

RICARDO HIDEAKI MIYAJIMA

**AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO RUÍDO EM TEMPO INTEGRAL
ENTRE OPERADORES DE MÁQUINAS FLORESTAIS AUTOPROPELIDAS**

BOTUCATU
Dezembro - 2024

RICARDO HIDEAKI MIYAJIMA

**AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO RUÍDO EM TEMPO INTEGRAL
ENTRE OPERADORES DE MÁQUINAS FLORESTAIS AUTOPROPELIDAS**

Relatório de pós doutorado realizado na
Universidade Estadual Paulista
(UNESP), Faculdade de Ciências
Agronômicas, Campus de Botucatu.

Supervisor: Prof. Dr. Danilo Simões

BOTUCATU
2024

SUMÁRIO

Página

RESUMO	iii
1 INTRODUÇÃO	5
1.1 Objetivo	8
2 MATERIAL E MÉTODOS	9
2.1 Caracterização da área de estudo	9
2.2 Caracterização do sistema de colheita e máquinas	9
2.3 Parametrização da dosimetria	10
2.4 Delineamento estatístico	12
3 RESULTADOS	13
4 DISCUSSÃO	16
5 CONCLUSÃO	18
ORIENTAÇÕES	19
COMENTÁRIOS DO SUPERVISOR	20
REFERÊNCIAS	21

RESUMO

A avaliação da exposição ocupacional ao ruído por meio do critério estratégico de medição do dia inteiro, apresenta-se como adequada para gerir circunstâncias reais, intrínsecas aos sistemas mecanizados de colheita da madeira em florestas plantadas. Assim, teve-se como objetivo avaliar se a exposição ocupacional ao ruído em tempo integral entre operadores de máquinas florestais autopropelidas, empregadas na colheita de florestas plantadas de *Eucalyptus*, está em consonância com a legislação brasileira vigente no Brasil. Foram ponderadas no estudo oito máquinas florestais autopropelidas que compõem o sistema *full-tree* de colheita de madeira, portanto, realizam a derrubada das árvores, arraste dos feixes de árvores e processamento dos feixes de árvores. As dosimetrias foram coletadas em condições normais de trabalho. Assim, foi adotado o critério estratégico de medição de dia inteiro, com jornadas diárias de oito horas de trabalho. Os procedimentos para coleta do nível de pressão sonora seguiram as diretrizes da *Acoustics - Determination of Occupational Noise Exposure - Engineering Method*. Os níveis de ruído foram analisados conforme as diretrizes constituídas pela legislação brasileira para fins trabalhistas que tratam de operações insalubres. Quanto ao critério de nível de ação, o qual estabelece o limite de exposição ao ruído ocupacional com vistas às ações preventivas, foi adotado a metade da dose como nível de ação de 80 dB(A), ademais, foram estimados o risco da perda auditiva durante a atividade laboral, o nível médio de exposição diária ao ruído ocupacional e, a exposição diária máxima permitida. Foram estabelecidos grupos homogêneos para a comparação entre os operadores das máquinas florestais autopropelidas, alocando-os por operação, conforme preconizado pela *International Organization for Standardization*.

Palavras chave: Ergonomia, saúde do operador, máquinas florestais, ruído ocupacional.

1 INTRODUÇÃO

O ruído é a denominação referente à pressão sonora que um som indesejável provoca, sendo este, uma oscilação longitudinal com variações de pressões nos meios líquidos, sólidos e gasosos. O nível de pressão sonora representa a percepção auditiva de volume, no qual o ouvido humano é preparado para identificar impulsos com frequências de 20 a 20.000 Hz. (FILIPE et al., 2014; HU et al., 2017; DONOFRE; SILVA; CASTRO JUNIOR, 2018; SHENDE; DEOGHARE; PANDEY, 2018; PETRONE et al., 2019).

A exposição ocupacional ao ruído é um dos principais fatores de risco que pode influenciar direta ou indiretamente na comunicação, no sono, pode contribuir para a perda auditiva, morbidade e mortalidade, aumento do nível de estresse físico, aumento na diabetes e doenças psicológicas, desempenho e eficiência dos trabalhadores, transformando-se em um distúrbio permanente ou temporário. Desta maneira, os efeitos maléficos do ruído combinados, podem sobrecarregar o sistema cardiovascular e comprometer a saúde dos operadores de máquinas florestais autopropelidas (PARSONS, 2000; AYBEK; KAMER; ARSLAN, 2010; BILSKI, 2013; PROTO et al., 2016; JAAFAR et al., 2017; AZADBONI et al., 2018; JANKOVSKY et al., 2018; NYARUBELI et al., 2018).

Dentre as fontes geradoras de ruído, têm-se as máquinas florestais autopropelidas empregadas na colheita de madeira (CAMARGO et al., 2021). De acordo com Balanay, Kearney e Mannarino (2016) e Lee, Kim e Hong (2019) algumas máquinas florestais autopropelidas podem expor os operadores a doses de ruídos mais elevadas do que outros em decorrência, por exemplo, da duração das atividades, tempo de vida útil das constituintes mecânicas e frequência de manutenções.

Para cada sistema de colheita mecanizada de madeira empregam-se diferentes conjuntos de máquinas florestais autopropelidas (WU; WANG; MCNEEL, 2011). Como exemplo, destaca-se o *feller-buncher*, o *grapple skidder* e o *grapple saw*, empregadas no sistema de colheita de árvores inteiras ou *full-tree* (ZINKEVICIUS; VITUNSKAS, 2013; GERASIMOV; SOKOLOV; SYUNEV, 2013; BORZ; IGNEA; VASILESCU, 2014; SAMPIETRO; LOPES; REICHERT, 2015; MIYAJIMA et al., 2016).

O *feller-buncher* possui máquina base em uma cabine móvel e sistema articulável extensível, além de um cabeçote de corte de disco, sabre ou tesoura (MALINOVSKI et al., 2006; LIMA et al., 2008). O termo *feller-buncher* faz referência

ao movimento realizado pela máquina florestal autopropelida, ou seja, a derrubada e a alocação das árvores em feixes sobre o solo (BELL, 2002; SCHWEIER et al., 2015; ABBAS; HANDLER, 2018). Após a derrubada, o *feller-buncher* aloca as árvores no meio das entrelinhas, alinhadas com a direção da extração, a uma distância segura das linhas de árvores em pé (ROCHA et al., 2009; MAGAGNOTTI et al., 2012; BELL; KEEFE; FRIED, 2017).

O *grapple skidder* é uma máquina florestal autopropelida que pode ser empregada em conjunto com o *feller-buncher* no sistema *full-tree*. A função do *grapple skidder* é o arraste dos feixes de árvores, por meio de compressão dos feixes de árvores, deslocando-os do interior do talhão até as margens das estradas florestais ou pátio intermediário (FREITAS et al., 2011; JAAFARI; NAJAFI; ZENNER, 2014; WALSH; STRANDGARD, 2014; EZZATI et al., 2015; MASUMIAN; NAGHDI; ZENNER, 2017; SEALEY; REES, 2019).

O *grapple saw* é uma máquina florestal autopropelida com rodados de esteira, braço hidráulico, equipado com sabre para processamento dos feixes de árvores (FIEDLER; ROCHA; LOPES, 2008; LOPES et al., 2008; SIMÕES; FENNER; ESPERANCINI, 2014, MIYAJIMA et al., 2020). As operações são realizadas nas margens das estradas florestais, próximas aos feixes de árvores. O braço hidráulico vazio é direcionado no sentido dos feixes, para posterior processamento, classificação, organização e limpeza das toras (KIZHA; HAN, 2016, WHALLEY; KLEIN; BENJAMIN, 2017).

Sob o ponto de vista ergonômico, as máquinas florestais autopropelidas que compõem o sistema *full-tree* pode ser compreendido em um ambiente laboral com a presença de agentes físicos, como exemplo, o ruído ocupacional e, de acordo com Yovi e Yamada (2019), caracterizado como ambiente laboral insalubre.

Diante dos riscos ocupacionais, aos quais os operadores de máquinas florestais autopropelidas estão expostos, políticas de proteção à saúde a fim de analisar os níveis de ruído e controlar as fontes geradoras, avaliações periódicas das formas de propagação e receptores e implementação das ações de segurança, devem ser adotadas para controlar o ruído do ambiente laboral (CANFENG; SHUJIE; DONG, 2012; NEITZEL et al., 2013; KURT et al., 2017; KERDONFAG; WADWONGTHAM; TANEERANICHSKUL, 2019; LAI; HUANG, 2019; NYARUBELI et al., 2019; SELANDER et al., 2019).

No entendimento de Brown e Kamp (2017) e Guski et al. (2017) quando há exposição dos operadores de máquinas florestais autopropelidas ao ruído ocupacional por longos períodos no âmbito laboral, ocorrem fadigas, diminuição da produtividade, oscilações de humor, disfunção do sono, falta de motivação e foco.

Segundo Dias e Cordeiro (2007), a exposição ao ruído ocupacional está estatisticamente associada com a ocorrência de acidentes no âmbito laboral. Oishi e Schachat (2011), Guo et al. (2018) e Nyarubeli et al. (2018) corroboram que a exposição ao ruído ocupacional resulta em distúrbios temporários à permanentes, como a perda auditiva induzida por ruído, a qual provoca traumas acústicos e inflamação dos canais auditivos.

Os distúrbios mais comuns podem ser a perda auditiva induzida por ruído ocupacional (PAIRO) o qual se desenvolve ao longo dos anos de exposição ao ruído no âmbito laboral, a percepção dos operadores sobre a capacidade de se concentrar nas atividades laborais, aumento no nível de estresse, ansiedade, irritabilidade, depressão, comprometimento da qualidade do sono, doenças cardiovasculares e aumento de ocorrência de acidentes no âmbito laboral (AZOULAY et al., 2005; OISHI; SCHACHAT, 2011; JORGENSEN, 2016; GUO et al., 2018; RADUN; HONGISTO; SUOKAS, 2019; SANDER; CAZA; JORDAN, 2019; BEGOU; KASSOMENOS; KELESSIS, 2020).

Assim a percepção de risco é de vital importância para os operadores, pois eles não percebem a curto prazo as consequências da exposição ao ruído e por isso é um elemento importante na detecção e implantação de ações mitigadoras (ALBIZU et al., 2013; PRELL et al., 2020; SOYLEMEZ; MUJDECI, 2020).

Nesta perspectiva, Potočnik et al. (2009), Potočnik e Poje (2017), Landekić et al. (2019), Naskrent et al. (2020), Routa et al. (2020) e Spinelli et al. (2020) sugerem a adoção de mecanismos que permitam diminuir a exposição dos operadores aos níveis de ruídos emitidos, visando à proteção da saúde e segurança dos operadores por meio de tomadas de decisões.

Dentre os mecanismos, têm-se o controle e a implementação de medidas preventivas e preditivas, a partir das avaliações dos dados obtidos a campo, sobretudo, pautado na hipótese que, os níveis de ruído ocupacional emitidos por máquinas florestais autopropelidas durante a jornada diária de trabalho, são superiores aos limites estabelecidos na legislação brasileira, expondo os operadores à condição insalubre. Portanto, justifica-se a investigação científica, pois poderá

propiciar contribuições à literatura acadêmica e embasar ações eficientes e educativas a serem todas pelos gestores.

1.1 Objetivo

Avaliou se a exposição ocupacional ao ruído em tempo integral entre operadores de máquinas florestais autopropelidas, empregadas na colheita de florestas plantadas de *Eucalyptus*, está em consonância com a legislação brasileira vigente no Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

Os dados foram coletados em uma empresa de base florestal na região sudeste do Brasil a qual a madeira produzida destina-se a fabricação de chapas de fibras de MDF e MDP. A fazenda em que foi coletado os dados está localizada nas seguintes coordenadas geográficas (23°06' S, 48°15' O), com clima da região classificado segundo Köppen-Geiger como Cfa clima subtropical úmido e altitude de 617,26 metros. Com uma estação chuvosa no verão e seca no inverno, com temperatura média do mês mais quente superior a 22° C (ALVARES et al., 2014).

A floresta plantada de *Eucalyptus* possuía espaçamento 3 m × 2 m, com 6,5 anos de idade, em primeira rotação, com diâmetro a altura do peito (DAP) médio de 14,52 cm, altura média 22,45 m e volume médio individual de 0,20 m³, conduzido sob regime de alto fuste. O estudo foi conduzido em um único talhão com declividade de 3 a 8 % (suave ondulado) e com um solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (SANTOS et al., 2018).

2.2 Caracterização do sistema de colheita e máquinas

O sistema de colheita florestal era de árvores inteiras (*full tree*) e foram avaliadas três máquinas autopropelidas com cabeçote de corte de disco *feller-buncher*, três grapple skidders o qual realizaram a extração da madeira e duas grapple saw que realizaram o traçamento da madeira.

Os três *feller buncher* (*John Deere 903M*, *Deere & Company*, Dubuque, EUA), com potência nominal do motor de 246 kW, rodados de esteira, massa operacional de aproximadamente 31.330 Kg, equipado com cabeçote FR-50, com capacidade de área de acúmulo de 0,64 m².

Os três *grapple skidder* (*John Deere 948L*, *Deere & Company*, Dubuque, EUA), com potencia líquida do motor nominal de 210 kW, rodados de pneus com 35,5 milímetros de largura e 32 polegadas de raio, com pressão de 45 bar, massa operacional de aproximadamente 22.416 Kg, equipado com um implemento do tipo garra, com 2,07 m² de capacidade de acúmulo de carga.

As duas *grapple saw* (John Deere 350G LC, Deere & Company, Indaiatuba, BR), com potencia nominal do motor de 202 kW, rodados de esteiras, massa operacional de aproximadamente 36.180 Kg, equipado com uma garra da marca Potenza, modelo GTR135, com capacidade de área de 1,35m² e peso de 2.500 Kg.

2.3 Parametrização da dosimetria

As dosimetrias foram coletadas em condições normais de trabalho. Assim, foi adotado o critério estratégico de medição de dia inteiro, com jornadas diárias de oito horas de trabalho, com pausas de uma hora para almoço, ou ainda, tempos adicionais para tolerâncias decorrentes de necessidades fisiológicas ou interrupções mecânicas.

Com vista à mensuração do nível de pressão sonora recebido pelo ouvido dos operadores de máquinas florestais autopropelidas, foi utilizado um medidor integrador de uso pessoal, da marca Instrutherm, modelo DOS-500 com certificado de calibração vigente.

Os procedimentos para coleta do nível de pressão sonora seguiram as diretrizes da *Acoustics - Determination of Occupational Noise Exposure - Engineering Method* (ISO: 9612:2009), de acordo com a *International Organization for Standardization* (2018).

As respostas do nível de pressão sonora obtidas foram expressas em decibéis (dB), mensurados a cada 60 segundos, ajustados à curva A, por ser a ponderação necessária para simular o ruído recebido pelo ouvido humano conforme Boger et al. (2009). As respostas receptivas pelos aparelhos, foram limitadas a valores mínimos de 35 dB(A) e máximos de 140 dB(A), dada a faixa de medição do medidor integrador de uso pessoal. O circuito de reposta adotado foi o *slow*, dada a empregabilidade em situações que ocasionam oscilações de níveis de pressão sonora.

Os níveis de ruído foram analisados conforme as diretrizes constituídas pela legislação brasileira para fins trabalhistas que tratam de operações insalubres. Portanto, foi admitida a Norma Regulamentadora N. 15 - Anexo N. 1, que estabelece limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente conforme Brasil (1978a). O critério de referência adotado como limite de exposição para jornada diária de oito horas de trabalho foi de 85 dB(A).

Quanto ao critério de nível de ação, o qual estabelece o limite de exposição ao ruído ocupacional com vistas às ações preventivas, foi adotado a metade da dose

como nível de ação de 80 dB(A) para o agente físico ruído, conforme a Norma Regulamentadora N. 9 Brasil (1978b) portaria SEPRT n.º 6.735, de 10 de março de 2020 e pela *Directive 2003/10/CE of the European Parliament and the Council* (2003).

Pautado na Norma Regulamentadora N. 1733 - Anexo N. 6 (PORTUGAL, 1981) foi estimado o risco da perda auditiva durante a atividade laboral, ponderando o tempo de experiência profissional e o limiar de exposição, com vista à proteção da audição dos operadores.

Deste modo, para obtenção do nível de pressão sonora foi adotada a Equação 1 conforme Kuehn (2009).

$$NPS = 20 \log \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (1)$$

em que:

NPS é o nível de pressão sonora;

P é a pressão sonora sendo medida;

P_0 é a pressão sonora de referência (padronizado em 2×10^{-5} Pascal).

Por conseguinte, foi estimado o nível médio de exposição diária ao ruído ocupacional (Equação 2), recomendada pela Norma Regulamentadora N.15 (BRASIL, 1978a) para o fator de incremento de dose de 5.

$$L_{avg} = 16,61 \log \left[\frac{D \times T_C}{100 \times T_M} \right] + LC \quad (2)$$

em que:

L_{avg} é o nível médio de exposição diária ao ruído ocupacional;

D é a dose diária de ruído projetada para 8 horas;

T_C é o período do nível base do critério de avaliação (8 horas);

T_M é o tempo de medição;

LC é o nível base do critério, igual a 85 dB(A).

A exposição diária máxima permitida foi obtida por meio da Equação 3, adaptada dos padrões *National Institute for Occupational Safety and Health* (1998)

para exposição a ruído ocupacional, considerando o nível de ação da Norma Regulamentadora N. 9 (BRASIL, 1978b) e o fator de incremento de dose de 5 disposto em BRASIL (1978a).

$$MEDP = \frac{480}{2^{(L_{avg}-80)/5}} \quad (3)$$

em que:

$MEDP$ é a máxima exposição diária permissível.

O nível de ruído que o ouvido do operador captura, após atenuação propiciada por meio da utilização dos dispositivos de proteção auditiva conforme o nível de atenuação dos dispositivos de proteção auditiva (SCHULZ, 2011), foi estimado por meio da Equação 4.

$$NP = L_{avg} - NRRsf \quad (4)$$

em que:

NP é o nível de ruído estimado que chega ao ouvido do operador em dB(A);

$NRRsf$ é o nível de atenuação dos dispositivos de proteção auditiva.

2.4 Delineamento estatístico

Para a análise estatística foi adotado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), assumindo como tratamentos as máquinas florestais (3 *feller bunchers*, 3 *grapple skidders* e 2 *grapple saws*) para os níveis de ruído coletados durante a jornada de trabalho das máquinas.

Em seguida as amostras das máquinas florestais foram submetidas ao teste de *Lilliefors* para verificação dos pressupostos de normalidade e homoscedasticidade (BARTLETT, 1937; LILLIEFORS, 1969).

Por se tratarem de dados não paramétricos, foi aplicado o teste *Friedman*, isto é, comparar mais de dois grupos relacionados ou dependentes, para verificar se existe diferença estatística significativa entre os dados de ruído das máquinas florestais a

um nível de significância de 5.00% (FRIEDMAN, 1937), por meio da utilização do software R (R Development Core Team, 2021).

3 RESULTADOS

Ao analisar os valores da dosimetria dos três *feller buncher* avaliados, pode-se verificar que em nenhuma das máquinas autopropelidas constatou-se uma diferença estatisticamente significativa para os valores de ruído coletados durante a operação de derrubada de madeira de *eucalyptus* (Figura 1).

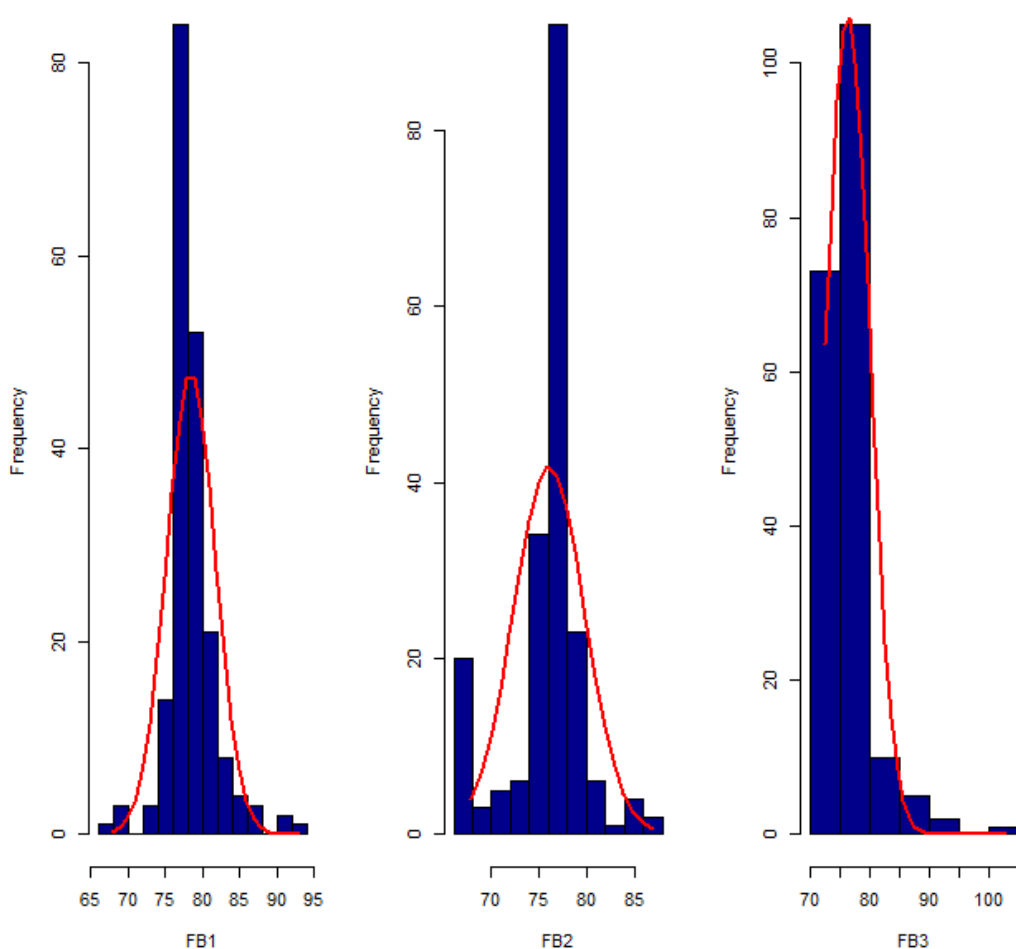


Figura 1: Histograma do ruído emitido pelos *feller buncher*.

Dentre as três máquinas autopropelidas analisadas o maior valor de ruído foi de 102,2 dB(A) para o *feller buncher* 3, seguido do *feller buncher* 1 com 92,9 dB(A) e um valor máximo de ruído de 87,7 dB(A) para o *feller buncher* 2, no entanto, estes valores ocorreram em pontos específicos.

Para os *grapple skidder* analisados, constatou-se os valores da dosimetria (Figura 2) em que apenas os valores para o *grapple skidder* 1 e para o *grapple skidder* 2 apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si.

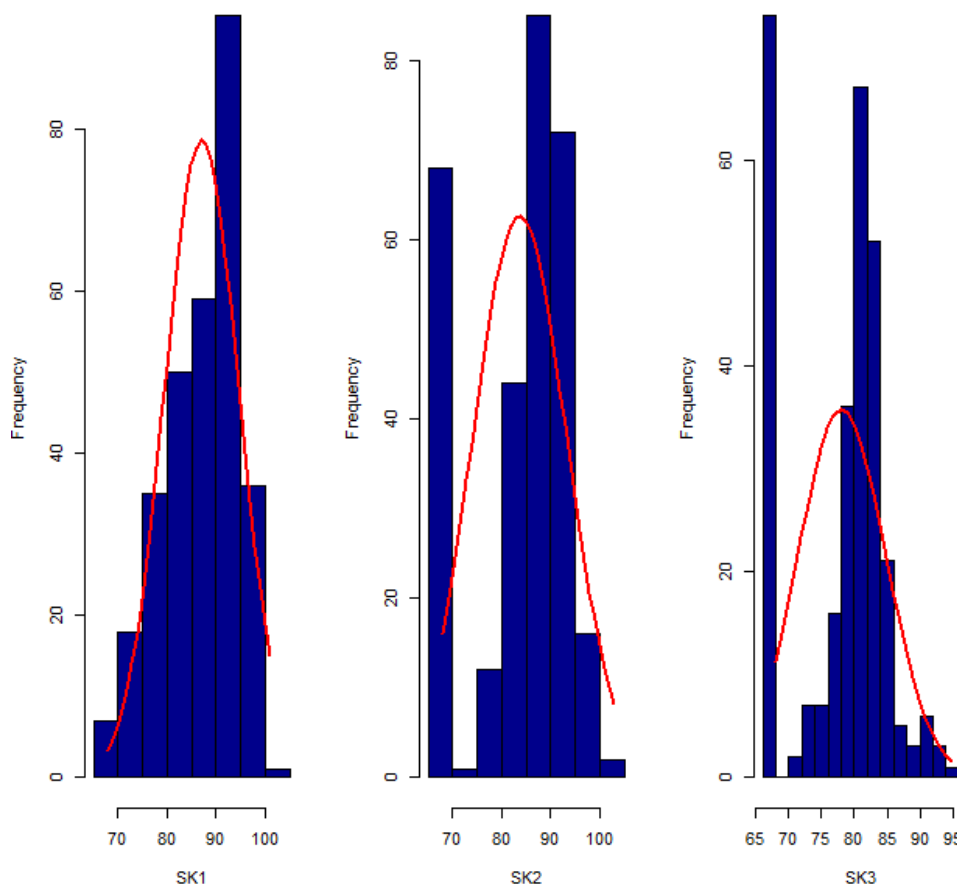


Figura 2: Histograma do ruído emitido pelos *grapple skidder*.

Dentre os três *grapple skidder* analisados, o *grapple skidder* 1 apresentou um valor máximo de ruído de 101,6 dB(A), para o *grapple skidder* 2 constatou-se um valor máximo de ruído de 103,2 dB(A) e um valor de ruído máximo de 95 dB(A) para o *grapple skidder* 3.

Ao considerar os valores da dosimetria para as duas *grapple saw*, não foi constatada diferença estatisticamente significativa (Figura 3).

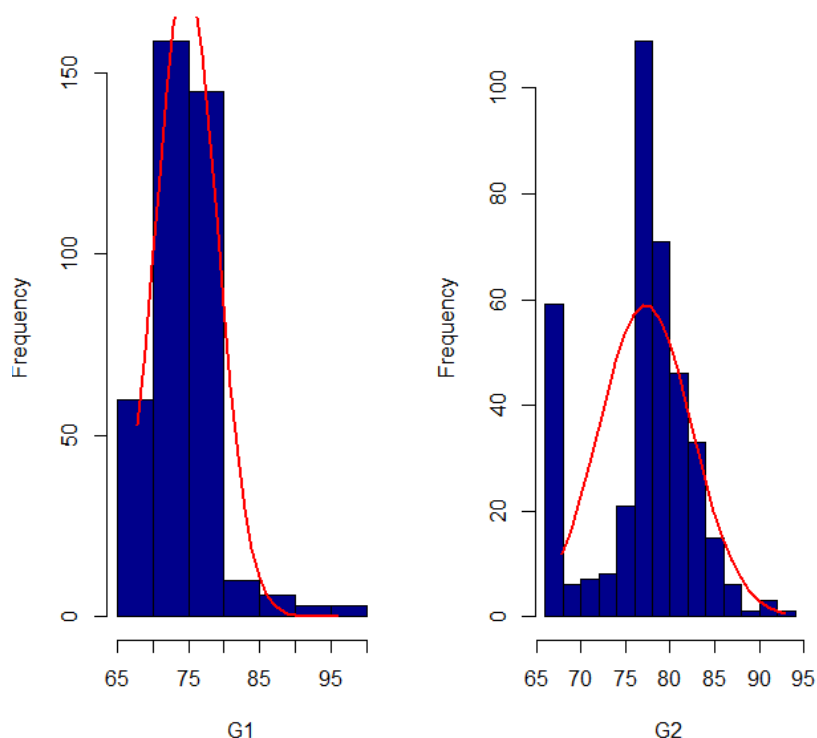


Figura 3: Histograma do ruído emitido pelas *grapple saw*.

Dentre as duas *grapple saw* analisadas, a *grapple saw* 1 apresentou um valor máximo de ruído de 95,5 dB(A) e um valor de ruído máximo de 92,9 dB(A) para a *grapple saw* 2.

Os valores do nível médio de exposição diária ao ruído ocupacional (L_{avg}), máxima exposição diária permissível (MEDP) e nível de ruído estimado que chega ao ouvido do operador (NP) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médio de exposição diária, máxima exposição diária permissível e nível de ruído das máquinas autopropelidas.

Máquinas	L_{avg} (dBA)	MEDP (h)	NP (dBA)
FB1	84,58	8,47	64,58
FB2	83,48	9,88	63,48
FB3	84,91	8,10	64,91
SK1	90,94	3,51	70,94
SK2	88,55	4,89	68,55
SK3	83,29	10,15	63,29
GT1	83,52	9,82	63,52
GT2	83,46	9,90	63,46

4 DISCUSSÃO

Os avanços tecnológicos ocorrem constantemente nas mais diversas áreas do setor florestal, não sendo diferente para as máquinas utilizadas nas operações de colheita de madeira, diversos pontos positivos no âmbito técnico-operacional são verificados na realização das operações. Com estes avanços do ponto de vista técnico-operacional, a saúde e o bem-estar dos operadores tornam-se essenciais a fim de minimizar e evitar problemas de caráter de saúde bem como as doenças ocupacionais.

Diante a estas ponderações as avaliações do ponto de vista ergonômico tornam-se um quesito de importância para todos os envolvidos, isto é, avaliações do agente físico ruído em que os operadores de máquinas estão expostos durante a sua jornada diária de trabalho. Fato corroborado por Fernandes et al. (2011) e Fonseca et al. (2015) a importância da avaliação do ruído na saúde do operador de máquinas florestais.

Os valores de ruído constatados para os três *feller buncher* não excederam o valor de 85 dB(A), ou seja, estes valores estão de acordo com a Norma Regulamentadora N. 15 - Anexo N. 1 Brasil (1978a) o que permite que os operadores da máquina autopropelida *feller-buncher* estejam expostos a uma jornada de trabalho de 8 horas sem que seja necessário adotar paradas durante as atividades. Resultados semelhantes constatados nos trabalhos realizados por Silva et al. (2003) e McLain et al (2021), já para Minette et al. (2007) e Camargo et al. (2022) constataram que alguns dos *feller buncher* analisados excederam o valor limite de ruído.

Ao analisar os valores de ruído para os três *grapple skidder* constatou-se que apenas para o *grapple skidder* 1 o valor médio da dosimetria foi de 86,31 dB(A) e para os outros dois *grapple skidder* os valores médios da dosimetria estão de acordo com a Norma Regulamentadora. Em estudos realizados por Seixas et al. (1999) verificaram que os níveis de ruído para o *grapple skidder* estavam condizentes com a normativa. O mesmo fato foi observado para os valores de ruído para as duas *grapple saw* as quais não excederam o valor de 85 dB(A).

O nível médio de exposição diária ao ruído ocupacional para as máquinas autopropelidas apresentaram valores acima do permitido para o *grapple skidder* 1 e para o *grapple skidder* 2, o que condiz com a adoção de paradas estratégicas durante a jornada de trabalho ou até mesmo a redução da carga horária, uma vez que alguns

sintomas como tontura, dor de cabeça, perda auditiva, stress, falta de concentração entre outros, estão associados aos efeitos danosos a saúde do colaborador(POJE et al., 2019; YOVI et al., 2019; IFTIME et al., 2020).

Diante aos valores do nível médio de exposição diária ao ruído ocupacional para ambos os *grapple skidder* como forma corretiva e preventiva pode ser realizado a adoção de equipamentos de proteção individual (EPI`s) como por exemplo o uso do protetor auricular do tipo concha, em que este tipo de EPI foi constatado o uso por parte dos colaboradores, desta maneira permite a atenuação direta da ação do ruído para os operadores da máquina autopropelida *grapple skidder*.

5 CONCLUSÃO

A exposição ocupacional ao agente físico ruído é essencial para avaliar os seus impactos na saúde e bem estar dos operadores das máquinas autopropelidas empregadas no sistema de colheita *full tree*.

Dentre as máquinas analisadas, o *grapple skidder* apresentou os valores do nível médio de exposição diária ao ruído ocupacional acima do permitido pela Norma Regulamentadora.

ORIENTAÇÕES

O discente participou de forma direta na coorientação de um aluno de pós-graduação a nível de doutorado do discente Gilberto Pereira.

COMENTÁRIOS DO SUPERVISOR

O discente teve uma participação ativa no desenvolvimento das atividades propostas relacionadas ao projeto, atentando-se para a observância dos prazos e das ações demandadas para a concretização do projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABBAS, D.; HANDLER, R. M. Life-cycle assessment of forest harvesting and transportation operations in Tennessee. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 176, p. 512-520, 2018.

ALBIZU, P. M.; TOLOSANA-ESTEBAN, E.; ROMAN-JORDAN, E. Safety and health in forest harvesting operations. Diagnosis and preventive actions. A review. **Forest Systems**, Madrid, v. 22, n. 3, p. 392-400, 2013.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014

AYBEK, A.; KAMER, H. A.; ARSLAN, S. Personal noise exposures of operators of agricultural tractors. **Applied Ergonomics**, Oxford, v. 41, n. 2, p. 274-281, 2010.

AZADBONI, Z. D.; TALARPOSHTI, R. J.; GHALJAH, M.; MEHRI, A.; AARABI, S.; POURSADEGHIYAN, M.; ABBASI, M. Effect of occupational noise exposure on sleep among workers of textile industry. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, Delhi, v. 12; n. 3; p. 18-21, 2018.

AZOULAY, E.; POCHARD, F.; KENTISH-BARNES, N.; CHEVRET, S.; ABOAB, J.; ADRIE, C.; ANNANE, D.; BLEICHNER, G.; BOLLAERT, P. E.; DARMON, M.; FASSIER, T.; GALLIOT, R.; GARROUSTE-ORGEAS, M.; GOULENOK, C.; GOLDGRAN-TOLEDANO, D.; HAYON, J.; JOURDAIN, M.; KAIDOMAR, M.; LAPLACE, C.; LARCHE, J.; LIOTIER, J.; PAPAIZIAN, L.; POISSON, C.; REIGNIER, J.; SAIDI, F.; SCHLEMMER, B. Risk of Post-traumatic Stress Symptoms in Family Members of Intensive Care Unit Patients. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, New York, v. 171, n. 9, p. 987-994, 2005.

BALANAY, J. A. G.; KEARNEY, G. D.; MANNARINO, A. J. Assessment of occupational noise exposure among groundskeepers in North Carolina public universities. **Environmental Health Insights**, London, v. 10, p. 83-92, 2016.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Royal Society of London. Proceedings A. Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, Colchester, v. 160, n. 901, p. 268-282, 1937.

BEGOU, P.; KASSOMENOS, P.; KELESSIS, A. Effects of road traffic noise on the prevalence of cardiovascular diseases: The case of Thessaloniki, Greece. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 703, 134477, 2020.

BELL, C. K.; KEEFE, R. F.; FRIED, J. S. Validation of the OpCost logging cost model using contractor surveys. **International Journal of Forest Engineering**, New York, v. 28, n. 2, p. 73-84, 2017.

BELL, J. L. Changes in logging injury rates associated with use of feller-bunchers in West Virginia. **Journal of Safety Research**, Oxford, v. 33, n. 4, p. 463-471, 2002.

BILSKI, B. Exposure to audible and infrasonic noise by modern agricultural tractors operators. **Applied Ergonomics**, Oxford, v. 44, n. 2, p. 210-214, 2013.

BOGER, M. E.; BARBOSA-BRANCO, A.; OTTONI, Á. C. The noise spectrum influence on Noise-Induced Hearing Loss prevalence in workers. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**. São Paulo, v. 75, n. 3, p. 328–334, 2009.

BORZ, S. A.; IGNEA, G.; VASILESCU, M. M. Small Gains in Wood Recovery Rate when Disobeying the Recommended Motor-Manual Tree Felling Procedures: Another Reason to Use the Proper Technical Prescriptions. **BioResources**, Raleigh, v. 9, p. 6938-6949, 2014.

BRASIL. **Portaria nº 3.214, de 8 de julho de 1978**. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora nº 15 - Atividade e Operações Insalubres. Anexo nº 1 - Limites de Tolerância para Ruído contínuo ou Intermitente. Brasília, 1978a.

BRASIL. **Portaria nº 3.214, de 8 de julho de 1978**. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora nº 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Brasília, 1978b.

BRASIL. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012**. Ministério da Saúde. Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisas Envolvendo Seres Humanos. Brasília, 2012.

BROWN, A. L.; KAMP, I. V. WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review of transport noise interventions and their impacts on health. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v. 14, n. 8, p. 873, 2017.

CAMARGO, D. A.; MUNIS, R. A.; SIMÕES, D. Investigation of exposure to occupational noise among forestry machine operators: a case study in Brazil. **Forests**, Basel, v. 12, n. 299, p. 1-12, 2021.

CANFENG, Z.; SHUJIE, Y.; DONG, L. Comprehensive control of the noise occupational hazard in cement plant. **Procedia Engineering**, Amsterdam, v. 43, p.186-190, 2012.

CASTRO, L. C. V.; 1; FRANCESCHINI, S. C. C.; PRIORE, S. E.; PELÚZIO, M. C. G. Nutrição e doenças cardiovasculares: os marcadores de risco em adultos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 1-9, jul/set. 2004.

DIAS, A.; CORDEIRO, R. Attributable fraction of work accidents related to occupational noise exposure in a Southeastern city of Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 7, p. 1649-1655, jul. 2007.

DIRECTIVE 2003/10/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. Of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise).

Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0010&from=ro>. Acesso em: 02 mar. 2021.
DONOFRE, A. C.; SILVA, I. J. O.; CASTRO JÚNIOR, S. L. The sensor to estimate the sound pressure level in eggs. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 154, p. 420-425, 2018.

EZZATI, A.; NAJAFI, A.; YAGHINI, M.; HASHEMI, A. A.; BETTINGER, P. An optimization model to solve skidding problem in steep slope terrain. **Journal of Forest Economics**, Amsterdam, v. 21, p. 250-268, 2015.

FERNANDES, H.C.; de BRITO, A.B.; MINETTE, L.J.; LEITE, D.M.; LEITE, E.D. Application of ergonomic index indices in the evaluation of the cabin of a forest tractor "Feller-Buncher". **Sci. For.** v. 39, p. 273–281, 2011.

FIEDLER, N. C; ROCHA, E. B.; LOPES, E. S. Análise da produtividade de um sistema de colheita de árvores inteiras no norte do estado de goiás. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 4, p. 577-586, out./dez. 2008.

FILIPPE, A. P.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; FIEDLER, N. C.; RABELO, G. F.; BOTRE, D. A. Avaliação de ruído em fábricas de móveis. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 4, dez. 2014.

FONSECA, A.; AGHAZADEH, F.; de HOOP, C.; IKUMA, L.; AL-QAISI, S. Effect of noise emitted by forestry equipment on workers' hearing capacity. **Int. J. Ind. Ergon.** v. 46, p. 105–112, 2015.

FREITAS, L. C.; MACHADO, C. C.; SILVA, E.; SILVA, M. L.; LEITE, A. M. P.; FERNANDES, H. C. Avaliação ambiental do processo de inovação tecnológica na colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 2, mar./abr. 2011.

FRIEDMAN, M. The Use of Ranks to Avoid the Assumption of Normality Implicit in the Analysis of Variance. *J. Am. Stat. Assoc.* **1937**, 32, 675–701

GERASIMOV, Y.; SOKOLOV, A.; SYUNEV, V. Development Trends and Future Prospects of Cut-to-Length Machinery. **Advanced Materials Research**, Baech, v. 705, p. 468-473, 2013.

GUO, H.; DING, E.; SHENG, R.; CHENG, J.; CAI, W.; GUO, J.; WANG, N.; ZHANG, H.; ZHU, B. Genetic variation in KCNQ4 gene is associated with susceptibility to noise-induced hearing loss in a Chinese population. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, Amsterdam, v. 63, p. 55-59, 2018.

GUO, H.; DING, E.; SHENG, R.; CHENG, J.; CAI, W.; GUO, J.; WANG, N.; ZHANG, H.; ZHU, B. Genetic variation in KCNQ4 gene is associated with susceptibility to noise-induced hearing loss in a Chinese population. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, Amsterdam, v. 63, p. 55-59, 2018.

GUSKI, R.; SCHRECKENBERG, D.; SCHUEMER, R. WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and annoyance. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v. 14, n. 12, p. 1539, 2017.

HU, S.; MU, Y.; LIU, G.; ZHANG, L. Research on effecting mechanism of environmental parameters on human ear. **Building and Environment**, Amsterdam, v. 118, p. 289-299, 2017.

IFTIME, M.D.; DUMITRASCU, A.E.; DUMITRASCU, D.I.; CIOBANU, V.D. Na investigation on major physical hazard exposures and health effects of forestry vehicle operators performing wood logging processes. **International journal of industrial ergonomics**. v.80, p. 1-11, 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Dados históricos anuais. 2021. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 05 maio. 2021.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Acoustics - Determination of occupational noise exposure - Engineering method (ISO 9612:2009)**. Geneva, Switzerland. 2018.

JAAFAR, N. I.; DAUD, M. K. M.; MOHAMMAD, I.; RAHMAN, N. A. Noise-induced hearing loss in grass-trimming workers. **Egyptian Journal of Ear, Nose, Throat and Allied Sciences**, Cairo, v. 18, n. 3, p. 227-229, 2017.

JAAFARI, A.; NAJAFI, A.; ZENNER, E. Z. Ground-based skidder traffic changes chemical soil properties in a mountainous Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest in Iran. **Journal of Terramechanics**, Oxford, v. 55, p. 39-46, 2014.

JANKOVSKY, M.; MERGANIC, J.; ALLMAN, M.; FERENCIK, M.; MESSINGEROVA, V. The cumulative effects of work-related factors increase the heart rate of cabin field machine operators. **International Journal of Industrial Ergonomics**, Amsterdam, v. 65, p. 173-178, 2018.

JORGENSEN, K. Prevention of “simple accidents at work” with major consequences. **Safety Science**, Amsterdam, v. 81, p. 46-58, 2016.

KERDONFAG, P.; WADWONGTHAM, W.; TANEEPANICHSKUL, S. Hearing threshold levels among steel industry workers in Samut Prakan, Thailand. **Journals Risk Management and Healthcare Policy**, Macclesfield, v. 12, p. 57-66, 2019.

KIZHA, A. R.; HAN, H. Processing and sorting forest residues: Cost, productivity and managerial impacts. **Biomass and Bioenergy**, Kidlington, v. 93, p. 97-106, 2016.

KUEHN, J. Noise measurement. *In*: Boyes, W. (ed.) **Instrumentation reference book**. 4th. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2009; 928 p. ISBN 978-0-7506-8308-1.

KURT, R. E.; MCKENNA, S. A.; GUNBEYAZ, S. A.; TURAN, O. Investigation of occupational noise exposure in a ship recycling yard. **Ocean Engineering**, Oxford, v. 137, p. 440-449, 2017.

LAI, A.; HUANG, C. Effect of occupational exposure to noise on the health of factory workers. **Procedia Manufacturing**, Amsterdam, v. 39, p. 942-946, 2019.

LANDEKIĆ, M.; KATUŠA, S.; MIJOČ, D.; ŠPORČIĆ, M. Assessment and comparison of machine operators' working posture in forest thinning. **South-east European forestry**, v. 10, n. 1, p. 29-37, 2019.

LEE, H. Y.; KIM, S. J.; CHANG, D. S.; SHIN, S. A. Tinnitus in the side with better hearing. **American Journal of Otolaryngology**, Maryland Heights, v. 40, n. 3, p. 400-403, 2019.

LILLIEFORS, H. W. On the Kolmogorov-Smirnov test for the exponential distribution with mean unknown. **Journal of the American Statistical Association**, Philadelphia, v. 64, n. 325, p. 387-389, 1969.

LIMA, J. S. S.; OLIVEIRA, P. C.; OLIVEIRA, R. B.; XAVIER, A. C. Métodos geoestatísticos no estudo da resistência do solo à penetração em trilha de tráfego de tratores na colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.5, p. 931-938, out. 2008.
LOPES, S. E.; FERNANDES, H. F.; SANTOS, N. T.; RINALDI, P. C. N. Avaliação técnica e econômica de uma garra traçadora operando em diferentes produtividades. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 215-222, set. 2008.

MAGAGNOTTI, N.; SPINELLI, R.; GÜLDNER, O.; ERLER, J. Site impact after motor-manual and mechanised thinning in Mediterranean pine plantations. **Biosystems Engineering**, London, v. 113, n. 2, p. 140-147, 2012.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R.; YAMAJI, F. M. Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita florestal em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 2, p. 169-182, 2006.

MASUMIAN, A; NAGHDI, R; ZENNER, E. K. Effectiveness of water diversion and erosion control structures on skid trails following timber harvesting. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v. 105, p. 370-378, 2017.

MCLAIN, S.C.; AUTENRIETH, D.A.; YANG, X.; BRAZILE, W.J. Noise exposures and hearing protector use at small logging operations. **Small scale forestry**, v. 10, p. 1-9, 2021.

MINETTE. L.J.; SILVA, E.P.; SOUZA, A.P.; SILVA, K.R. Avaliação dos níveis de ruído, luz e calor em máquinas de colheita florestal. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, v. 11, n. 6, p. 664-667, 2007.

MIYAJIMA, R. H.; FENNER, P. T.; BATISTELA, G. C.; SIMÕES, D. Technical-Economic Analysis of Grapple Saw: A Stochastic Approach, **Croatian Journal of Forest Engineering**, Zagreb, v. 41, n. 2, p. 219-229, mar. 2020.

MIYAJIMA, R. H.; TONIN, R. P.; PASSOS, J. R. S.; FENNER, P. T. A Influência da declividade do terreno e do tempo de experiência dos operadores no rendimento do feller buncher. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 110, p. 443-451, jun. 2016.

NASKRENT, B.; GRZYWIŃSKI, W.; ŁUKOWSKI, A.; POLOWY, K. Influence of cutting attachment on noise level emitted by brush cutter during tending of young forests. **Croatian Journal of Forest Engineering**, Zagreb, v. 41, n. 1, p. 129-135, 2020.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. **Criteria for a recommended standard**: occupational noise exposure. National Institute for Occupational Safety and Health: Cincinnati, 1998. 106 p.

NEITZEL, R. L.; HONG, O.; QUINLAN, P.; HULEA, R. Pilot task-based assessment of noise levels among firefighters. **International Journal of Industrial Ergonomics**, Amsterdam, v. 43, n. 6, p. 479-486, 2013.

NYARUBELI, I. P.; TUNGU, A. M.; BRATVEIT, M.; SUNDE, E.; KAYUMBA, A. V.; MOEN, B. E. Variability and determinants of occupational noise exposure among iron and steel factory workers in Tanzania. **Annals of Work Exposures and Health**, Oxford, v. 62, n. 9, p. 1109-1122, 2018.

OISHI, N.; SCHACHT, J. Emerging treatments for noise-induced hearing loss. **Expert Opinion on Emerging Drugs**, Abingdon, v. 16, n. 2, p. 235-245, 2011.

PARSONS, K. C. Environmental ergonomics: a review of principles, methods and models. **Applied Ergonomics**, Kidlington, v. 31, n. 6, p. 581-594, 2000.

PETRONE, G.; MELILLO, G.; LAUDIERO, A.; ROSA, S. A Statistical Energy Analysis (SEA) model of a fuselage section for the prediction of the internal Sound Pressure Level (SPL) at cruise flight conditions. **Aerospace Science and Technology**, Issy les Moulineaux, v. 88, p. 340-349, 2019.

POJE, A.; GRIGOLATO, S.; POTOČNIK, I. Operator Exposure to Noise and Whole-Body Vibration in a Fully Mechanised CTL Forest Harvesting System in Karst Terrain. **Croat. J. For. Eng.** v. 40, p. 139–150, 2019.

PORTUGAL. **Norma Portuguesa 1733: estimativa da exposição ao ruído durante o exercício de uma actividade profissional, com vista à protecção da audição**. Lisboa, 1981.

POTOČNIK, I.; PENTEK, T.; POJE, A. Severity analysis of accidents in forests operations. **Croatian Journal of Forest Engineering**, Zagreb, v. 30, n. 2, p.171-184, 2009.

POTOČNIK, I.; POJE, A. Forestry ergonomics and occupational safety in high ranking scientific journals from 2005–2016. **Croatian Journal of Forest Engineering**, Zagreb, v. 38, n. 2, p. 291-310, 2017.

PRELL, T.; SCHALLER, D.; PERNER, C.; WITTE, O. W.; GROSSKREUTZ, J. Sica Symptoms in parkinson's disease: association with other nonmotor symptoms and health-related quality of life. **Parkinson's Disease**, London, v. 2020, p. 1-7, 2020.

PROTO, A. R.; BACENETTI, J.; MACRI, G.; ZIMBALATTI, G. Roundwood and bioenergy production from forestry: Environmental impact assessment considering

different logging systems. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 165, p. 1485-1498, 2017.

R Development Core Team R: **A language and environment for statistical computing r foundation for computing statistical**. Vienna, 2020. Disponível em: <https://www.r-project.org>

RADUN, J.; HONGISTO, V.; SUOKAS, M. Variables associated with wind turbine noise annoyance and sleep disturbance. **Building and Environment**, Amsterdam, v. 150, p. 339-348, 2019.

ROCHA, E. B.; FIEDLER, N. C.; ALVES, R. T.; LOPES, E. S.; GUIMARÃES, P. P.; PERONI, L. Produtividade e custos de um sistema de colheita de árvores inteiras. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 372-381, set. 2009.

ROUTA, J.; NUUTINEN, Y.; ASIKAINEN, A. Productivity in Mechanizing Early Tending in Spruce Seedling Stands. **Croatian Journal of Forest Engineering**, Zagreb, v. 41, n. 1, p. 1-11. 2020.

SAMPIETRO, J. A.; LOPES, E. S.; REICHERT, J. M. Compactação causada pelo tráfego de Feller buncher e skidder em um neossolo regolítico sob distintas umidades. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 239-248, jan/mar 2015.

SANDER, E. J.; CAZA, A.; JORDAN, P. J. Psychological perceptions matter: Developing the reactions to the physical work environment scale. **Building and Environment**, Amsterdam, v. 148, p. 338-347, 2019.

SCHULZ, T. Y. Individual fit-testing of earplugs: A review of uses. **Noise & Health**, Mumbai, v. 13, n. 51, p. 152, 2011.

SCHWEIER, J.; SPINELLI, R.; MAGAGNOTTI, N.; BECKER, G. Mechanized coppice harvesting with new small-scale feller-bunchers: Results from harvesting trials with newly manufactured felling heads in Italy. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 72, p. 85-94, 2015.

SEALEY, L. L.; REES, K. C. V. Influence of skidder traffic on soil bulk density, aspen regeneration, and vegetation indices following winter harvesting in the Duck Mountain Provincial Park, SK. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 437, p. 49-69, 2019.

SEIXAS, F.; BARBOSA, R.A.; RUMMER, R. Noise level determination in forestry machines. Forestry Engineering for Tomorrow, Machinery Technical Papers, Edinburgh, Scotland, June 28–30, 1999.

SELANDER, J.; RYLANDER, L.; ALBIN, M.; ROSENHALL, U.; LEWNÉ, M.; GUSTAVSSON, P. Full-time exposure to occupational noise during pregnancy was associated with reduced birth weight in a nationwide cohort study of Swedish women. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 651, Part 1, p. 1137-1143, fev. 2019.

SHENDE, S. B.; DEOGHARE, A. B.; PANDEY, K. M. Characterization of harmonic response of human middle ear using finite element approach. **Journal of Computational Science**, Oxford, v. 29, p. 94-98, nov. 2018.

SILVA, C.B.; SANT ANNA, C.M.; MINETTI, L.J. Avaliação ergonômica do feller-buncher utilizado na colheita de eucalipto. **Cerne**, v. 9, n. 1, p. 109-118, 2003.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Produtividade e custos do feller-buncher e processador florestal em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 621-630, jul./set. 2014.

SOYLEMEZ, E.; MUJDECI, B. Dual-task performance and vestibular functions in individuals with noise induced hearing loss. **American Journal of Otolaryngology**, Amsterdam, v. 41, n. 6, p. 102665, 2020.

SPINELLI, R.; MAGAGNOTTI, N.; LABELLE, E. R. The Effect of new silvicultural trends on the mental workload of harvester operators. **Croatian Journal of Forest Engineering**, Zagreb, v. 41, n. 2, p. 177-190. 2020.

WALSH, D.; STRANDGARD, M. Productivity and cost of harvesting a stem wood biomass product from integrated cut-to-length harvest operations in Australian Pinus radiata plantations. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 66, p. 93-102, 2014.

WHALLEY, S.; KLEIN, S. J. W.; BENJAMIN, J. Economic analysis of woody biomass supply chain in Maine. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 96, p. 38-49, 2017.

WU, J.; WANG, J.; MCNEEL, J. Economic modeling of woody biomass utilization for bioenergy and its application in central Appalachia, USA. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 41, n. 1, p. 165-179, 2011.

YOVI, E. Y.; Yamada, Y. Addressing Occupational Ergonomics Issues in Indonesian Forestry: Laborers, Operators, or Equivalent Workers. **Croatian Journal of Forest Engineering**, Zagreb, v. 40, n. 2, p. 351-363, 2019.

ZINKEVICIUS, R.; VITUNSKAS, D. Assessment of operator effect on machine performance of ponsse buffalo dual harwarder. *Engineering fo rural development*, Jelgava, v. 5, p. 23-24, 2013.