



MÔNICA BEZERRA DE OLIVEIRA

**EFEITO DAS CLASSES DE DENSIDADES DA MADEIRA E
DAS CONDIÇÕES DOS GUMES DE CORTE NO NÍVEL DE
PRESSÃO SONORA GERADO**

**LAVRAS – MG
2019**

MÔNICA BEZERRA DE OLIVEIRA

**EFEITO DAS CLASSES DE DENSIDADES DA MADEIRA E DAS CONDIÇÕES DOS
GUMES DE CORTE NO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA GERADO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração Ciência e Tecnologia da Madeira, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. José Reinaldo Moreira da Silva

Coorientadores

Dr. Raphael Nogueira Rezende

Dr. Marco Antônio Gomes Barbosa

LAVRAS - MG

2019

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Oliveira, Mônica Bezerra de.

Efeito das classes de densidades da madeira e das condições dos gumes de corte no nível de pressão sonora gerado / Mônica Bezerra de Oliveira. - 2019.

45 p. : il.

Orientador(a): José Reinaldo Moreira da Silva.

Coorientador(a): Raphael Nogueira Rezende, Marco Antônio Gomes Barbosa.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Usinagem da madeira. 2. Segurança do trabalho. 3. Ruído. I. Silva, José Reinaldo Moreira da. II. Rezende, Raphael Nogueira. III. Barbosa, Marco Antônio Gomes. IV. Título.

MÔNICA BEZERRA DE OLIVEIRA

**EFEITO DAS CLASSES DE DENSIDADES DA MADEIRA E DAS CONDIÇÕES DOS
GUMES DE CORTE NO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA GERADO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração Ciência e Tecnologia da Madeira, para a obtenção do título de Doutor.

Lavras, 27 Setembro de 2019.

Dr. Ednilton Tavares de Andrade - UFLA
Dr. Joelma Rezende Durão Pereira - UFLA
Dr. Luana Elís de Ramos e Paula - UFLA
Dr. Marcelo Linon Batista - UNILAVRAS

Orientador

Dr. José Reinaldo Moreira da Silva

**LAVRAS – MG
2019**

AGRADECIMENTOS

Ao universo!

Aos meus pais Neide e Maurício e ao meu irmão Daniel, que são a minha base, meu espelho e minha força. Sempre me apoiaram e incentivaram. Acreditaram em mim, mesmo quando eu mesma não acreditei. Amo vocês!

Ao Gil, que está ao meu lado nos meus melhores dias, e principalmente, nos piores dias, sempre me motivando a continuar.

À Anna, Lidy e Taiane, por todas as risadas, conversas e muitos pensamentos inefáveis, que fizeram meus dias em Lavras os melhores!

Às amigas de república por me aguentarem dia e noite, noite e dia, Bárbara e Letícia.

Aos meninos e amigos do Balalaika, Abner, Javan, Jonnys, Junim e Raul! Em especial ao Jordão, pelas viagens, cachoeiras, almoços e conselhos!

Às meninas da república M4, que foi a minha segunda casa, Krill, Xih, Nara e Ge.

Aos amigos de laboratório e “salinha” por esses anos de companheirismo. Em especial, a Ana Clara, pelas discussões, apoio, risadas, choros e mexericas! Aos amigos de turma, de conversas e sempre com incentivos, Thaty e Luizinho.

Ao comitê de orientação e professores da banca pelas orientações e sugestões.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira (PPGCTM) pelo conhecimento compartilhado.

Aos técnicos Claret, Raisa e Héber por toda ajuda.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira (PPGCTM), pela oportunidade de realização desse trabalho.

À CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado. À FAPEMIG e ao CNPq pelo suporte financeiro ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira.

Muito obrigada!!

RESUMO

A segurança e o conforto são primordiais em ambientes de trabalho, pois estão relacionados com o bem-estar do trabalhador e com a qualidade e a produtividade da empresa. No processamento mecânico da madeira observa-se a presença de ruídos que normalmente são prejudiciais aos trabalhadores quando superam a intensidade e o tempo de exposição permitidos. Estes ruídos depois de gerados podem ser potencializados pelas características dos gumes que atacam as madeiras. Este trabalho teve como objetivos i) avaliar o nível de pressão sonora no processamento mecânico de madeiras de distintas classes de densidade e com variação no desgaste do gume da ferramenta de corte e ii) avaliar o risco de perda de audição dos trabalhadores expostos aos níveis de pressão sonora emitidos. Os dados de ruído contínuo e, ou intermitente foram coletados por meio do medidor de nível de pressão sonora, no Laboratório de Usinagem da Madeira (DCF/UFLA). Foram efetuados cortes, na serra circular, em madeiras de três classes de densidade com condições de gumes com e sem desgastes. Para verificação de normalidade dos dados de nível de pressão sonora foi realizado o teste de Shapiro-Wilk, a 1% de significância. Pelo teste Wilcoxon pareado a 1% de significância, observou-se a diferença significativa do nível de pressão sonora quando relacionado as três classes de densidades de madeira e desgastes do gume de corte. Os valores de nível médio e de doses de ruído mostraram-se diretamente proporcionais a densidade das madeiras e ao desgaste dos gumes da ferramenta. O maior nível de pressão sonora foi de 117 dB(A), encontrado para a classe de densidade alta, processada com a serra circular com gumes desgastados. De maneira geral, o corte com serra circular apresentou níveis de pressão sonora acima do permitido para todas as classes de densidade de madeiras.

Palavras-chave: Usinagem da madeira; Segurança do trabalho; Ruído.

ABSTRACT

Safety and comfort are paramount in work environments because they are related to worker well-being and company quality and performance. No mechanical processing of the wood is observed the presence of noises that are normally harmful to workers when they exceed the intensity and the allowed exposure time. These noises after being generated can be enhanced by the characteristics of the attacking gases like wood. The objective of this work was to i) evaluate the sound pressure level in the mechanical processing of woods of different density classes and with variation in the cutting tool wear and ii) to evaluate the risk of hearing loss of workers exposed to the sound pressure levels emitted. Continuous and / or intermittent noise data were collected through the sound pressure level meter at the Woodworking Laboratory (DCF / UFLA). Cuttings were made in the circular saw in woods of three density classes with edged and non-worn conditions. To verify the normality of the sound pressure level data, the Shapiro-Wilk test was performed at 1% of significance. The Wilcoxon test paired at 1% significance showed a significant difference in the sound pressure level when related to the three classes of wood density and cutting edge wear. The average level and noise dose values were directly proportional to the wood density and the tool edge wear. The highest sound pressure level was 117 dB (A), found for the high density class processed with the circular saw with worn edges. In general, circular saw cutting presented sound pressure levels above the allowable for all wood density classes

Keywords: Wood machining; Workplace safety; Noise.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1. Densidade da madeira	11
2.2 Usinagem da madeira	13
2.3 Segurança e riscos ocupacionais	15
2.4 Segurança no ambiente madeireiro	17
2.5 Ruído	17
3 MATERIAL E METODOS	26
3.1 Preparação das madeiras de diferentes densidades	26
3.2 Processamento do material	26
3.3 Análise do nível de pressão sonora	27
3.4 Análise estatística dos dados	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 Nível Médio de Pressão Sonora	33
4.2 Tempo máximo de exposição diária permissível	34
4.3 Dose	36
4.4 HDI (Hearing Deterioration Index)	37
5. CONCLUSÃO	41
REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	42

1 INTRODUÇÃO

Os processos de industrialização trazem benefícios econômicos para o país, empresas e população com o aumento de vendas e exportações. No entanto, é importante considerar que junto a estes benefícios, no meio de trabalho, existem os riscos de acidentes e de doenças ocupacionais, os quais os trabalhadores estão expostos. O saldo do processo pode ser negativo quando se observa os gastos para tratar das doenças, comparados ao preço de venda dos produtos produzidos. Desta forma, a procura para atender as normas de saúde e de segurança do trabalhador que garantam a melhoria no conforto, na saúde e na segurança nos ambientes laborais, além de progressos na produção e economia da empresa, se tornam cada vez mais frequentes.

As indústrias de processamento mecânico da madeira possuem situações de riscos para o trabalhador, como máquinas com ferramentas de corte, vibração, poeiras suspensas no ar, condições de luminosidade impróprias, de temperatura e de umidade relativa, além de posturas inadequadas com o manuseio de cargas pesadas, possibilidade de ocorrência de incêndios e de exposição à níveis de pressão sonora superiores aos limites de tolerância permitidos pela lei.

Durante o processamento mecânico da madeira há chances dos trabalhadores desenvolverem doenças ocupacionais por perda auditiva induzida por ruído. Estas doenças são devidas a quantidade de máquinas geradoras de ruído, em tempos prolongados de exposição, principalmente pela falta de medidas preventivas e, ou corretivas. Nestes casos, os níveis de pressão sonora encontram-se acima do permitido por lei.

Sabe-se que as indústrias moveleiras e marcenarias trabalham com madeiras de diferentes espécies. A madeira é um material heterogêneo devido à sua formação e apresenta diferentes densidades, relacionado à quantidade de parede celular. A variação da densidade da madeira afeta o seu processamento mecânico, pois o corte é o atrito do gume da ferramenta cortante com a superfície de corte da madeira. Portanto, a densidade da madeira influencia na energia de corte requerida durante o processamento, no desgaste de ferramentas e pode influenciar no nível de pressão sonora que é emitido durante o processamento.

As características e as condições da ferramenta de corte são importantes, pois é o gume que ataca a madeira durante o seu processamento. A ferramenta precisa de arestas cortantes perfeitas, que trabalhe em condições corretas para determinado tipo de madeira. Ela deve estar corretamente afiada, com menor raio de ponta, sem comprometer a sua resistência. Se existe arredondamento do gume, devido ao desgaste, este tem maior dificuldade de cortar a madeira, diminuindo a produtividade, a qualidade da superfície da madeira usinada, aumentando o

consumo de energia e conseqüentemente, pode afetar o nível de pressão sonora emitido, pois com o aumento dos esforços de usinagem aumentam as trepidações.

Ainda são poucos os estudos do comportamento da densidade da madeira e do desgaste do gume da ferramenta de corte e sua influência no nível de pressão sonora emitido durante o processamento mecânico. Desta forma, os objetivos deste trabalho foram i) avaliar o nível de pressão sonora no processamento mecânico de madeiras de distintas classes de densidade e com variação no desgaste do gume da ferramenta de corte e ii) avaliar o risco de perda de audição dos trabalhadores expostos aos níveis de pressão sonora emitidos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Densidade da madeira

A madeira é um material biológico complexo devido à vários fatores, entre eles a sua heterogeneidade e as suas características como, composição química, anatômica e densidade, que variam entre espécies. A densidade da madeira pode variar também, entre indivíduos da mesma espécie e dentro da mesma árvore, tanto no sentido longitudinal, base – topo, quanto no sentido radial, medula – casca (ZOBEL; BUIJTENEN, 1989).

A densidade da madeira é uma característica importante, pois influencia nas propriedades físicas e mecânicas, servindo como referência para a classificação deste material. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (2019) classifica as madeiras em três classes de densidade básica, as madeiras de densidade baixa são aquelas cujo valor é inferior a $0,500 \text{ g.cm}^{-3}$, as madeiras classificadas de média densidade são aquelas que possuem valores igual ou superiores a $0,500 \text{ g.cm}^{-3}$ e inferiores a $0,720 \text{ g.cm}^{-3}$, e as madeiras de alta densidade, possuindo valores igual ou maiores que $0,720 \text{ g.cm}^{-3}$.

Na Tabela 1 encontram-se espécies citadas em literatura, com seus respectivos valores de densidade básica e a definição dos principais usos, mostrando que as madeiras encontradas no Brasil, nativas e, ou exóticas, apresentam ampla variação de densidade (ANDRADE, 2018).

A densidade influencia o processamento mecânico da madeira, como, por exemplo, na qualidade da superfície, na resistência ao corte e na energia requerida para cortar (BROWN; PANSIN; FORSAITH, 1949). De acordo com Silva (2002), as mudanças nos esforços de usinagem da madeira, deve ser associada à variação da densidade do material a ser processado, o aumento desse valor causa a redução da vida útil do corte da ferramenta e do aumento do ruído produzido durante a usinagem.

Trabalhos envolvendo a densidade da madeira com a energia necessária para realizar o seu corte têm mostrado que madeiras mais densas requerem em média mais energia específica para cortar o mesmo volume do que madeiras menos densas (GUEDES, 2016; ANDRADE, 2018) e isso sugere que se a densidade influencia no esforço de corte e também o ruído gerado durante o processo.

Tabela 1 - Relação de madeiras com variação de densidade básica média, com seus respectivos nomes científico e vulgar e indicação de usos.

Nome		DB (g.cm ⁻³)	Principais utilizações	Autor
Científico	Vulgar			
<i>Bowdichia Nítida</i>	Sucupira	0,780	Mobiliário, assoalho e construção civil	IPT (1989)
<i>Cryptomeria japônica</i>	Criptoméria	0,400	Construção civil e marcenaria	Dobner Junior et al. (2013)
<i>Eucalyptus Grandis</i>	Eucalipto	0,480	Painéis, energia e marcenaria	Iwakiri et al. (2008)
<i>Eucalyptus Saligna</i>	Eucalipto	0,550	Painéis, energia e marcenaria	Oliveira e Silva (2003)
<i>Hymenaea spp.</i>	Jatobá	0,800	Mobiliário, assoalho e construção civil	IPT (1989)
<i>Qualea Dinizzi</i>	Mandioqueira	0,550	Móveis, materiais de acabamento e esquadrias	Cardoso et al. (2012)
<i>Tabebuia serratifolia</i>	Ipê	0,840	Mobiliário, assoalho e construção civil	IPT (1989)
<i>Tectona Grandis</i>	Teca	0,650	Decoração de interiores e mobiliário fino	IPT (1989)
<i>Toona Ciliata</i>	Cedro australiano	0,330	Mobiliário e produtos sólidos	Santos (2011)

DB - Densidade básica.

Fonte: Andrade (2018).

Fiedler et al. (2009) analisando ruído em diferentes máquinas e espécies de madeira, com densidades variando de 0,330 a 0,980 g.cm⁻³, afirmaram que as espécies influenciaram nos níveis de ruído produzidos pela serra circular e desempenadeira, portanto, o nível de ruído é afetado pelo efeito máquina e madeira. Para a serra circular, as maiores emissões de ruído, 91,5, 91,5 e 90,5 dB(A) foram expressas pelas madeiras de 0,740, 0,980 e 0,890 g.cm⁻³ respectivamente, que não diferiram significativamente entre si. E os níveis de ruído mais elevados para a desempenadeira foram 91,8, 91,2 e 91 dB(A), para as densidades 0,770; 0,980 e 0,890 g.cm⁻³, respectivamente.

Durcan e Burdurlu (2018), analisando o ruído em MDF (0,750 g.cm⁻³) e madeiras de *Populus nigra L.* (0,420 g.cm⁻³) e *Fagus orientalis Lipsky* (0,600 g.cm⁻³) encontraram que quanto maior a densidade menor o ruído, 86,5 dB(A), 87,6 dB(A) e 88,31 dB(A), respectivamente. Segundo os autores, com a redução da densidade ocorre a redução da

quantidade de material respondendo à força de corte, aumentando os efeitos de quebra e esmagamento da madeira, e a vibração durante o corte, o que justificaria o aumento no ruído. No entanto, a falta de homogeneidade dos materiais processados, já que MDF não possui o mesmo comportamento da madeira durante o processamento mecânico, também pode ter influenciado esses resultados.

Contudo, existem poucas pesquisas que mensurem em que magnitude a densidade da madeira interfere no ruído que chega aos trabalhadores das máquinas num ambiente de processamento mecânico.

2.2 Usinagem da madeira

A usinagem da madeira pode ser definida como o processamento mecânico da madeira por meio de uma ferramenta de corte, visando qualidade do produto e segurança do operador (SILVA et al., 2005).

Segundo Bonduelle, Cruz e Silva (2002), a usinagem da madeira possui abordagem na função 5M, sendo: Matéria-prima – propriedades inerentes a madeira e suas interações com o processo; Máquina – aspectos construtivos das máquinas incluindo os dispositivos de fixação, de condução e exaustão de cavacos que visam melhoria da operação de usinagem; Metodologia – definição dos parâmetros de usinagem, escolha das ferramentas mais adequadas para otimizar o processamento; Mão de obra – treinamento dos operadores, que devem ter conhecimento dos itens anteriores para poder interferir, no momento certo, caso note alguma deficiência no processo; Meio ambiente – evitar degradações do ambiente com pensamento de melhor aproveitamento da matéria-prima.

O corte é a ação da ferramenta sobre o material, no caso madeira, produzindo peças de dimensões e geometria definida, de acordo com a finalidade desejada. Segundo Souza (2009) conhecer as operações de corte é importante para a utilização do equipamento de forma correta, obtendo melhor aproveitamento da matéria-prima, baixo investimento, mínimo consumo energético, qualidade dos produtos e segurança dos operadores.

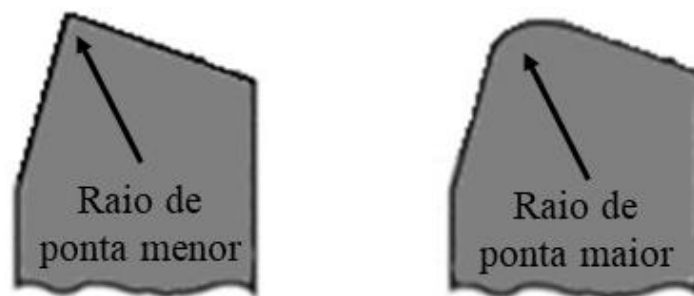
Portanto, o conhecimento e a otimização dos processos de usinagem da madeira resultam em grandes vantagens para o processamento. O aumento da vida útil das ferramentas, a diminuição do custo energético exigido pelas máquinas, o maior aproveitamento da madeira, são características que aumentam a produtividade, reduzem os custos de usinagem e do produto final (SILVA, 2002).

A serra circular, uma das máquinas presentes no ambiente de usinagem da madeira, é utilizada para realizar cortes retos longitudinais, considerados do tipo $90^\circ - 0^\circ$ e, ou cortes retos transversais, do tipo $0^\circ - 90^\circ$ e $90^\circ - 90^\circ$. Para um bom desempenho da máquina de corte, alguns parâmetros são fundamentais, como: especificações da serra circular (variação de diâmetros, de espessuras, de número e geometria dos dentes) e velocidades de corte e avanço.

De acordo com Oliveira et al. (2003) a manutenção das máquinas é fator de influência nos riscos apresentados nas operações, pois os ruídos podem aumentar em função do desgaste de peças. Em relação a geometria da ferramenta, a forma da ponta da ferramenta é um fator importante durante o processamento, pois influencia na probabilidade de ocorrerem vibrações (GROOVER, M.P., 2016).

Segundo Machado et al. (2015), o raio de ponta das ferramentas cortantes afeta o acabamento da superfície gerada nas peças e também a resistência da aresta de corte da própria ferramenta (Figura 1). Valores elevados do raio de ponta garantem maior resistência e integridade a ponta da ferramenta. No entanto, neste caso há maior contato entre ferramenta e peça, provocando aumento do esforço. Assim, quanto maior o raio de ponta da ferramenta maior será sua resistência mecânica, que pode provocar aumento na vibração, conseqüentemente o aumento do ruído.

Figura 1 – Arestas cortantes com diferentes raios de ponta.



Fonte: Adaptado de Groover (2016).

A afiação da ferramenta de corte é outro fator que também afeta as operações de processamento e influencia na qualidade, nas forças de corte e conseqüentemente na produtividade (NÉRI et al., 1999). Facello et al (2013), estudando duas espécies de madeira, *Robinia pseudoacacia* e *Castanea dentata* e duas condições de faca, nova e desgastada, encontraram que o desgaste das facas determinou a redução de 50% na produtividade. O mesmo

foi observado por Nati et al (2010), com as espécies de álamo e pinheiro, o desgaste das facas causou redução da produtividade e aumento do consumo de energia.

Analisando o efeito de variar o número de dentes e a vida útil entre dois afiamentos da lâmina de serra enquanto cortavam transversalmente a madeira de faia no nível de ruído Kvietková et al. (2015), observaram que lâminas com menos dentes geram maiores valores de ruído. O nível de ruído no início do corte foi de 97 dB, enquanto no final do corte foi de 105 dB, após 7600 cortes. Segundo os autores, os cortes foram interrompidos em 7600 cortes porque as amostras estavam queimando e a reafiação da lâmina era necessária.

2.3 Segurança e riscos ocupacionais

Os locais de trabalho proporcionam riscos ao trabalhador, por isso a preocupação com a combinação ambiente laboral e as condições de saúde física e psicológica dos trabalhadores vêm se tornando importante. A segurança, o conforto ambiental e os espaços para convivência social, são pontos essenciais no interior das empresas (FIEDLER et al., 2006).

O risco ocupacional é toda situação que envolve o trabalhador em seu ambiente laboral, que pode ocasionar lesão a sua integridade física ou mental ou danos a sua saúde. O Anexo 5 – Mapa de Riscos – da Portaria nº 25, de 29 de dezembro de 1994 do antigo Ministério do Trabalho e Emprego (BRASIL, 1994), classifica os riscos ocupacionais em físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes (TABELA 2). Cada elemento é considerado como um agente de risco.

A Norma Regulamentadora – NR 15 – Atividades e operações insalubres (BRASIL, 2018) está dividida em 14 anexos: ruído contínuo; ruído de impacto; calor, iluminação (revogado); radiações ionizantes; pressões hiperbáricas; radiações não ionizantes; vibrações; frio; umidade; gases e vapores; poeiras minerais; agentes químicos e agentes biológicos. Para a caracterização de insalubridade, dentre esses anexos, alguns podem ser determinados pelo limite de tolerância, pelo laudo de inspeção no local e em alguns casos a própria atividade já determina a insalubridade, como previstos nos anexos da NR 15 (BRASIL, 2018).

Segundo Silva et al. (2009) fatores que compõem o ambiente de trabalho como iluminação, temperatura, ruídos, ventilação, equipamentos, entre outros, influenciam na melhoria do bem-estar e na produção dos trabalhadores. Portanto, o local de trabalho deve ser salutar e agradável proporcionando proteção ao trabalhador e prevenindo doenças e acidentes (FIEDLER et al., 2006).

Tabela 2 - Classificação dos principais riscos ocupacionais em grupos, de acordo com a sua natureza e a padronização das cores correspondentes.

Grupo 1 Verde	Grupo 2 Vermelho	Grupo 3 Marrom	Grupo 4 Amarelo	Grupo 5 Azul
Risco Físico	Risco Químico	Risco Biológico	Risco Ergonômico	Risco de Acidentes
Ruídos	Poeiras	Vírus	Esforço físico intenso	Arranjo físico inadequado
Vibrações	Fumos	Bactérias	Levantamento e transporte manual de peso	Máquinas e equipamentos sem proteção
Radiações ionizantes	Névoas	Protozoários	Exigência de postura inadequada	Ferramentas inadequadas ou defeituosas
Radiações não ionizantes	Neblinas	Fungos	Controle rígido de produtividade	Iluminação inadequada
Frio	Gases	Parasitas	Imposição de ritmos excessivos	Eletricidade
Calor	Vapores	Bacilos	Trabalho em turno diurno e noturno	Probabilidade de incêndio ou explosão
Pressões anormais	Substâncias compostas ou produtos químicos em geral	-	Jornadas de trabalho prolongadas	Armazenamento inadequado
Umidade	-	-	Monotonia e repetitividade	Animais peçonhentos
-	-	-	Outras situações causadoras de estresse físico e/ou psíquico	Outras situações de riscos que poderão contribuir para a ocorrência de acidentes

Fonte: Portaria nº 25 do MTE, 29/12/1994 (BRASIL, 1994).

Outro fator importante em relação aos estudos sobre a segurança e riscos ocupacionais, são os impactos na economia causados pelos acidentes de trabalho e doenças. Estes, representam custos para o trabalhador afastado e família, para a sociedade dependendo do

tempo de afastamento, e também para as organizações, pela ausência de trabalhadores qualificados e perdas nos processos produtivos, reduzindo a competitividade da organização (SANTANA et al., 2006).

2.4 Segurança no ambiente madeireiro

Os trabalhadores das fábricas de móveis estão expostos a diversos riscos que podem causar danos a sua integridade física e psicológica. De acordo com Fernandes e Morata (2002), ambientes de trabalho com posturas inadequadas na realização das tarefas, nível de ruído, calor, iluminação e outros fatores acima dos limites permitidos são prejudiciais e influenciam na perda de produtividade, assim como na qualidade de vida do trabalhador.

Segundo Fiedler et al. (2010) além desses fatores, a falta de processos de identificação dos possíveis acidentes, medidas preventivas, falta de utilização dos equipamentos de proteção coletivos (EPC) e individuais (EPI), fazem com que o processo de usinagem seja favorável a acidentes.

A usinagem da madeira é um processo que na maioria das vezes utiliza máquinas de altas rotações com ferramentas cortantes, como os discos das serras circulares. Por isso, é um trabalho que exige precisão e atenção, para evitar acidentes com ferimentos e até mesmo a amputação de membros superiores (FIEDLER et al., 2010). Além disso, as máquinas emitem ruídos que, dependendo da intensidade e do tempo de exposição, podem levar os trabalhadores a terem problemas de audição.

A perda auditiva induzida por ruído (PAIR) pode ser desencadeada por características físicas do ruído (tipo e intensidade da pressão sonora), o tempo de exposição e a suscetibilidade do indivíduo (CAVALCANTE et al. 2015).

2.5 Ruído

Segundo Saliba (2011), o som é originado por uma vibração mecânica que se propaga no ar e atinge o ouvido e quando essa vibração estimula o aparelho auditivo, ela é chamada de vibração sonora. Ainda de acordo com Saliba (2011), o ruído e o barulho são interpretações subjetivas e desagradáveis do som e para a higiene do trabalho, costuma-se denominar de barulho todo som que é indesejável.

O som é expresso em dB (decibéis), resultado da aplicação de equação que converte pressão sonora em grandeza logarítmica. De acordo com Bistafa (2011), o nível logarítmico

resulta em faixa mais facilmente manipulada. Na Tabela 3, pode-se observar as pressões sonoras e níveis de pressão sonora para sons do cotidiano.

Tabela 3 - Pressões sonoras e níveis de pressão sonora para sons do cotidiano.

Exemplo de fontes	Pressão sonora (Pa)	Nível de pressão sonora (dB)
Avião a jato a 1m (Perigo de ruptura do tímpano)	200	140
Avião a jato a 5 m (Limiar da dor)	63	130
Avião a pistão a 3 m (Limiar do desconforto auditivo)	20	120
Metrô	6,3	110
Indústria barulhenta	2	100
Aspirador de pó	0,2	80
Pessoa falando a 1 m	0,0063	70
Rádio com volume médio	0,02	60
Restaurante tranquilo	0,006	50
Sala de aula (ideal)	0,002	40
Teatro vazio	0,0006	30
Movimento de folhagem	0,00002	20
Respiração normal	0,000006	10

Fonte: Adaptado de Bistafa (2011).

Em se tratando de nível de pressão sonora (ruído), por ser uma grandeza logarítmica, a operação de adição de decibéis tem certas peculiaridades. É preciso calcular a diferença entre dois níveis sonoros e determinar por meio da Tabela 4, o valor de acréscimo em função dessa diferença. Então adiciona-se ao maior nível de ruído o valor correspondente. Por exemplo, no somatório de 55 e 51 dB(A), a diferença entre os valores é de 4 dB(A), que corresponde a 1,4 dB(A). Somando-se ao maior nível de ruído, temos o valor total de 56,4 dB(A).

Diante disso, o nível médio de ruído também é calculado pela grandeza logarítmica. A Norma de Higiene Ocupacional (NHO 01) – Avaliação da exposição ocupacional ao ruído (FUNDACENTRO, 2001) traz a fórmula para o cálculo do Nível Médio (NM), conforme a Equação 1.

$$NM=10 \log \left[\frac{1}{n} (n_1 \times 10^{0,1NM_1} + n_2 \times 10^{0,1NM_2} + \dots + n_i \times 10^{0,1NM_i} + \dots + n_n \times 10^{0,1NM_n}) \right] \quad (1)$$

Em que:

NM = Nível médio representativo da exposição do trabalhador avaliado, em dB(A);

n_i = Número de leituras obtidas para um mesmo nível médio parcial assumido;

n = Número total de leituras = $n_1 + n_2 + \dots + n_i + \dots + n_n$;

NM_{*i*} = Iésimo nível médio de pressão sonora assumido, em dB(A).

Tabela 4 - Valores de adição ao maior nível para a obtenção do nível total, em função da diferença entre dois valores de intensidade sonora.

Diferença entre os níveis dB(A)	Acréscimo ao maior nível dB(A)
0	3
1	2,5
2	2,1
3	1,8
4	1,4
5	1,2
6	1,0
7	0,8
8	0,6
9	0,5
10	0,4
12	0,2

Fonte: Adaptado de Clímaco (2003).

A Fundacentro, assim como outros órgãos normalizadores possuem normas relacionadas ao nível de pressão sonora nos ambientes, prevenção, limites de conforto e tolerância e equipamentos de medição, o que torna o processo de caracterização, avaliação e comparação difícil pois, existem muitas normas nacionais e internacionais, como por exemplo, as normas internacionais ANSI (*American National Standards Institute*) S 1.25 (1991), S 1.4 (1983) e S 1.40 (1984), IEC (*International Electrotechnical Commission*) 651 (1993) e 804 (1985), ISO (*International Organization for Standardization*) 3740 (2019) e 4869 (2019). Algumas normas brasileiras, assim como seus objetivos e níveis de pressão sonora, estão exemplificados na Tabela 5.

De acordo com a NHO 01 (FUNDACENTRO, 2001) o ruído pode ser classificado como de impacto, que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a um segundo, a intervalos superiores a um segundo. E ruídos intermitentes ou contínuos, que são aqueles que não sejam de impacto. Saliba (2011), classifica os ruídos contínuos ou intermitentes como sendo aqueles cujo o nível de pressão sonora varia até 3 dB durante um período de mais de 15 minutos de observação.

Nos processos industriais, devido aos tipos de máquinas, equipamentos e ferramentas existentes nas empresas e próprio processo de produção, o ruído contínuo (ou intermitente) é o mais comum. Os ruídos atrapalham a concentração, sendo prejudiciais para atividades que necessitam de atenção, da velocidade e da precisão de movimentos, como é o caso de processamento de madeiras, marcenarias e confecções de móveis (MINETTI et al., 1998).

Tabela 5 - Normas, seus objetivos e níveis de ruídos estipulados.

Norma	Objetivo	Nível de Pressão Sonora
NHO1 - Avaliação da exposição ocupacional ao ruído	Estabelecer critérios da exposição ocupacional ao ruído	Nível de tolerância de 85 dB(A) para 8 horas de jornada de trabalho
NR 9 – PPRA	Elaboração e implementação, do PPRA, preservando saúde e integridade dos trabalhadores	Nível de ação 80 dB(A)
NBR 10151 - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade	Condições para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades	Depende da área (urbana, rural, hospitalar) e do período diurno e noturno
NBR 10152 - Níveis de Ruído para Conforto Acústico	Fixa níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos	Nível de conforto de 75 dB(A) para indústrias
NR 17 – Ergonomia	Estabelece parâmetros que permitem a adaptação das condições de trabalho; proporcionar máximo de conforto, segurança	NPS de acordo com NBR 10152; Atividades não relacionadas na NBR, nível de ruído para conforto, 65 dB(A)
NR 15 - Atividades e operações insalubres	Estabelecer valores de níveis de pressão sonora legais permitidos em função tempo de exposição	Limite de tolerância 85dB(A) para 8 horas de jornada de trabalho

Fonte: Da autora (2019).

A NHO 01 (FUNDACENTRO, 2001) possui os procedimentos de avaliação de ruído contínuo. Os níveis de ruído contínuo devem ser medidos em decibéis (dB) operando no circuito de compensação "A" e de resposta lenta (SLOW). O decibelímetro é o aparelho que mede o nível de pressão sonora de forma pontual, a obtenção dos dados é realizada durante a jornada de trabalho. Por meio dos dados de nível de pressão sonora também é possível calcular a dose, que é utilizada para a caracterização da exposição acumulada ao nível de pressão sonora. O cálculo é feito utilizando o acúmulo do ruído em relação ao tempo máximo permitido, expresso em porcentagem (Equação 2). Se o resultado ultrapassar 100% ou 1 unidade, significa que os

valores não atenderam as especificações da norma de insalubridade, durante o tempo da jornada trabalho.

$$\text{Dose} = \left(\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right) * 100 \quad (2)$$

Em que:

Dose = dose diária quando ocorrem dois ou mais períodos de exposição de diferentes níveis (%);

C_n = tempo total diária em que o trabalhador fica exposto um nível de ruído específico;

T_n = tempo máximo diário permissível a este nível, segundo a Tabela 6.

De acordo com a Norma Regulamentadora – NR 09 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (BRASIL, 2017), nos locais onde os níveis de ruído estão acima do nível de ação de 80 dB(A), deve-se ficar atento e indicar o EPI até tratar o ambiente. As medidas preventivas de caráter coletivo precisam ser tomadas e quando essas não forem suficientes ou possíveis, deve-se adotar medidas administrativas e individuais, para que o limite de tolerância não seja alcançado e, ou superado.

O Anexo 1 da NR 15 – Atividades e operações insalubres (BRASIL, 2018) determina que o valor de limite de tolerância para ruído contínuo ou intermitente é de 85 dB(A), para oito horas trabalhadas. Os valores máximos de exposição diária permissível de acordo com o nível de pressão sonora encontram-se na Tabela 6. Observa-se que, com incremento de duplicação igual a 5, a cada 5 dB(A) de exposição, o tempo máximo de exposição deve ser reduzido à metade. Isso, levando-se em consideração que o trabalhador fica exposto a esse nível de pressão sonora durante às 8 horas de trabalho sem nenhum tipo de proteção.

Fiedler et al. (2010), avaliando o nível de pressão sonora para diferentes máquinas de duas marcenarias, obtiveram para serra circular, valor médio de 88,7 dB(A), e para o traçador igual a 94,8 dB(A), permitindo aos operadores, de acordo com a norma, 5h e 4 minutos e 2h e 5 minutos de exposição, respectivamente. É importante destacar que o sistema auditivo só detecta variações de níveis de pressão sonora superiores a 1 dB, dessa forma o mais indicado é arredondar os valores decimais (BISTAFA, 2011).

Em estudo realizado em fábricas de concreto, ferro, aço, cimento e têxteis, observou-se que os níveis de pressão sonora em todas as indústrias estavam muito acima dos 80 dB(A) especificados nas regulamentações. Dos trabalhadores dessas indústrias, 74% estavam

perturbados pelo ruído em seus locais de trabalho, 31% destes estavam com problemas auditivos e apenas 10% dos trabalhadores usavam equipamentos de proteção auditiva (DARWIN; GUNASEKARAN, 2018).

Tabela 6 - Valores de nível de ruído contínuo dB (A) e de máxima exposição diária permissível.

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

Fonte: NR 15 (BRASIL, 2018).

Venturoli et al. (2003), analisando cinco fábricas de móveis do Distrito Federal, observaram que a emissão de ruído pelas máquinas envolvidas no processo produtivo, com exceção da furadeira horizontal, estava acima do limite de tolerância de 85 dB(A). Logo, também estavam acima do nível de ação de 80 dB(A), para as oito horas diárias de trabalho, como pode ser visto na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores de ruído (dB(A)) para cinco fábricas de móveis no Distrito Federal.

Máquinas	Ruídos (dB(A))	
	Mínimos	Máximos
Desengrossadeira	92,4	98,8
Desempenadeira	93,6	96,3
Furadeira horizontal	80,3	84,5
Lixadeira de cinta	84,6	89,6
Serra circular de tampo móvel	94,9	101,3
Tupia	92,6	96,2

Fonte: Adaptado de Venturoli et al. (2003).

Segundo Ribeiro et al. (2006) a exposição dos trabalhadores ao ruído pode ter efeitos como irritabilidade, alterações no sono, estresse, transtornos cardiovasculares, entre outros efeitos não-auditivos. Além desses, a exposição contínua a elevados níveis de pressão sonora em ambientes de trabalho pode causar problemas auditivos, sendo responsável pela PAIR.

A PAIR pode ser provocada pela exposição do trabalhador ao ruído por tempo prolongado e é geralmente irreversível. Ela é responsável pela diminuição gradual da audição dos trabalhadores e é reconhecida como uma das doenças relacionadas ao trabalho mais comuns em todo o mundo. Segundo dados do Ministério da Saúde (2017), houve aumento de 192% nas notificações de casos de PAIR no período entre 2010 e 2015. Foram 906 e 960 casos registrados para os anos de 2014 e 2015, respectivamente.

Régis et al. (2014) afirmam que em ambientes de trabalho nos quais o nível de exposição ao ruído é elevado, contínuo e não existe proteção adequada, pode-se observar perdas auditivas, muitas vezes graves e irreversíveis. Esses autores observaram 44% de predominância de perda auditiva numa indústria de metalurgia em Manaus, sendo 29% sugestivo de PAIR. Entre os trabalhadores com tempo de serviço superior a 21 anos e com faixa etária acima de 45 anos, houve maior prevalência de perda auditiva. Apenas 11% dos trabalhadores acima dos 21 anos de serviço apresentaram audição normal e 62% perda auditiva sugestiva de PAIR. Farias et al. (2012), investigaram a ocorrência de PAIR em carpinteiros, do ramo da construção civil e observaram que quanto maior a idade do trabalhador e o tempo de profissão, maior é a alteração auditiva, devido à exposição ao ruído durante a jornada de trabalho.

Existem maneiras de medir e avaliar os riscos da PAIR, o índice de deterioração da audição (HDI - Hearing Deterioration Index) é uma dessas maneiras. O HDI é o método de avaliação do risco da audição que correlaciona níveis de pressão sonora, exposição e risco de danos auditivos. De acordo com Bistafa (2011) o HDI pode ser calculado pela Equação 3, considerando a jornada de trabalho com oito horas diárias por um período de 35 anos.

$$HDI = 10 \log \int_0^t 10^{L/20} dt \quad (3)$$

Em que:

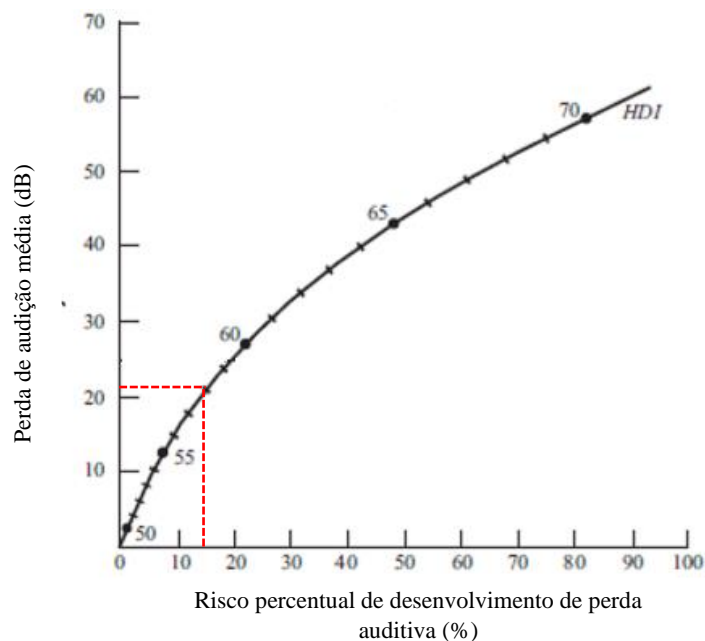
HDI = Índice de deterioração da audição (adimensional);

L = Nível médio do ruído em dB(A);

t = Tempo de exposição, em anos.

A Figura 2 mostra o risco e a perda de audição média, em dB, obtidos pelo HDI.

Figura 2 - Danos auditivos em função da exposição.



Fonte: Adaptado de Bistafa (2011).

Por exemplo, por meio da Equação 3 é possível determinar que para o nível de ruído médio $L = 90$ dB(A) e com exposição de $t = 20$ anos, tem-se o $HDI = 58$. Por meio da Figura 2 pode-se determinar que para $HDI = 58$, tem-se o risco de que 15% da população exposta ao ruído apresente perda auditiva de 21 dB(A).

O HDI é considerado como uma maneira simples e indireta de medir a PAIR, utilizado como ferramenta de rastreamento em massa da PAIR em diferentes subgrupos de pessoas (BIES; HANSEN, 2002). Segundo os autores, para prevenir deficiência auditiva em 80% da população é preciso evitar HDI superior a 59 durante toda a vida. Este índice é compatível com um nível de pressão sonora de 85 dBA ao longo da vida. No entanto, com 90 dBA, após 30 anos de exposição, existe risco de 20% da população desenvolver deficiência auditiva.

Rehman et al. (2012) analisaram quatro trabalhadores de caldeiras com idade variando de 38 a 48 anos e observaram HDI alto para diferentes níveis de pressão sonora. Os trabalhadores 1 e 2, para 15 anos de exposição a NPS de 105 e 106 dB(A) apresentaram respectivamente HDI de 64 e 65. O trabalhador 3, com 18 anos de exposição a 118 dB(A) possui um HDI de 72. E por ultimo, o trabalhador 4 um HDI de 68, para uma exposição de 19 anos a 110 dB(A). Todos os índices estiveram acima do proposto por Bies e Hansen (2002).

De acordo com Balaji et al. (2016) trabalhadores são vulneráveis aos efeitos auditivos. Os autores avaliaram o nível de audição desses motoristas pelo HDI e obtiveram correlação positiva significativa entre o HDI, os anos de serviço e o nível de exposição. Concluindo que a exposição prolongada à alta intensidade do som resulta na deterioração da capacidade auditiva.

3 MATERIAL E METODOS

3.1 Preparação das madeiras de diferentes densidades

As madeiras utilizadas neste estudo foram de *Clitoria sp.* (sombreiro), de *Eucalyptus sp.*, de *Syzygium sp.* (jambolão) e de *Toona ciliata* (cedro australiano). Estas espécies possuíam diferentes densidades. Todo o material amostral se encontrava armazenado no Laboratório de Usinagem da Madeira (DCF/UFLA), onde foi possível estabilizar as umidades, conforme umidade de equilíbrio local, descrito por Lima e Mendes (1995), que em média foi de 12,50% (base seca).

A partir do material armazenado, retirou-se corpos de prova e determinou-se as densidades aparentes, conforme adaptação dos procedimentos descritos na NBR 11941 (ABNT, 2003), considerando que as medições de massa e de volume foram nas condições de equilíbrio. Paralelamente também foram determinadas as umidades nos mesmos corpos de prova, segundo a NBR 7190 (ABNT 1997). A partir dos dados de densidades aparentes, efetuou-se a separação das madeiras em classes de densidades (Tabela 8). Para tanto, utilizou-se adaptação dos procedimentos do IBAMA (2019).

Tabela 8 - Valores limítrofes das classes de densidade das madeiras processadas.

Espécies	Densidade (g.cm ⁻³)	Classificação*
<i>Eucalyptus sp.</i>	Maior que 0,840	Alta densidade
<i>Clitoria sp.</i> , <i>Eucalyptus sp.</i> e <i>Syzygium sp.</i>	Entre 0,481 a 0,839	Média densidade
<i>Toona ciliata</i>	Menor que 0,480	Baixa densidade

* Com base no IBAMA (2019).

3.2 Processamento do material

De forma a obter um período de processamento de 2 horas para cada classe de densidade, foram usinados 150 corpos de provas distribuídos nas três classes de densidades das madeiras. Os corpos de prova possuíam dimensões de 950 x 150 x 25 mm (comprimento x largura x espessura) e o processamento foi realizado por grupos de classes, previamente sorteados.

O processamento foi realizado na serra circular de mesa, com rotação do eixo porta ferramenta de 3700 min⁻¹. Para analisar a influência da ferramenta de corte sobre o ruído, os corpos de prova foram cortados com discos de serra com gumes com desgaste (raio de ponta menor) e sem desgaste (raio de ponta maior). O primeiro disco de serra já se encontrava em uso no referido laboratório prestes a ser afiado. Já o segundo disco se tratava de uma ferramenta nova, sem uso. Ambos os discos de serra eram do mesmo fabricante e modelo. Também

possuíam 300 mm de diâmetro e 80 dentes de aço widia. Entre cada grupo de classe processado as ferramentas foram retiradas e executou-se a sua limpeza de forma a controlar o efeito de possíveis resíduos presentes no disco de serra. Foram realizados cortes consecutivos de 3 mm de espessura, até o corpo de prova ficar com 30 mm de largura.

Por meio de testes preliminares o trabalhador foi treinado para evitar grandes variações na velocidade de avanço, conforme sugerido por Silva (2002). Desta forma, foi estabelecido velocidades semelhantes em todos os corpos de prova. Mesmo assim, durante os cortes o tempo foi cronometrado e foi determinada as velocidades de avanços. Também, foram medidos a rotação do eixo porta serra circular e calculou-se a velocidade de corte. Os valores das velocidades de avanço e de corte foram, em média, de $7 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ e $58 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, respectivamente. No referido laboratório foi observada a presença de sistema de exaustão central, cujo motor afetava o valor do ruído.

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Usinagem da Madeira (DCF/UFLA), que se caracteriza um ambiente de pesquisas e o trabalhador não fica exposto a oito horas ininterruptas às situações propostas neste trabalho. Assim, foi criado o ambiente para simular o efeito das diferentes densidades das madeiras e da presença ou falta de afiação dos gumes das ferramentas e não caracterizando estudo para insalubridade de ambiente. Além disso, o trabalhador, assim como os demais participantes das operações de processamento utilizavam protetores auriculares, tipo concha, com atenuação de 24 dB(A), com certificado de aprovação (C.A = 7166). Assim, os níveis de pressão sonora foram apenas registrados no equipamento instalado no ambiente, mas sob nenhuma hipótese os ouvidos dos trabalhadores foram expostos aos mesmos. Como informação adicional, o Laboratório de usinagem, conforme a NR 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos (BRASIL, 2018), possui espaços ao redor das máquinas adequados ao tipo de processamento realizado e a áreas de circulação são demarcadas e desobstruídas. Também se observa que os materiais em utilização no processo produtivo estão em áreas específicas de armazenamento, devidamente demarcados.

3.3 Análise do nível de pressão sonora

O nível de pressão sonora foi obtido por meio de um medidor do nível de pressão sonora (decibelímetro) digital com precisão de $\pm 1,5 \text{ dB(A)}$, com certificado de calibração válido, conforme os procedimentos definidos pela NHO 01 (FUNDACENTRO, 2001). O ajuste no circuito de ponderação “A” e circuito de respostas lenta (slow), com critério de referência igual

a 85 dB(A), que corresponde a dose de 100%, para exposição de 8 horas e incremento de duplicação de dose igual a 5 dB(A).

O posicionamento do decibelímetro no laboratório foi feita por meio de fixação do medidor a um tripé, possibilitando sua permanência e leitura próximas ao ouvido do trabalhador, considerando o nível de pressão sonora a partir da máquina e zona auditiva do trabalhador.

A coleta dos valores dos níveis de pressão sonora foi realizada apenas durante o corte de cada corpo de prova. Isto é, enquanto a máquina estava em vazio, máquina apenas com motor ligado sem estar cortando madeira, os dados de ruído foram descartados. Este procedimento foi estabelecido para que não houvesse influência subestimada, já que esses dados de ruído não representariam o momento de corte. Os dados foram coletados durante seis dias, por duas horas de trabalho diário. Estes períodos foram divididos em dois turnos, sendo uma hora na parte da manhã e a outra hora na parte tarde, e para cada classe de densidade sempre era observado o processamento na parte da manhã e na parte da tarde. Também foi realizado o sorteio do disco de serra (gume sem ou com desgaste) para cada dia de processamento.

Após a coleta dos dados, foi possível estabelecer o tempo máximo de exposição diária permissível para os valores de nível de pressão sonora obtidos, conforme NR 15 (BRASIL, 2018). Foram calculados também, de acordo com as equações da NHO 01(FUNDACENTRO, 2001), o nível médio para as duas horas analisadas e a dose de real para duas horas. E, considerando que não há variações durante o processamento a dose também foi projetada para oito horas. E, por último, calculado o HDI, segundo Bies e Hansen (2002).

3.4 Análise estatística dos dados

Para as análises estatísticas utilizou-se o software RStudio (R DEVELOPMENT CORE TEAM - 2015). Foi realizado, primeiramente, o teste de Shapiro-Wilk, a 5% de significância, para verificação de normalidade dos dados. Na sequência, realizou-se o teste de Wilcoxon, pareado também a 1% de significância, para verificar a existência de diferença estatística entre as medianas de nível de pressão sonora e densidade aparente da madeira. E, com o objetivo de eliminar o efeito da grandeza logarítmica dos dados de nível de pressão sonora, o anti-logaritmico foi aplicado nos dados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados obtidos, referentes ao tempo que aconteceu o processamento propriamente dito dos corpos de prova na serra circular, encontrou-se o maior nível de pressão sonora de 117 dB(A). Este valor foi observado para o corte de madeiras pertencentes a classe de densidade alta (*Eucalyptus* sp), com o disco de serra com gume desgastado. Para as madeiras pertencentes a classe de densidade média, o maior valor de nível de pressão sonora foi de 116 dB(A) e para as madeiras da classe de densidade baixa, o maior valor foi de 111 dB(A). Em contrapartida, os menores níveis de pressão sonora para as madeiras das classes de densidade alta, média e baixa foram de 91, 90 e 87 dB(A), respectivamente. Para o disco de serra com gume sem desgaste, o maior nível de pressão sonora foi de 112 dB(A), que também foi observado para as madeiras da classe de densidade alta. Para as madeiras de classes de densidade média e baixa os maiores valores de nível de pressão sonora foram de 110 e 107 dB(A), respectivamente. Em contrapartida, o menor nível de pressão sonora foi de 90 dB(A), igualmente para todas as classes de densidade.

O teste de Shapiro-Wilk, a 5% de significância, determinou a ausência de normalidade nos dados de nível de pressão sonora. Assim, para analisar a interação dos dados de nível de pressão sonora em função das classes de densidades das madeiras e da condição do gume do disco de serra (com ou sem desgaste) foi necessário utilizar o teste de Wilcoxon pareado (Tabela 9).

Tabela 9 - Interação do antilog dos dados de nível de pressão sonora com as classes de densidade das madeiras e com a condição do gume de corte (com e sem desgaste), pelo teste de Wilcoxon pareado, a 5% de significância.

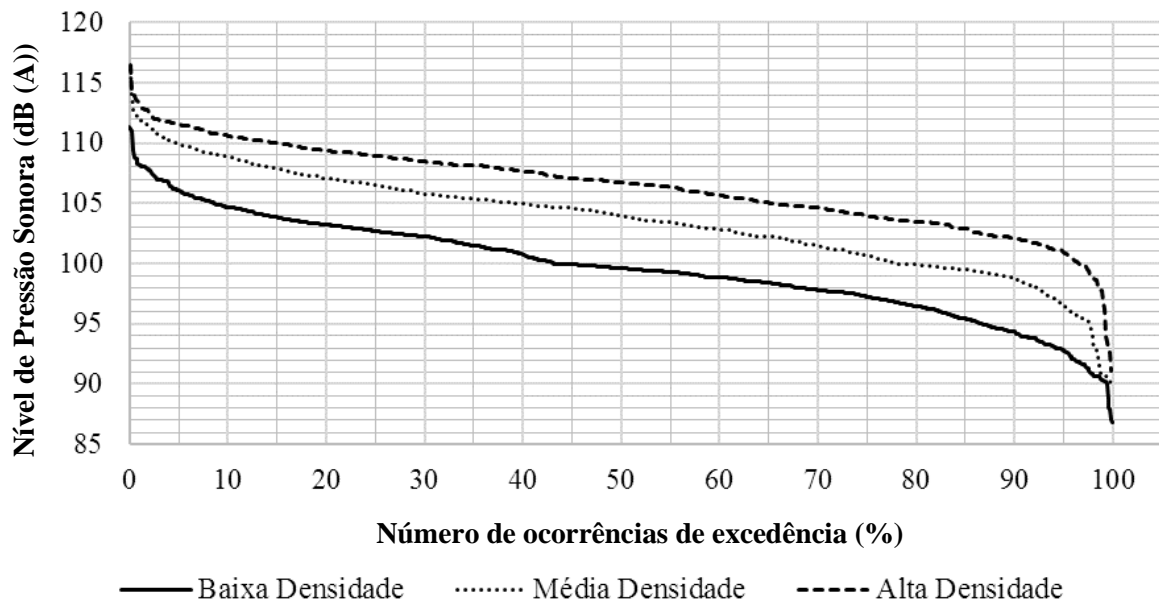
Níveis da interação	Valor da Interação					
	Gume com desgaste			Gume sem desgaste		
	Classe de densidade			Classe de densidade		
	Alta	Média	Baixa	Alta	Média	Baixa
Densidade alta	1	$1,4 \times 10^{-7}$	$2,4 \times 10^{-7}$	1	$9,9 \times 10^{-7}$	$5,5 \times 10^{-7}$
Densidade media		1	$9,0 \times 10^{-8}$		1	$4,5 \times 10^{-8}$
Densidade baixa			1			1

Pode-se observar na Tabela 9 que existe diferença estatística, a 5% de significância, entre os valores do nível pressão sonora para as classes de densidades das madeiras quando comparados entre si, mostrando a importância da aplicação do anti-logaritmo nos dados.

Na Figura 3 encontra-se apresentado a ocorrência excedida dos níveis de pressão sonora durante o processamento de madeiras nas diferentes classes de densidades, para o corte com

disco de serra com gume desgastado, relacionado às ocorrências durante o tempo de processamento analisado (variando de 0 a 100%) e os níveis de pressão sonora, que excederam as normas, a que o trabalhador da máquina foi submetido.

Figura 3 – Ocorrência de excedência dos níveis de pressão sonora para o processamento de madeiras de diferentes classes de densidade, utilizando disco de serra com gume desgastado.



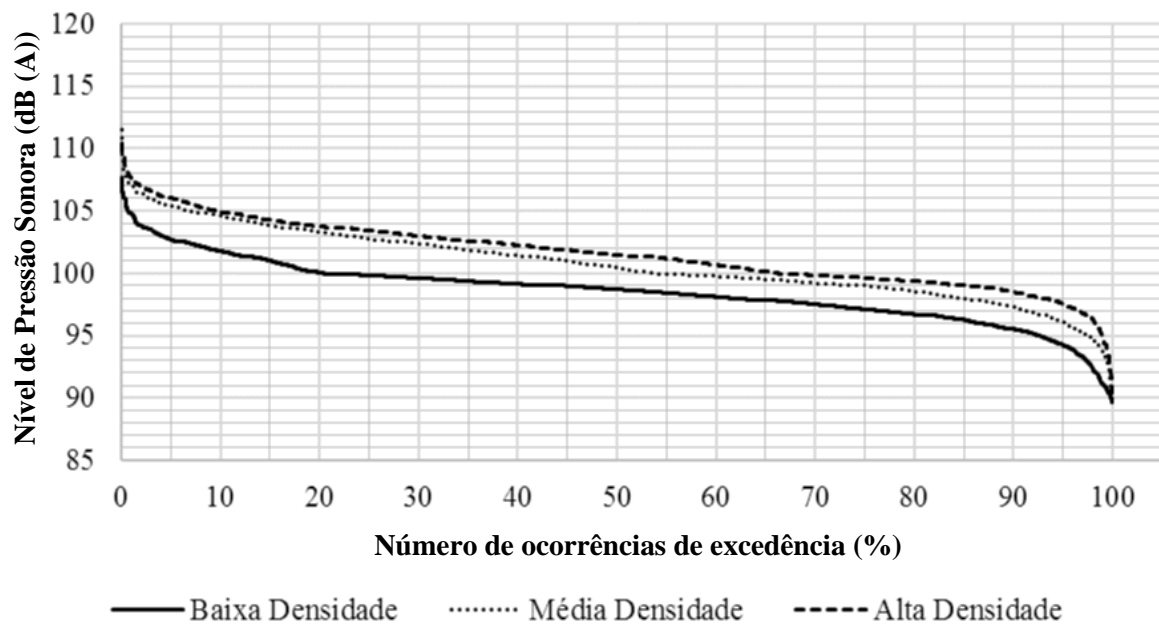
Fonte: Da autora (2019).

Observa-se na Figura 3 que 10% dos dados de nível de pressão sonora das madeiras pertencentes a classe de densidade alta, são iguais ou superiores a 111 dB(A) e 90% dos mesmos, são iguais ou superiores a 102 dB(A). Para as madeiras pertencentes a classe de densidade média, 10% dos dados de nível de pressão sonora são iguais ou superiores a 109 dB(A) e 90% dos mesmos são iguais ou superiores a 99 dB(A). E, por último 10% dos dados de nível de pressão sonora das madeiras pertencentes a classe de densidade baixa, são iguais ou superiores a 105 dB(A) e 90% dos mesmos são iguais ou superiores a 94 dB(A).

Em uma análise geral de todos os dados de nível de pressão sonora para o corte das madeiras de classe de densidade baixa observou-se que os mesmos se apresentaram inferiores aos dados das madeiras presentes as classes de densidade média e alta. O mesmo comportamento foi observado para os dados das madeiras pertencentes a classe de densidade média, que são menores que os dados para a classe de densidade alta. Além disso, para os mesmos percentuais de excedência, as diferenças existentes entre a classe de densidade baixa e média é observado entre a classe de densidade média e alta.

Semelhante ao descrito para o corte com disco de serra com gume desgastado, foi efetuado o percentual de ocorrência excedida dos níveis de pressão sonora obtidos durante o processamento das madeiras pertencentes às diferentes classes de densidades, quando cortadas com o disco de serra com gumes sem desgastes (Figura 4).

Figura 4 – Ocorrência de excedência dos níveis de pressão sonora para o processamento de madeiras de diferentes classes de densidade, utilizando disco de serra com gume sem desgaste.



Fonte: Da autora (2019).

Observa-se na Figura 4 que 10% dos dados de nível de pressão sonora das madeiras presentes na classe de densidade alta, são iguais ou superiores a 105 dB(A) e 90% dos mesmos, são iguais ou superiores a 97 dB(A). Para as madeiras presentes na classe de densidade média, 10% dos dados de nível de pressão sonora são iguais ou superiores a 105 dB(A) e 90% dos mesmos são iguais ou superiores a 97 dB(A). E, 10% dos dados de nível de pressão sonora das madeiras presentes na classe de densidade baixa, são iguais ou superiores a 102 dB(A) e 90% dos mesmos são iguais ou superiores a 96 dB(A).

O comportamento dos dados de nível de pressão sonora no processamento das madeiras das diferentes classes de densidades cortadas com o disco de serra com gumes desgastados foi igual ao observado para os dados de nível de pressão sonora do disco de serra com gumes sem desgastes. Os níveis de pressão sonora para o corte das madeiras de classe de densidade baixa foram inferiores aos das madeiras pertencentes a classe de densidade média e alta. E, os dados das madeiras pertencentes a classe de densidade média, são menores que os dados da classe de

densidade alta. Além disso, para os mesmos percentuais de excedência, as diferenças existentes entre as classes de densidade baixa - média e baixa - alta, não é observada entre as classes de densidade média e alta. Constata-se então, que quando o gume da ferramenta de corte não está afiado (maior raio de ponta), o valor de nível de pressão sonora gerado neste caso é mais influenciado do que pelas classes de densidades das madeiras processadas.

Os níveis de pressão sonora encontrados para o corte de diferentes madeiras e com desgastes do gume do disco da serra circular foram superiores aos dados de processamentos obtidos por Fiedler et al. (2009). No entanto, na metodologia utilizada por estes pesquisadores, foi de coleta de dados a cada 20 segundos, durante a jornada de trabalho, independentemente se a máquina estava operando em vazio ou não, fato que não caracterizariam o momento real de corte e desta forma subestimando o valor.

Os valores de nível de pressão sonora encontrados no presente estudo foram superiores aos propostos pela NR 09 (BRASIL, 2017) de 80 dB(A) para níveis de ação e pela NR 15 (BRASIL, 2011) para o limite de tolerância de 85 dB(A) para oito horas diárias de exposição. Portanto, são necessárias medidas para a redução do nível de pressão sonora na fonte. Porém, algumas vezes mais importante que as ações de correção são as medidas de prevenção para que os níveis de pressão sonora fiquem abaixo do limite de conforto, incluindo a participação da administração.

De acordo com a NR 09 (BRASIL, 2017) a primeira medida que deve ser adotada são as de proteção coletiva, como por exemplo a manutenção da máquina ou o enclausuramento da mesma. Quando as medidas coletivas não forem suficientes, estiverem em fase de planejamento e implantação ou forem inviáveis, deve-se adotar as medidas administrativas e de organização do trabalho e a utilização de equipamento de proteção individual (EPI's), nessa ordem.

Programas de informação aos trabalhadores são fundamentais, como por exemplo semanas de prevenção de acidentes com palestras e dinâmicas, reuniões e conversas com os trabalhadores para eles apontarem as situações de risco, já que eles estão no dia a dia em contato com as máquinas. Programa de acompanhamento médico, com exames de audiometria na admissão, seis meses após a admissão e depois a cada ano, de acordo com a NR 07- Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (BRASIL, 2018), treinamento, planos de cargas horárias de acordo com o limite de nível de pressão sonora permissível com revezamento e pausas no processamento, são exemplos de medidas preventivas.

4.1 Nível Médio de Pressão Sonora

Os valores de nível médio de pressão sonora foram calculados segundo a norma NHO 01 (FUNDACENTRO, 2001), para as madeiras de diferentes classes de densidade no corte com disco de serra com gume desgastado e sem desgaste (Tabela 10).

Tabela 10 - Valores de Nível Médio de pressão sonora para as diferentes classes de densidade da madeira processadas com serra de disco com gume desgastado e sem desgaste.

Classes de densidade das madeiras	Nível médio de pressão sonora (dB(A))	
	Gume com desgaste	Gume sem desgaste
Alta	107	103
Média	105	102
Baixa	101	99

Fonte: Da autora (2019).

Conforme observado na Tabela 10, o nível médio de pressão sonora para a serra de disco com gume desgastado foi superior em todas as classes de densidades. Serras de discos com gumes desgastados cortam madeiras com mais dificuldade, o que gera maior atrito da ferramenta com a superfície da madeira durante o processamento, consequentemente causam aumento do nível de pressão sonora durante esta atividade. Reafirmando, que a afiação da ferramenta de corte influencia no aumento do nível de pressão sonora durante o processamento de madeiras na serra circular, sendo que afiação regular é medida de prevenção.

Tanto para o disco de serra com gume desgastado, quanto para o disco de serra com gume sem desgaste o nível médio de pressão sonora teve comportamento equivalente ao da densidade da madeira, quanto maior a densidade, maior o nível médio de pressão sonora. Provavelmente, porque madeiras de alta densidade possuem maior resistência ao corte já que suas paredes celulares são mais espessas. Os resultados encontrados neste trabalho são similares ao encontrado por Fiedler et al. (2009).

Diferente do estudo de Durcan e Burdurlu (2018) que obtiveram como resultado madeiras leves com maiores níveis de pressão sonora. Além das metodologias utilizadas serem distintas, já que os autores coletaram dados de nível de pressão sonora por 20 minutos, a pesquisa foi realizada na máquina tupia. E por último, o material utilizado pelos autores de maior densidade foram painéis de MDF, que é um material com composição diferente das madeiras maciças, sua formação reduziu a heterogeneidade, portanto, o ataque da ferramenta de corte durante o processamento é mais fácil.

Teixeira (2013) também avaliando painéis de MDF, de duas empresas, processados em serra circular, encontraram valores de nível de pressão sonora de 91 e 92 dB(A) para cada empresa analisada. Níveis de pressão sonora mais baixos que os encontrados para as madeiras deste trabalho, o que também pode ser explicado pela menor resistência ao corte que o MDF oferece, quando comparado à madeira sólida.

4.2 Tempo máximo de exposição diária permissível

O tempo máximo de exposição diária permissível do trabalhador em função do nível de pressão sonora do ambiente para o processamento de madeira foi definido para cada classe de densidade da madeira, de acordo com a NR 15 (BRASIL, 2014). Neste cálculo sempre se leva em consideração o maior valor de nível de pressão sonora. A máxima exposição diária permissível também foi calculada para os valores médios de nível de pressão sonora. Os valores estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Máximas exposições diárias permissíveis referente ao valor maior e médio de nível de pressão sonora, durante o processamento de madeiras para cada classe de densidade, no disco de serra com gume com e sem desgaste.

Classe de densidade	Gume com desgaste				Gume sem desgaste			
	MVR dB(A)	MEDP (minutos)	NM dB(A)	MEDP (minutos)	MVR dB(A)	MEDP (minutos)	NM dB(A)	MEDP (minutos)
Alta	117	---	107	20	112	10	103	35
Média	116	---	105	30	110	15	102	45
Baixa	111	10	101	45	107	20	99	60

MVR = Maior valor de ruído; MEDP = Máxima exposição diária permissível; NM = nível médio.
Fonte: Da autora (2019).

Pela Tabela 11, verifica-se que o trabalhador fica exposto a diferentes níveis de pressão sonora, sendo estes superiores aos 85 dB(A) estabelecidos pelas normas NR 15 (BRASIL, 2014) e NHO 01 (FUNDACENTRO, 2001), por isso o tempo máximo de exposição diária permissível é reduzido em relação as oito horas diárias.

No disco de serra com gume desgastado, as madeiras pertencentes as classes de densidade alta e média apresentaram os maiores valores de nível de pressão sonora de 117 e 116 dB(A), respectivamente. De acordo com a NR 15 as atividades ou operações que exponham os trabalhadores a níveis de pressão sonora superiores a 115 dB(A), sem proteção adequada, oferecem risco grave e iminente. Portanto, na NR 15 e na NHO 01 a tabela de máxima exposição diária permissível só vai até 115 dB(A), que corresponde a 7 minutos de exposição.

Os valores de níveis de pressão sonora superiores a 115 dB(A), das madeiras das classes de densidade alta e média do disco de serra com gume desgastado, assim como, os valores de nível médio de pressão sonora superiores aos do disco de serra com gume sem desgaste, mostram a importância da afiação das ferramentas ou substituição, dependendo do desgaste. É uma medida de prevenção, que deve ser tomada pela administração para diminuir o nível de pressão sonora que chega aos trabalhadores.

Conforme a densidade da madeira aumenta, a máxima exposição diária permissível diminui. Quando analisamos o tempo máximo de exposição diária permissível para as madeiras processadas com o disco de serra com gume sem desgaste, observamos que este tempo durante o processamento com as madeiras da classe baixa (menor que $0,480 \text{ g.cm}^{-3}$) reduzem 25% (de 20 minutos para 15 minutos) do tempo de exposição em relação ao processamento das madeiras da classe média (entre $0,481$ e $0,839 \text{ g.cm}^{-3}$). O mesmo é observado quando a densidade da madeira avaliada é superior a $0,840 \text{ g.cm}^{-3}$. Os valores de nível de pressão sonora encontrados representam uma redução no tempo de exposição em relação às oito horas diárias, ou seja, no tempo de trabalho de 95,8 a 97,9%.

Todos os valores, seja para maior valor de nível de pressão sonora ou para o nível médio de pressão sonora dos discos de serra com gume com e sem desgaste, ficaram acima do valor permitido. Demonstrando que não são apenas possíveis defeitos na peça que causam elevados níveis de pressão sonora, mas toda a atividade de corte na serra circular para as densidades estudadas. Excedendo assim, os limites de tolerância.

Os valores deste estudo são superiores ao encontrado por Fiedler et al. (2010). Mas é importante destacar que a metodologia empregada pelos autores avalia todo o tempo de operação, inclusive com as máquinas operando em vazio, subestimando, na média, o nível de pressão sonora emitido durante a usinagem. O que pode explicar o menor valor observado pelos autores em relação aos 112 dB(A) máximos observados neste estudo.

Como dito anteriormente, a NR 09 (BRASIL, 2017) propõe a ordem das medidas que devem ser tomadas. Nesta situação, em que os valores de ruídos observados são superiores ao permitido, medidas como planilhas que estabeleçam aos funcionários a atividade e o tempo de trabalho nesta função, para que estejam dentro do tempo permissível devem ser imediatas. Assim como, o uso de EPI's que estejam com certificado de validação para atenuar o nível de pressão sonora. Enquanto a adoção de EPC's, como o enclausuramento da máquina e mudança no layout da disposição das máquinas são providenciadas.

4.3 Dose

Os valores de dose foram calculados para as duas horas analisadas e também foram projetados para oito horas, de acordo com a jornada diária de trabalho, conforme a NHO 01 (FUNDACENTRO, 2001). Esses valores foram calculados para cada classe de densidade do disco de serra com gume desgastado e sem desgaste e estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Valores de dose para as duas horas analisadas e projetadas para oito horas.

Classe de densidade	Gume com desgaste		Gume sem desgaste	
	Dose duas horas (unidade)	Dose projetada (unidade)	Dose duas horas (unidade)	Dose projetada (unidade)
Alta	5,4	21,6	2,8	11,3
Média	3,9	15,4	2,5	9,9
Baixa	2,2	8,9	1,8	7,2

Fonte: Da autora (2019).

Observa-se que todos valores de dose, tanto para o disco de serra com gume desgastado como para o disco de serra com gume sem desgaste, estão acima do limite de tolerância, de 1 unidade, estabelecido no Anexo 1 da NR 15 (BRASIL, 2014). Isso significa que o ambiente estudado, de processamento de madeiras em serra circular poderia ser considerado insalubre, se o trabalhador trabalhasse durante oito horas diárias, nessas condições e sem proteção. O mesmo acontece para os trabalhadores das fábricas de móveis e marcenarias de pequeno a grande porte, quando expostos a ambientes nessas condições de dose acima do limite de tolerância, por oito horas diárias sem equipamentos.

As doses para o disco de serra com gume desgastado foram superiores as doses do disco de serra com gume sem desgaste. Mostrando, novamente, a importância da afiação das ferramentas (gume) no ambiente de trabalho. A diferença das doses entre os discos de serra foram de 2,6, 1,4 e 0,4 unidades para as madeiras pertencentes às classes de densidade alta, média e baixa, respectivamente. O controle da afiação da ferramenta e saber o tempo de afiar é uma medida preventiva, que vai influenciar por exemplo, no Programa de Conservação Auditiva (PCA).

O menor valor de dose para as duas horas analisadas foi de 1,8, encontrado para as madeiras presentes na classe de densidade baixa usinada com o disco de serra com gume sem desgaste. Esse valor foi 36% menor que a dose das madeiras pertencentes à classe de densidade alta, que tiveram o maior valor de dose para as duas horas analisadas (2,8 unidades). É

importante salientar que os funcionários do laboratório utilizaram protetores auriculares, que atenuam 18 dB(A) nesta situação.

Em estudo avaliando 14 fábricas de móveis, Filipe et al. (2014) encontraram dose variando de 2,76 a 30,52 unidades, valores esses, algumas vezes muito superiores ao recomendado pela NR 15 (BRASIL 2014). Porém, diferente do presente trabalho que avaliou a dose apenas para a serra circular, Filipe et al. (2014) analisaram a dose em marcenarias, consideraram todo o ambiente e todas as máquinas da marcenaria que estavam em uso no momento de obtenção dos dados e, o efeito da máquina que produz maior nível de pressão sonora apresenta maior influência no cálculo da dose.

Locais com situação de dose acima do limite permitido de 1 unidade, é preciso intervir nas emissões de nível de pressão sonora. Pode-se atuar na fonte do ruído, colocando barreiras e elementos acústicos que diminuem o nível de pressão sonora que chega aos trabalhadores. Assim, como o uso de protetores auriculares (EPI's), que possam atenuar o nível de pressão sonora dependendo do protetor utilizado.

4.4 HDI (Hearing Deterioration Index)

O HDI foi calculado para o disco de serra com gume desgastado e sem desgaste, em função das três classes de densidade e os resultados se encontram na Tabela 13. Foi utilizado para fins de cálculo um tempo de exposição de 35 anos (tempo médio de trabalho de um trabalhador em anos, em relação ao Brasil), que aplicado na Equação 3 resultou nos valores de HDI apresentados. Todos os HDI's estão acima de 59, valor sugerido por Bies e Hansen (2002).

Novamente, foi observado que o aumento da densidade da madeira resulta em aumento do nível de pressão sonora provocado durante o corte em serra circular e, para um mesmo tempo de exposição, maior nível de pressão sonora resulta em maior HDI. E o disco de serra com gume desgastado apresenta maiores valores de HDI, resultantes dos maiores níveis médios de pressão sonora.

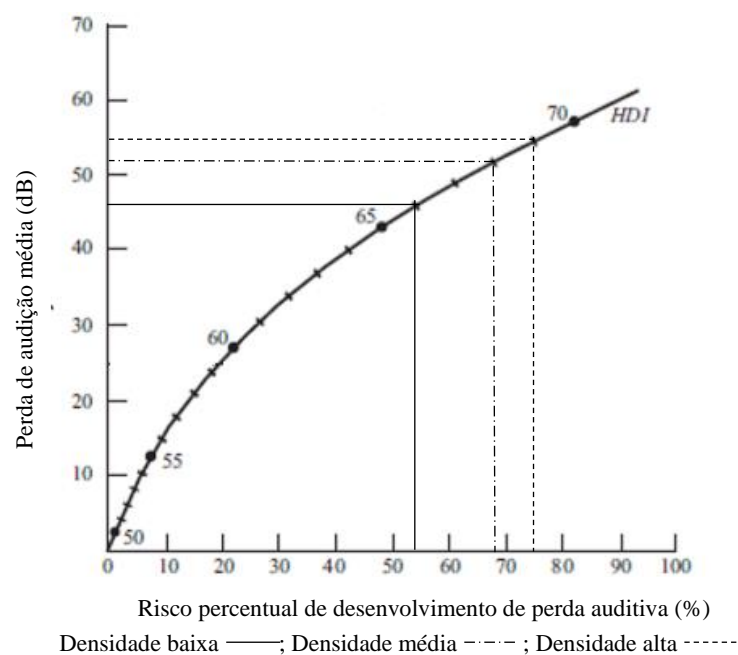
Tabela 13 – Valores de HDI para as três classes de densidade, no disco de serra com gume desgastado e sem desgaste.

Classe de densidade	Gume com desgaste		Gume sem desgaste	
	Nível Médio dB(A)	HDI	Nível Médio dB(A)	HDI
Alta	107	69	103	67
Média	105	68	102	66
Baixa	101	66	99	65

Fonte: Da autora (2019).

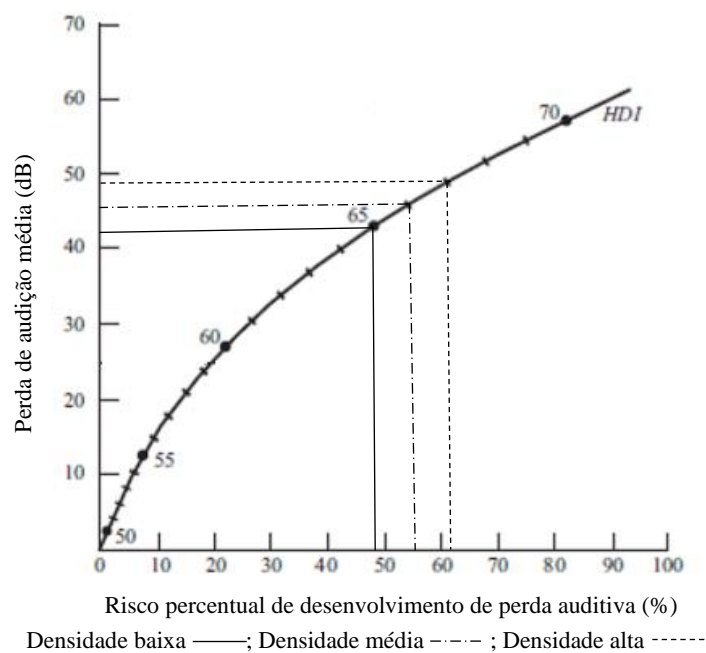
A partir da Figura 5 é possível determinar que, para as madeiras da classe de densidade alta no disco de serra com gume desgastado, nível médio de 107 dB(A), com 35 anos de exposição, o HDI de 69, significa que 75% dos trabalhadores poderão apresentar 55 dB(A) de perda de audição pela exposição ao nível de pressão sonora. Para as madeiras da classe de densidade média, o valor de HDI significa que 69% dos trabalhadores que estão envolvidos com operações na serra circular poderão apresentar perda de audição de 51 dB(A). Enquanto o menor valor encontrado, para as madeiras da classe de densidade baixa, representa que 54% da população deste ambiente laboral poderão apresentar 46 dB(A) de perda de audição.

Figura 5 – Perdas auditivas nos trabalhadores da indústria de processamento mecânico da madeira, na serra circular, com ferramenta de corte com gume desgastado, em função da exposição.



Enquanto, que pela Figura 6 é possível determinar que, para as madeiras da classe de densidade alta processadas com o disco de serra com gume sem desgaste, o nível médio de 103 dB(A), com 35 anos de exposição, o HDI de 67, significa que 61% dos trabalhadores poderão apresentar 49 dB(A) de perda de audição pela exposição ao ruído. Para as madeiras da classe de densidade média, o valor de HDI significa que 55% dos trabalhadores que estão envolvidos com operações na serra circular poderão apresentar perda de audição de 45 dB(A). Enquanto o menor valor encontrado, para as madeiras da classe de densidade baixa, representa que 49% da população deste ambiente laboral poderão apresentar 42 dB(A) de perda de audição.

Figura 6 - Perdas auditivas nos trabalhadores da indústria de processamento mecânico da madeira, na serra circular, com ferramenta de corte com gume sem desgaste, em função da exposição.



O HDI mostra como a falta de afiação da ferramenta pode interferir na população de trabalhadores expostos à situação similares ao deste trabalho. Para as madeiras da classe de densidade alta usinadas com o disco de serra com gume sem desgaste, 61% dos trabalhadores poderão apresentar 49 dB(A) de perda de audição, enquanto que para o disco de serra com gume desgastado esse número aumenta para 75% da população de trabalhadores com um risco de

perda de audição de 55 dB(A). Esse aumento corresponde a 23% da população de trabalhadores e 12% a mais em decibéis.

Os valores de perdas de audição média, independente na condição da ferramenta, demonstram o quanto o ruído no ambiente de trabalho pode ser prejudicial para a saúde auditiva dos trabalhadores. Ambientes que apresentam estas características requerem medidas de redução de ruído, assim como monitoramento auditivo dos funcionários e treinamento sobre a saúde auditiva e importância dos EPC.

5. CONCLUSÃO

- As classes de densidade da madeira e ferramentas de corte apresentaram diferença estatística significativa em relação ao nível de pressão sonora. As classes de densidade tiveram comportamento diretamente proporcional ao nível médio e à dose de ruído.
- Processamento mecânico com ferramenta de corte, os gumes desgastados apresentaram maior influência no aumento do nível de pressão sonora que as classes de densidades das madeiras, mostrando a importância de utilizar ferramentas com gumes afiados.
- O processamento das madeiras nas serras circulares com disco com gume desgastado apresentou nível de pressão sonora e dose de ruído superiores ao disco de serra com gume sem desgaste. Assim, pode-se indicar o aumento do ruído como indicativo da necessidade de afiação das ferramentas de corte, como medida de proteção coletiva.
- Os Índices de Deterioração Auditiva ficaram acima do sugerido por literatura, indicando risco de perda auditiva em ambientes com as características estudadas no trabalho e que não possuam medidas coletivas e, ou administrativas e, ou individuais.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma NBR 11941: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.

ANDRADE, A.C.A. **Investigação da energia de corte em madeiras de diferentes densidades básicas**. 2018. 32 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

BALAJI, R et al. Hearing Impairment and High Blood Pressure among Bus Drivers in Puducherry. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**. Vol-10(2), feb, 2016.

BIES, D. A.; HANSEN, C. H. Engineering noise control: theory and practice. 2 ed. New York: Spon Press - Taylor & Francis Group, 2002.

BISTAFA, S. R. **ACÚSTICA APLICADA AO CONTROLE DO RUÍDO**. 2ª edição. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2011.

BONDUELLE, A.; CRUZ, S. R.; SILVA, J. R. M. **Processo mecânico da madeira**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2002. 26p. (Notas de aula).

BRASIL. **Portaria nº 3.214 – Norma Regulamentadora 07**, de 8 de junho de 1978. Brasília, 2018. Disponível em: <<https://enit.trabalho.gov.br/>>. Acesso em: 11 out. 2019.

_____. **Portaria nº 3.214 – Norma Regulamentadora 09**, de 8 de junho de 1978. Brasília, 2017. Disponível em: <<https://enit.trabalho.gov.br/>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

_____. **Portaria nº 3.214 – Norma Regulamentadora 12**, de 8 de junho de 1978. Brasília, 2018. Disponível em: < <https://enit.trabalho.gov.br/>>. Acesso em: 05 jul. 2019.

_____. **Portaria nº 3.214 – Norma Regulamentadora 15**, de 8 de junho de 1978. Brasília, 2018. Disponível em: < <https://enit.trabalho.gov.br/>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

_____. **Portaria Nº 25, de 29 de dezembro de 1994**. Estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, dez. 1994. Seção 1, p. 21.278 e 21.280.

BROWN, H. P.; PANSIN, A. J.; FORSAITH, C. C. **Textbook of wood technology**. Londres, McGraw-Hill, 1949. 652p.

CAVALCANTE, J. P. et al. Análise dos Níveis de Ruído em Máquinas e a Relação com as Queixas de Sintomas Auditivos Apresentados pelos Trabalhadores de Moveleiras no Município de Palmeira dos Índios - Alagoas. **Revista Sodebras**, v. 10, p. 163-166, Ago, 2015.

CLÍMACO, R. S. C. **Conforto sonoro**. Brasília: UnB: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2003. 47 p. Notas de aula.

DARWIN, I.; GUNASEKARAN, J. Industrial Noise and Its Effects on Human. **International Journal of Engineering Science and Computing**. Bangalore, India, Vol 8, nº6, p.17960 – 17970, jun, 2018.

DURCAN, F. M.; BURDURLU, E. Effects of Some Machining Parameters on Noise Level in Planing of Some Wood Materials. **BioResources**, North Carolina State University 13(2), 2702-2714, 2018.

FACELLO, A. et al. The effect of knife wear on chip quality and processing cost of chestnut and locust fuel wood. **Biomass and Bioenergy**. Vol 59, December 2013, PAGES 468-476.

FARIAS, V. H. V. et al. Ocorrência de perda auditiva induzida pelo ruído em carpinteiros. **Revista CEFAC**. 14(3):413-422, mai – jun, 2012.

FERNANDES, M.; MORATA, T.C. Estudo dos efeitos auditivos e extra-auditivos da exposição ocupacional a ruído e vibração. **Rev Bras Otorrinolaringol**. Vol 68, nº5, SP, Out, 2002.

FIEDLER, N. C. et al. Avaliação ergonômica do ambiente de trabalho em marcenarias no sul do Espírito Santo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.34, n.5, p.907-915, 2010.

FIEDLER, N. C. et al. Influência da massa específica aparente da madeira no ruído produzido durante o processamento secundário: estudo de caso. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 2, p. 401-408, abr./jun 2009.

FIEDLER, N. C. et al. Otimização do layout de marcenarias no Sul do Espírito Santo baseado em parâmetros ergonômicos e de produtividade. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.33, n.1, p.161-170, 2009.

FIEDLER, N. C. et al. Análise de fatores ambientais em marcenarias no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.679–685, jan 2006.

FILIPE, A. P. et al. Avaliação de ruído em fábricas de móveis. **Cerne**, v. 20, n. 4, p. 551-556, 2014.

FUNDACENTRO. **Avaliação da exposição ocupacional ao ruído: Norma de Higiene Ocupacional 01: Procedimento Técnico**. São Paulo, 2001. 41 p.

GROOVER, M. P. **Introdução aos processos de fabricação** - Rio de Janeiro: LTC, 2016 p. 403-404

GUEDES, T.O. Consumo de energia específica de corte em madeiras de diferentes densidades em distintas umidades. 2016. 83p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Banco de dados de madeiras brasileiras**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

KVIETKOVÁ, M. et al. Effect of number of saw blade teeth on noise level and wear of blade edges during cutting of wood. **BioResources**, North Carolina State University 10(1), 1657-1666, 2015.

LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Estimativa da umidade de equilíbrio para madeiras em trinta e duas cidades de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 2, p. 272-276, 1995.

MACHADO, A. R. et al. **Teoria da usinagem dos materiais**. 3.º ed. São Paulo: Blucher, 2015, 407 p.

MINETTI, L.J. et al. Avaliação dos efeitos do ruído e da vibração no corte florestal com motosserra. **Revista Árvore**, Viçosa, v.22, n.3, p.325-330, 1998.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Boletim Epidemiológico**. Secretaria de Vigilância em Saúde – Volume 48 N° 18 – 2017. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/>>. Acesso em: 05. abr. 2019.

NATI, C. et al. Wood chips size distribution in relation to blade wear and screen use. **Biomass and Bioenergy**. Vol 34, Issue 5, Pages 583-587, May 2010.

NÉRI, A. C.; GONÇALVES, R.; HERNANDEZ, R. E. Forças de corte ortogonal 90-0 em três espécies de madeira de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 2, p. 239-244, maio 1999.

OLIVEIRA, R. M. S. et al. A ergonomia auxiliando a qualidade de vida no trabalho: uma abordagem para clientes internos de uma empresa da construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP, 2003. 1 CD-ROM.

REGIS, A.C.F.C; CRISPIM, K.G.M.; FERREIRA, A.P. Incidência e prevalência de perda auditiva induzida por ruído em trabalhadores de uma indústria metalúrgica, Manaus - AM, Brasil. **Revista CEFAC**. 16(5):1456-1462, set-out. 2014.

REHMAN, M. Z. et al. Predicting noise-induced hearing loss (NIHL) and hearing deterioration index (HDI) in Malaysian industrial workers using GDAM algorithm. **Journal of Engineering and Technology**, vol. 3 June 2012.

RIBEIRO, A.M. et al. Perda auditiva neurossensorial por exposição continuada a níveis elevados de pressão sonora em trabalhadores de manutenção de aeronaves de asas rotativas. **Revista Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 22(6):1217-1224, jun. 2006.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 01 fev. 2019

SALIBA, T. M. **Manual Prático de Avaliação e Controle do Ruído: PPRA**. 6ª edição. São Paulo: LTr, 2011.

SANTANA, V.S. Acidentes de trabalho: custos previdenciários e dias de trabalho perdidos. **Revista Saúde Pública**, 40(6):1004-12, 2006.

SILVA, C. R. et. al. Ergonomia: um estudo sobre sua influência na produtividade. **Revista de Gestão USP**, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 61-75, out-dez 2009.

SILVA, J. R. M. et al. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 479- 487, jul./ago. 2005.

SILVA, J. R. M. **Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden**. 2002. 179 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SOUZA, E;M. **Influência dos parâmetros de usinagem da madeira de *Eucalyptus* sp. no consumo de energia específica de corte em serra circular**. 2009. 63 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

TEIXEIRA, R. L. **Fatores do ambiente de trabalho durante o corte de painéis de fibras de média densidade (MDF) em indústrias moveleiras**. 2013. 109 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

VENTUROLI, F. et al. Avaliação do nível de ruído em marcenarias no Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 547-551, mar. 2003.

ZOBEL, B.J.; BUIJTENEN, J.P. **Wood variation: its causes and control**. Berlin: Springer-Verlag, 1989. 361p.