-1,75}$ existe a possibilidade de desconforto médio ao operador, sendo que todos os fatores atingiram essa faixa. Valores de VDVR em torno de $15 \text{ m.s}^{-1,75}$ causam grave desconforto, dores e até ferimentos no operador, no ensaios com o protótipo do quadriciclo todos os fatores ultrapassaram esse valor, comprovando que o uso do quadriciclo agrícola pode causar inúmeros problemas de saúde ao operador, caso as alterações pertinentes não sejam realizadas para atender as normas regulamentadoras.

A Tabela 7 apresenta os valores médios por tratamento de aren e VDVR.

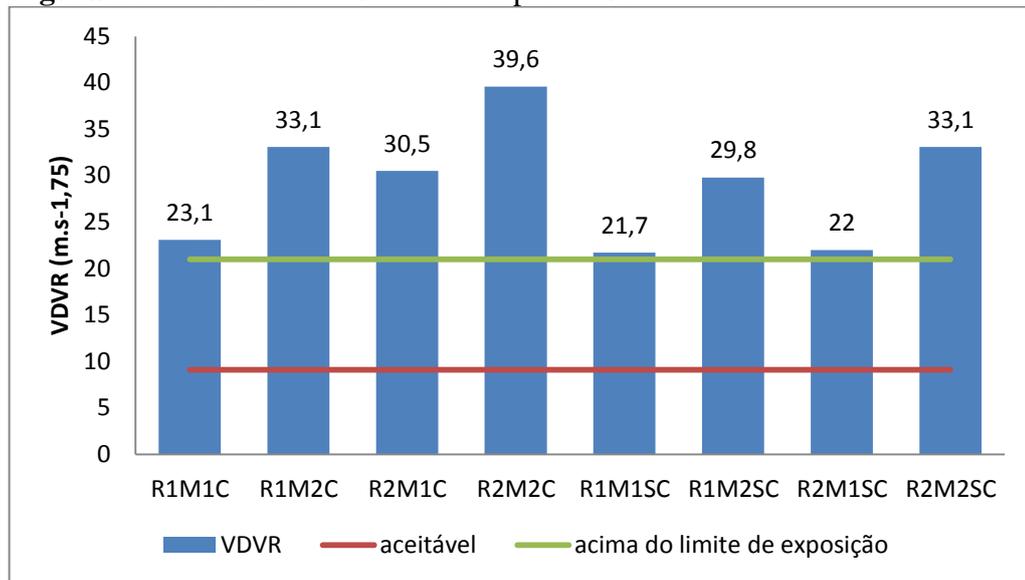
Tabela 7 - Valores médios de aren e VDVR

Fontes de Variação		aren (m.s^{-2})	VDVR ($\text{m.s}^{-1,75}$)
Valor de F	TRATAMENTOS	20	545,98**
CV (%)		9,69**	2,13
	R1/M1/CC	1,34 f	22,70 d
	R1/M2/CC	1,76 de	33,10 b
	R2/M1/CC	1,78 cd	30,58 c
	R2/M2/CC	2,11 a	39,64 a
	R1/M1/SC	1,22 g	21,70 d
	R1/M2/SC	1,68 e	29,80 c
	R2/M1/SC	1,86 bc	22,00 d
	R2/M2/SC	1,89 b	33,10 b

Legenda: * ($p < 0,05$); ^{NS} (não significativo). Médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). VDVR: Valor da dose de vibração resultante; aren: aceleração resultante de exposição normalizada.

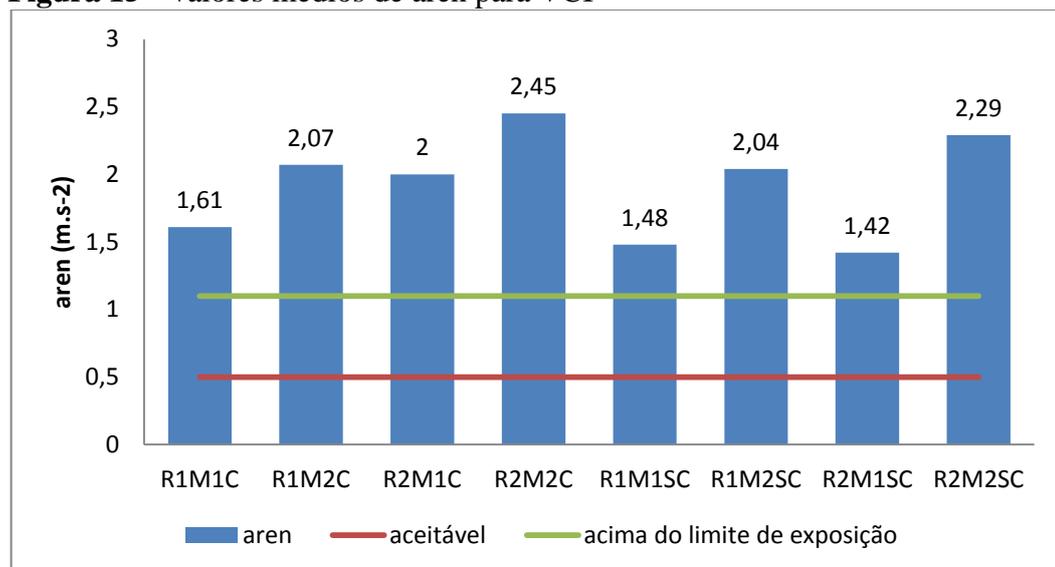
Fonte: Próprio autor.

Na Figura 14 pode-se verificar os valores de VDVR para a vibração de corpo inteiro, observa-se que todos os valores encontram-se acima dos valores limites de exposição, sendo necessário a adoção de medidas de correção, seguindo a recomendação da FUNDACENTRO (2013).

Figura 14 - Valores médios de VDVR para VCI

Fonte: Próprio autor.

Ao observar a Figura 15 e comparar com o quadro da FUNDACENTRO (2013), os valores de aren para o corpo inteiro estão acima do limite de exposição, ou seja acima de $1,1 \text{ m/s}^2$. Chegando a valores de até $2,45 \text{ m/s}^2$, quando o quadriciclo a trabalha na segunda rotação, segunda marcha e com o uso da capota. Deve-se tomar medidas corretivas.

Figura 15 - Valores médios de aren para VCI

Fonte: Próprio autor.

Os valores de aceleração máxima resultante muito altos, podem ser atribuídos ao fato do assento do quadriciclo ser fixo ao chassi, sem nenhum ajuste de movimentação e não

possuir sistema de ajuste de peso e altura do operador.

Quando a aceleração máxima resultante atinge valores elevados aumenta-se o risco de danos à saúde do operador, o que torna necessário tomada de cuidados e a adoção medidas que possam auxiliar efetivamente na amenização dos efeitos da vibração. (SANDI, 2009).

Segundo Cunha *et al.* (2012) a mitigação do problema da vibração está associada à redução da intensidade na fonte e à diminuição do tempo de exposição do operador, ou seja, caso seja necessário para o operador trabalhar em condições que causem riscos a sua saúde, a redução do período de exposição pode amenizar esses riscos.

No caso do quadriciclo há necessidade de se adotar sistemas para minimizar a vibração, como uso de acolchoados destinados para redução da vibração, sistemas de molas para absorção da vibração transmitida diretamente ao corpo do operador. Proporcionando assim melhores condições para o operador durante sua jornada de trabalho, conseqüentemente, evitando doenças ligadas a atividade laboral.

4.2 Vibração de mãos e braços

Abaixo são apresentados as análises de aceleração média nos eixos X, Y e Z (VMB); Valores de pico máximo nos eixos X, Y e Z (VMB) e Valores médios de aren (VMB) para mãos e braços do operador do quadriciclo agrícola.

4.2.1 Aceleração média nos eixos X, Y e Z (VMB)

A Tabela 8 apresenta os valores médios de aceleração média nos eixos x, y e z (VMB).

Segundo Tiwari e Gite (2006) para VCI o eixo Z promove maiores valores de vibração em função da desuniformidade do terreno, que promove choques mecânicos com a superfície de rolamento, e segundo Santos (2016) o volante é o principal mecanismo que transmite as VMB, esses choques são reduzidos no volante proporcionando menores valores no eixo Z transmitidos ao operador, e os valores no eixo X aumentam em função de arranques do motor, pela ação da própria inércia e o movimento do volante.

Tabela 8 - Valores médios de aceleração média nos eixos x, y e z (VMB)

Fontes de Variação		Aceleração média no eixo X (m.s ⁻²)	Aceleração média no eixo Y (m.s ⁻²)	Aceleração média no eixo Z(m.s ⁻²)
Valor de F	Rotação	177,7586 **	258,8749 **	40,8121 **
	Velocidade	1,1962 ns	15,7508 **	49,5807 **
	Capota	9,0792 **	5,8213 *	0,4394 ns
CV (%)		2,32	5,44	6,79
Rotação (rpm)	1729	20,35663 b	16,91697 b	15,93517 b
	2075	22,44661 a	22,34971 a	18,28097 a
Marchas de trabalho	Primeira	21,31590 a	18,96330 b	15,81529 b
	Segunda	21,48734 a	20,30337 a	18,40084 a
Capota	Sem capota	21,16545 b	19,22600 b	17,22976 a
	Com capota	21,63779 a	20,04067 a	16,98637 a

Legenda: * (p<0,05); ^{NS} (não significativo). Médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).
Fonte: Próprio autor.

Diversos autores como: Glogia *et al.* (2003) e Dewangan e Tewari (2009) analisando as acelerações médias nos eixos X, Y e Z, também encontraram valores elevados para o eixo X, Dewangan e Tewari (2009) obtiveram acelerações médias no eixo X 30% maiores que no eixo Y e 50% maiores que no eixo Z, porém obtiveram em torno de 3 m.s⁻² diferente dos encontrados que ultrapassam 20 m.s⁻², mostrando que os níveis de vibração encontrados no quadriciclo agrícola são muito elevados.

Segundo Glogia *et al.* (2003) pelo menos 10% dos operadores expostos a níveis de exposição tendem a desenvolver a síndrome das mãos brancas em menos de 2 anos de exposição, acarretando em sérios problemas que devem ser levados em consideração para garantir a integridade física do operador

Conforme Vendrame (2016), o estágio final desta síndrome sempre força os trabalhadores a deixarem sua ocupação, face à ameaça de gangrena nos dedos, devido a perda do suprimento de sangue, com possibilidade até de amputação dos membros.

Santos (2016) explica que essa diferença se dá em função da forma como as vibrações são transmitidas para VCI e VMB.

4.2.2 Valores de pico máximo nos eixos X, Y e Z (VMB)

A Tabela 9 apresenta os valores médios de pico máximo nos eixos X, Y e Z, é possível observar que no eixo X ocorreram os maiores valores, diferente das VCI onde o eixo que obteve maiores valores foi o Z.

Tabela 9 - Valores médios de pico máximo nos eixos X, Y e Z (VMB)

Fontes de Variação		Pico máximo no eixo X	Pico máximo no eixo Y	Pico máximo no eixo Z
Valor de F	Rotação	12,2546 **	8,0697 **	78,5642 **
	Velocidade	7,8537 **	3,1866 ns	206,5480 **
	Capota	0,0518 ns	0,1488 ns	2,4229 ns
CV (%)		8,62	17,22	4,49
Rotação (rpm)	1729	92,02125 b	69,97955 b	70,06785 b
	2075	101,24090 a	81,71126 a	79,48760 a
Marchas de trabalho	Primeira	92,94068 b	72,15929 a	67,14099 b
	Segunda	100,32140 a	79,53152 a	82,41447 a
Capota	Sem capota	96,33141 a	75,04889 a	73,95061 a
	Com capota	96,93072 a	76,64191 a	75,60484 a

Legenda: * ($p < 0,05$); ^{NS} (não significativo). Médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
Fonte: Próprio autor.

Os valores de pico máximo nos eixos X, Y e Z apresentaram diferenças significativas para rotação e marcha, não diferindo para o fator capota, os resultados obtidos foram bastante elevados em comparação aos encontrados na literatura por Goglia *et al.*, (2006) que utilizando um trator de rabiças, obtiveram valores de pico variando entre 6,6 e 8,37 $m.s^{-2}$ e Dewangan e Tewari (2009) avaliando um trator de rabiça encontraram valores entre 6,8 e 11,7 $m.s^{-2}$.

4.2.3 Valores médios de aren (VMB)

A Tabela 10 apresenta os valores médios de aren para o sistema de mãos e braços.

Tabela 10 - Valores médios de aren (VMB)

Fontes de Variação		
Valor de F	Rotação	6584,1770 **
	Marcha	576,2950 **
	Capota	167,0914 **
CV (%)		0,65
Rotação	1	40,79500 b
	2	48,26500 a
Velocidades de deslocamento	1	43,42500 b
	2	45,63500 a
Capota	Sem capota	43,93500 b
	Com capota	45,12500 a

Legenda: * (p<0,05); ** (p < .01); ^{NS} (não significativo). Médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Próprio autor.

A Tabela 11 apresenta os valores médios de aren dos tratamentos, no sistema de mãos e braços.

Tabela 11 – Valores médios de aren dos tratamentos (VMB)

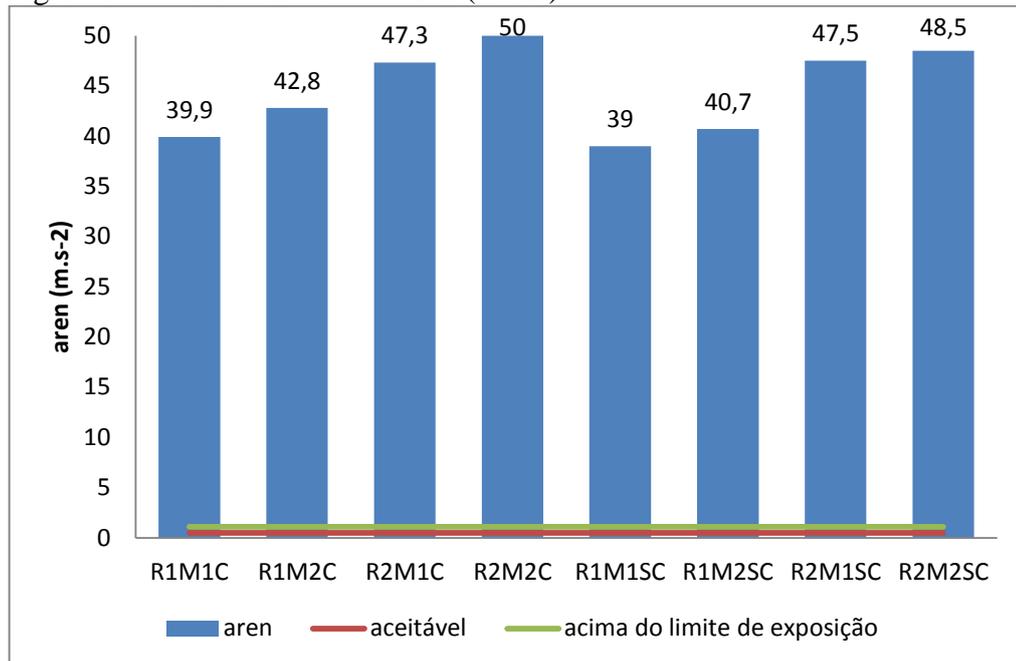
Fontes de Variação		aren (m.s ⁻²)
Valor de F	TRATAMENTOS	54,53**
CV (%)		2,65
	R1/M1/CC	39,94 c
	R1/M2/CC	42,82 b
	R2/M1/CC	47,43 a
	R2/M2/CC	50,03 a
	R1/M1/SC	39,02 c
	R1/M2/SC	40,68 bc
	R2/M1/SC	47,50 a
	R2/M2/SC	48,52 a

Legenda: * (p<0,05); ^{NS} (não significativo). Médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). VDVR: Valor da dose de vibração resultante; aren: aceleração resultante de exposição normalizada.

Fonte: Próprio autor.

A Figura 16 apresenta claramente que os valores médios de aren estão muito acima do limite de exposição, apresentando valores de até 50 m.s⁻², este resultado pode ser explicado pelo fato do volante está localizado no motor do quadriciclo agrícola. Sugere-se a adoção de medidas corretivas.

Figura 16 - Valores médios de aren (VMB)



Fonte: Próprio autor.

Os valores de aren muito elevados, para mão e braços, encontrados no teste do quadriciclo agrícola, podem ser justificados pela posição do volante, ligado direto ao chassi do mesmo, outro fator é a proximidade do volante com o motor do mesmo. É indicado a mudança na posição do volante, assim como adoção de outras medidas que levariam a diminuição da vibração não só em mãos e braços, mas também do corpo inteiro como consequência. Como por exemplo, substituição do material usado no quadriciclo, utilização de borrachas anti-impacto.

Segundo Goglia *et al.*, (2003) uma das formas de minimizar os riscos à saúde é reduzir o tempo de exposição remanejando o operador para outras funções a qual o mesmo não esteja exposto a vibrações ao longo da jornada de trabalho.

Diante dos resultados encontrados, percebe-se a necessidade de realizar estudos referentes as fontes de vibrações nos tratores agrícolas, de forma contribuir na melhoria da condição de trabalho para o operador, pois é necessário conhecer a fonte das vibrações e os sistemas, principalmente o assento, para atenuar seu efeito no corpo do operador (CUNHA *et al.*, 2009).

4.3 Ruído

Os níveis de ruído emitidos pelo quadriciclo agrícola medidos, no lado esquerdo, próximo do ouvido do operador são apresentados na Tabela 12, por meio da análise de variância. Os níveis de ruído por meio do teste F apresentaram diferenças significativas ao nível de 1% para o fator rotação e para a interação entre marcha e cobertura. Já os fatores (M e C) apresentaram 5% diferenças significativas. As demais interações (R x M, R x C, R x M x C) não apresentaram diferenças significativas.

Tabela 12 - Análise de variância (ANOVA) para os níveis de ruído medido no ouvido do lado esquerdo do operador

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
Rotação (R)	1	46,65	46,65	78,41**
Marcha (M)	1	12,10	12,10	20,34*
Cobertura (C)	1	2,50	2,50	4,20*
R x M	1	2,11	2,11	3,5 ns
R x C	1	1,02	1,02	1,2 ns
M x C	1	6,39	6,39	10,76 **
R x M x C	1	0,14	0,14	0,24 ns
Tratamentos	7	70,94	-	-
Resíduos	32	19,04	0,59	-

* ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); ^{NS} (não significativo). Médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Próprio autor.

Os níveis de ruído emitidos pelo quadriciclo agrícola medidos, no lado direito, próximo do ouvido do operador são apresentados na Tabela 12 por meio da análise de variância. Os níveis de ruído por meio do teste F apresentaram diferenças significativas ao nível de 1% para todos os fatores (R, M e C).

As interações entre os fatores não apresentaram diferenças significativas. Silveira, Tieppo e Gabriel Filho (2008) avaliaram os níveis de ruídos emitidos por um trator agrícola na operação de preparo mínimo em função do escalonamento de marchas e rotação do motor e constataram que os níveis de ruídos aumentam em função da rotação do motor.

Segundo Delgado (1991) os níveis de ruído que estejam no intervalo de 65 a 85 dB(A) causam efeitos psíquico fisiológicos no trabalhador agindo no sistema nervoso, podendo causar aumento da pressão sanguínea e dos batimentos cardíacos.

Tabela 13 – Análise de variância (ANOVA) para os níveis de ruído medido no ouvido do lado direito do operador

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
--------------------------	-----------	-----------	-----------	----------

Rotação (R)	1	14,64	14,62	55,33**
Marcha (M)	1	11,25	11,23	42,46**
Cobertura (C)	1	5,62	5,62	21,26**
R x M	1	0,52	0,52	2,00 ns
R x C	1	0,19	0,19	0,74 ns
M x C	1	0,008	0,08	0,03 ns
R x M x C	1	0,25	0,25	0,97 ns
Tratamentos	7	32,49	-	-
Resíduos	32	8,46	0,26	-

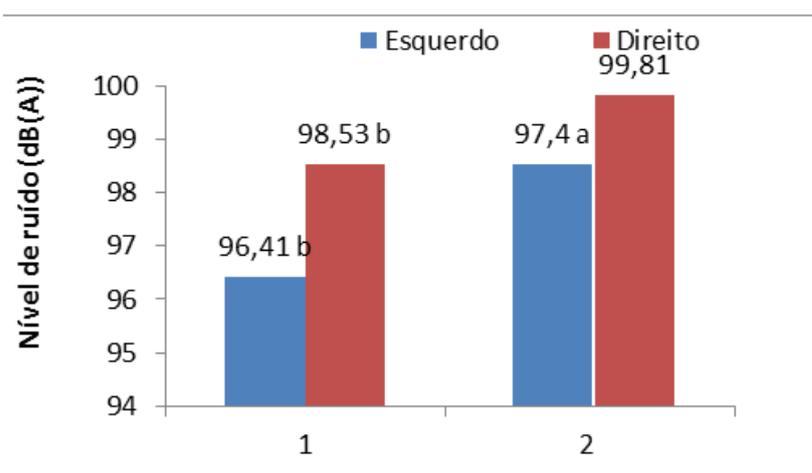
* ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); ^{NS} (não significativo). Médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Próprio autor.

O resumo da análise de variância para os valores médios do nível de ruído para a rotação, marcha e cobertura. Na Figura 14, observa-se que os maiores níveis de ruído foram de 97,40 e 99,81 dB(A) obtidos pela R2 (2075 rpm).

Estudos realizados por Veiga *et al.*, (2017) em motocultivadores agrícolas, evidenciam que, em rotação nominal de trabalho, os níveis de pressão sonora (ruído) superam os 90 decibéis (dB(A)). Tal intensidade sonora, segundo NR 15, exige a utilização de protetor auricular para uma carga de trabalho de oito horas diárias. Por meio dos ensaios realizados, constatou-se que mais elevados foram obtidos na R2, no entanto, os valores encontrados na R1 estão acima do recomendado para uma jornada de trabalho.

Figura 17 – Nível de ruído obtido no lado esquerdo e direito para as duas rotações



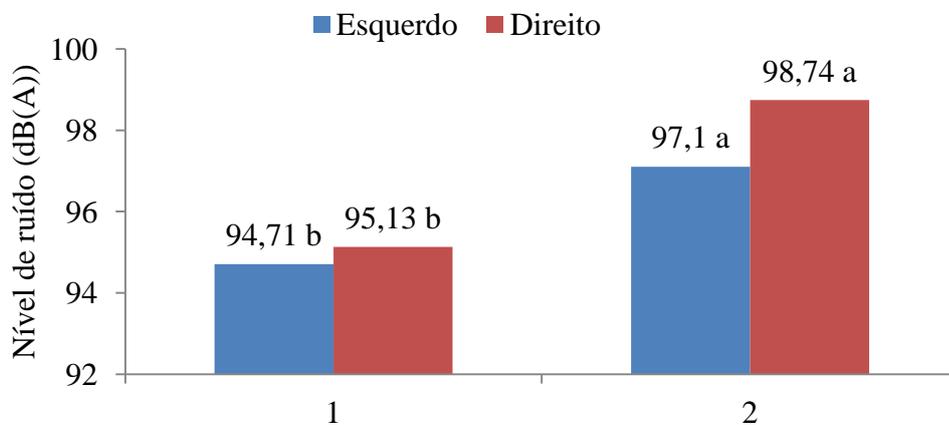
Fonte: Próprio autor.

Na Figura 18, observa-se que os maiores níveis de ruído foram de 97,10 e 98,74 dB(A) obtidos pela marcha 2. Nascimento *et al.* (2013) avaliando o nível de ruído emitido por um microtrator em função da marcha de trabalho, encontraram que os maiores níveis de ruído

foram obtidos nas maiores velocidades, corroborando com os dados obtidos neste experimento.

Arcoverde *et al.* (2011) realizaram um experimento em duas pistas de ensaio (solo preparado e solo coberto por plantas daninhas) e cinco velocidades de deslocamento (0,83, 1,39, 2,42, 2,97 e 3,61 m.s⁻¹) e observaram que as marchas de menores velocidades apresentaram níveis de ruído maiores quando o trator trafegou sobre solo coberto por plantas daninhas.

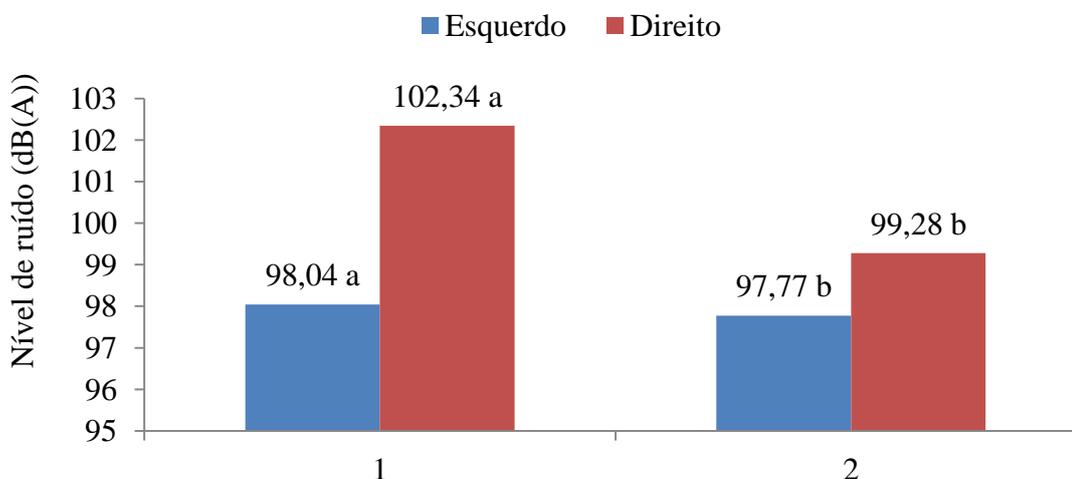
Figura 18 – Nível de ruído obtido no lado esquerdo e direito para as duas velocidades



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 19, observa-se que, os maiores níveis de ruído foram de 98,04 e 102,34 dB(A) obtidos pela C1 (cobertura sem capota). Resultado já esperado, uma vez que, a cobertura proporciona um maior armazenamento de som vindo de outras fontes de emissão de ruído, como o escapamento dos gases. Simone *et al.* (2006) citam que os ruídos vêm de diferentes fontes nas máquinas agrícolas. O escape, que causa ruído de grande intensidade, é responsável por 45% a 60% do ruído total. As demais fontes são aspiração (15-20%), ventilador (12-20%) e vibração (15-20% do ruído total).

Figura 19 – Nível de ruído obtido no lado esquerdo e direito para as duas cobertura (sem capota e com capota)



Fonte: Próprio autor.

Na Tabela 14 é apresentado o tempo laborativo máximo diário permitido para um trabalhador, considerando-se o nível sonoro equivalente, de acordo com cada situação de trabalho avaliada, e a falta de protetor auricular, levando-se em conta a norma NR-15. Nota-se, que o quadriciclo agrícola avaliado em todas as rotações, marcha e cobertura não oferece condições seguras à saúde do operador se utilizado por um período que ultrapasse o tempo máximo de exposição que é permitido para uma jornada de oito horas de trabalho. Analisando-se os valores encontrados, percebe-se a necessidade de conscientização dos operadores, quanto à importância da utilização dos equipamentos de proteção individual, e também daqueles que trabalham próximos às essas máquinas.

Tabela 14 - Tempo máximo de exposição diário do operador em cada uma das rotações avaliadas

Variáveis	Lado esquerdo		Lado direito	
	R1	R2	R1	R2
Rotação (rpm)				
Nível de Ruído observado (dB)	96,41	97,40	98,53	99,81
Tempo máximo de exposição (h)	1h45min	1h30min	1h15min	1h
Marcha de trabalho	M1	M2	M1	M2
Nível de Ruído observado (dB)	94,71	97,10	95,13	98,74
Tempo máximo de exposição (h)	2h	1h30min	2h	1h15min
Cobertura	SC	CC	SC	CC
Nível de Ruído observado (dB)	98,04	95,77	102,34	99,28
Tempo máximo de exposição (h)	1h15min	1h45min	45 min	1h15min

Legenda: R1 – 1729 rpm, R2 -2075, M1 - primeira, M2 - segunda, CC – Com capota, SC – Sem capota.

Fonte: Próprio autor.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que o quadriciclo agrícola apresentou valores de vibração e ruído, bem acima dos estabelecido pelas normas usadas como parâmetro de avaliação.

O quadriciclo agrícola é uma alternativa para a agricultura familiar, porém é necessário fazer modificações, para atender as normas de segurança e saúde do trabalho e assim, proporcionar melhores condições para operador no desempenho de sua atividade laboral.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, J. I.; PINHO, D. L. M. As transformações do trabalho e desafios teórico-metodológicos da ergonomia. **Estudos de psicologia**, (número especial), p. 45-52, 2002.

ABRAHÃO, R. F. **A contribuição da ergonomia para o trabalho agrícola**. Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2006, Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/tomates/pdfs/wrktom033.pdf>>. Acesso em: 3 abr. 2018.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9999**: Medição do nível de ruído, no posto de operação de tratores e máquinas agrícolas. Rio de Janeiro, 1987a. 21p.

ALBIERO, D. **Avaliação do preparo de solo empregando o sistema de cultivo conservacionista em faixas com “paraplow” rotativo usando análise dimensional**. 2006. 320 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2006.

ALBIERO, D. **Desenvolvimento e avaliação de máquina multifuncional conservacionista para a agricultura familiar**. 2010. 244f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas: São Paulo, 2010.

ALBIERO, D.; MACIEL, A. J. S.; MILAN, M.; MION, R. L.; VILIOTTI, C. A. Análise do Modo e Efeito de Falhas (FMEA) no desenvolvimento de semeadora multifuncional conservacionista para a agricultura familiar. **INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção**. ISSN 1984-6193. Nov de 2010.

ANDERSON, G. B. J.; ORTENGREN, R.; NASCHESOMSON, A. L. Biomechanical analysis of loads on the lumbar spine in sitting and standing postures. **Biomechanics**, v. 8, p. 543-555, 1983.

ARBETSMILJOINSTITUTED, FORSKINGSSTIFTELSEN, SKORGSARTEBETEN, SLU SKOGSHOGSKOLAN. **An ergonomic checklist for forestry machinery**. Oskarshamm: 1990. 43 p.

ARCOVERDE, S. N. S. *et al.* Nível de ruído emitido por conjuntos mecanizados em função da velocidade e da condição do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 3, p. 514-520, 2011.

AVIANI, F. L.; ABRAHÃO, J. I. A integração das diferentes dimensões do trabalho no projeto de centro de saúde. **Ação Ergonômica**, v. 3, n. 1, p. 01-13, 2007.

BARBÉ, L. da. C. **Distribuição do crédito do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) no estado do Rio de Janeiro de 1998 a 2012**. 2015. 92f. Tese (Doutor em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2015.

BARBOSA FILHO, J. A. D. **Importância da ambiência na mecanização agrícola**. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=29403&secao=Colunas>>

%20e%20Artigos>. Acesso em: 22 set. 2017.

BACK, N. **Metodologia de projetos de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1983. 389 p.

BAUMHARDT, U, B. **Metodologia para confecção de cabines de máquinas agrícolas com enfoque na segurança e ergonomia**. 2012. 259 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

BIANCHINI, A. **Máquinas Agrícolas**. Universidade Federal de Mato Grosso – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária Departamento de Solos e Engenharia Rural. Cuiabá, 2002.

BRASIL. Lei Nº 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 jul. 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm >. Acesso em: 11 jan. 2018.

_____. Norma regulamentadora 12. **Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Portaria MTb n.º 3.214, de 08 de junho de 1978 . Disponível em: <http://www.trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf> >. Acesso em: 11 jan. 2018.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma de Higiene Ocupacional-NOH09**, FUNDACENTRO, 2013.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma de Higiene Ocupacional-NOH10**, FUNDACENTRO, 2013.

BRACCIALLI L.; VILARTA, R. Aspectos a serem considerados na elaboração de programas de prevenção e orientação de problemas posturais. **Rev Paul Educ Fis.**, v, 14, n. 2, p. 159-71.

CABIN, E. **History of whell horse**. Disponível: <<http://www.geocities.com/Yosemite/Cabin/8001>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A. G.; RIBEIRO, M. F. S. Tecnologia apropriada em ferramentas, máquinas e implementos agrícolas pra pequenas propriedades rurais: Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, p. 180-225, 1997.

CLARKE, L. J. **Agricultural mechanization strategy formulation**. Rome: FAO, 1997.

CORRÊA, J. A., SANTOS J. E. G, PASCHOARELLI, L.C. **Avaliação ergonômica do painel de duas colhedeiiras de cana-de-açúcar**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ERGONOMIA E USABILIDADE DE INTERFACES HUMANO-TECNOLOGIA: PRODUTOS, INFORMAÇÃO, AMBIENTE CONSTRUÍDO, TRANSPORTE, 8., 2008, São Luis. **Anais...** São Luis: UFMA, 2008.

CORRÊA, J. A. **Aspectos ergonômicos em colhedoras de cana de açúcar: ruído, distribuição dos comandos e avaliação ponderada de conforto**. 2010. 110f. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Bauru, São Paulo, 2010.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte: ERGO, 1996, vol. 1 e 2.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2011/12- oitavo levantamento, maio/2012**. Brasília, 2012. 36 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_05_10_08_49_52_boletim_maio_2012.pdf>. Acesso em: 18 set. 2017.

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, p. 348-355, 2009. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/6927/5904>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

CUNHA, J. P. A. R.; DUARTE, M. A. V.; DE SOUZA, C. M. A. Vibração e ruído emitidos por dois tratores agrícolas. **Idesia**, v. 30, n. 1, p. 25-34, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292012000100004>. Acesso em: jan. 2018.

CUONG, D. M; ZHU, S; ZHU, Y. Effects of tyre inflation pressure and forward speed on vibration of an unsuspended tractor. **Journal of Terramechanics**, v. 50, p. 185–198, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/256802083_Effects_of_tyre_inflation_pressure_and_forward_speed_on_vibration_of_an_unsuspended_tractor>. Acesso em: 19 nov. 2017.

DEBIASI, H.; SCHLOSSER, J. F.; PINHEIRO, E. D. Características ergonômicas dos tratores agrícolas utilizados na região central do Rio Grande do Sul. **Ciências Rurais**, v. 34, n. 6, p.1807-1811, 2004.

DELGADO, L. M. **El tractor agrícola y utilización**. Madri: La laboreo Solo tractor, 1991.

DEWANGAN, K. N.; PRASANNA KUMAR, G. V.; TEWARI, V. K. Noise characteristics of tractors and health effect on farmers. **Applied Acoustics**, v. 66, n. 9, p. 1049-1062, p, 2005.

DIEBSCHLAG, W. *et al.* **Seat ergonomics**. Die Bibliothek der Technik, Landsberg, Germany, 1995.

DHINGRA, H. S.; TEWARI, V. K.; SINGH, S. Discomfort, pressure distribuion and safety in operator’s seat: a critical review. Agricultural Engineering Internacional: the CIGR. **Journal of Scientific Research and Development**, v. 5, p. 1-16, 2003.

DMB. **Produtos agricultura familiar**. Disponível em: <http://www.dmb.com.br/>. Acesso em: 17 nov. 2017.

DONATI, P. Prévention des vibrations: choix et utilisation des sièges de tracteurs et de machines agricoles. **Document de travail INRS n°299**, 1996.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia prática**. Trad. Itiro Iida. 2nd ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

EIA - **Associação Internacional de Ergonomia**. Disponível em: <<http://www.iea.cc/>>. Acesso em: 2 nov. 2017.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Plantio. Sistema de produção n. 1**, 6. ed. 2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_1_ed/plantespaca.htm>. Acesso em: 24 set.2017.

EMBRAPA- Plantio direto de milho consorciado com a gliricídia, na região agreste, com o uso de microtrator ou tração animal. 2015. Cristiane Otto de Sá; José Henrique de Albuquerque Rangel; José Luiz Sá; Edson Patto Pacheco; Marcelo Ferreira Fernandes. **Circular técnica**, EMBRAPA, 2015.

EMBRAPA Semiárido. **A pesquisa em agricultura familiar no semiárido: métodos alternativos de diagnóstico e validação de tecnologias**. 2016. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/7294/1/OPB795.pdf...>>. Acesso em: 24 set.2016.

ESTEVAM, F. N. de L. **Variáveis ambientais e ergonômicas na operação com microtratores**. 2015. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

FAGANELLO, A. *et al.* **Comunicado Técnico 103: Tecnologia para agricultura familiar: semeadora bautopropelida para plantio direto**. Circular técnica. Brasília: EMBRAPA - Ministério da Agricultura e Abastecimento, 2002.

FAI, T. C.; DELBRESSINE, F.; RAUTERBERG, M. **Vehicle seat design: state of the art and recente development**. Proceeding Worl Engeneering Congress, p. 51-61, Penang, 2007.

FARIA, N. M. X. **Saúde do trabalhador rural**. 2005. Tese (Doutorado em Epidemiologia) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2005.

FERNANDES, J. C. **Projeto acústico de ambientes** Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP - Campus de Bauru, 2008, Disponível em http://www4.fct.unesp.br/dmec/dincon2008/artigos/short%20courses%20and%20conferences/MiniCurso_ProjetoAcusticoAmbientes_Prof%20JoaoCandido.pdf. Acesso: 10 jun. 2017.

FINEP – **Financiadora de Estudos e Projetos**. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/noticias/todas-noticias/4719-tecnova-apoia-inovacao-voltada-para-o-pequeno-agricultor>. Acesso em: 13 jan. 2018.

FLORES, C. R. **Avaliação da exposição ocupacional à vibração em mãos e braços na operação de lixadeiras orbitais em marcenarias**. Monografia. Universidade Comunitária da Região de Chapecó, 2010.

FONTANA G.; SEIXAS F. Avaliação ergonômica do posto de trabalho de modelos de forwarder e skidder. **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, p. 71-81. 2007.

FONTANA, G. *et al.* **Avaliação das Características Ergonômicas no Posto do Operador em Colhedoras Combinadas.** In XXXXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, set/dez, 2004, ESALQ/USP v 24, n3 p. 684-694.

GENZ, J. S.; VILAGRA, J. M. Dor e desconforto na operação de trator agrícola. **FIEP Bulletin:** Federation Internationale D' Education Physique. v. 79. Special Edition. Article – II, p. 149, 2009.

GERGES, S. N. Y. **Ruído:** fundamentos e controle. 2. ed. Florianópolis: Nr Editora, 2000. 676 p.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia:** adaptando o trabalho ao homem. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. 338p.

GRIFFIN, M. J. A comparison of standardized methods for predicting the hazards of whole-body vibration and repeated shocks. **Journal of Sound and Vibration**, Silsoe, p. 883-914. 1998.

GOGLIA, V. *et al.* Influence on operator's health of hand-transmitted vibrations from handles of a single-axle tractor. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, v. 13, p. 33–38, 2006. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16841869>>. Acesso em: 13 maio 2015.

HAMAD, A. F. **Presença do design no desenvolvimento tecnológico da agricultura.** 2002. 104 f. Monografia (Graduação em Desenho Industrial). Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

HEALTH SAFETY EXECUTIVE. Whole-body vibration and shock: a literature review. Stoneleigh, 2001. 99p. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/agriculture/index.htm>>. Acesso em: 18 fev. 2018.

HOHLENWERGER, W., P., S., Diretrizes para elaboração de um programa de conservação auditiva (PCA) para um sistema intensivo de criação de suínos, 2009, Disponível em: <http://saudetrabalho.sites.uol.com.br/PAIR/Comite_Nac_ruid_cons_audB6.pdf>. Acesso em: 10 maio 2017.

ICEPA. **Custo de produção.** Disponível em: <www.icepa.com.br>. Acesso em: 12 nov. 2017.

IIDA, I. **Ergonomia:** projeto e produção. 6. ed. São Paulo: Ed. Edgard Bucher, 2000.

IIDA, I. **Ergonomia:** projeto e produção. São Paulo : Edgard Blücher, 2003.

IIDA, I. **Ergonomia:** projeto e produção. 2nd ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2005.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/>>. Acesso: 02 de nov. 2017.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES). **Modernização da agricultura familiar: avaliação do impacto socioeconômico**

do processamento de frutas e olerícolas no município de Pato Branco / Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. – Curitiba: IPARDES, 2003.

JESUINO, P. R. **Desempenho de um trator agrícola em função do desgaste das garras dos pneus e das condições superficiais do solo.** 2007. 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu, 2007.

KNAPIK. **Produtos agricultura familiar.** Disponível em: <[www.http://www.knapik.com.br/](http://www.knapik.com.br/)>. Acesso em: 12 nov. 2017.

LAVRALE. **Produtos.** Disponível em: <www.lavrare.com.br>. Acesso em: 20 nov. 2017.

LILJEDAHN, J. B.; TURNQUIST, P. K.; SMITH, D. W. **Tractors and their power units.** 4th ed. St. Joseph: ASAE, p. 203-232, 1996.

LIMA, J.S.S.; SOUZA, A.P.; MACHADO, C.C.; OLIVEIRA, R. B. Avaliação de alguns fatores ergonômicos nos tratores Feller- buncher e Skidder utilizados na colheita de madeira. Viçosa: **Revista Árvore**, 2005.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, A.; P. MACHADO, C. C. de; OLIVEIRA, R. B. de. Avaliação de alguns fatores ergonômicos nos tratores "Fellerbuncher" e "Skidder" utilizados na colheita de Madeira. **Revista Árvore**, v. 29, n. 2, p. 291-298, 2005.

LOPES, J. L. Análise de vibração ocupacional de corpo inteiro em máquinas colhedoras de cana-de-açúcar. **Revista ABHO**, p. 6-16, 2012.

MACIEL, A. J. S. Tema Transversal, Linha de Pesquisa Modernização da Mecanização da Agricultura Familiar: Projeto Desenvolvimento e Construção de uma Máquina de Plantio Empregando o Sistema de Cultivo Conservacionista em Faixas com "Paraplow" Rotativo visando a Mecanização nas Pequenas Propriedades Rurais. Convênio FINEP-FUNCAMPFEAGRI, Número 3158, firmado em Novembro de 2004. 2004.

MARMENTINI, D.; VILAGRA, J. M. A prevalência de dor na coluna em agricultores. **FIEP Bulletin:** Federation Internationale D' Education Physique. v. 80. Special Edition. Article – II, 2009.

MASSAD MD, LEITE AMP, DUTRA TR. Fatores ergonômicos relacionados à saúde e à segurança em trabalhadores de um viveiro florestal. In: WORKSHOP DE ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO E II ENCONTRO MINEIRO DE ESTUDOS EM ERGONOMIA; 5., 2011. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2011.

MATOBA T. Pathophysiology and clinical picture of Hand-Arm vibration Syndrome in Japanese workers. **Nagoya J. Med. Sci.**, (Suppl.) v. 57, p. 19-26, 1994.

MATTHEW, E. Two-wheel tractors: Road safety issues in Laos and Cambodia. **Safety Science**, v. 5, n. 48, p. 537–543, 2010.

MEHTA, C. R.; TEWARI, V. K. Seating discomfort for tractor operators-a critical review. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 25, p. 661-674, 2000.

MELO, R. P. **Desenvolvimento e avaliação do protótipo de uma semeadora puncionadora para agricultura familiar.** 2017. 134f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

MENDES, R., **Patologia do trabalho**, São Paulo, 3ed. Atheneu, 2005
MIALHE, L.G. **Máquinas Agrícolas: ensaios e certificações.** Piracicaba: FEALQ, 1996. 722p.

MINETTI, L. J. **Análise de fatores operacionais e ergonômicos na operação de corte florestal com motosserra.** 1996. 211f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

MONTANA, G. K., **Avaliação do consumo energético no preparo de solo para a cultura do algodão irrigado.** 2010. 77f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2010.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade.** 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MONTEIRO, L. A. **Prevenção de acidentes com tratores agrícolas e florestais.** Botucatu. Editora Diagrama. 2010. 105p.

MORAIS, C. S. *et al.* Avaliação do nível de ruído de um trator de rabiça utilizando dosímetro. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18., ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 11., I MOSTRA CIENTÍFICA, I. 2012 **Anais...** Universidade Federal de Pelotas. 2009. Disponível em: < publicacoes.conbea.org.br/anais/baixar/124>. Acesso em: 22 nov. 2012.

MOREIRA N. C. **Qualidade de vida no trabalho: um estudo de caso na Universidade Federal de Viçosa.** 2009. 145f. Monografia (Graduação em Administração) -. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

MOTA, G. S. **Quadriciclo agrícola para a agricultura familiar.** BR n. PI 0905463-4 A2, 06 ago. 2009, 28 fev. 2012.

NAGAOKA, A. K. **Desenvolvimento e avaliação do desempenho de um equipamento para ensaio dinâmico de rodado agrícola individual.** 2001. 206f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2001.

NASCIMENTO, E. M. S. **Avaliação da eficiência energética e do nível de ruído de um microtrator de duas rodas.** 2012. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

NASCIMENTO, E. M. S. *et al.* Assessment of noise level emitted by micro tractor in static and dynamic conditions. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 1121-1128, 2013.

PASSINI, J. J.; CARVALHO, M. G. **Geração e comunicação de inovações tecnológicas para a agricultura familiar.** 1999. 162f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba. 1999.

PERIN, G. F. **Determinação da capacidade e eficiência operacional utilizando técnicas de agricultura de precisão**. 2008, 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias. Área de Concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

PEKKARINEN J. Noise impulse noise, and other physical factors combined effects on hearing. **Occup Med: State e Art Reviews**, v. 10, n. 2, p. 545-59, 1995

PHEASANT, S. **Bodyspace: anthropometry, ergonomics and the design of work**. 2 ed. London: Taylor & Francis Ltda. 1998.

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

POLETTO FILHO, J. A. **Análise dos riscos físicos e ergonômicos em roçadora transversal motorizada**. 2013. 150f. Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013.

PORTELA, J. A. **Semeadoras para plantio direto**. Viçosa: Aprenda fácil, 2001.

PRATES, G.A. Reflexão sobre o uso da ergonomia aliada à tecnologia: Propulsores do aumento da produtividade e da qualidade de vida no trabalho. **RACRE - Revista de Administração, Esp. Sto. do Pinhal - SP**, v. 07, n. 11, p. 76-85, 2007.

PRASAD, N.; TEWARI, V. K.; YADAV, R. Tractor ride vibration - a review. **Journal of Terramechanics**, v. 32, n. 4, p. 205-219. 1995.

PYNT, J.; HIGGS, J.; MACKEY, M. Seeking the optimal posture of the seated lumbar spine. **Physiother Theory Pract**, v. 17, n. 1, p. 5-21, 2001;

RAMAZZINI, B., *As Doenças dos trabalhadores*, editora. Fundacentro, Campinas, 1999.

REYNAUD, M., On local asphyxia and summetrical gengrene of the extremities, 1969, Disponível em <<http://archneur.ama-assn.org/>>, Acesso em: dez. 2017.

RIBAS, A., SCHMITZ, D., DUARTE, N., GUTIERREZ, L., **Achados audiológicos de trabalhadores expostos ao ruído e ao agente químico Arclean SDI, Tuiuti: Ciência e Cultura, Curitiba**. 2010.

RODRIGUES, D. E.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; RODRIGUES, G. J. Desempenho de um microtrator utilizando – se motores com diferentes alternativas energéticas. **Maringá**, v. 28, n. 1, p. 55-63, 2006.

RUSSO, I. C. P. **Acústica e psicoacústica aplicadas à fonoaudiologia**. São Paulo: Lovise, 1993.

SALIBA, T. M.; CORRÊA, M. A. C.; AMARAL, L. S. **Higiene do trabalho: Programa de prevenção de riscos ambientais**. 3. ed. São Paulo: Ltr, 2002. 262p.

SALIBA, T. M. **Manual Prático de Avaliação e Controle de Vibração**. São Paulo: LTR, 2009.

SALIBA, T. M.; CORRÊA, M. A. C. **Insalubridade por exposição à vibração de corpo inteiro**. Suplemento Trabalhista 067/12. São Paulo, n. 48, p. 325-329, 2012.

SALIBA, T. M. **Manual Prático de Avaliação e Controle do Ruído**. 7. ed., LTr Editora, 2013.

SANDI, J. **Vibração incidente sobre o corpo inteiro do operador de trator agrícola ensaiado em pista de vibração com diferentes lastros, velocidades e pressões de inflação dos pneus**. 2015. 101f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2015.

SANTIN, L. C. *et. al.* Caracterização ergonômica de um modelo de trator agrícola. Ia. Jornada Científica da Fatec de Botucatu. out. 2012.

SANTOS, J. E. G. **A Ergonomia dos tratores agrícolas: dimensões e farças de acionamento**. Rio de Janeiro: Congresso internacional de Ergonomia e Usabilidade de interfaces. 2005.

SANTOS, V. C. dos. **Avaliação do perfil antropométrico do operador de tratores agrícolas da macrorregião do litoral oeste do Ceará**. 2014. 39f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

SANTOS, V. C. dos. **Vibração ocupacional em trator 4x2 tda em função da pressão interna dos pneus e da superfície de rolamento**. 2016. 56f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/18201/1/2016-dis_vcsantos.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2018.

SANTOS, P. F. **Avaliação dos níveis de ruído e vibração vertical no assento de um trator agrícola de pneus utilizando um sistema de aquisição automática de dados**. 2002. 53f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Curso de Pós-graduação em Mecanização agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

SCHLOSSER, J. F. e DEBIASI, H. **Caderno técnico da Revista Cultivar Máquinas**, Janeiro/Fevereiro 2002 (Conforto, preocupação com o operador). p. 3-9. 2002.

SCHLOSSER, J. F.; DEBIASI, H.; PARCIANELLO, G.; RAMBO, L. Caracterização dos acidentes com tratores agrícolas. **Ciência Rural**. Santa Maria, Brasil. v. 32, n. 06, p. 977-981, 2004.

SOLMAN, K.N. **Analysis of interaction quality in human-machine systems: applications for forklifts**. Applied Ergonomics. Elsevier Science Ltd, n° 33, p 155-166, 2002.

SOUZA, M. P. *et al.* Agricultura familiar *versus* agricultura não-familiar: uma análise das diferenças nos financiamentos concedidos no período de 1999 a 2009. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 42, n.1, p. 105-124, 2011.

SILVA, P. R.A. Precauções de segurança nas operações com equipamentos agrícolas. In: MONTEIRO, L. A. **Prevenção de acidentes com tratores agrícolas**. Botucatu: Diagrama, 2010. cap. 2, p. 33-50.

SILVA, C. B. da. *et al.* Avaliação ergonômica de uma colhedora de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 1, p. 179-185, 2011.

SILVA, J. C. P.; PASCHOARELLI, L. C. (orgs.) A evolução histórica da ergonomia no mundo e seus pioneiros [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010. 103 p. ISBN 978-85-7983-120-1. Available from SciELO Books .

SILVEIRA, J. C. M.; TIEPPO, R. C.; GABRIEL FILHO, A. nível de ruído emitido por um conjunto motomecanizado na operação de preparo mínimo do solo. **Global Science and Technology**, v. 1, n. 8, p. 60-70, 2008.

SOEIRO, N. S. Vibrações e o corpo humano: uma avaliação ocupacional. In: WORKSHOP DE VIBRAÇÃO E ACÚSTICA DA REGIÃO NORTE 1., 2011. **Anais...** Tucuruí: SOBRAC, 2011.

SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P. **Engineering principles of agricultural machines**. 1 ed. St. Joseph: ASAE text books, 1993.

RIPOLI, T. C.C. *et al.* **Manual prático do agricultor**. Piracicaba. USP/ESALQ, 2005. 192p.

ROSSI, M. A; SANTOS, J. E. G. dos; SILVA, A. L. da. Conformidade ergonômica dos controles no posto de trabalho do operador de trator: Estudo de Caso Nh 7630. **Projética Revista Científica de Design**, v.2, n.1, jun. 2011.

ROTH, C. W. **Transmissibilidade da vibração e distribuição da pressão na interface assento- operador de tratores agrícolas em condições dinâmicas**. 2010. 142f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

UFRR – Universidade Federal de Roraima. Disponível em:

<http://ufrr.br/nit/index.php?option=com_content&view=article&id=535:quadriciclo-agricola-economico-recebe-apoio-do-tecnova&catid=18&Itemid=102>. Acesso em: 13 jan. 2018.

VENDRAME, A., C., **Vibrações Ocupacionais**, 2005, Disponível

em:<http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracoes_vendrame.pdf>, Acesso em: dez. 2010.

VENDRAME, A. C. **Vibração ocupacional**. 2006. Disponível em:

<http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracoes_vendrame.pdf> Acesso em: 26 de nov. 2017.

VENDRAME, A. C. **Vibração ocupacional – estado da arte**. 2008. Disponível em:

<<http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracao-estado-arte.pdf>>. Acesso em: 26 de nov. de 2017.

VEIGA, R. K. *et al.* **Características e uso de microtratores e motocultivadores**. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/artigos/multitarefa>>. Acesso em: 19 dez. 2017.

VILAGRA, J. M. Adequação ergonômica de trator agrícola de média potência: construção e validação de um instrumento de avaliação a partir do construto de conforto, segurança e eficiência. 2009. 133f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

WACHOWICZ, M. C. Segurança, saúde e ergonomia. 1. ed.; Editora Ibplex, 2007.

WISNER, A. Por dentro do Trabalho - Ergonomia: método e técnica. São Paulo: FTD/Obaré, 1987. 189p.

XIMENES, G., M., Gestão ocupacional da vibração no corpo humano, aspectos técnicos e legais relacionados à saúde e segurança. 2006. 158f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) - Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2009. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/producaointelectual/obras_intelectuais/179_obraIntelectual.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2018.

**ANEXO A – NHO-10 - EQUAÇÕES UTILIZADAS PARA O CÁLCULO DOS
VALORES DE AREN**

- *Aceleração instantânea* [$a_j(t)$]: valor da aceleração ponderada em frequência, no instante de tempo “t”, expressa em m/s², segundo um determinado eixo de direção “j”, sendo que “j” corresponde aos eixos ortogonais “x”, “y” ou “z”.
- *Aceleração média* (am_j): raiz média quadrática dos diversos valores da aceleração instantânea ocorridos em um período de medição, expressa em m/s², na direção “j”, definida pela equação (1) que segue:

$$am_j = \left\{ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a_j^2(t) dt \right\}^{1/2} \quad [m / s^2] \quad (1)$$

Sendo que $a_j(t)$ corresponde aos valores $a_x(t)$, $a_y(t)$ ou $a_z(t)$, em m/s², segundo os eixos ortogonais “x”, “y” e “z”, respectivamente, e $t_2 - t_1$ ao intervalo de medição.

Aceleração média (am_{ijk})¹: corresponde à aceleração média relativa à k-ésima amostra obtida durante as repetições da *componente de exposição* “i”, medida segundo um determinado eixo de direção “j”, sendo que “j” corresponde aos eixos ortogonais “x”, “y” ou “z”.

Aceleração média resultante (am_r)²: corresponde à raiz quadrada da soma dos quadrados das acelerações médias, medidas segundo os três eixos ortogonais “x”, “y” e “z”, definida pela equação (2) que segue:

$$am_r = \sqrt{(f_x am_x)^2 + (f_y am_y)^2 + (f_z am_z)^2} \quad [m / s^2] \quad (2)$$

Sendo:

amj = aceleração média;

fj = fator de multiplicação em função do eixo considerado

($f = 1,0$ para os três eixos);

Aceleração média de exposição parcial (amepij): corresponde à aceleração média representativa da exposição ocupacional relativa à *componente de exposição* “i”, ocorrida em uma parcela de tempo da jornada diária, obtida segundo um determinado eixo de direção “j”, sendo que “j” corresponde aos eixos ortogonais “x”, “y” ou “z”. Este parâmetro poderá ser resultado de uma média aritmética das acelerações médias (*amijk*) obtidas cada vez que a *componente de exposição* é repetida, conforme expressão que segue:

$$amep_{ij} = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s am_{ijk} \quad [m / s^2] \quad (3)$$

Sendo:

amijk = *aceleração média* relativa à késima amostra selecionada dentre as repetições da *componente de exposição* “i” no eixo de direção “j”;

s = número de amostras da *componente de exposição* “i” que foram mensuradas.

Aceleração resultante de exposição parcial (arepi): corresponde à aceleração média resultante representativa da exposição ocupacional relativa à *componente de exposição* “i”, ocorrida em uma parcela de tempo da jornada diária, considerando os três eixos ortogonais. Este parâmetro poderá ser resultado de uma média aritmética das *acelerações médias resultantes* (*amrik*), obtidas cada vez que a *componente de exposição* é repetida, ou poderá ser obtido pela raiz quadrada da soma dos quadrados das *acelerações médias de exposição parcial* (*amepij*), medidas segundo os três eixos ortogonais “x”, “y” e “z”, conforme as equações (4 e 5) que seguem:

$$arep_i = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s amr_{ik} \quad [m / s^2] \quad (4)$$

ou

$$arep_i = \sqrt{amep_{ix}^2 + amep_{iy}^2 + amep_{iz}^2} \quad [m / s^2] \quad (5)$$

Sendo:

amepij = *aceleração média de exposição parcial*, sendo “j” igual

a “x”, “y” ou “z”;

amrik = *aceleração média resultante relativa à késima amostra selecionada dentre as repetições da componente de exposição “i”*;

s = número de amostras da *componente de exposição “i”* que foram mensuradas.

Aceleração resultante de exposição (are): corresponde à *aceleração média resultante* representativa da exposição ocupacional diária, considerando os três eixos ortogonais e as diversas *componentes de exposição* identificadas, definida pela equação (6) que segue:

$$are = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^m n_i arep_i^2 T_i} \quad [m / s^2] \quad (6)$$

Sendo:

arepi = *aceleração resultante de exposição parcial*;

ni = número de repetições da *componente de exposição “i”* ao longo da jornada de trabalho;

Ti = tempo de duração da *componente de exposição “i”*;

m = número de *componentes de exposição* que compõem a exposição diária;

T = tempo de duração da jornada diária de trabalho.

Aceleração resultante de exposição normalizada (*aren*): corresponde à *aceleração resultante de exposição* (*are*) convertida para uma jornada diária padrão de 8 horas, determinada pela seguinte equação (7):

$$aren = are \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad [m / s^2] \quad (7)$$

Sendo:

are = *aceleração resultante de exposição*;

T = tempo de duração da jornada diária de trabalho, expresso em horas ou minutos;

T₀ = 8 horas ou 480 minutos.

Componente de exposição: parte da exposição diária que pode ser representada por um único valor da *aceleração resultante de exposição parcial* (*arep*). A *componente de exposição* pode ser decorrente de uma única operação ou consequência de duas ou mais operações executadas de forma sequencial.

ANEXO B – NHO-10 TERMINOLOGIAS E DEFINIÇÕES IMPORTANTES

Forças de preensão: forças exercidas pelo trabalhador para segurar a ferramenta ou a peça que está sendo trabalhada.

Grupo de exposição similar (GES): corresponde a um grupo de trabalhadores que experimentam exposição semelhante, de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de parte do grupo seja representativo da exposição de todos os trabalhadores que compõem o grupo.

Limite de exposição (LE): parâmetro de exposição ocupacional que representa condições sob as quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, sem sofrer efeitos adversos ao sistema mão-braço que possam resultar em dano à saúde do trabalhador.

Nível de ação: valor acima do qual devem ser adotadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições à vibração causem danos à saúde do trabalhador e evitar que o *limite de exposição* seja ultrapassado.

Ponto de medição: ponto(s) localizado(s) na *zona de exposição*, ou próximo(s) a esta, de forma que os valores obtidos sejam representativos da exposição da região do corpo atingida.

Síndrome da vibração em mãos e braços (SVMB): corresponde à terminologia utilizada para se referir ao conjunto de sintomas de ordem vascular, neurológica, osteoarticular, muscular e outros, ocasionados pela exposição ocupacional à vibração em mãos e braços.

Zona de exposição: interface entre a fonte de vibração e a região do corpo para a qual a energia da vibração é transferida.