

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR

**RISCOS ERGONÔMICOS NA EXPLORAÇÃO DE
MADEIRA EM UNIDADE DE PRODUÇÃO ANUAL NA
AMAZÔNIA MERIDIONAL**

TESE DE DOUTORADO

IVAN CLEITON DE OLIVEIRA SILVA

IRATI, PR

2023

IVAN CLEITON DE OLIVEIRA SILVA

**RISCOS ERGONÔMICOS NA EXPLORAÇÃO DE MADEIRA EM UNIDADE DE
PRODUÇÃO ANUAL NA AMAZÔNIA MERIDIONAL**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Eduardo da Silva Lopes
Orientador

Prof. Dr. Luciano José Minette
Coorientador

Prof. Dr. Henrique Soares Koehler
Coorientador

IRATI, PR

2023

Catálogo na Publicação
Rede de Bibliotecas da UNICENTRO

S586r Silva, Ivan Cleiton de Oliveira
Riscos ergonômicos na exploração de madeira em Unidade de
Produção Anual na Amazônia Meridional / Ivan Cleiton de Oliveira Silva. --
Irati, 2023.
xvi, 107 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa
de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em
Manejo Sustentável de Recursos Florestais, 2023.

Orientador: Eduardo da Silva Lopes
Coorientador: Luciano José Minette
Coorientador: Henrique Soares Koehler
Banca examinadora: Eduardo da Silva Lopes, Danilo Simões, Nilton
César Fiedler, Renato César Gonçalves Robert, Andrea Nogueira Dias

Bibliografia

1. Manejo florestal. 2. Floresta nativa. 3. Ergonomia. 4. Saúde.
5. Qualidade de vida. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Ciências
Florestais.

| CDD 634.9



TERMO DE APROVAÇÃO

Defesa Nº 44

Ivan Cleiton de Oliveira Silva

“Riscos ergonômicos na exploração de madeira em Unidade de Produção Anual na Amazônia Meridional”

Tese aprovada em 20/10/2023, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, pela seguinte Banca Examinadora:

Prof. Dr. Danilo Simões
Universidade Estadual Paulista
Primeiro Examinador.

Prof. Dr. Nilton César Fiedler
Universidade Federal do Espírito Santo
Segundo Examinador.

Prof. Dr. Renato César Gonçalves Robert
Universidade Federal do Paraná
Terceiro Examinador.

Prof^ª. Dra. Andrea Nogueira Dias
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Quarta Examinadora.

Prof. Dr. Eduardo da Silva Lopes
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Orientador e Presidente da Banca Examinadora.

Irati – PR
2023

Home Page: <http://www.unicentro.br>

Campus Santa Cruz: Rua Salvatore Renna – Padre Salvador, 875, Bairro Santa Cruz – Cx. Postal 3010 – Fone: (42) 3621-1000 – FAX: (42) 3621-1090
CEP 85.015-430 – GUARAPUAVA – PR

Campus Cedeteg: Alameda Élio Antonio Dalla Vecchia, 838, Bairro Vila Carli – Fone: (42) 3629-8100 – CEP 85.040-167 – GUARAPUAVA – PR

Campus de Irati: Rua Professora Maria Roza Zanon de Almeida, Bairro Engenheiro Gutierrez – Cx. Postal, 21 – Fone: (42) 3421-3000
CEP 84.505-677 – IRATI – PR

Aos meus filhos, razão da minha vida,
À minha esposa, meu incentivo diário,
DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por sua proteção e pela força necessária para concluir este trabalho. Agradeço a Ele por ter colocado em meu caminho pessoas que dividiram seus conhecimentos, colaborando no desenvolvimento desta pesquisa.

À minha família. Minha esposa, Jociane Rosseto de Oliveira Silva, por estar sempre ao meu lado nesta caminhada, me apoiando e incentivando. Aos meus filhos Marcelly Karoline Amorim de Oliveira, Andrew Matheus de Souza Oliveira, Giovana Rosseto de Oliveira Silva e Gustavo Rosseto de Oliveira Silva e a neta Carolina Oliveira Nunes, razões de minha força diária.

Aos meus familiares, meus pais, Mauro Narcizo da Silva e Leodina Oliveira Silva pelos conselhos de vida. A minha sogra Adelina M. Rosseto, pelas orações para proteção divina. A minha irmã Idinalma C. da Silva, que abdicou de suas funções para nos auxiliar quando necessitamos.

À Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGF), por promover o aperfeiçoamento profissional em nível superior de ensino e pesquisa, disseminando conhecimentos científico e tecnológico para alunos de todo o Brasil.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo da Silva Lopes, pelo aceite na orientação desta pesquisa e por ter dedicado seu conhecimento e seu tempo para conclusão deste trabalho.

Aos membros do comitê de orientação, Prof. Dr. Luciano José Minitte, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), por suas sugestões e recomendações para melhorias e ao Prof. Dr. Henrique Soares Koehler, da Universidade Federal do Paraná (UFPR), por toda a orientação estatística, que auxiliaram no desenvolvimento e conclusão desta pesquisa.

A todos os colegas da graduação e pós-graduação (doutorado, mestrado e iniciação científica) do Laboratório de Ergonomia, Colheita e Transporte Florestal da Unicentro, pela troca de conhecimento e experiências, em especial ao Alysson Braun Martins pelos ensinamentos e disponibilidade em auxiliar nos conhecimentos técnicos e desenvolvimento desta pesquisa e ao Antônio Ozenilto da Silva pelo companheirismo.

À secretária do Programa de Pós-graduação, Silvana Aparecida Kowalski, pelas orientações e apoio prestado a minha pessoa e a todos os alunos do programa, sempre com seriedade, competência e profissionalismo.

Por fim agradeço a equipe de exploração florestal que não mediram esforços para que tivéssemos êxito durante a coleta de dados (Fininho, Jorge e Valmir).

Obrigado a todos!

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS	i
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS.....	v
RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. HIPÓTESES	3
3. OBJETIVOS	3
3.1 Objetivo Geral	3
3.2 Objetivos Específicos	3
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
4.1 Amazônia Legal e Meridional	4
4.2 Manejo Florestal	5
4.3 Exploração Florestal	6
4.3.1 Exploração de Impacto Reduzido.....	6
4.4 Ergonomia	7
4.4.1 Riscos Ocupacionais.....	9
4.4.1.1 Sobrecarga Térmica.....	9
4.4.1.2 Ruído Ocupacional	10
4.4.1.3 Vibração	12
4.4.2 Carga de Trabalho Físico.....	14
4.4.3 Análise Postural.....	15
4.5 Condições Operacionais de Influência na Exploração Florestal	18
4.5.1 Características das Árvores	18
4.5.2 Sub-bosque	20
4.5.3 Distância Arraste	20
4.5.4 Declividade do Terreno	21
4.6 Análise Multivariada	22
5. MATERIAL E MÉTODOS	25
5.1 Área de Estudo	25
5.2 Trabalhadores Estudados.....	26
5.3 Caracterização das Operações Florestais.....	26
5.4 Cenários Operacionais Avaliados.....	27
5.4.1. Corte das Árvores	28
5.4.2. Extração de Toras	28
5.5. Avaliação dos Riscos Ergonômicos do Trabalho	29
5.5.1 Sobrecarga Térmica.....	29
5.5.2 Ruído Ocupacional	30
5.5.3 Vibração	31
5.5.3.1 Vibração de Mãos e Braços	32
5.5.3.2 Vibração de corpo inteiro	32

5.5.4 Carga de Trabalho Físico.....	35
5.5.5. Avaliação Postural.....	37
5.6 Amostragem e Análise Estatística	38
5.7 Correlação das Variáveis Ergonômicas nos Cenários Operacionais	39
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
6.1 Riscos Ocupacionais.....	41
6.1.1 Sobrecarga Térmica.....	41
6.1.2 Ruído Ocupacional	44
6.1.2.1 Ruído Ocupacional na Operação de Corte de Árvores.....	44
6.1.2.2 Ruído Ocupacional na Operação de Arraste de Toras.....	46
6.1.3 Vibração	50
6.1.3.1 Corte de Árvores.....	50
6.1.3.2 Arraste de Toras	53
6.1.4 Carga de Trabalho Físico.....	58
6.1.5 Análise Postural.....	60
6.1.5.1 Corte de Toras	60
6.1.5.2 Arraste de Toras	65
6.2 Correlação entre as variáveis ergonômicas nos cenários operacionais	68
6.2.1 Operação de Corte	68
6.2.2 Operação de Arraste	70
7. CONCLUSÕES.....	74
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS	87

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABERGO	Associação Brasileira de Ergonomia
ACP	Análise de Componentes Principais
AF	Análise Fatorial
AIE	Associação Internacional de Ergonomia
ANOVA	Análise de Variância
aren	Aceleração Resultante de Exposição Normalizada
AUTEX	Autorização de Exploração Florestal
CCV	Carga Cardiovascular
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTF	Carga de Trabalho Físico
DAP	Diâmetro a 1,30 metros de altura em relação ao nível do solo
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
DME	Distância Média de Extração
EIR	Exploração de Impacto Reduzido
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FCM	Frequência Cardíaca Máxima Utilizável
FCT	Frequência cardíaca do trabalho
Hertz [Hz]	Unidade de Medida de Frequência
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo
IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológica
ISO	International Organization for Standardization
IST	Índice de Sobrecarga Térmica (heat stress index)
LER	Lesões por Esforços Repetitivos
DORT	Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho
LPF	Laboratório de Produtos Florestais
MANOVA	Multivariate analysis of variance
NEM	Nível de Exposição Normalizado
NHO-01	Norma de Higiene ocupacional 01
NHO-06	Norma de Higiene ocupacional 06

NHO-09	Norma de Higiene ocupacional 09
NHO-10	Norma de Higiene ocupacional 10
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NR-15	Norma Regulamentadora nº 15
OIT	Organização internacional do trabalho
OWAS	Ovaco working posture analysing system
PAIR	Perda auditiva induzida por ruído
PMFS	Plano de manejo florestal sustentável
REBA	Rapid Entire Body Assessment
RL	Reserva legal
RULA	Rapid Upper-Limb Assessment
SEMA	Secretaria de meio ambiente do estado do mato grosso
SFB	Serviço Florestal Brasileiro
SPSS	Statistics <i>software</i>
TE	Índice de temperatura efetiva
TEC	Índice de temperatura efetiva corrigida
TGU	Índice de termômetro de globo úmido
UNICENTRO	Universidade Estadual do Centro-Oeste
VCI	Vibração de corpo inteiro
VDVR	Valor da dose de vibração resultante
VMB	Vibração de mãos e braços
(dB)	Decibel

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atividades realizadas no manejo florestal da Amazônia.	6
Tabela 2. Diagnóstico do método RULA de acordo com o nível de ação.	18
Tabela 3. Densidade da madeira de algumas espécies identificadas no plano de manejo florestal sustentável na área de estudo.	19
Tabela 4. Especificações do equipamento e máquina utilizados nas operações avaliadas.	27
Tabela 5. Limite de exposição ocupacional ao calor para trabalhadores não aclimatizados (NHO-06) nas operações de corte de árvores e arraste de toras.	30
Tabela 6. Critérios para análise do ruído pelo Nível de Exposição Normalizado (NEN).	31
Tabela 7. Critérios para análise da aren, NHO-10.	34
Tabela 8. Critérios para análise da aren e VDVR, NHO-09.	34
Tabela 9. Classificação da frequência cardíaca média e a caracterização do trabalho.	36
Tabela 10. Bases de fustes avaliadas na operação de corte de árvores em floresta tropical. ..	38
Tabela 11. Análise de variância da exposição ao ruído ocupacional na operação de corte de árvores.	44
Tabela 12. Valores médio, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação do nível de ruído dB(A) na operação de corte de árvores para as densidades de madeira, em floresta tropical.	45
Tabela 13. Análise de variância do ruído ocupacional na operação de arraste de toras.	47
Tabela 14. Valores médios do nível de ruído dB(A) na interação de densidade da madeira nas distâncias para a operação de arraste de toras em floresta tropical.	47
Tabela 15. Valores médio, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação do nível de ruído (dB(A) na operação de arraste de madeira em floresta tropical.	49
Tabela 16. Análise de variância da vibração de mãos e braços na operação de corte de árvores.	50
Tabela 17. Valores médio, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação do nível de vibração aren (m/s ²) na operação de corte de árvores em floresta tropical.	51
Tabela 18. Análise de variância de vibração de corpo inteiro para a aceleração normalizada (aren) na operação de arraste de toras.	53
Tabela 19. Valores médios da aceleração normalizada (aren m/s ²) na interação de densidade da madeira nas distâncias para a operação de arraste de toras em floresta tropical.	54

Tabela 20. Análise de variância de vibração de corpo inteiro para o valor de dose de vibração resultante (VDVR) na operação de arraste de toras.	54
Tabela 21. Carga de trabalho físico exigida na operação de corte de árvores em região de floresta tropical.	58
Tabela 22. Resultados da análise de variância multivariada para o conjunto composto por todas as variáveis avaliadas na operação de corte.	68
Tabela 23. Percentual da variância total explicada pelas funções discriminantes e coeficientes de correlação canônica para cada uma das funções discriminantes.	68
Tabela 24. Resultados das correlações canônicas entre as variáveis originais avaliadas e as funções discriminantes obtidas.	69
Tabela 25. Resultados obtidos para os centróides de cada densidade da madeira.	69
Tabela 26. Resultados da análise de variância multivariada para as variáveis avaliadas na operação de arraste para três densidades e duas distâncias.	71
Tabela 27. Percentagem da variância total explicada pelas funções discriminantes relativas aos autovalores e coeficientes de correlação canônica para cada uma das funções discriminantes encontradas.	71
Tabela 28. Resultados das correlações canônicas entre as variáveis originais avaliadas e as funções discriminantes obtidas.	72
Tabela 29. Resultados obtidos para os centroides da interação entre as densidades e as distâncias.	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Angulações e escores dos segmentos corpóreos do grupo A no método RULA.....	17
Figura 2. Angulações e escores dos segmentos corpóreos do grupo B no método RULA.	17
Figura 3. Mapa de localização da área de estudo.	25
Figura 4. Termômetro digital portátil IBUTG instalado às margens do pátio de estocagem..	30
Figura 5. Dosímetro de ruído instalado no motosserrista.....	31
Figura 6. Medidor de vibração de mãos e braços com acelerômetro com adaptador.	32
Figura 7. Medidor vibração com acelerômetro.	33
Figura 8. Medidor de vibração de corpo inteiro com acelerômetro instalado no assento da máquina.	34
Figura 9. Medidor de frequência cardíaca instalado no pulso do operador.....	35
Figura 10. Pontos e angulações medidos pelo Kinebot [®] durante análise posturais.	37
Figura 11. Índice de bulbo úmido e termômetro de globo (IBUTG) na operação de corte de árvores em floresta tropical.	41
Figura 12. Índice de bulbo úmido e termômetro de globo (IBUTG), na operação de arraste de toras em região de floresta tropical.....	42
Figura 13. Nível de Exposição Normalizado (NEN) para operação de corte de madeiras em região de floresta tropical.	44
Figura 14. Nível de Exposição Normalizado (NEN) para operação de arraste de toras na distância até 150 m em região de floresta tropical.	48
Figura 15. Nível de Exposição Normalizado (NEN) para operação de arraste de toras na distância acima de 150 m em região de floresta tropical.....	48
Figura 16. Aceleração média na exposição ocupacional à vibração de mãos e braços para a operação de corte de árvores em região de floresta tropical.....	52
Figura 17. Médias do valor da dose de vibração resultante (VDVR) na vibração de corpo inteiro na operação de arraste de toras em região de floresta tropical.	55
Figura 18. Aceleração média na exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro na operação de arraste de toras em região de floresta tropical	55
Figura 19. Dose diária (8h) na exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro na operação de arraste de toras em região de floresta tropical.	56
Figura 20. Padrão típico de vibração de corpo inteiro observado durante o arraste de toras..	57

Figura 21. Variação de frequência cardíaca observada na operação de corte de árvores nas três densidades de madeira avaliadas.	59
Figura 22. Postura típica adotada e porcentagens dos segmentos corporais na operação de corte de árvores de espécies florestais de densidade baixa nos diferentes tipos de base do fuste.	62
Figura 23. Postura típica adotada e porcentagens dos segmentos corporais na operação de corte de árvores de espécies florestais de densidade média nos diferentes tipos de base do fuste.	63
Figura 24. Postura típica adotada e porcentagens dos segmentos corporais na operação de corte de árvores de espécies florestais de densidade alta nos diferentes tipos de base do fuste.	64
Figura 25. Porcentagem dos segmentos corporais do trabalhador afetado pela operação de arraste de toras em floresta tropical.	66
Figura 26. Postura adotada durante atividade de arraste de toras em floresta tropical.	67
Figura 27. Resultados das funções discriminantes 1 e 2, por densidade, com os respectivos grupos centróides para o conjunto de densidades da madeira.	70
Figura 28. Funções discriminantes 1 e 2 por densidade da madeira nos respectivos grupos centróides, para o conjunto das variáveis ergonômicas avaliadas.	73

RESUMO

Ivan Cleiton de Oliveira Silva. Riscos Ergonômicos na Exploração de Madeira em Unidade de Produção Anual na Amazônia Meridional.

O manejo florestal sustentável na Amazônia deve ser realizado atendendo requisitos ambientais, legais, de segurança e saúde dos trabalhadores, que são de grande importância para o país e a sociedade, pois os trabalhadores nesta região estão sujeitos a diversos riscos ergonômicos desconhecidos que comprometem a qualidade de vida. Nesse contexto, objetivou-se realizar um diagnóstico dos riscos ergonômicos aos quais os trabalhadores estão expostos na exploração de madeira em floresta manejada, subsidiando a adoção de soluções ergonômicas para segurança e saúde dos trabalhadores. O trabalho foi realizado em uma floresta tropical sob manejo convencional na região norte do estado do Mato Grosso. Foram estudadas as operações de corte das árvores e arraste de madeiras de diferentes densidades. Foram realizadas avaliações dos níveis de exposição ocupacional ao calor, ruído e vibração, posturas corporais e da carga de trabalho físico, usando equipamentos e metodologias específicas. Foram realizadas análises discriminantes para o agrupamento das variáveis ergonômicas e a correlação com a densidade da madeira. Os limites de IBUTG indicaram a exposição dos trabalhadores à sobrecarga térmica. Na operação de arraste, a máquina apresentou nível de vibração acima do nível de ação, enquanto no corte, os níveis de vibração estavam acima no limite de exposição ($> 5 \text{ m/s}^2$), destacando-se na madeira de maior densidade com vibração de $13,96 \text{ m/s}^2$. O nível de ruído foi superior ao limite de exposição em todas as densidades e se manteve dentro do limite aceitável no arraste das toras. As operações de corte e arraste das árvores não proporcionaram uma carga de trabalho físico elevada e nem potenciais riscos posturais com exigência de uma ação imediata de mudanças na rotina de trabalho. A análise discriminante indicou correlação entre a densidade, CCV e VMB na operação de corte e na operação de arraste entre densidade e VCI e ruído, indicando alta correlação da densidade da madeira com as variáveis ergonômicas. A densidade da madeira é uma variável operacional de maior influência nos níveis de vibração ocupacional nas operações analisadas, exigindo a adoção de medidas ergonômicas mitigadoras para a preservação da saúde dos trabalhadores na região amazônica.

Palavras-Chave: manejo florestal; floresta nativa; ergonomia; saúde; qualidade de vida.

ABSTRACT

Ivan Cleiton de Oliveira Silva. Ergonomic Risks in Wood Exploration in an Annual Production Unit in the Southern Amazon.

Sustainable forest management in the Amazon must be executed under environmental, legal, and safety guidelines and the health of workers is of great importance for the country and society, since the workers in this region are subjected to various unknown ergonomic risks that implicate quality of life. In this context, the goal was to execute a diagnostic of the ergonomic risks to which the workers are exposed in wood exploration in the managed forest, subsidizing the implementation of ergonomic solutions for the safety and health of the workers. The work was executed in a tropical forest under conventional management of the northern region of Mato Grosso state. Wood cutting and logging operations of varying densities were studied. Evaluations of the levels of exposure to heat, sound and vibration during work tasks were executed, as well as of body postures and physical workload, using specific equipment and methodologies. Discriminating analyses were executed for the grouping of ergonomic variables and the correlation with wood density. WBGT limits indicated the workers' exposure to thermal overload. During the logging operation, the machine showed levels of vibration superior to the level of action, while during the cutting, the levels of vibration were above the exposure limit ($> 5 \text{ m/s}^2$), most notably in higher density wood with vibrations at 13.96 m/s^2 . The level of noise was superior to the limit of exposure in all densities and was kept within the acceptable limit in lumber logging. The tree cutting and logging activities did not provide an elevated physical workload, nor potential postural risks that would demand immediate action in changing the work routine. The discriminating analysis indicated the correlation between density, cardiovascular load, and hand-arm vibrations in the cutting operation, and the correlation between density, full-body vibration and noise in the logging operations, indicating a high correlation of wood density with the ergonomic variables. Wood density is an operational variable of great influence in levels of occupational vibration in the analyzed operations, demanding the implementation of mitigating ergonomic measures for the preservation of workers' health in the Amazon region.

Keywords: forest management; native forest; ergonomics; health; quality of life

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia Brasileira possui a maior extensão de floresta tropical do mundo, onde a variedade de recursos naturais ocorre em consequência das diferentes associações vegetais que crescem sob a influência de fatores ambientais intrínsecos ao ecossistema deste bioma (LIMA *et al.*, 2014). Possui grande potencial madeireiro com inúmeras espécies de alto valor comercial agregado, favorecendo assim, investimentos para a exploração de forma comercial.

O aproveitamento racional dos recursos da floresta deve ocorrer por meio da adoção de uma exploração sustentável prevista no plano de manejo florestal, aplicando-se técnicas eficientes, seguras e ambientalmente corretas.

Manejar a floresta nativa requer o uso de técnicas adequadas que visem a proteção da vegetação remanescente, da fauna e atenda às leis ambientais vigentes, minimizando os desperdícios, aumentando a eficiência operacional e a rentabilidade da floresta, garantindo uma produção sustentável. Na elaboração e execução dos projetos, o manejador florestal deve balizar suas decisões em informações biológicas, econômicas, sociais, ambientais e de mercado, de modo a propiciar que a sustentabilidade perpetue a atividade florestal, pois o conhecimento cada vez mais exato do estoque florestal está intimamente ligado à definição de critérios, tais como: espécie, potencial de produção da floresta e aspectos de conservação e preservação ambiental. A redução dos danos à estrutura da floresta e a sua biodiversidade poderá ser alcançada pelo decréscimo da intensidade da exploração dos recursos madeireiros e o aprimoramento de práticas de exploração sustentável (SCHNEIDER; FINGER, 2000; SCOLFORO; MELO, 1997; SCOLFORO, 1998).

A exploração madeireira nas florestas tropicais é uma atividade que possui cenários distintos, pois normalmente são realizadas em áreas de difícil acesso, sob condições climáticas extremas (elevadas temperaturas, insolação e umidade relativa), com presença de animais peçonhentos, árvores de grande porte e com diferentes densidades da madeira. Além disso, muitas áreas são exploradas de forma convencional, ou seja, sem nenhum planejamento das atividades operacionais, usando máquinas adaptadas, trabalhadores sem capacitação técnica, podendo ocasionar danos severos à floresta remanescente e exposição dos trabalhadores aos riscos de acidentes de trabalho e ergonômicos.

A mecanização das atividades de exploração florestal na região Amazônica esbarra também em muitos obstáculos para sua consolidação, pois as atividades são realizadas em áreas

que dificultam o acesso dos maquinários. Além disso, existem árvores de grande porte e de elevada densidade que limita o uso das máquinas e equipamentos e a legislação ambiental que estabelece normas rígidas de abertura de áreas para o estabelecimento da infraestrutura necessária para a extração da madeira.

Neste aspecto, importante mencionar que as operações de corte semimecanizado, o arraste mecanizado com uso de tratores florestais e o empilhamento e carregamento da madeira com uso de máquinas poderão trazer riscos ergonômicos à segurança e saúde dos trabalhadores. Isso ocorre, principalmente pelo fato de as atividades de exploração madeireira na região amazônica serem realizadas em local aberto sob condições ambientais desfavoráveis, refletindo na sobrecarga térmica, ruído e vibração. Existem ainda uma elevada exigência física decorrente do manuseio de cargas com pesos acima de limites toleráveis e adoção de posturas corporais inadequadas por parte dos trabalhadores durante a jornada de trabalho (LIMA *et al.*, 2005; SESSIONS, 2007; BARBOSA *et al.*, 2014).

Por outro lado, esses aspectos podem ser agravados em função das diferentes condições operacionais em que as atividades de exploração estão sendo realizadas, tais como: características das árvores (diâmetro e densidade da madeira), sub-bosque e obstáculos no terreno, declividade, distância de arraste, etc. Estes fatores poderão influenciar positiva ou negativamente em relação às variáveis ergonômicas, e conseqüentemente, nas condições de segurança e saúde dos trabalhadores.

Neste contexto e em função da carência de estudos ergonômicos nas atividades de exploração madeireira na região amazônica, a aplicação da ergonomia para a investigação de possíveis riscos que os trabalhadores possam estar expostos é primordial para a garantia de maior segurança e saúde no trabalho. O conhecimento dos riscos ergonômicos é de vital importância para o planejamento das operações na exploração florestal, visando o bem estar do trabalhador e diminuindo a exposição ocupacional nos postos de trabalhos.

2. HIPÓTESES

- a) Os trabalhadores estão expostos a diversos riscos ergonômicos na exploração madeireira na Amazônia meridional.
- b) A densidade da madeira é uma variável que pode afetar nos riscos ergonômicos.
- c) Existem uma correlação entre os riscos ergonômicos e as densidades da madeira.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Realizar uma análise dos potenciais riscos ergonômicos em que os trabalhadores estão expostos nas operações de exploração madeireira na região amazônica sob diferentes cenários de densidade da madeira, identificando possíveis problemas e soluções para o maior conforto, segurança e saúde dos trabalhadores.

3.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar o ambiente de trabalho em relação ao nível ocupacional de sobrecarga térmica, ruído e vibração;
- b) Determinar a carga de trabalho físico;
- c) Avaliar as posturas corporais adotadas pelos trabalhadores; e
- d) Correlacionar as variáveis ergonômicas com as densidades da madeira, identificando possíveis riscos ocupacionais de agravamento.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Amazônia Legal e Meridional

A Amazônia sendo considerado o maior bioma do planeta, abrange a maior extensão de floresta úmida tropical do planeta, ocupando uma área de 6 milhões de km². No Brasil, este bioma se estende por uma área de 3,6 milhões de km², correspondendo a 59% de toda extensão do território nacional e abrangendo nove estados da federação (RAISG, 2015). É caracterizada pela presença de paisagens naturais, dicotômicas entre o comportamento hidrológico e de flora e fauna, sendo considerada do ponto de vista global como tropical e a paisagem abiótica de características distintas (FERREIRA; SALATI, 2005). Os mesmos autores mencionam que, tanto política quanto economicamente, a região amazônica brasileira teve seu recorte geográfico institucionalizado como Amazônia Legal, a partir da Lei nº 5.173, de 27 de outubro de 1966, incluindo toda a região Norte (Amazonas, Pará, Acre, Amapá, Rondônia, Roraima), e parte sul e oeste do estado do Maranhão, norte do estado do Tocantins e do estado de Mato Grosso.

Esta Lei previa tratamento especial nos processos de colonização a serem estabelecidos, com vistas a não descaracterização desse espaço geográfico. Ao longo do tempo, esta mesma Amazônia legal tem sido objeto de atribuição de uma infinidade de órgãos de controle ambiental e de ordenamento territorial. E devido à necessidade de conter o avanço do desmatamento na Amazônia, o governo brasileiro instituiu por meio da Portaria nº 332, de 25/08/2011, o mosaico da Amazônia Meridional, abrangendo áreas localizadas na região limítrofe entre os Estados do Amazonas, Mato Grosso e Rondônia (BRASIL, 2011).

Na Amazônia Meridional na área pertencente ao estado de Mato Grosso, a vegetação predominante é constituída pelas Florestas Ombrófilas Aberta e Densa, Florestas Estacionais e Formações Secundárias. Apresenta fisionomia bem típica, caracterizada pelo envolvimento das árvores por lianas lenhosas e solo adaptado por um emaranhado de lianas herbáceas localizadas na faixa de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado (NOBERTO IRMÃO *et al.*, 2013; SELUCHINESK, 2008; BRASIL, 2007; CAIONI *et al.*, 2014).

4.2 Manejo Florestal

O manejo florestal é a principal atividade econômica que possibilita a manutenção da cobertura florestal natural e estimula o manejo e o interesse pela floresta, sendo fator decisivo para inibir o uso de terras que impliquem em desflorestamento (BRAZ *et al.*, 2014).

Segundo Scolforo (1998), o manejo florestal está centrado no conceito da utilização de forma sensata e sustentada dos recursos florestais, de modo que as gerações futuras possam usufruir pelo menos dos mesmos benefícios da geração presente. As florestas privadas convertem a floresta natural em área de uso alternativo do solo e o manejo florestal da Reserva Legal no imóvel privado atendem a produção de madeira. Com isso, o Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) e a Autorização de Exploração (AUTEX) permitem ao produtor o uso da madeira legal.

O manejo florestal também pode ser efetuado em áreas públicas da União, sendo que para facilitar essa alternativa de manejar a floresta, foi criada a Lei n.º 11.284/2006, regulamentada pelo Decreto n.º 6.063/2007, instituindo o Serviço Florestal Brasileiro (SFB), órgão gestor responsável pelo processo de concessão florestal e responsável pela gestão das florestas públicas para a produção sustentável. Segundo o SFB (2019), 3.803.313,32 hectares (1,23 %) dos 240 milhões de hectares de Florestas Públicas Federais estão aptos à implantação de concessões florestais, sendo que apenas 1.051.669,95 hectares foram concedidos para concessões florestais.

Rodrigues *et al.* (2020) consideram que as concessões florestais representam um avanço no que se refere à gestão de florestas públicas no Brasil. Por meio delas, pode-se promover o uso sustentável das florestas, o aumento da oferta de madeira, e melhorias sociais e econômicas por meio da geração de empregos para a população local. Além disso, a política em questão também exerce função de proteção das florestas, impedindo o avanço da ocupação desordenada e grilagem de terras, que são práticas comuns na região norte do país.

Neste sentido, o manejo florestal necessita de um controle na extração de madeira como garantia das funções da floresta, promovendo uma exploração que evita o fogo, danos ao solo e ao dossel remanescente, qualificando o recurso humano, mantendo a biomassa, o carbono estocado, e protegendo a riqueza natural da região (SILVA *et al.*, 2009; LENTINI *et al.*, 2010; OLIVEIRA 2011). Por isso, o manejo florestal deve ser realizado seguindo algumas etapas, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Atividades realizadas no manejo florestal da Amazônia.

Etapas	Atividades
Pré-exploratórias	Delimitação das áreas - Delimitação das áreas de corte anual e unidades de trabalho. Inventário 100%. - Localização, identificação e medição das árvores e corte de cipós. - Identificação e observância das áreas de preservação permanente. - Marcação e medição das parcelas permanentes. Planejamento das atividades de exploração. - Seleção e marcação das árvores de corte. - Definição e planejamento do sistema de exploração. - Planejamento das trilhas de arraste. - Construção das estradas primárias e secundárias.
Exploratórias	Corte direcionado das árvores e arraste das toras. Movimentação das toras nos pátios de estocagem. Transporte das toras e manutenção das estradas.
Pós-exploratória	Manutenção das trilhas de arraste e pátios de estocagem. Avaliação das atividades de exploração. Medidas de proteção à floresta.

Fonte: Adaptado de Sabogal *et al.* (2000).

4.3 Exploração Florestal

4.3.1 Exploração de Impacto Reduzido

No manejo florestal, o manejador deve estar continuamente preocupado em reduzir os desperdícios e aumentar a eficiência das operações, buscando maior rentabilidade da floresta e minimizando os impactos ecológicos. O princípio da Exploração de Impacto Reduzido (EIR) é que o manejo florestal deva garantir a produção sustentável dos produtos florestais sem ameaçar a qualidade da floresta ou a sua composição e diversidade no longo prazo, assim como seus processos e serviços ecológicos essenciais (IFT, 2010).

Segundo o Instituto Floresta Tropical (IFT, 2010), a atividade de EIR é um dos componentes do manejo florestal na Amazônia, que surgiu como alternativa à exploração madeireira convencional, de forma a amenizar os impactos das atividades operacionais da exploração florestal, assim como diminuir os seus danos ecológicos. Neste sentido é realizado um planejamento adequado das atividades de exploração florestal, definindo cada etapa a ser executada, facilitando as ações e diminuindo os danos ambientais na floresta. Dentre as atividades planejadas podemos mencionar: demarcação e construção de estradas, pátios, ramal de arraste e técnicas de corte com direcionamento de queda.

Amaral *et al.* (1998) contextualiza que o corte de árvores é realizado com motosserra por meio de técnicas que são aplicadas a fim de evitar erros no entalhe direcional, corte acima da altura ideal, e destopamento abaixo do recomendado. Esses erros ocasionam desperdícios excessivos de madeira, danos desnecessários à floresta, além de maior incidência de acidentes de trabalho, ressaltando que nesta atividade, o direcionamento de queda das árvores proporciona a proteção da regeneração de espécies de valor comercial, além de facilitar o arraste das toras e garantir a maior segurança dos trabalhadores.

A extração das toras do local da queda das árvores até o pátio de estocagem é realizada com a localização das árvores derrubadas em um mapa de arraste, onde, inicialmente, o trator ingressa na floresta para a abertura das trilhas de arraste, que previamente foram planejadas e alocadas em um mapa de intervenção. É então realizado o guinchamento da tora com cabo de aço e guincho que estão acoplados ao trator. Por fim, a tora é arrastada pelas trilhas até o pátio de estocagem onde irá permanecer até ser conduzida para a indústria (NOGUEIRA *et al.*, 2010; SABOGAL *et al.*, 2000). As estradas e pátios de estocagem são construídos respeitando as distâncias e dimensões adequadas, minimizando os danos a vegetação remanescente, seguindo os mapas de localização.

4.4 Ergonomia

Existem vários conceitos sobre a ergonomia, sendo que a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO) utiliza da definição aprovada em 2000 pela *International Ergonomics Association* (AIE), onde afirma que a ergonomia é uma ciência que estuda as interações entre os seres humanos e os elementos do sistema de trabalho, aplicando princípios teóricos, dados e métodos, a fim de realizar projetos otimizados para o bem-estar humano e o desempenho do sistema de trabalho (IIDA; GUIMARÃES, 2016). COUTO (1995) e SILVA *et al.* (2011), afirmam que a ergonomia estuda o melhor meio de adaptar o trabalho, seus instrumentos, equipamentos, máquinas e dispositivos para o trabalhador. E que a análise do ciclo de trabalho é um conjunto de ciências e tecnologias que procura a adaptação confortável e produtiva entre o ser humano e seu trabalho, ajustando as condições de trabalho às características do ser humano para melhorar o ambiente em termos de segurança e conforto.

A ergonomia estuda os diversos fatores que influem no desempenho do sistema produtivo e procura reduzir as consequências nocivas sobre o trabalhador, a fadiga, estresse,

erros e acidentes, proporcionando saúde, segurança e satisfação aos trabalhadores (IIDA; GUIMARÃES; 2016).

Sessions (2007) esclarece que em um ambiente florestal, os trabalhadores frequentemente utilizam equipamentos e máquinas que produzem ruídos, vibração e exaustão de gases. Fisicamente, as atividades são consideradas pesadas, influenciando no desgaste, na frequência cardíaca e nas taxas calóricas necessárias e despendidas pelos trabalhadores. Em florestas encontradas nos trópicos, os trabalhadores estão expostos, ainda, aos riscos eminentes de acidentes, fatores térmicos críticos e às doenças tropicais.

Do ponto de vista ergonômico, as melhores condições de trabalho são oferecidas pelas máquinas usadas na colheita de madeira em florestas plantadas, tais como: *harvesters* e *forwarders*. Nesse contexto, o cumprimento dos princípios ergonômicos no desenvolvimento de maquinário florestal moderno deve contribuir para a redução do estresse físico e mental, bem como outras restrições impostas ao operador, como exposição ao ruído e vibração, temperatura inadequada e baixa qualidade do ar. Além disso, deve contribuir para reduzir a probabilidade de erros e a subutilização de máquinas, no que diz respeito às suas capacidades técnicas. (GERASIMOV; SOKOLOV, 2014).

Soranso (2019) destaca a necessidade de ampliar as metodologias de avaliação ergonômica que considere as condições ambientais do trabalho, as questões fisiológicas do trabalhador em uma análise ergonômica do trabalho, visando o seu enriquecimento, com intuito de identificar situações que possam causar danos à saúde e integridade física dos trabalhadores.

As atividades de trabalho na exploração madeireira em região tropical se deparam com uma variabilidade de situações adversas, tanto do ambiente quanto relacionada ao trabalhador. Não há um controle de todos os fatores intervenientes na exploração em florestas nativas, ocorrendo incidentes e variações que mudam a situação de trabalho, e que, por vezes, colocam o trabalhador em maior exposição aos riscos ergonômicos, agravando os potenciais danos à saúde e riscos de acidentes.

4.4.1 Riscos Ocupacionais

4.4.1.1 Sobrecarga Térmica

Quando o homem trabalha submetido a temperaturas elevadas, há um decréscimo no seu rendimento, no ritmo de trabalho e na concentração, aumentando, assim, a frequência de pausas e os riscos de erros e acidentes de trabalho. A exposição ao calor por tempo prolongado, além de ocasionar aumento da temperatura corpórea, poderá causar doenças de pele, sobrecarga térmica e riscos de acidentes (IIDA; GUIMARÃES, 2016).

Ao avaliar o estresse térmico do ser humano, a temperatura é um dos parâmetros mais importantes a ser considerado, que incide quando o calor do ambiente não permite que o organismo humano permaneça em neutralidade térmica, ou seja, o calor é um dos agentes físicos ocupacionais que pode ser classificado como fator responsável por insalubridade ambiental, pois temperaturas extremas influenciam negativamente na saúde e no bem-estar do trabalhador (TALAIA; FERREIRA, 2010; BRASIL, 1978). Quando há um aumento excessivo da temperatura corporal ocasionado pelo aumento do metabolismo (sobrecarga fisiológica) e pelas condições ambientais (sobrecarga térmica), ocorre o estresse térmico, que pode ser identificado por quatro condições não necessariamente associadas: câibras, síncope, exaustão e insolação (BRAKE; BATES, 2003; KAMIJO; NOSE, 2006; MILLER; BATES, 2007;).

Silva e Teixeira (2014) relatam que a sobrecarga térmica alterna em função da atividade metabólica e do esforço físico envolvido no trabalho. Assim, para que o equilíbrio térmico seja mantido, a carga térmica metabólica deve ser dissipada. Parsons (1995) acrescenta que a avaliação de estresse térmico pode ser realizado por três tipos distintos, destacando os métodos diretos que envolvem o uso de medições padronizadas com uso de instrumentos que mede a temperatura do ar, a temperatura radiante, a velocidade e umidade do ar. Neste aspecto, Iida e Guimarães (2016) diz que a zona de conforto térmico é delimitada pelas temperaturas efetivas entre 20° C e 24° C, umidade relativa de 40% a 80% e velocidade do ar moderada em torno de 0,2m/s, de modo que haja o conforto térmico e o equilíbrio térmico.

Saliba (2021) esclarece ainda que, para verificar a severidade da exposição ao risco ocupacional ao calor, vários índices foram criados, sendo os mais utilizados, o índice de temperatura efetiva (TE), índice de temperatura efetiva corrigida (TEC), índice de sobrecarga térmica - IST (Heat Stress Index), índice de Termômetro de Globo Úmido (TGU) e Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo (IBUTG). Esses índices são utilizados para quantificar

os fatores ambientais que influenciam na sobrecarga térmica (temperatura, umidade relativa do ar, calor radiante e velocidade do ar).

O Anexo 03 da Norma Regulamentadora NR-15 define os limites de tolerância para exposição ao calor, sendo que a classificação é feita por meio das temperaturas em IBUTG e da carga física de trabalho; definindo o regime trabalho/descanso por hora de trabalho (BRASIL, 1978). As Normas de Higiene Ocupacional NHO-06 estabelece as diretrizes técnicas para avaliação das condições térmicas no ambiente de trabalho (Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina no Trabalho - FUNDACENTRO, 2017), onde o limite de exposição ocupacional ao calor é estabelecido com base no IBUTG médio ponderado e na taxa metabólica média ponderada (M). Este é um limite horário e, portanto, deve ser respeitado em qualquer período de 60 minutos corridos ao longo da jornada de trabalho.

4.4.1.2 Ruído Ocupacional

Atualmente, a gestão de riscos desempenha importante papel para obtenção e manutenção de nível de segurança, devendo ser uma gestão integrada, pois permite não somente a redução das taxas de acidentes de trabalho, mas também a melhoria da produtividade e melhores resultados econômicos e financeiros, além de promover a melhoria dos índices de qualidade de vida no trabalho. É necessário identificá-los, determinando e localizando as possíveis fontes geradoras e a identificação das possíveis trajetórias e meios de propagação dos agentes no ambiente de trabalho (BRASIL, 1978; FERNÁNDEZ-MUÑIZ *et al.*, 2012).

O ruído é um estímulo auditivo, podendo ser um som ou complexo de sons que causam a sensação de desconforto, causando fadiga, distração, perda de produtividade, dores pronunciadas no ouvido, zumbido e perda temporária ou permanente da audição, quando da ausência de proteção ou a exposição dos trabalhadores ao excesso de ruído. O ruído também aumenta os hormônios de estresse, por ser um estressor ambiental. A exposição prolongada dos operadores a este agente físico pode ocasionar problemas mentais e perdas irreparáveis na vida (PMAC, 1994; ANDRADE, 2022). Segundo Iida e Guimarães (2016), o ruído é definido como um som indesejado, tendo uma complexidade de vibrações, medidas em uma escala logarítmica, em uma unidade denominada decibel (dB). Duração do ruído provoca efeitos diferenciados sobre o desempenho humano, pois as mudanças frequentes de ruído/silêncio são mais prejudiciais que um ruído constante ou de longa duração.

Nudelmann *et al.*, (2001) e Couto (2002) afirmam que as ferramentas que produzem vibração e elevado nível de ruído necessitam de adequação ergonômica, caso contrário, corre-se o risco que as vantagens de aumento da produtividade decorrentes dessas ferramentas sejam anuladas pelas queixas médias e afastamentos. A consequência mais evidente do ruído é a Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR), que é a diminuição da capacidade auditiva em razão de uma longa exposição ao ruído, sem a devida proteção à exposição repetida, podendo levar à perda permanente da audição, causar problemas cardiovasculares e digestivos. O ruído também diminui o nível de atenção e aumenta o tempo de reação do indivíduo frente a estímulos diversos, favorecendo um aumento no número de erros cometidos e, conseqüentemente, na possibilidade de acidentes de trabalho.

Minette (1996) salienta que as pessoas podem não ser afetadas na mesma proporção pelo efeito sonoro, existindo a possibilidade de suscetibilidade de dois ruídos diferentes: o ocupacional e o ambiental que se muito intenso também passa a ser prejudicial.

O limite de tolerância ao ruído adotado pela NR-15 é de 85 a 115 dB(A), sendo o incremento igual a 5, ou seja, a cada aumento de 5 dB(A) o tempo máximo diário de exposição deve ser reduzido pela metade. Atualmente, o NIOSH e outros órgãos internacionais, incluindo a NHO-01, utilizam o incremento igual a 3 dB, isto é, a energia sonora duplicará ou reduzirá metade a cada aumento de 3 dB. Esse método é o mais utilizado no meio científico para avaliar o comportamento auditivo em função do nível e da duração do ruído para prevenção dos riscos aos trabalhadores (SALIBA, 2019a).

Apesar dos avanços tecnológicos introduzidos no corte florestal com uso da motosserra, a formação inadequada dos trabalhadores continua a ser um dos principais problemas. A atividade mais perigosa para os operadores é derrubada das árvores. Especificamente, os três tipos mais comuns de fatalidade ocorre quando o trabalhador é atingido por uma árvore ou galho, escorrega e tropeça no deslocamento e ao ser cortado pela motosserra, além da frequente exposição aos riscos ergonômicos que podem afetar a saúde (ALBIZU-URIONABARRENETXEA *et al.*, 2013; ROBB; COCKING, 2014).

Segundo os mesmos autores, a percepção do risco ocupacional ruído é de vital importância para os trabalhadores florestais, e quando não se tem essa percepção a curto prazo, as conseqüências desta exposição ao ruído podem expor os operadores a condições insalubres.

4.4.1.3 Vibração

O estágio elevado de mecanização é uma realidade na colheita de madeira em florestas plantadas. Todavia, existem atividades em menor grau de mecanização nas atividades de exploração madeireira em floresta nativa na Amazônia, que podem acarretar em condições adversas ao bem-estar, à segurança e à saúde dos trabalhadores em relação à vibração.

O trabalhador quando exposto de modo ativo às fontes de vibração, por meio do contato das mãos, nádegas, costas e pés, resultada em problemas à saúde, que depende essencialmente dos seguintes fatores: pontos de aplicação no corpo, frequência das oscilações, aceleração das oscilações e duração da ação. Um corpo somente é considerado em vibração a partir do momento da descrição de um movimento oscilatório ao redor de um ponto de referência. A quantidade de ciclos completos de um movimento ao longo de um período de um segundo é denominada frequência e tem como unidade de medida Hertz (FERNANDES, 2000, MENDES *et al.*, 2019).

Saliba (2019b) afirma que a vibração é um movimento oscilatório de um corpo provocado por causa de forças desequilibradas de componentes rotativos e movimentos alternados de uma máquina ou equipamento. Iida; Guimarães (2016), ainda descrevem a vibração como qualquer movimento que o corpo executa em torno de um ponto fixo, sendo definida pela frequência, intensidade do deslocamento e a direção do movimento, advertindo que as frequências mais prejudiciais são as mais baixas, variando de 1 a 80 Hz.

A Norma Regulamentadora NR-09, estabelece requisitos para a avaliação da exposição ocupacional às Vibrações em Mãos e Braços - VMB e às Vibrações de Corpo Inteiro - VCI, indicando que os procedimentos de avaliação quantitativa para VCI e VMB são aqueles estabelecidos nas Normas de Higiene Ocupacional – NHO, publicadas pela FUNDACENTRO.

A Norma de Higiene Ocupacional NHO-09 tem por objetivo estabelecer critérios e procedimentos para avaliação da exposição ocupacional às vibrações de corpo inteiro, que implique na possibilidade de ocorrência de problemas diversos à saúde do trabalhador, principalmente relacionados à coluna vertebral. A norma define a vibração em três variáveis: frequência (Hz), aceleração máxima (m/s^2) e direção do movimento, obtida nos eixos espaciais x (ântero-posterior); y (lateral; direita-esquerda); e z (longitudinal; pés-cabeça). (FUNDACENTRO, 2013). Desse modo, na avaliação da exposição é necessário coletar informações desses parâmetros, especialmente da aceleração e frequência (SALIBA, 2019b). Iida e Guimarães (2016), descrevem que a vibração pode provocar dores de cabeça, insônia,

fadiga, aumentos do ritmo cardíaco, em casos extremos pode danificar permanentemente alguns órgãos do corpo humano. Já para vibração de mãos e braços em casos mais graves, o fenômeno do “dedo branco”.

A norma ISO-2631 (1985) por sua vez, descreve a existência de três tipos de exposição humana à vibração em operação de máquinas: vibrações transmitidas simultaneamente à superfície de todo o corpo ou em partes substanciais; vibrações transmitidas ao corpo como um todo por meio da superfície de sustentação, os pés de um homem ereto, as nádegas de um homem sentado ou a área de sustentação de um homem reclinado; e vibrações aplicadas a uma parte específica do corpo, como as provenientes do encosto para cabeça, pedais e pontos de empunhadura das mãos. A Norma salienta ainda a definição de três limites de exposição do corpo humano às vibrações, buscando estabelecer os níveis de conforto, eficiência de trabalho e risco à saúde: nível de conforto reduzido (preservação do conforto), nível de eficiência reduzida e fadiga (preservação da eficiência de trabalho) e limite de exposição (preservação da saúde e/ou segurança). Os valores utilizados pelas normas são obtidos por meio de trabalhos que buscam mensurar o efeito das vibrações sobre o corpo humano.

Trabalhadores florestais que manuseiam motosserras tendem a desenvolver problemas de ordem vascular, neurológica, osteoarticular e muscular, estando entre os principais a exposição à vibração no sistema mão-braço, onde há uma degeneração gradativa do tecido vascular e nervoso, causando perda da capacidade manipulativa e tato nas mãos, dificultando o controle motor (ISO 5349-1, 2001; IIDA; GUIMARÃES, 2016; SALIBA, 2019b).

Fiedler *et al.* (2013) expressa que a exposição às vibrações oriundas das motosserras é um dos fatores mais preocupantes, pois o seu excesso torna a atividade laboral desfavorável, causando desconforto, aumentando o risco de acidentes, podendo levar a danos consideráveis à saúde do trabalhador.

As vibrações no trabalho de colheita florestal são ainda agravadas pela velocidade de deslocamento da máquina; tipo do terreno; amortecedores, cabine e assento, devendo ressaltar que a redução dos efeitos da vibração por meio da adição de componentes que permitam controlar ou isolar estes fenômenos, em níveis aceitáveis é de suma importância para a saúde e segurança do trabalhador (BACK, 1983; BRITO, 2007; SOEIRO, 2011).

4.4.2 Carga de Trabalho Físico

Segundo Iida e Guimarães (2016), a Carga de Trabalho Físico (CTF) foi o primeiro problema avaliado pela fisiologia do trabalho e continua sendo uma das questões centrais para a maioria dos trabalhadores. Os métodos fisiológicos visam permitir que a carga de trabalho se mantenha dentro de limites que tornem possível o trabalho em turnos de 8 horas. A frequência cardíaca é um importante indicador da carga de trabalho, devido aos inúmeros conhecimentos adquiridos em fisiologia humana e à grande facilidade de registro dos dados (EDHOLM, 1968; OIT, 1968; FIEDLER *et al.*, 2008).

Qualquer atividade desenvolvida pelo homem resulta em esforço físico, seja intenso ou não. O esforço intenso deve ser evitado, pois tendem a provocar danos físicos e psicológicos ao ser humano. Como seu conhecimento é de grande aplicação na área da saúde do trabalhador, a CTF expressa a intensidade da atividade laboral posta ao indivíduo (LOPES *et al.*, 2011; SEIXAS, 1991).

O batimento cardíaco é um sinalizador por meio do qual se pode avaliar o estresse corporal, bem como o desgaste fisiológico de trabalho. A frequência cardíaca é alterada pela postura adotada no trabalho, pelas condições físicas do trabalhador, pelas condições ambientais, sendo que seus efeitos afetam o trabalho físico muscular e reduz a capacidade de trabalho (GUIMARÃES *et al.*, 2003; McARDLE *et al.*, 2016).

Importante ainda mencionar que, a maneira como as atividades florestais são executadas, os trabalhadores estão expostos a cargas com pesos acima dos limites toleráveis, com aumento da fadiga e a adoção de postura forçada por períodos prolongados, provocando uma sobrecarga mecânica, desencadeando quadros algicos e desequilíbrios de força, redução do ritmo de trabalho, atenção, raciocínio, produtividade expondo o trabalhador a erros e acidentes colocando em risco, desta forma, sua integridade física e psíquica (KISNER; COLBY, 2009; McARDLE *et al.*, 2016; SCHETTINO *et al.*, 2017).

Iida e Guimarães (2016) relatam que em trabalhos de elevada exigência física ou em ambientes desfavoráveis com altas temperaturas ou excesso de ruídos, devem ser proporcionados pausas durante a jornada de trabalho para repouso fora do posto de trabalho. A variação de atividades durante o ciclo de trabalho auxilia na redução ou retardo da fadiga. A necessidade de exercer força durante o trabalho florestal pode levar o surgimento de tensões mecânicas localizadas no organismo do trabalhador. Essa exigência incrementada de energia conduz à sobrecarga nos músculos, no coração e nos pulmões (MINETTE *et al.*, 2018).

O limite de carga máxima no trabalho pode ser calculado com base na carga cardiovascular, sendo o limite 40% da frequência cardíaca do trabalho em relação à frequência cardíaca máxima utilizável. A frequência cardíaca é um indicador indireto da carga de trabalho, obtendo-se através da palpação de artérias ou com a utilização de medidores de frequência cardíaca (APUD, 1989; COUTO,1995; VILLA VERDE; CRUZ, 2004). Quando a carga cardiovascular ultrapassar esse limite, é necessário a reorganização do trabalho, com determinação de tempo de repouso (pausas) para que os trabalhadores não corram riscos de atuar com sobrecarga física, a necessidade de exercer força durante o trabalho tem levado o aparecimento de tensões mecânicas localizadas no organismo do trabalhador.

4.4.3 Análise Postural

A biomecânica estuda as interações entre o trabalho e o ser humano, sob o ponto de vista dos movimentos músculo-esqueléticos e as suas consequências para solucionar problemas posturais, analisando as posturas corporais e a aplicação de forças envolvidas no trabalho (IIDA, 2005).

A análise postural é o estudo do posicionamento relativo entre as partes do corpo, sendo que a manutenção excessiva de determinada postura ou de cargas excessivas compromete a saúde do trabalhador, além que a adoção de posturas inadequadas pode gerar problemas referentes à queda de produtividade e acidentes no trabalho. E por meio de treinamentos específicos, as posturas consideradas inadequadas ao trabalhador poderão ser corrigidas por posturas mais seguras, saudáveis e confortáveis (FIEDLER *et al.*, 2003; IIDA; GUIMARÃES, 2016; SANTOS *et al.*, 2012).

A adoção correta da postura é importante para a execução do trabalho com conforto e segurança. Os operadores de máquinas florestais trabalham na posição sentada, adotando uma postura que exige atividade muscular constante na região dorsal e ventral, onde o peso do corpo é suportado. A postura adotada em períodos excessivos exige mudanças constantes, a fim de evitar incômodos na coluna e retardar o surgimento da fadiga (MARTINS *et al.*, 2019). Neste sentido, Moraes (1996) afirma que a postura é considerada como elemento primordial da atividade do homem, onde por um lado, é suporte para a tomada de informações e para a ação motriz de modo a preparar os seguimentos corporais e os músculos com o objetivo de agir sobre o ambiente, sendo um meio para realizar a atividade.

Os projetos inadequados de assentos, comandos e postos de trabalho nas máquinas podem forçar o trabalhador a adotar posturas incorretas no trabalho. Um aspecto importante no projeto dos postos de trabalho é a postura corporal a ser adotada durante a execução da atividade, posturas incorretas mantidas por longo período de tempo ocasiona alteração na coluna lombar, maior pressão nos discos intervertebrais, resultando no aparecimento de problemas em relação a LER/DORT (PICOLOTO; SILVEIRA, 2008; THUN *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2013; IIDA; GUIMARÃES, 2016)

Os métodos de avaliação postural são importantes ferramentas que auxiliam na identificação de problemas posturais nas atividades florestais, destacando os métodos: REBA - *Rapid Entire Body Assessment*, que permite a análise das posturas adotadas no trabalho, forças aplicadas, tipos de movimentos ou ações realizadas, atividade muscular, trabalho repetitivo e o tipo de pega adotada pelo trabalhador ao realizar o trabalho; RULA - *Rapid Upper Limb Assessment*, as posturas são enquadradas de acordo com as angulações entre os membros e o corpo, obtendo-se pontuações que definem o nível de ação a ser seguido; OWAS - *Ovako Working Posture Analyzing System* permite estimar o grau de carga estática dos trabalhadores no local de trabalho, analisando sua postura, identificando assim quatro posturas de trabalho para as costas, três para os braços, sete para as pernas e três categorias para o peso da carga movimentada; e 3DSSPP - *3D Static Strength Prediction Program*, que fornece informações de força estática e dados de postura para as atividades laborais tais como elevações, pressões, empurrões e puxões.

O método RULA foi desenvolvido para o uso em investigações ergonômicas de locais de trabalho, onde foram reportadas doenças dos membros superiores ligadas ao trabalho. Este método não requer equipamento especial e oferece uma rápida análise das posturas de pescoço, tronco e membros superiores junto com a função muscular e a carga externa recebida pelo corpo. É uma análise rápida dos membros superiores, sendo um método simples de levantamento das informações com a finalidade de uma investigação ergonômica nos postos de trabalho que possuam potencial causador de desordens musculoesqueléticas. Tem como finalidade investigar a exposição sofrida por trabalhadores durante a atividade laboral, de fatores de risco (MCATAMNEY; CORLETT, 1993).

Neste método são obtidas as pontuações para cada segmento corpóreo dos grupos A (braços, antebraços, punhos e rotação dos punhos), e B (pescoço, tronco e pernas) e a avaliação de risco é feita a partir de uma observação sistemática dos ciclos de trabalho, pontuando as

posturas, cada fator avaliado recebe uma pontuação, cujos resultados dos grupos A e B serão cruzados (Figuras 1 e 2). Após a obtenção dos valores para os grupos A e B, avalia-se o uso dos músculos e a força/carga suportada. Com os valores finais obtidos para o grupo A e grupo B. O escore final para cada postura típica adotada pelo operador foi comparado com os níveis de ação definidos pelo método (Tabela 2).











Escores	1	2	2	3	4	Ajustes
Braços	 20° de extensão a 20° de flexão	 > 20° de extensão	 20 a 45° de flexão	 > 45 a 90° de flexão	 ≥ 90° de flexão	+ 1 ombro elevado + 1 braço abduzido - 1 braço apoiado
Antebraços	 60 a 100° de flexão	 < 60° de flexão ou > 100° de flexão				+ 1 antebraço cruza o plano sagital + 1 antebraço rotacionado externo ao tronco
Punhos	 0° neutro ou meia inclinação de pronação ou supinação	 15° de flexão a 15° de extensão ou total pronação o supinação	 ≥ 15° de flexão ou extensão			+ 1 desvio ulnar ou radial

Figura 1. Angulações e escores dos segmentos corpóreos do grupo A no método RULA.

Fonte: Adaptado de McAtamney e Corlett (1993).



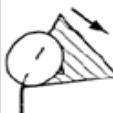
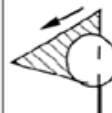




Escores	1	2	3	4	Ajustes
Pescoço	 0° a 10° de flexão	 10 a 20° de flexão	 > 20° de flexão	 em extensão	+ 1 pescoço torcido ou rotacionado + 1 pescoço inclinado lateralmente
Tronco	 0° ou bem apoiado quando sentado	 0 a 20° de flexão	 20 a 60° de flexão	 > 60° de flexão	+ 1 tronco torcido ou rotacionado + 1 tronco inclinado lateralmente
Pernas	pernas e pés bem apoiados e equilibrados	pernas e pés não estão corretamente apoiados e equilibrados			

Figura 2. Angulações e escores dos segmentos corpóreos do grupo B no método RULA.

Fonte: Adaptado de McAtamney e Corlett (1993).

Tabela 2. Diagnóstico do método RULA de acordo com o nível de ação.

Escore	Nível de ação	Diagnóstico
1 ou 2	1	Postura aceitável se não for mantida ou repetida por longos períodos.
3 ou 4	2	Necessárias mais investigações e possível necessidade de mudanças.
5 ou 6	3	Necessárias investigações e mudanças rapidamente.
7 ou mais	4	Necessárias investigações e mudanças imediatas.

Fonte: Adaptado de McAtamney e Corlett (1993)

4.5 Condições Operacionais de Influência na Exploração Florestal

4.5.1 Características das Árvores

As florestas nativas por sua característica apresentam espécies com alto desenvolvimento em idade, diâmetro, volume e densidade da madeira, sendo que a densidade nas espécies nativas tem grande variação dentro de uma mesma área explorada, interferindo diretamente nas operações de corte e arraste das árvores (Tabela 3). Em muitas situações ocorre a necessidade de troca frequente das correntes da motosserra a fim de facilitar o corte devido a dureza da espécie, assim como maior exigência de potência e consumo de energia pelas máquinas no arraste da madeira. Dessa forma, o manejo sustentável dessas florestas exige um maior grau de complexidade, diferentemente do normalmente estabelecido em florestas plantadas (OLIVEIRA *et al.*, 2012)

Oliveira *et al.* (2005) e Valério *et al.* (2008), relatam que a caracterização da madeira por meio da determinação de sua densidade ou massa específica é fundamental como subsídio no entendimento de sua qualidade e a interferência na ergonomia das operações. A densidade da madeira é influenciada por vários fatores, tais como: idade, procedência, local de origem, espaçamento, taxa de crescimento, sendo que o conhecimento desta variabilidade é importante para a otimização das atividades da exploração da madeira.

Tabela 3. Densidade da madeira de algumas espécies identificadas no plano de manejo florestal sustentável na área de estudo.

Espécies	Nome Comum	Família	Densidade	Verde kg/m³	Básica kg/m³
<i>Enterolobium maximum</i>	Fava-orelha-de-negro	Mimosaceae	alta	1,21	0,84
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	Cedro-amazonense	Mimosaceae	baixa	1,1	0,45
<i>Erisma uncinatum</i>	Cedrinho	Vochysiaceae	baixa	1,1	0,48
<i>Parkia multijuga</i>	Barjão	Mimosaceae	baixa	1,09	0,38
<i>Simarouba amara</i>	Marupá	Simaroubaceae	baixa	0,98	0,38
<i>Trattinnickia burserifolia</i>	Morcegueira	Burseraceae	baixa	0,96	0,44
<i>Couratari guianensis</i>	Tauari	Lecythidaceae	média	1,11	0,52
<i>Vochysia guianensis</i>	Rosinha	Vochysiaceae	média	1,14	0,54
<i>Apuleia molaris</i>	Garapeira	Fabaceae	alta	1,25	0,75
<i>Dipteryx odorata</i>	Champanhe	Fabaceae	alta	1,28	0,91
<i>Hymenolobium petraeum</i>	Angelin Pedra	Fabaceae	média	1,2	0,59
<i>Buchenavia grandis</i>	Mirindiba	Combretaceae	alta	1,24	0,79
<i>Ocotea puberula</i>	Canelão	Lauraceae	média	1,04	0,63
<i>Qualea paraensis</i>	Cambará	Vochysiaceae	média	-	0,67
<i>Protium heptaphyllum</i>	Amescla-aroeira	Burseraceae	média	-	0,67
<i>Erisma calcaratum</i>	Cedrinho-branco	Vochysiaceae	baixa	-	0,5
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Timbori	Mimosaceae	baixa	1,050	0,42

Fonte: LPF e IPT (2023).

O diâmetro mínimo de corte é uma característica importante das espécies florestais, sendo uma variável medida a 1,3 m de altura a partir do terreno, sendo que, conforme a Resolução do CONAMA n. 406/2009, o diâmetro mínimo de corte em florestas da Amazônia é de 50 cm (BRASIL, 2009). Muitas espécies florestais arbóreas exploradas no manejo florestal podem apresentar DAP elevados, sapopemas (raízes tabulares) e bifurcações. Essas características das árvores dificultam a derrubada, arraste e carregamento, podendo influenciar nos riscos ergonômicas. E para as árvores de elevado DAP, técnicas especiais de corte devem ser aplicadas para diminuição dos riscos de acidentes aos trabalhadores, danos à vegetação remanescente e perda de qualidade devido às rachaduras no momento da queda das árvores. Além disso, tais características das árvores podem exigir uma postura corporal inadequada, maior exigência física e exposição a níveis de ruído e vibração, comprometendo a saúde dos trabalhadores.

4.5.2 Sub-bosque

As florestas naturais possuem diversas particularidades, dentre as quais cita-se a presença de sub-bosque, que forma um nicho ecológico de vital importância para o estabelecimento e o desenvolvimento das espécies que constituirão os demais estratos da floresta, bem como a complexidade na distribuição espacial das espécies (JARDIM; HOSOKAWA, 1987; OLIVEIRA; AMARAL, 2005; UBIALLI *et al.*, 2009).

Oliveira e Amaral (2005) e Mendes *et al.* (2012), afirmam que o sub-bosque é uma forma importante de nicho ecológico para o estabelecimento e a sobrevivência das espécies dentro de um ecossistema, sendo que a composição florística é um dos primeiros parâmetros a serem analisados no planejamento florestal, tanto com objetivos ecológicos quanto silviculturais. Quando associada ao conhecimento da dinâmica da vegetação pós-colheita, permite ao silvicultor decidir sobre práticas que favoreçam o estabelecimento e o desenvolvimento dos indivíduos presentes na floresta.

Na atualidade ainda é grande a escassez de informações sobre a influência do sub-bosque nas operações de exploração florestal em florestas nativas, existindo uma lacuna a ser preenchida com futuras pesquisas. Sabe-se que em sub-bosque em floresta nativa ocorre grande variações na sua composição, seja biótica e abiótica, diferentes extratos florísticos, afloramentos rochosos, troncos de árvores caídas, tocos, raízes expostas, canais de escoamento de água superficial. São fatores que poderão dificultar as operações de exploração, e ter influência nos riscos ergonômicos.

4.5.3 Distância Arraste

Seixas e Castro (2014) descrevem que a extração florestal é uma etapa de grande complexidade, consistindo na remoção da madeira do interior da floresta até a margem do talhão, estradas ou pátio intermediário. É considerada uma das operações mais críticas do processo produtivo florestal, pois o custo da unidade de madeira pode atingir até 25 vezes acima em relação ao transporte principal (BIRRO *et al.*, 2002). Por isso, exige um planejamento detalhado das operações de maneira a empregar as técnicas e equipamentos próprios dentro do sistema mais indicado de trabalho.

Rodrigues (2015) esclarece que a distância de extração é uma variável que influencia inversamente ao rendimento das máquinas de extração da madeira, pois quanto maior a distância de extração, menor será a produtividade das máquinas.

A legislação ambiental atual prevê um volume máximo a ser autorizado de corte de 30 m³.ha⁻¹ (Brasil, 2009), sendo que em média, o volume de madeira extraído dos PMFS corresponde a 18 m³.ha⁻¹, equivalente a 3 árv.ha⁻¹ (IBAMA, 2020). Devido a essa dispersão de árvores, na exploração madeireira em floresta nativa, as distâncias de arraste possuem grandes variações.

Em relação à ergonomia, pode-se afirmar a distância de arraste como mais uma condição de influência que pode afetar a segurança e saúde dos trabalhadores, pois quanto maior for a distância de arraste da madeira, a operação demandará maior tempo de execução, acarretando em maior tempo de exposição dos trabalhadores aos riscos ergonômicos, tais como: ruído, vibração, posturas corporais e esforço físico no trabalho.

4.5.4 Declividade do Terreno

Na região amazônica brasileira ocorrem variações em relação à declividade do terreno, conforme a localização da região de realização dos Plano de Manejo Florestal Sustentável - PMFS, havendo desde áreas totalmente planas até áreas com níveis acentuados de declividade.

Diante disto, Lima e Leite (2014), afirmam que as operações de colheita da madeira em áreas acidentadas ou em condições topográficas desfavoráveis exige um elevado nível de planejamento e maior detalhamento, com o uso de técnicas e equipamentos específicos, atendendo aos objetivos de minimizar os custos, diminuir a necessidade de mão de obra, aumentar a produtividade e os potenciais riscos ergonômicos.

A declividade do terreno é uma das variáveis operacionais de maior influência na decisão dos métodos mecanizados de colheita da madeira, devendo ser respeitada a capacidade máxima de trabalho do equipamento de acordo com a declividade do terreno. Em áreas muito acidentadas, o tráfego de máquinas poderá também ser inviável, devido à instabilidade da máquina e colocar em risco a segurança e saúde dos trabalhadores (LIMA; LEITE, 2014; SEIXAS, 2014; RODRIGUES, 2015). Além disso, Silva *et al.* (2008), relatam que quanto maior a declividade do terreno, maiores serão as limitações ao deslocamento das máquinas no terreno, afetando diretamente a capacidade produtiva das operações florestais.

4.6 Análise Multivariada

A análise multivariada é um conjunto de técnicas estatísticas que permite a análise e a interpretação de conjuntos de dados de natureza quantitativa com grande número de variáveis de forma simplificada. As técnicas multivariadas surgiram pelo avanço tecnológico e o uso de modernos computadores, sem os quais não seria possível analisar grande número de variáveis de forma conjunta. (NEISSE; HONGYU, 2016). As técnicas multivariadas têm se tornado muito populares em várias áreas do conhecimento, devido a facilidade da análise e a interpretação de grande número de variáveis, (HONGYU, 2018).

A análise de variância multivariada (MANOVA) trata-se de uma extensão da análise de variância quando se possui mais que uma variável dependente, sendo que as variáveis dependentes devem ser relacionadas em certa extensão ou deve haver alguma razão conceitual para considerá-las em conjunto. A MANOVA compara grupos, informando se as diferenças entre as médias dos grupos para a combinação das variáveis independentes, ocorrem por chance. Para isto, a MANOVA cria um novo conjunto de variáveis dependentes, que é uma combinação linear de cada uma das variáveis dependentes originais, onde uma análise de variância é realizada usando a esta nova combinação de variáveis dependentes. A MANOVA informa se existe diferenças significantes entre os grupos nesta variável dependente composta (HAIR JUNIOR *et al.*, 2005; ANDERSON, 2003; JOHNSON; WICHERN, 1998; KACHIGAN, 1991; MARRIOTT, 1974).

A análise de componentes principais refere-se a técnicas multivariadas de modelagem da covariância, por meio da transformação linear das variáveis originais em um conjunto significativamente menor de componentes não correlacionados que explicam a maior parte da variabilidade dos dados. Portanto, está relacionada à redução de massa de dados por meio de uma combinação de variáveis de variabilidades afins. Apesar das técnicas multivariadas terem sido desenvolvidas para soluções de problemas muito específicos, a possibilidade da redução de massa de dados tornou tais técnicas populares em várias áreas do conhecimento (NEISSE; HONGYU, 2016).

A análise discriminante por sua vez é um procedimento utilizado para a identificação das relações existentes entre as variáveis nominais e as variáveis preditoras quantitativas. A análise discriminante tem por finalidade classificar um objeto em uma de $k \geq 2$ populações, com base em um vetor de observações multivariadas \mathbf{x} desse objeto (FERREIRA, 2018).

É considerada um procedimento para identificação dos limites entre os grupos de objetos, sendo os limites definidos em termos daquelas variáveis características que distinguem ou discriminam os objetos em seus respectivos grupos. O objetivo da análise discriminante é examinar o quanto é possível distinguir os membros de vários grupos com base nas observações feitas neles. Esta análise fornece testes de significância para detectar diferenças entre grupos baseado nos valores das variáveis x ; regras de alocação, para identificar indivíduos como pertencentes a um dos grupos com base nos valores das variáveis x , por meio de funções discriminantes; estima a probabilidade de alocação correta, usando as regras que foram derivadas (HAIR JUNIOR *et al.*, 2005; ANDERSON, 2003; JOHNSON; WICHERN, 1998; KACHIGAN, 1991; MARRIOTT, 1974). A análise discriminante calcula os centroides para cada grupo. Estes centroides representam a média dos valores obtidos para cada função discriminante, quando estimados seus respectivos escores, ou seja, quando os valores originais são substituídos nas funções obtidas.

A análise fatorial tem por objetivo a redução de um número grande de variáveis para um número menor, onde essa técnica considera cada uma das variáveis originais como uma combinação linear de alguns “fatores subjacentes” (GOTELLI; ELLISON, 2011). A análise de fatores são representadas pelas variáveis y_1, y_2, \dots, y_p como combinações lineares de algumas variáveis aleatórias f_1, f_2, \dots, f_m ($m < p$) chamadas fatores. Os fatores são variáveis subjacentes construídas, como também chamadas variáveis latentes, que geram os y 's. Os fatores não podem ser medidos ou observados (RENCHER, 2002).

A essência da análise de fatores é o agrupamento das variáveis em grupos separados, significando que elas são correlacionadas umas às outras, e representam uma variável subjacente ou fator. Os subconjuntos de variáveis podem ser considerados como dimensões subjacentes abstratas e um dos importantes usos da análise de fatores está na identificação dos fatores subjacentes de um grande conjunto de variáveis. O agrupamento de grande número de variáveis em um conjunto homogêneo menor proporciona a criação de uma nova variável chamada fator, representando cada um dos conjuntos, simplificando os dados e, conseqüentemente, permitindo um ganho na interpretação da matéria em questão (KACHIGAN, 1991).

No modelo fatorial cada variável é representada por uma função linear de variáveis fatoriais não observáveis (fatores comuns) e por uma única variável latente específica. Os fatores comuns são responsáveis pela explicação tanto das variâncias quanto das covariâncias,

enquanto as variáveis específicas contribuem somente para as variâncias das variáveis originais consideradas no modelo (FERREIRA, 2018). A existência de grupos com alta correlação entre os subconjuntos de variáveis sugere que essas variáveis podem estar medindo aspectos da mesma subjacente dimensão. Essas subjacentes dimensões são conhecidas como fatores ou variáveis latentes. Pela redução do conjunto de dados de um grupo de variáveis intercorrelacionadas em um grupo menor de fatores, a análise de fatores alcança parcimônia pela explicação da máxima quantidade da variância comum numa matriz de correlação usando número menor de conceitos explanatórios (FIELD, 2005). Por meio da análise de fatores é possível determinar índices para classificar vários aspectos de uma pesquisa e classificar novos elementos medidos.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área de Estudo

A pesquisa foi realizada em uma área de vegetação nativa em fase de exploração de madeira de um Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), localizada na região norte do estado de Mato Grosso, cujos dados foram coletados nos meses de agosto e setembro de 2022.

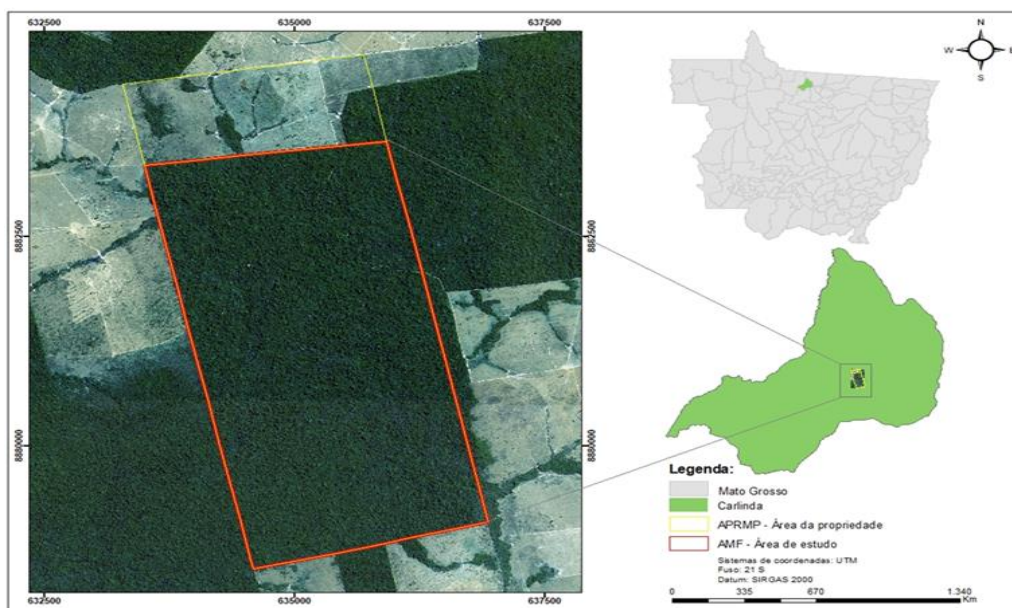


Figura 3. Mapa de localização da área de estudo.

Fonte: O autor.

O clima da região é classificado como Am, tropical chuvoso com estação seca no período de maio a agosto e precipitação nos meses de setembro a abril, com média anual entre 2.500 e 2.800 mm, enquanto a temperatura média anual varia de 22 a 24° C (ALVARES *et al.*, 2013).

Os solos da região são classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, com textura média, dotados de baixo a médio teor de argila (MOREIRA; VASCONCELOS, 2007) e a vegetação predominante é composta por Floresta Ombrófila Aberta (IBGE, 2012). A área do projeto do manejo florestal encontra-se inserida na microbacia hidrográfica do Rio Teles Pires, pertencendo à grande bacia hidrográfica amazônica.

5.2 Trabalhadores Estudados

Por envolver seres humanos, esta pesquisa foi submetida, inicialmente, ao Comitê de Ética em Pesquisa (COMEP) da Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, tendo sido aprovada sob o parecer número 5.594.876 (Anexo 1). A participação dos trabalhadores ocorreu de forma voluntária, onde os mesmos receberam esclarecimentos sobre os objetivos e a metodologia da pesquisa, por meio da leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, em atendimento à Resolução nº 196/1996 da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa do Ministério da Saúde.





5.3 Caracterização das Operações Florestais

As operações da exploração florestal avaliadas foram o corte das árvores com uso de motosserras e o arraste das toras com uso de um trator agrícola adaptado, cujas descrições estão apresentadas na Tabela 4.

A operação de corte das árvores consistiu na abertura do entalhe direcional “boca de corte” realizado por meio de um corte horizontal localizado na direção de queda da árvore em uma altura de 20 cm do terreno, seguido do corte diagonal com uma angulação de 45° até atingir a linha de corte horizontal. Em seguida, por meio de um corte de abate de forma horizontal no lado oposto ao entalhe direcional a aproximadamente 30 cm em relação ao terreno. Na sequência, ocorreu a realização do destopamento (separação da copa do tronco) e o traçamento (seccionamento do fuste em toras), quando necessário.

A operação de arraste das toras após a localização dos ramais de arraste e o número de toras a serem arrastadas iniciava-se pela última árvore derrubada do ramal, quando então era realizado o engate da tora com o gancho (piriquito), onde a ponta da tora foi levantada e arrastada até o pátio de estocagem.

Tabela 4. Especificações do equipamento e máquina utilizados nas operações avaliadas.

Operação	Máquina	Características técnicas
Corte de árvores	 <p data-bbox="703 454 959 488">Motosserra MS 651</p> 	<p data-bbox="1015 360 1321 394">Potência (kW/cv): 5.0/6.8</p> <p data-bbox="1015 409 1190 443">Sabre (cm): 75</p> <p data-bbox="1015 459 1353 492">Corrente: 26 RS 3/8" 1.6mm</p> <p data-bbox="1015 508 1433 593">Capacidade tanque combustível (l): 0,85</p> <p data-bbox="1015 609 1433 694">Capacidade do tanque de óleo (l): 0,40</p> <p data-bbox="1015 710 1185 745">Peso (kg): 7,3</p>
Arraste de toras	 <p data-bbox="703 857 959 891">Trator Valmet 1580</p> 	<p data-bbox="1015 891 1342 925">Potência 152 HP (113 Kw).</p> <p data-bbox="1015 940 1318 974">Toque máximo: 50,0 mkf</p> <p data-bbox="1015 990 1206 1023">Rodados: Pneus</p> <p data-bbox="1015 1039 1158 1072">Tração: 4x4</p> <p data-bbox="1015 1088 1273 1122">Implemento: Guincho</p>

Fonte: O autor.

5.4 Cenários Operacionais Avaliados

A pesquisa foi conduzida em uma área sob regime de manejo florestal sustentável, sendo avaliadas as operações de corte das árvores e arraste das toras em diferentes cenários operacionais, consideradas mais importantes e de maior influência nas atividades de exploração na região amazônica.

A identificação, caracterização dendrométrica e localização das árvores selecionadas para o corte e a definição das distâncias de arraste em relação aos pátios intermediários foram definidos com base nos mapas de exploração elaborados no PMFS.

5.4.1. Corte das Árvores

Na operação de corte de árvores foram avaliados os seguintes cenários operacionais definidos pela densidade da madeira, classificadas de acordo com o Laboratório de Produtos Florestais- LPF do Serviço Florestal Brasileiro e o Instituto de Pesquisa Tecnológica - IPT:

Cenário 1: corte de árvores com madeira de densidade baixa: $d < 0,50\text{g/cm}^3$;

Cenário 2: corte de árvore com madeira de densidade média: $0,50 \leq d < 72\text{g/cm}^3$;

Cenário 3: corte de árvores com madeira de densidade alta: $d \geq 0,72\text{g/cm}^3$.

5.4.2. Extração de Toras

Na operação de extração das toras foram realizadas simulações definidas nas diferentes densidades da madeira em duas distâncias de arraste, com prévia seleção de toras de iguais diâmetro (0,74 m) e comprimento (4,0 m) nas três densidades da madeira. As distâncias aplicadas no arraste foram: 0 a 150 m e acima de 150 m. As simulações ocorreram em local fora dos ramais de arraste e livre de vegetação, de forma a limitar os fatores de interferência, como quebra da vegetação na abertura dos ramais, que é uma ação que ocorre apenas para o arraste da primeira tora, ocasionando maiores choques e solavancos da máquina.

Portanto, na operação de arraste foram avaliados os seguintes cenários operacionais em relação às densidades da madeira e distâncias de arraste:

Cenário 1: arraste de toras de madeira de densidade baixa ($d < 0,50\text{g/cm}^3$) na distância de arraste de até 150 m.

Cenário 2: arraste de toras de madeira de densidade baixa ($d < 0,50\text{g/cm}^3$) na distância de arraste acima de 150 m.

Cenário 3: arraste de toras de madeira de densidade média ($0,50 \leq d < 72\text{g/cm}^3$) na distância de arraste de até 150 m.

Cenário 4: arraste de toras de madeira de densidade média ($0,50 \leq d < 72\text{g/cm}^3$) na distância de arraste acima de 150 m.

Cenário 5: arraste de toras de madeira de densidade alta ($d \geq 0,72\text{g/cm}^3$) na distância de arraste de até 150 m.

Cenário 6: arraste de toras de madeira de densidade alta ($d \geq 0,72\text{g/cm}^3$) na distância de arraste acima de 150 m.

5.5. Avaliação dos Riscos Ergonômicos do Trabalho

Na operação de corte florestal foram coletados dados referentes à sobrecarga térmica (calor), conforto acústico (ruído), vibração de mãos e braços, carga de trabalho físico e postura corporal, enquanto na operação de extração das toras avaliou-se a sobrecarga térmica (calor), conforto acústico (ruído), vibração de corpo inteiro e postura corporal durante a execução dos ciclos operacionais, sendo ambas as operações realizadas no período diurno de trabalho.

5.5.1 Sobrecarga Térmica

Na avaliação da exposição ocupacional dos trabalhadores ao calor foi utilizado um IBUTG (Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo), seguindo os procedimentos estabelecidos pela NHO-06 – Avaliação da Exposição Ocupacional ao Calor, proposta pela Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina no Trabalho – FUNDACENTRO.

O termômetro digital portátil IBUTG (Highmed TGD-1800) foi instalado no pátio de estocagem das toras a uma altura de 1,60 m do solo, por ser o melhor local para representação das operações realizadas no estudo (Figura 4), cujos dados foram registrados e armazenados em intervalos de um minuto durante toda a jornada de trabalho para obtenção de posterior valor médio para hora de trabalho.

Por intermédio da Equação 1 (NHO-06, 2017), o IBUTG foi calculado considerando ambientes externos com carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7t_{bn} + 0,2 t_g + 0,1 t_{bs} \quad (1)$$

Em que: IBUTG = índice de bulbo úmido e termômetro de globo; T_{bn} = temperatura de bulbo natural ou úmido; T_{bs} = temperatura de bulbo seco; e T_g = temperatura de globo.

Posteriormente os dados foram analisados em *software* específico, onde os valores médios dos índices de IBUTG foram comparados com o Nível de Ação e o Limite de Exposição, conforme a Tabela 5, que estabelece os limites de exposição ocupacional ao calor para trabalhadores não aclimatizados.

A taxa metabólica foi determinada utilizando-se o Quadro 1 da NHO-06 que atribui as taxas metabólicas (M) relativas às diversas atividades físicas exercidas pelo trabalhador em função do tipo de atividade exercida.



Figura 4. Termômetro digital portátil IBUTG instalado às margens do pátio de estocagem.

Fonte: O autor.

Tabela 5. Limite de exposição ocupacional ao calor para trabalhadores não aclimatizados (NHO-06) nas operações de corte de árvores e arraste de toras.

Operação	Classificação	Taxa Metabólica (W/h)	Nível Ação/Limite Exposição (°C)
Corte	Trabalho moderado com o corpo	468	22,3
Arraste	Trabalho moderado com dois braços	252	26,0

Fonte: FUNDACENTRO, 2017.

5.5.2 Ruído Ocupacional

A avaliação da exposição ocupacional dos trabalhadores ao ruído de ação preventivista foi realizada com base nos procedimentos da NHO-01 – Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído, proposta pela FUNDACENTRO, que estabelece o nível de exposição normalizado (NEN) para fins de comparação com os limites de exposição, onde o nível médio de ruído foi convertido para jornada padrão de 8 (oito) horas de trabalho.

Foi utilizado um dosímetro de ruído da marca Criffer, modelo Sonus (Figura 5), que foi instalado na zona auditiva dos trabalhadores durante a jornada de trabalho, operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta, seguindo os procedimentos da NHO-01.



Figura 5. Dosímetro de ruído instalado no motosserrista.

Fonte: O autor.

Os dados foram tabelados, com auxílio do *software* Microsoft Excel. Os critérios adotados para a tomada de decisão estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6. Critérios para análise do ruído pelo Nível de Exposição Normalizado (NEN).

NEN Db(A)	Dose diária (%)	Consideração técnica	Atuação recomendada
Até 82	0 a 50	Aceitável	No mínimo a manutenção da condição existente
82 a 84	50 a 80	Acima do nível de ação	Adoção de medidas preventivas
84 a 85	80 a 100	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas para reduzir a dose diária
Acima de 85	Acima de 100	Acima do limite Exposição	Adoção imediata de medidas corretivas

Fonte: FUNDACENTRO, 2001b.

5.5.3 Vibração

A vibração foi realizada nas operações de corte de árvores e arraste de toras por meio das avaliações da vibração de mãos e braços (VMB) e vibração de corpo inteiro (VCI), respectivamente.

5.5.3.1 Vibração de Mãos e Braços

A avaliação da exposição ocupacional à vibração em mãos e braços com ação preventcionista, foi realizada com base nos procedimentos da NHO-10 – Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibração em Mãos e Braços, proposta pela FUNDACENTRO.

Para obtenção dos níveis de VMB no manuseio da motosserra foi utilizado um medidor de vibração do corpo inteiro da marca Criffer, modelo Vibrate, cujo sensor foi instalado nas mãos do operador, conforme Figura 6. O nível de ação para a exposição ocupacional diária à VMB corresponde a um valor de aren de 2,5 m/s², enquanto o limite de exposição ocupacional diária à vibração em mãos e braços corresponde a um valor de aren de 5 m/s² de acordo com o proposto pela NHO -10.



Figura 6. Medidor de vibração de mãos e braços com acelerômetro com adaptador.

Fonte: O autor.

5.5.3.2 Vibração de corpo inteiro

A avaliação da exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro foi realizada conforme a NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013), que segue a normativa internacional ISO 2631-1 (1997) – *Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration* e ISO 8041 (2005) – *Human response to vibration – Measuring instrumentation*.

Para obtenção dos níveis de VCI no posto de trabalho do trator florestal foi utilizado um medidor de vibração do corpo inteiro da marca Criffer, modelo Vibrate (Figura 7), dotado de acelerômetro no assento do tipo triaxial para registro dos valores referentes à aceleração e à

dose nos eixos x, y e z. O equipamento foi instalado no assento da máquina (Figura 8), respeitando-se os respectivos eixos ortogonais (x, y e z).

Para a avaliação da exposição ocupacional à VCI, a NHO-09 estabelece como critério de avaliação dois fatores: aceleração resultante de exposição normalizada (aren) e valor da dose de vibração resultante (VDVR), representando a exposição diária do trabalhador. Na coleta dos dados adotou-se o tempo de duração do arraste de toras em intervalos de 1 segundo por registro.



Figura 7. Medidor vibração com acelerômetro.

Fonte: www.criffer.com.br

A partir dos dados obtidos nos eixos ortogonais x, y e z, os valores de aceleração e as doses obtidas foram tabulados e processados com auxílio do *software Microsoft Excel*[®], sendo então calculados os valores de aceleração média resultante (amr), aceleração resultante de exposição parcial (arep), aceleração resultante de exposição (are) e aceleração resultante de exposição normalizada (aren), valor da dose de vibração (VDV), valor da dose de vibração da exposição (VDVexp) e valor da dose de vibração resultante (VDVR).

Com os dados resultantes da aren e VDVR, foram calculados os valores médios nos postos de trabalho para posterior comparação com os níveis de ações e os limites de exposição para Vibração de Mãos e Braços (VMB), conforme NHO-10 (Tabela 7) e para Vibração de Corpo Inteiro (VCI), conforme a NHO-09 e níveis de ações e limites de exposição (Tabela 8).



Figura 8. Medidor de vibração de corpo inteiro com acelerômetro instalado no assento da máquina.

Fonte: O autor.

Tabela 7. Critérios para análise da aren, NHO-10.

aren (m/s ²)	Consideração Técnica	Recomendação
0 a 2,5	Aceitável	Manutenção da condição existente
>2,5 a < 3,5	Acima do nível de Ação	Adoção de medidas preventivas
3,5 a 5,0	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando a redução da exposição diária
Acima de 5,0	Acima do limite de Exposição	Adoção imediata de medidas corretivas

Fonte: FUNDACENTRO (2013).

Tabela 8. Critérios para análise da aren e VDVR, NHO-09.

aren (m/s ²)	VDVR (m/s ^{1,75})	Consideração Técnica	Recomendação
0 a 0,5	0 a 9,1	Aceitável	Manutenção da condição existente
0,5 a < 0,9	> 9,1 a < 16,4	Acima do nível de Ação	Adoção de medidas preventivas
0,9 a 1,1	16,4 a 21,0	Região de Incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando a redução da exposição diária
Acima de 1,1	Acima de 21,0	Acima do limite de Exposição	Adoção imediata de medidas corretivas

Fonte: FUNDACENTRO (2013).

5.5.4 Carga de Trabalho Físico

Foi utilizado o método de monitoramento da frequência cardíaca para avaliação da carga física de trabalho dos trabalhadores ao longo da jornada de trabalho. Os dados foram obtidos por intermédio do uso de um medidor de frequência cardíaca da marca POLAR, modelo M600 9715, dotado de um Sensor de frequência cardíaca com medição óptica com 6 LEDs, acelerômetro, motor de vibração e *software* para análise dos dados (POLAR FLOW®), conforme ilustrado na Figura 9.



Figura 9. Medidor de frequência cardíaca instalado no pulso do operador.

Fonte: O autor.

O equipamento foi instalado no pulso do trabalhador no início na jornada de trabalho e retirado ao final, sendo obtidas as informações após execução do corte de cada árvore nas três densidades avaliadas. Os dados de frequência cardíaca foram captados em intervalos de 1 (um) segundo. Ao final de cada dia, os dados eram transferidos e analisados em *software* específico.

Para análise dos dados foi aplicada a metodologia proposta por Apud (1989), que consiste no cálculo da carga cardiovascular no trabalho, correspondente à percentagem da frequência cardíaca do trabalho em relação à frequência cardíaca máxima utilizável, onde para uma jornada de 8 horas, a carga cardiovascular do trabalhador não deve ultrapassar 40% da frequência cardíaca do trabalho. Caso este limite seja ultrapassado, são calculadas pausas para descanso em minutos/hora de trabalho.

A carga cardiovascular do trabalho corresponde à porcentagem da frequência cardíaca durante o trabalho em relação à frequência cardíaca máxima suportada pelo trabalhador. Esta carga é calculada conforme a fórmula 2.

$$CCV = \frac{FCT - FCR}{FCM - FCR} \times 100 \quad (2)$$

A frequência cardíaca limite (FCL) em bpm (batidas por minuto) corresponde a 40% da carga cardiovascular máxima. Sendo calculado de acordo com a fórmula 3.

$$FCL = 0,40 * (FCM - FCR + FCR) \quad (3)$$

Quando a carga cardiovascular exceder o valor de 40%, será necessário reorganizar o regime trabalho/descanso, calculado através da fórmula 4.

$$Tr = \frac{Ht(FCT - FCL)}{(FCT - FCR)} \quad (4)$$

Em que: CCV = carga cardiovascular, em %; FCT = frequência cardíaca média de trabalho; FCM = frequência cardíaca máxima (220 - idade); FCR = frequência cardíaca de repouso; FCL = frequência cardíaca limite; Tr = tempo de repouso, descanso ou pausas, em minutos; e Ht = duração do trabalho, em minutos.

Para a avaliação quanto ao limite de exposição dos trabalhadores, após a tabulação dos dados, foi utilizada os valores de referência conforme a Tabela 9, proposta por Apud (1989).

Tabela 9. Classificação da frequência cardíaca média e a caracterização do trabalho.

	Nº de batimentos/ minutos (bpm)	Caracterização do trabalho
Frequência cardíaca média de trabalho	< 75	Muito Leve
	75 a 100	Leve
	100 a 125	Moderadamente pesado
	125 a 150	Pesado
	150 a 175	Pesadíssimo
	> 175	Extremamente pesado

Fonte: APUD (1989).

5.5.5. Avaliação Postural

A avaliação postural nas operações de corte das árvores e extração das toras foi realizada por meio de filmagens dos trabalhadores na execução do trabalho com auxílio de uma câmera digital para obtenção das imagens de perfil e das posturas típicas.

A análise das posturas adotadas pelos trabalhadores foi realizada por meio do *Software Kinebot*[®], que avalia o movimento do trabalhador por meio da filmagem e do reconhecimento digital utilizando algoritmo de inteligência artificial, possui uma capacidade de análise superior a capacidade observacional humana/manual, trabalhando a 30 quadros por segundo, isto é, avaliando o ciclo de trabalho 30 vezes a cada segundo, gerando, portanto, um volume de informações e de detalhamento extremamente superior aos métodos utilizados atualmente (Figura 10). É uma tecnologia que trabalha especialmente com avaliação de cada movimento humano e tem como base de avaliação o método RULA, desenvolvido por McAtamney e Corlett (1993), definindo os escores e níveis de ações a serem tomadas.

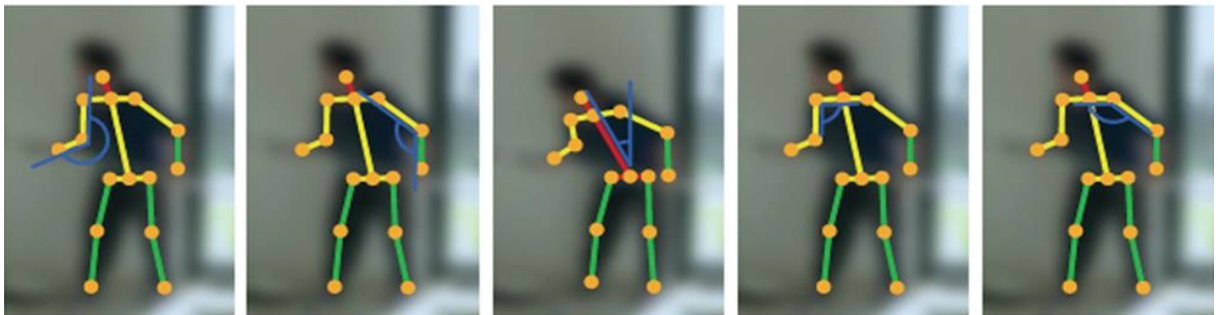



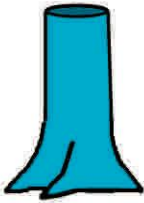

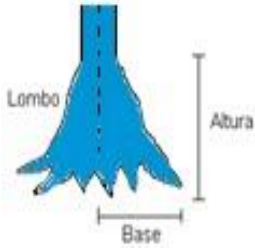


Figura 10. Pontos e angulações medidos pelo Kinebot[®] durante análise posturais.

Fonte: adaptado Kinebot[®] (2023).

Na operação de corte das árvores foi considerado o tipo da base do fuste e as densidades da madeira, sendo usada a classificação da base do fuste proposta por Coelho *et al.* (2014), conforme ilustrada na Tabela 10 e definida como: fuste com base digitada; fuste com base reta; e fuste com base tabular.

Tabela 10. Bases de fustes avaliadas na operação de corte de árvores em floresta tropical.

Tipos de base	Descrição
<p style="text-align: center;">Reta</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	<p>Mesma forma do tronco sem expansão na base. O tronco parece estar inserido no solo.</p>
<p style="text-align: center;">Digitada</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	<p>Pequenas projeções na forma de “dedo” onde as raízes superficiais se juntam ao tronco.</p>
<p style="text-align: center;">Tabular</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	<p>São extensões achatadas (tabulares) da parte superior das raízes superficiais, funcionando como estruturas de sustentação das árvores;</p>

Fonte: Coelho *et al.* (2014) adaptado.

5.6 Amostragem e Análise Estatística

Para avaliação da operação de corte nas variáveis ruído ocupacional e vibração de mãos e braços utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado – DIC. Para as variáveis ruído e vibração de mãos e braços no corte de árvore, considerou-se como tratamentos as três densidades da madeira, composto por repetições as árvores nas diferentes densidades.

Para avaliação do ruído ocupacional no corte de árvore, as repetições foram compostas por 24 árvores de densidade baixa; 21 árvores de densidade média; e 15 árvores de densidade alta, totalizando 60 árvores amostradas.

Para avaliação da vibração de mãos e braços no corte de árvore, as repetições foram compostas por 18 árvores de densidade baixa; 20 árvores de densidade média; e 15 árvores de densidade alta, totalizando 53 árvores amostradas. Em ambos os casos, a unidade amostral foi constituída por uma árvore.

Para avaliação do efeito da densidade da madeira na operação de extração nas distâncias de arraste de até 150 m e acima de 150 m, utilizou-se um delineamento experimental - DIC no esquema fatorial 3 x 2, sendo três densidades da madeira e duas distâncias de arraste, com 15 repetições, para cada densidade nas duas distâncias, totalizando 90 ciclos operacionais de arraste.

Para verificação da homogeneidade das variâncias dos dados em ambas as operações florestais foi utilizado o teste de Bartlett e as variáveis que mostraram-se homogêneas tiveram os tratamentos testados por meio do teste de F, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do *software* Assistat, versão 7.7.

5.7 Correlação das Variáveis Ergonômicas nos Cenários Operacionais

Inicialmente foi aplicada uma MANOVA, para analisar as variáveis dependentes e agrupá-las a fim de verificar se as combinações recém criadas se diferem ou não da variável independente, testando se a variável do agrupamento independente consegue explicar a variância na variável dependente.

Após a MANOVA foi aplicada uma análise discriminante para comparação das diferenças entre os grupos e classificar o novo objeto como pertencente ao grupo com perfil semelhante. A tabulação dos dados foram realizadas através do *software* SPSS.

Os dados relativos às variáveis avaliadas foram analisados por meio da análise de variância multivariada e análise discriminante. Foram analisados os dados referentes as variáveis avaliadas nas operações de corte e arraste separadamente.

A análise de variância multivariada (MANOVA) para a operação de corte considerou três densidades das espécies florestais amostradas (baixa, média e alta densidade), para as variáveis ergonômicas capacidade cardiovascular (CCV), ruído no corte com motosserra (RC)

e vibração de mãos e braços (VMB). Após a realização da MANOVA foi efetuada a análise discriminante das mesmas variáveis.

Para a operação de arraste, a MANOVA considerou as três densidades e duas distâncias de arraste (até 150 m e acima de 150 m). As variáveis ergonômicas avaliadas foram ruído e vibração de corpo inteiro. Sendo detectadas diferenças entre as combinações avaliadas, foi realizada a análise discriminante.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Riscos Ocupacionais

6.1.1 Sobrecarga Térmica

Nas Figuras 11 e 12 são apresentados os valores médios do Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo (IBUTG) obtidos em cada hora durante a jornada de trabalho nas operações de corte de árvores e arraste das toras. O IBUTG médio foi de 26,07 °C no período de coleta dos dados.

A NHO-06 estabelece que o nível de ação e o limite de exposição do IBUTG estejam relacionados com a taxa metabólica do trabalhador na execução da atividade. Neste trabalho considerou as características do posto de trabalho, como descrito a seguir: para a operação de corte a atividade foi classificada como trabalho moderado com o corpo, estabelecendo uma taxa metabólica equivalente a 468 W/h e limite de exposição e nível de ação igual a 22,3 °C. A operação de arraste das toras foi classificada como posição sentada e trabalho leve com uso de dois braços, sendo que a norma sugere uma taxa metabólica equivalente a 252 W/h, tendo sido identificado o limite de exposição e nível de ação igual a 26,0 °C.

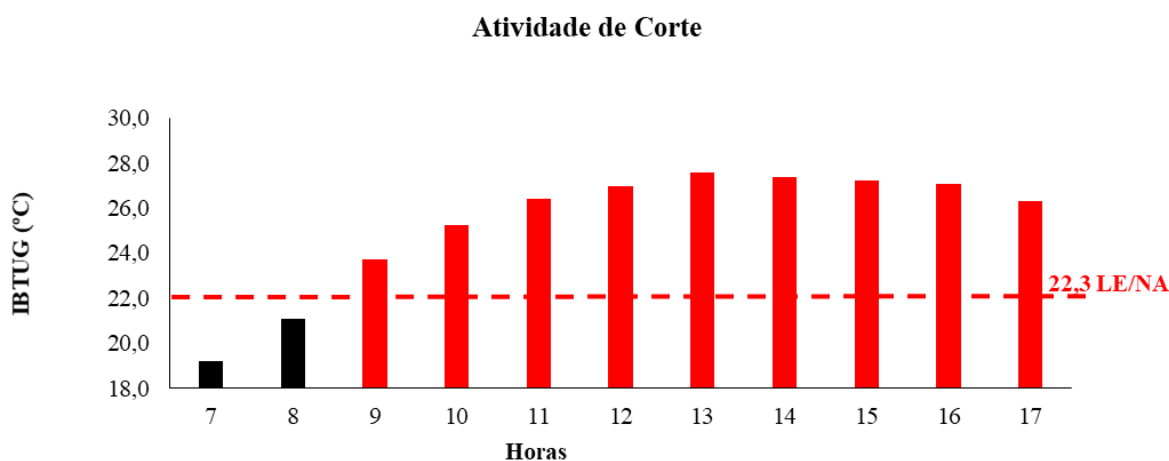


Figura 11. Índice de bulbo úmido e termômetro de globo (IBUTG) na operação de corte de árvores em floresta tropical.

Na área estudada tem-se duas estações bem definidas, com inverno seco e verão chuvoso. O período de execução da exploração madeireira inicia-se no mês de abril, sendo final do período chuvoso, estendendo-se até o final do mês de janeiro. O clima no período da estação seca, que compreende aos meses de maio a setembro, apresenta temperaturas elevadas e umidade relativa baixa. Com as altas temperaturas nesse período, os trabalhadores florestais estão sujeitos a sofrerem exposição ao fator de risco calor, que poderá ocasionar danos a sua saúde e segurança no desenvolvimento de suas atividades laborais. Assim após as análises dos dados verificou-se que o limite foi ultrapassado em ambas as atividades estudadas.

Observa-se na Figura 11 para operação de corte, que o limite de exposição de 22,3 °C foi ultrapassado logo pela manhã, à partir das 09h, mantendo-se até o término da jornada de trabalho. Na maior parte, os trabalhadores estiveram com sobrecarga térmica, com maior destaque entre as 11h e 17h, com percentuais de 21% em média acima do limite de exposição, demonstrando, portanto, a necessidade de condução de trabalhos diferenciados, até mesmo a interrupção das atividades por certo período, verificação e revisões rotineiras dos métodos de trabalho, visando garantir o bem estar e evitando futuros danos à saúde dos trabalhadores.

Para a operação de arraste (Figura 12), o limite de exposição não foi ultrapassado, porém, entre as 11 e 17 horas, os valores de IBUTG ficaram acima do limite de exposição, devido à maior incidência solar no período.

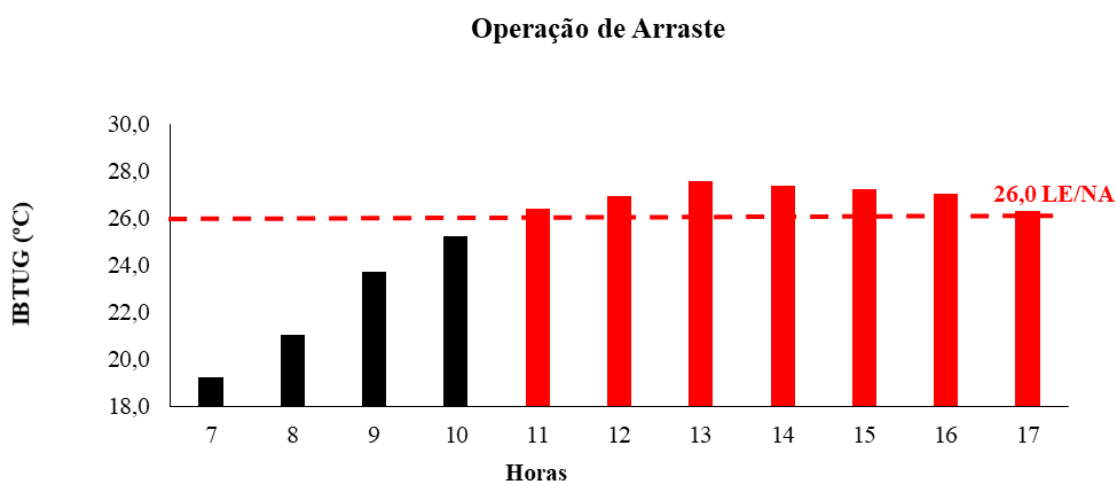


Figura 12. Índice de bulbo úmido e termômetro de globo (IBUTG), na operação de arraste de toras em região de floresta tropical.

A operação de arraste, mesmo apresentando valores abaixo do limite de exposição no início da jornada de trabalho a partir das 11h, o trabalhador esteve sujeito a sobrecarga térmica, permanecendo até o final da jornada de trabalho, mesmo com a proteção da capota do trator. O operador absorveu o calor externo devido a cabine da máquina ser totalmente aberta. Essa exposição poderia ser amenizada com a utilização de um trator com cabine fechada e aclimatizado.

As medidas mitigadoras tendem a minimizar as exposições ocupacionais ao calor, monitorando de forma periódica e realizando o controle da exposição, disponibilizando água e repondo os sais minerais, treinamento e informação aos trabalhadores; permitindo a interrupção do trabalho quando identificadas condições de risco à sua saúde. Já as medidas corretivas visam reduzir a exposição a valores abaixo do limite, destacando-se a modificação do processo de trabalho, introdução de pausas de recuperação ou disponibilização de locais climatizados (FUNDACENTRO, 2001a).

A exposição ao calor pode causar danos à saúde do trabalhador e não advém somente quando o limite de tolerância é ultrapassado. Essa é uma condição que irá variar de indivíduo para indivíduo. A exposição ao calor por tempo prolongado, além de ocasionar aumento da temperatura corpórea, poderá causar doenças de pele, sobrecarga térmica e riscos de acidentes (IIDA; GUIMARÃES, 2016; SORANSO, 2019).

Os resultados observados corroboram com outras pesquisas realizadas em regiões de exploração florestal de vegetação nativa. Ao analisar ergonomicamente um sistema de exploração e processamento da madeira em floresta tropical, Soranso (2019), verificou que o limite de tolerância foi ultrapassado em ambas as atividades, com valor de 26,8 °C, superior ao estabelecido na legislação. Bermudes *et al.* (2019) que avaliaram o calor ocupacional ao longo da jornada diária de um motosserrista no estado do Pará, observaram que os valores obtidos estavam acima do limite de tolerância, havendo a necessidade de aplicação de medidas de controle mais adequada para a atividade em determinados períodos de trabalho, e até mesmo o impedimento em realização das tarefas.

Em regiões de florestas plantadas também se observa a exposição do trabalhador a sobrecarga térmica. Minette *et al.* (2007) avaliando os níveis de calor em máquinas de colheita florestal verificou que em todos os postos de trabalho os índices de temperatura efetiva estavam fora da zona de conforto térmico, ressaltando-se que todas elas tinham temperaturas efetivas internas mais elevadas que as externas.

6.1.2 Ruído Ocupacional

6.1.2.1 Ruído Ocupacional na Operação de Corte de Árvores

Os resultados da avaliação da exposição ao ruído ocupacional na operação de corte de árvores indicaram que não houve diferença significativa entre as médias das densidades de madeira avaliadas (Tabela 11).

Tabela 11. Análise de variância da exposição ao ruído ocupacional na operação de corte de árvores.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrado Médio
Tratamentos	2	32,5434 ^{ns}
Resíduo	57	13,3202
Coeficiente de Variação (%)		4,17

Os resultados da avaliação da exposição ao ruído ocupacional na operação de corte de árvores estão apresentados na Figura 13 e na Tabela 12.

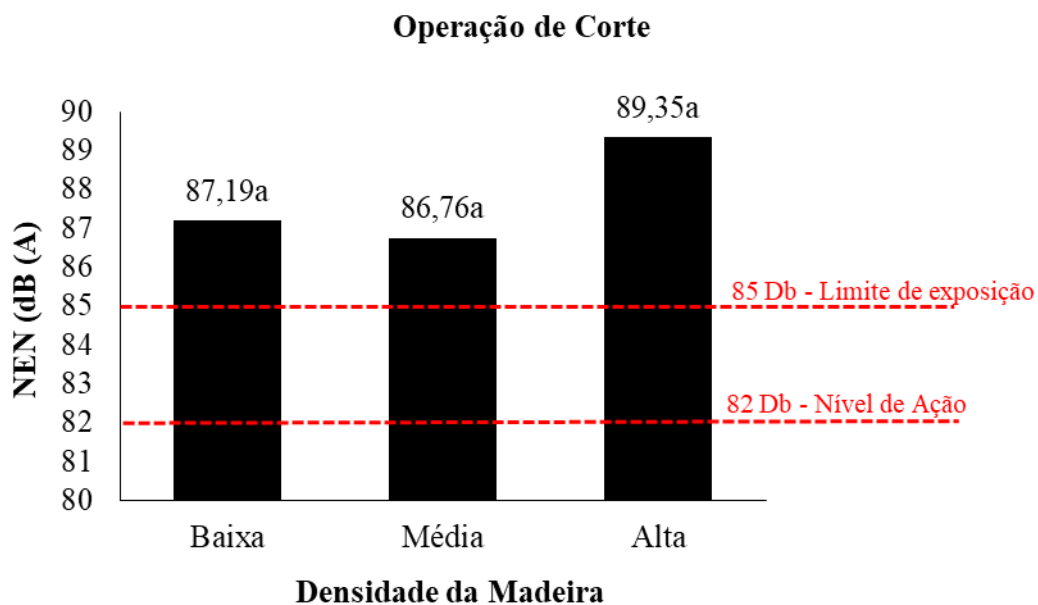


Figura 13. Nível de Exposição Normalizado (NEN) para operação de corte de madeiras em região de floresta tropical.

Como pode ser observado, em todas as densidades da madeira, o nível de ruído da operação de corte foi acima do limite de exposição de 85 dB(A) da NHO-01, sendo mais destacado na madeira de alta densidade. Apesar disso, observa-se que a densidade não foi um fator de influência nos níveis de ruído emitido pela motosserra na operação de corte de árvores em florestas nativas, não havendo diferença significativa entre as densidades da madeira.

Tabela 12. Valores médio, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação do nível de ruído dB(A) na operação de corte de árvores para as densidades de madeira, em floresta tropical.

	Densidade da madeira		
	Baixa	Média	Alta
Média (dB(A))	87,19 ^{ns}	86,76 ^{ns}	89,35 ^{ns}
Mínimo (dB(A))	82,30	79,30	80,60
Máximo (dB(A))	92,40	94,60	95,20
Desvio Padrão (S)	2,84	4,33	3,65
Coef. Variação (%)	3,25	4,99	4,09

ns: não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na operação de corte foram determinados níveis de ruídos variando de 86,76 dB(A) a 89,35 dB(A) e doses acima de 100% entre as densidades da madeira avaliada. O nível de exposição normalizado, representa os valores médios diários de exposição ao ruído pelo trabalhador, ficando demonstrado que a máquina emitiu níveis elevados de ruído durante a operação nas três densidades da madeira, sendo portanto, necessário o uso de protetor auricular pelo operador e auxiliar no decorrer da jornada de trabalho.

Outros autores ao avaliarem o ruído em atividades de colheita semimecanizada também obtiveram valores acima do recomendado na normatização. Schettino *et al.* (2021) ao avaliar o nível de ruído em atividades com uso de motosserra na colheita de madeira em propriedades rurais, verificaram que os valores estavam acima do permitido pela legislação, sendo encontrados valores de 90,2 e 88,7 dB(A) para as atividades de derrubada e traçamento, respectivamente. O mesmo autor ao avaliar a colheita florestal em área com madeira danificada pelo vento obteve nível de ruído na derrubada e traçamento de 89,3 dB(A), valores próximos aos obtidos neste estudo.

Já Soranso (2019), avaliando motosserristas na atividade de corte de madeira em floresta tropical por meio de uma análise qualitativa do ruído, evidenciou a necessidade de adoção de

medidas de controle para preservação da saúde dos trabalhadores, pois os riscos em diversas operações foram categorizado como intolerável.

São muitos os efeitos nocivos aos operadores de motosserras quando o nível de ruído apresenta valores acima dos limites estabelecidos pelas normas, avaliações constantes e monitoramento são de suma importância para a mitigação dos impactos negativos a saúde e integridade dos operadores (ANDRADE *et al.*, 2022). Sabe-se que os trabalhadores expostos ao ruído se queixam de perda auditiva e zumbido e de vários outros sintomas como cefaleia, nervosismo, problemas de estômago (FERNANDES; MORATA, 2002).

Na operação de corte florestal deve ser levado em consideração o tempo de exposição do trabalhador ao ruído, pois a exposição é intermitente, não ocorrendo de forma contínua, haja vista que o operador de motosserra em floresta nativa realizava vários deslocamentos durante a jornada de trabalho para localização de árvores para o corte, afiação e lubrificação da motosserra, não havendo nesse período a geração do agente avaliado (SORANSO, 2019). Neste sentido, a manutenção do conjunto de corte da motosserra, lubrificação da corrente, limitador de profundidade, afiação na angulação correta, limpeza da canaleta do sabre, aperto e tipo de dente da corrente, pinhão, são aspectos importantes que podem auxiliar na qualidade do corte, facilitando a penetração dos dentes na madeira, diminuindo a necessidade de maior aceleração, atrito, e conseqüentemente, os níveis de ruído e vibração da máquina.

Por fim, importante destacar que, durante a realização pesquisa, verificou-se que os trabalhadores estavam fazendo uso dos EPIs para proteção da exposição ocupacional ao ruído, porém, em condições inapropriadas de uso, reduzindo a sua eficácia, além do uso não ter sido constante por parte do operador. Essa situação é uma realidade durante a exploração florestal na região amazônica, especialmente nos modelos de exploração convencional, mostrando a importância de investigações e acompanhamentos dos trabalhadores para o correto uso de proteção ao ruído durante a execução do trabalho.

6.1.2.2 Ruído Ocupacional na Operação de Arraste de Toras

Os resultados da avaliação da exposição ao ruído ocupacional na operação de arraste de toras indicaram que houve influência da densidade na distância de arraste das toras. Os níveis de ruído obtidos na operação de arraste apresentaram diferença significativa nas distâncias avaliadas, nas densidades da madeira e na interação entre a densidade e distância (Tabela 13).

Tabela 13. Análise de variância do ruído ocupacional na operação de arraste de toras.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrado Médio
Densidade da madeira	2	14,7381**
Distâncias de arraste	1	119,4854**
Interação densidade x distância	2	10,0374*
Tratamentos	5	33,8073**
Resíduo	84	2,1327
Coeficiente de Variação (%)		2,15

As comparações das médias da interação das densidades da madeira em cada uma das distâncias são apresentadas na Tabela 14. Observa-se que a média do ruído para árvores de densidade baixa, na menor distância de extração foi superior às demais densidades, diferindo estatisticamente entre si. Na distância superior a 150 m, resultou-se em maiores níveis de ruído nas três densidades avaliadas, diferindo entre si estatisticamente. Isto indica que distâncias de arraste de toras maiores tendem ao aumento dos níveis de ruídos na exploração em florestas nativas na Amazônia, apesar dos baixos valores obtidos na operação.

Tabela 14. Valores médios do nível de ruído dB(A) na interação de densidade da madeira nas distâncias para a operação de arraste de toras em floresta tropical.

Distância de arraste (m)	Densidade (g/cm ³)		
	Baixa	Média	Alta
Até 150	68,07 bA	66,01 bB	66,13 bB
Acima de 150	69,23 aA	69,48 aA	68,41 aA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os níveis de ruído na operação de arraste estavam dentro dos limites aceitáveis pela NHO-01. Ao verificar o nível de ação e o limite de exposição estabelecidos na NHO-01 como critérios para avaliação da exposição ocupacional ao ruído, observou-se durante a simulação da operação de arraste de toras nas três densidades da madeira que o limite de exposição não foi excedido durante a jornada de trabalho.

Na distância de até 150 m, os valores do NEN obtidos foram de 68,07 dB(A), 66,01 dB(A) e 66,13 dB(A) nas densidades baixa, média e alta, respectivamente (Figuras 14). Já na distância acima de 150 m, os valores do NEN foram de 69,23 dB(A), 69,48 dB(A) e 68,41 dB(A) nas densidades baixa, média e alta, respectivamente (Figuras 15).

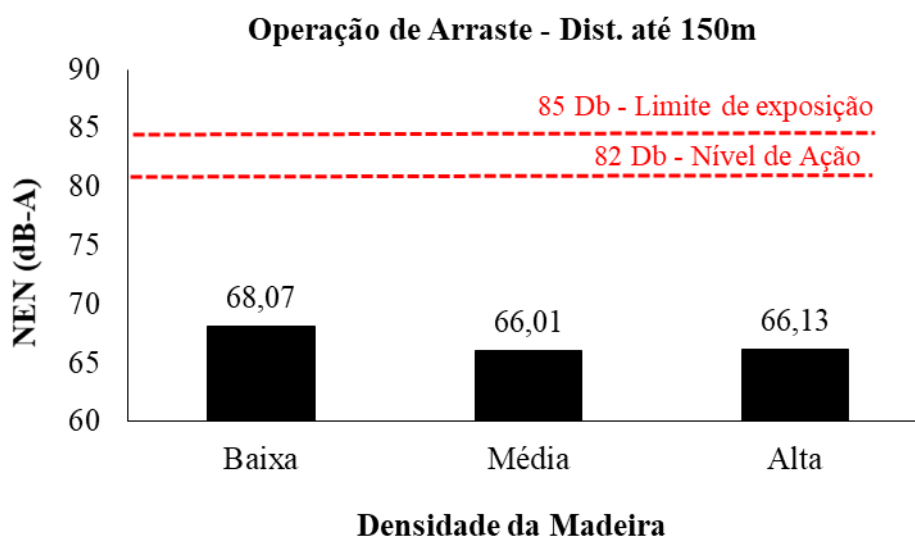


Figura 14. Nível de Exposição Normalizado (NEN) para operação de arraste de toras na distância até 150 m em região de floresta tropical.

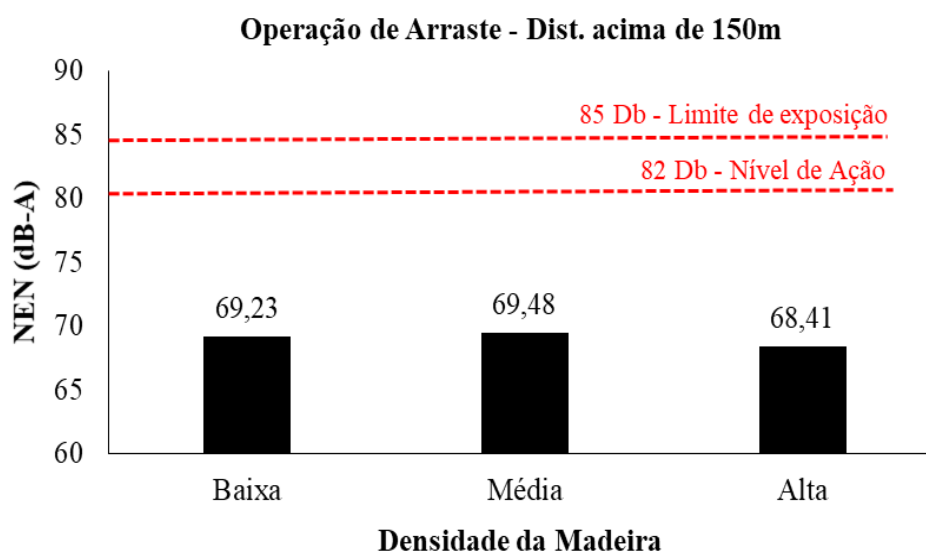


Figura 15. Nível de Exposição Normalizado (NEN) para operação de arraste de toras na distância acima de 150 m em região de floresta tropical.

Ao analisar a jornada diária de trabalho, observa-se que o nível de exposição normalizado ao ruído apresentou valores bem abaixo aos limites estabelecidos pela NHO-01. O resultado demonstrou que a máquina em situação de arraste simulada emitiu níveis baixos de ruído durante a operação, dentro da velocidade média real de trabalho de 4 km/h. Importante destacar que nos cenários estudados, não houve a quebra da vegetação de sub-bosque pelo

trator, podendo ser um fator que justifica os níveis obtidos. Durante a quebra da vegetação há a necessidade de uma maior aceleração da máquina, que pode acarretar maiores níveis de ruído durante a operação de arraste.

A máquina possuía cabine aberta sem grade de proteção, assim como na operação de corte verificou-se que os trabalhadores estavam fazendo uso do EPI para proteção da exposição ocupacional ao ruído, porém, os mesmos estavam em condições inapropriadas de uso, reduzindo a sua eficácia, além do uso não ter sido constante por parte do operador.

Os valores médios obtidos na análise de exposição ao ruído na operação de arraste estão apresentados na Tabela 15, avaliados de acordo com os critérios descritos na NHO-01.

Tabela 15. Valores médio, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação do nível de ruído (dB(A)) na operação de arraste de madeira em floresta tropical.

	Distância de Arraste (m)					
	Até 150			Acima de 150		
Densidade (g/cm³)	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta
Média (dB(A))	68,07a	66,01b	66,13b	69,23a	69,48a	68,41a
Mínimo (dB(A))	64,20	64,60	64,20	67,20	67,20	67,20
Máximo (dB(A))	73,00	68,40	72,30	70,30	71,40	69,70
Desvio Padrão (S)	2,20	1,25	2,00	1,04	1,01	0,55
Coef. Variação (%)	3,23	1,90	3,02	1,51	1,45	0,81

De acordo com os critérios da NHO-01, os resultados encontrados demonstram níveis baixos de ruído (NEN), com valores aceitáveis, estando abaixo do limite de exposição. É importante salientar que a máquina possuía tempo de uso avançado, com vida útil de mais de 10 anos, sendo uma realidade quando se trata de maquinários utilizados na exploração convencional de floresta nativa na Amazônia.

Corroborando com este cenário, Minette *et al.* (2007) avaliando os níveis de ruído em máquinas de colheita florestal (carregador florestal, *feller-buncher*, traçador mecânico, *skidder* e *mini-skidder*) utilizadas em empresas constatou níveis ruído de 89 a 106 dB(A) para o *feller-buncher* e 101 dB(A) para o traçador mecânico, valores superiores ao permitido pela legislação brasileira. Fonseca *et al.* (2017), ao avaliarem exposição ocupacional ao ruído em trabalhadores de uma empresa florestal também verificaram em todas as dosimetrias de ruído, valores superiores a 85 dB(A) na quantificação da variável Nível de Exposição Normalizado (NEN).

Schettino *et al.* (2019), avaliando ruído ocupacional em operadores de *feller-buncher* no Sudoeste do Maranhão apontaram para um nível equivalente a 65,3 dB(A), para uma jornada de trabalho de 8 horas por dia, valores semelhantes aos obtidos neste estudo. Da mesma forma, Tonin (2019) ao avaliar os níveis de ruído em máquinas no sistema de colheita de árvores inteiras, observou valores inferiores ao recomendado pela norma nas máquinas florestais *Feller Buncher* com 72,6 dB(A), o *skidder* 80,7 dB(A) e a garra traçadora 73 dB(A).

Poje *et al.* (2019) verificaram que, a exposição dos operadores ao ruído quando trabalham em zonas cársticas, não excede o limite de exposição diária ao ruído definido na legislação da UE. No entanto, o ruído pode incomodar os operadores, e conseqüentemente, afetar a produtividade. Se as máquinas não forem desligadas enquanto os operadores trabalham fora da cabine, a exposição pode aumentar significativamente e se aproximar do valor limite de exposição diária. As principais fontes de ruído são a rugosidade do solo e o motor e, como resultado, a exposição é maior quando as máquinas estão em movimento.

Oliveira (2019) na determinação do método integrado para avaliação ergonômica de máquinas na colheita de madeira, obteve resultados similar aos desta pesquisa quando avaliou os níveis de ruídos para o *skidder* na operação de extração de madeira com valores de ruído verificados no de 89 e 87 dB (A) para os turnos diurnos e noturnos sendo a única máquina que ultrapassou o limite de exposição de 85 dB(A), possivelmente pela maior vida útil.

6.1.3 Vibração

6.1.3.1 Corte de Árvores

Os resultados da avaliação da vibração de mãos e braços (VBM) na operação de corte de árvores, indicam que houve diferença significativa entre as médias das densidades de madeira (Tabela 16).

Tabela 16. Análise de variância da vibração de mãos e braços na operação de corte de árvores.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrado Médio
Tratamentos	2	397,5153**
Resíduo	50	9,3167
Coeficiente de Variação (%)		39,14

O resultado mostrou a influência da densidade da madeira na ocorrência de maior nível de VMB no corte desse tipo de madeira na floresta amazônica, podendo as vibrações serem explicadas pelo maior atrito dos dentes da corrente da motosserra com a madeira, pelos solavancos ocasionados pelo rebote da máquina no início do corte ou devido ao sabre ficar prensado na madeira e devido à maior dureza das árvores de alta densidade, que necessitam de maior aceleração no momento do corte.

Como pode ser visto, a operação de corte de árvores apresentou um nível de vibração médio em termos de aceleração resultante normalizada (aren), com 5,29; 5,43 e 13,96 m/s² nas densidades da madeira baixa, média e alta, respectivamente, estando acima do limite de exposição, com destaque na alta densidade. De acordo com os critérios descritos na NHO-10, houve, portanto, diferença significativa entre a alta e as demais densidade da madeira.

Na Tabela 17 são apresentados os valores médios, mínimos, máximos, desvios padrão e coeficientes de variação da vibração de mãos e braços (VMB) em que os operadores florestais estão expostos na operação de corte de madeira nas diferentes densidades estudadas em aceleração média para 8h de trabalho, os quais estão ilustrados na Figura 16.

Tabela 17. Valores médio, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação do nível de vibração aren (m/s²) na operação de corte de árvores em floresta tropical.

VBM	Densidade da madeira (g/cm ³)		
	Baixa	Média	Alta
Média (m/s ²)	5,29b	5,43b	13,96a
Mínimo (m/s ²)	4,15	3,21	6,06
Máximo (m/s ²)	6,88	7,38	23,14
Desvio Padrão (S)	0,85	0,98	5,58
Coef. Variação (%)	16,07	17,98	39,94

Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste Tukey a nível 5% de probabilidade

Nas três densidades da madeira ficou evidente que a atividade de corte da madeira com motosserra expõe os trabalhadores a elevados níveis de VMB, podendo ocasionar o desenvolvimento de doenças ocupacionais nos trabalhadores em médio a longo prazo. Portanto, algumas ações operacionais, tais como: melhor tensão, afiação e lubrificação das correntes poderão contribuir para um corte da madeira com maior eficiência e redução dos níveis de

vibração da máquina no corte de árvores, ou seja, a manutenção adequada da motosserra é um fator importante que contribuir na qualidade do corte e minimizar os efeitos da vibração.

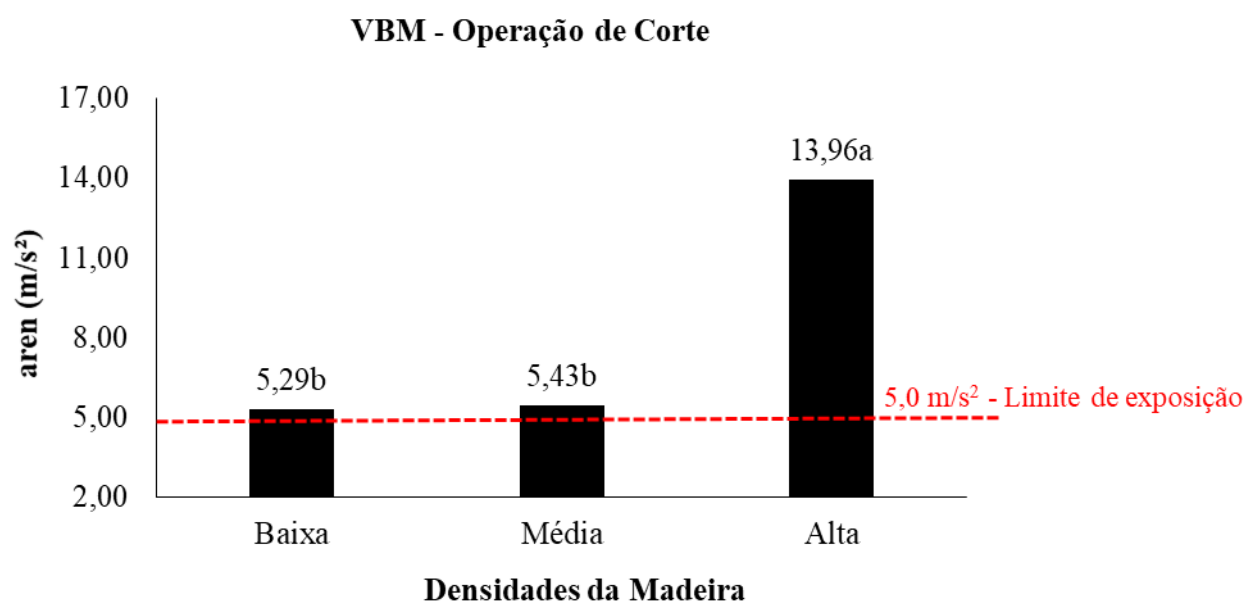


Figura 16. Aceleração média na exposição ocupacional à vibração de mãos e braços para a operação de corte de árvores em região de floresta tropical.

Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com os resultados de outros autores, que verificaram níveis de vibração acima dos limites permitidos pela normatização, podendo gerar danos à saúde e segurança do trabalhador. Soranso (2019) analisando de maneira qualitativa o limite de exposição ocupacional (LEO) da exposição à vibração nas operações com motosserra em um sistema de exploração da madeira em floresta tropical, verificou que os limites foram ultrapassados, representando riscos à saúde e segurança dos trabalhadores.

Mendes *et al.* (2019) ao analisarem aVMB na colheita florestal semimecanizada, verificaram que os níveis de vibração ultrapassaram os limites de referência da norma, tendo sua classificação em fadiga em ambas coordenadas (x, y e z), resultados que indicaram que as motosserras utilizadas nas atividades podem ocasionar danos à saúde e a integridade física dos operadores.

Masioli *et al.* (2020) avaliando a exposição de trabalhadores a vibração em atividades de colheita florestal semimecanizada, a análise de vibração demonstrou níveis de fadiga em ambos os eixos xy e z estudados para o corte semimecanizado, com valores de aren de 0,265, 0,237, 0,230 para desganhamento, traçamento e derrubada respectivamente indicando o desganhamento com maior exposição a vibração de mãos e braços.

Por fim, na colheita de madeira em propriedades rurais, Schettino *et al.* (2021) verificaram que nas atividades de derrubada e traçamento com motosserra, ocorreram valores da aceleração resultante da exposição normalizada para VMB, abaixo dos limites estabelecidos na legislação, 2,39 e 3,36 m/s², respectivamente.

6.1.3.2 Arraste de Toras

Analisando a vibração de corpo inteiro (VCI) para o arraste de toras houve influência da densidade da madeira na distância de arraste de toras para a aceleração normalizada (aren m/s²) e da densidade da madeira para o valor de dose de vibração resultante (VDVR m/s^{1,75}).

Para a aceleração normalizada (aren m/s²) houve efeito significativo na interação densidade da madeira e distâncias de arraste (Tabela 18).

Tabela 18. Análise de variância de vibração de corpo inteiro para a aceleração normalizada (aren) na operação de arraste de toras.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrado Médio
Densidade da madeira	2	0,1555**
Distâncias de arraste	1	0,1464**
Interação densidade x distância	2	0,0969**
Tratamentos	5	0,1303**
Resíduo	84	0,0132
Coeficiente de Variação (%)		15,02

Os valores médios dos níveis de vibração de corpo inteiro (VCI) em relação à aceleração normalizada (aren m/s²) pode ser observado na Tabela 19. Houve diferença significativa na interação densidade da madeira nas distâncias de arraste. As árvores de densidade média e alta ocasionaram maior aceleração no arraste na menor distância e as árvores nas três densidades também resultaram em maior aceleração no decorrer do arraste de toras (Tabela 19). Ressalta-se que os valores mais elevados de aren (m/s²) foram para a madeira de densidade média em ambas as distâncias de arraste.

Vários fatores podem ter influenciado os valores de aren (m/s²) para a densidade média, como velocidade do trator, choque da tora com a traseira da máquina e solavancos,

Tabela 19. Valores médios da aceleração normalizada (aren m/s²) na interação de densidade da madeira nas distâncias para a operação de arraste de toras em floresta tropical.

Distância de extração (m)	Densidade (g/cm ³)		
	Baixa	Média	Alta
Até 150	0,59 bB	0,82 aA	0,77 aA
Acima de 150	0,80 aA	0,86 aA	0,76 aA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para o valor da dose de vibração resultante (VDVR) houve efeito significativo para o fator densidade da madeira (Tabela 20). As médias podem ser observadas na Figura 17.

Tabela 20. Análise de variância de vibração de corpo inteiro para o valor de dose de vibração resultante (VDVR) na operação de arraste de toras.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrado Médio
Densidade da madeira	2	25,8172*
Distâncias de arraste	1	12,9884 ^{ns}
Interação densidade x distância	2	10,2180 ^{ns}
Tratamentos	5	17,0118*
Resíduo	84	5,6195
Coeficiente de Variação (%)		2,15

A densidade da madeira influenciou no valor da dose de vibração resultante. Verifica-se que não houve diferença entre as densidades da madeira média e alta, havendo diferença entre as densidades da madeira baixa e média (Figura 17).

A NHO-09 estabelece que os valores de aren (m/s²) e VDVR (m/s^{1,75}) são indicadores que devem ser analisados em conjunto, principalmente quando há choques ou solavancos durante a realização da atividade, fatores que influenciam na dose destacando a sua maior importância na análise (FUNDACENTRO, 2013).

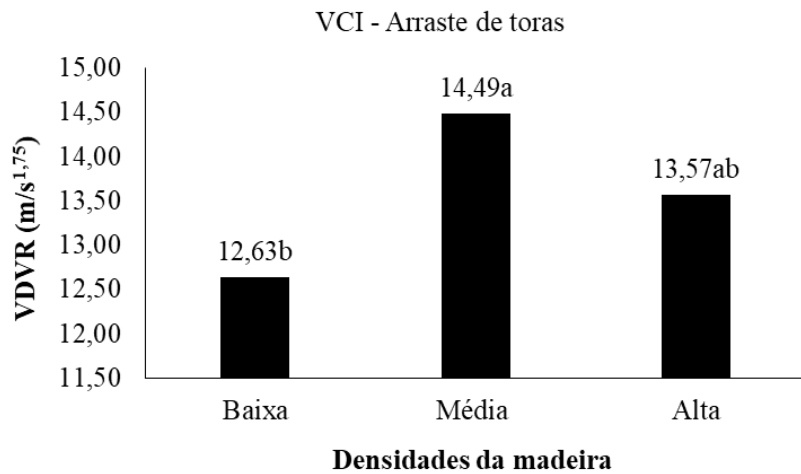


Figura 17. Médias do valor da dose de vibração resultante (VDVR) na vibração de corpo inteiro na operação de arraste de toras em região de floresta tropical.

Como pode ser observado, os níveis médios de VCI no posto de trabalho do trator no arraste da madeira de densidade média apresentou os maiores valores em ambas as distâncias de arraste, com aren de 0,86 m/s² e VDVR de 14,47 m/s^{1,75} na distância superior a 150 m e aren de 0,82 m/s² e VDVR de 14,50 m/s^{1,75} na distância inferior a 150 m (Figura 18 e 19).

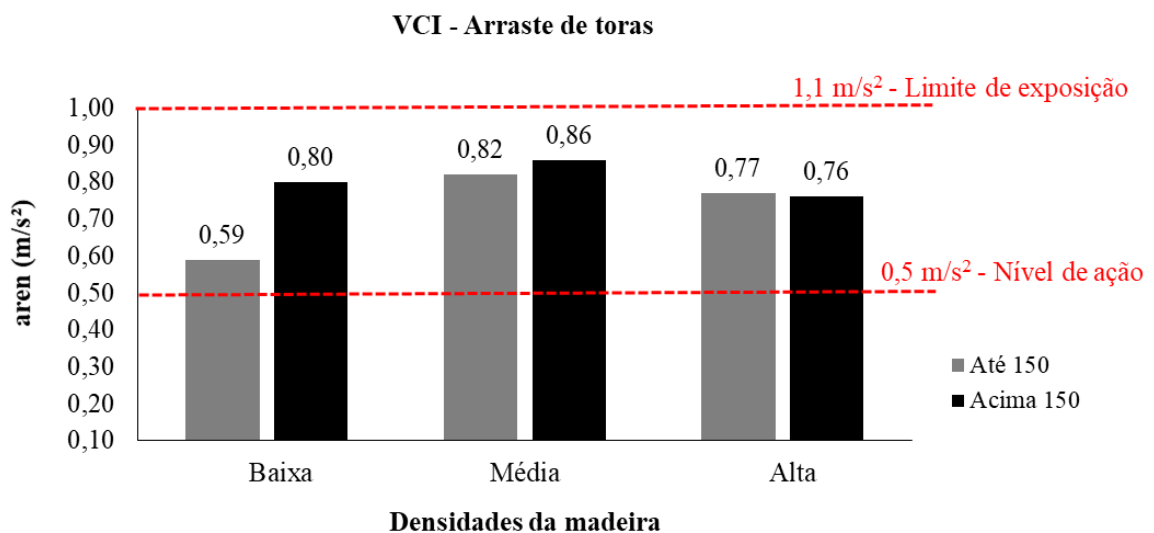


Figura 18. Aceleração média na exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro na operação de arraste de toras em região de floresta tropical

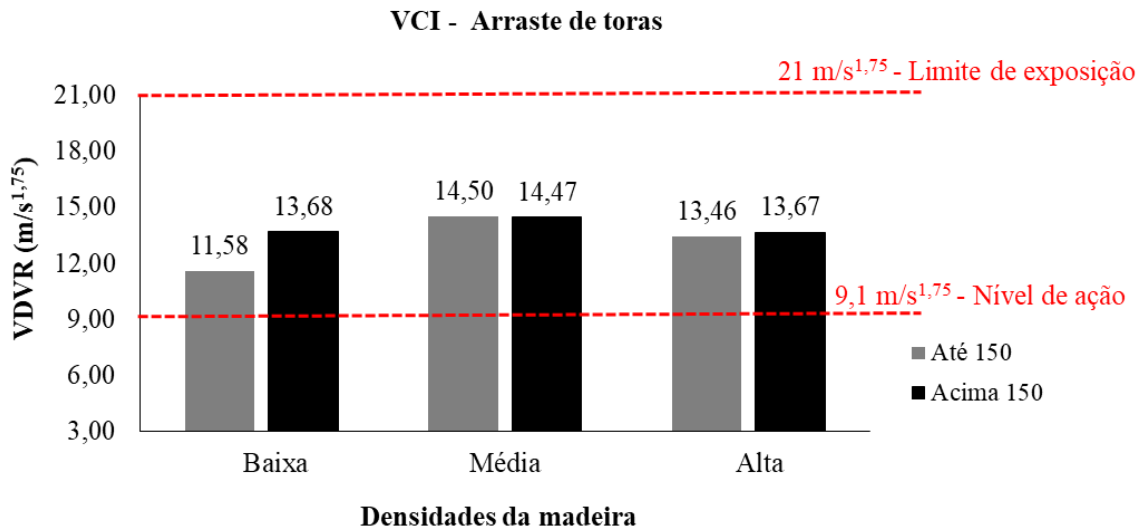


Figura 19. Dose diária (8h) na exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro na operação de arraste de toras em região de floresta tropical.

As vibrações ocorreram no deslocamento da máquina, sendo afetado pelos atritos das toras com o terreno, sendo condições similares aos encontrados nos ramais, sendo os maiores valores observados no arraste foram na madeira de densidade média. Além da densidade da madeira, os maiores valores de vibração podem ter sido motivados pelo aumento da velocidade da máquina, ocasionando choques da tora com a parte traseira da máquina.

Importante ressaltar que não ocorreu a quebra de vegetação de sub-bosque, que pode ser um fator que justificou os níveis obtidos de vibração. Durante a quebra da vegetação há a necessidade de uma maior aceleração da máquina, solavancos e choques com obstáculos (galhos, tocos, acidentes naturais, etc.) durante o deslocamento, que poderia ter elevado ainda mais os níveis de vibração durante a operação de arraste.

De acordo com os critérios da NHO 09, os resultados encontrados demonstram valores de vibração abaixo do limite de exposição, porém acima do nível de ação. Os resultados de arene e VDVR demonstraram que a máquina (trator agrícola adaptado) proporcionou condições de vibração acima do ideal para o trabalho, onde sabe-se que a exposição prolongada do trabalhador a níveis de vibração acima dos limites poderá provocar distúrbios vasculares, neurológicas e musculares, havendo a necessidade de controle dos riscos e proteção adequada. Medidas a mitigar essa exposição podem ser realizadas por meio de rotação das atividades, alternância das madeiras com diferentes densidades, troca de rodados de pneus por esteiras.

Na Figura 20 está ilustrado os dados interpolados da vibração de corpo inteiro nos eixos X, Y e Z por uma determinada aceleração x período de tempo, de forma a caracterizar os padrões de vibração encontrados no estudo.

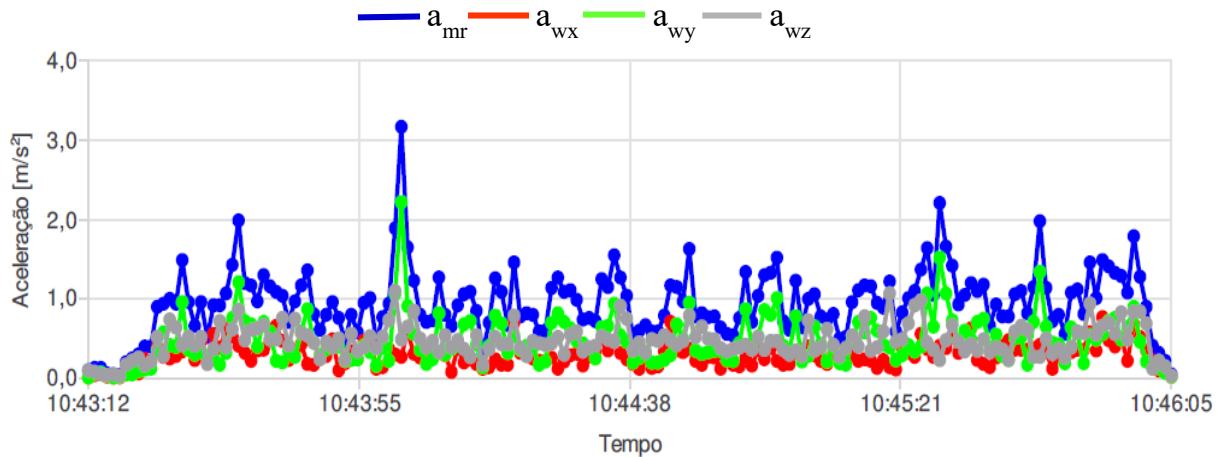


Figura 20. Padrão típico de vibração de corpo inteiro observado durante o arraste de toras

Após a análise estatística, verificou que a interação entre a densidade da madeira e as distâncias de extração não foi significativa. Entretanto, o fator densidade foi significativo, indicando que a densidade da madeira teve influência nos níveis de VCI nas operações de arraste de toras, independente da distância de arraste, sendo que todas as densidades apresentaram valores acima do limite de ação. Fatores como tocos, vegetação de sub-bosque, afloramentos rochosos podem potencializar os níveis de vibração de corpo inteiro no arraste de toras em florestas tropicais.

Martins *et al.* (2020) ao avaliarem os níveis de vibração em *harvester* de pneu e esteira constataram que a máquina de esteiras apresentou nível acima do indicado para o trabalho com valores de VDV de $11,2 \text{ m/s}^{1,75}$, enquanto Poje *et al.* (2019) ao avaliar a exposição do operador à VCI em máquinas de um sistema de colheita florestal mecanizado em terreno cárstico, verificou que a atividade de colheita e o deslocamento excederam o valor de ação de exposição diária definido na legislação analisada. E em geral, a exposição é maior quando as máquinas estão em movimento, e os choques podem aumentar significativamente a exposição à vibração de corpo inteiro.

Oliveira (2019) na determinação do método integrado para avaliação ergonômica de máquinas na colheita de madeira, obteve resultados que demonstraram que todas as máquinas

apresentaram níveis de vibração acima do limite máximo aceitável em pelo menos um dos turnos estudados. Os maiores valores ocorreram no *skidder* (1,62 m/s² com 28,71 m/s^{1,75} e 1,23 m/s² com 22,11 m/s^{1,75} de aren e VDVR, para ambos os turnos e no *forwarder* (0,87 e 0,80 m/s² e 19,02 e 19,06 m/s^{1,75} de aren e VDVR) também para ambos os turnos, causados pelo deslocamento das máquinas no talhão.

6.1.4 Carga de Trabalho Físico

Na Tabela 21 é apresentada a carga cardiovascular do trabalhador, ressaltando que não houve diferença estatística entre as médias das CCVs na operação de corte de árvores.

A operação de corte das árvores nas três densidades da madeira foi classificada como moderadamente pesada, com cargas cardiovasculares médias abaixo do limite máximo de 40%, proposta por Apud (1989).

Tabela 21. Carga de trabalho físico exigida na operação de corte de árvores em região de floresta tropical.

Operação	Densidade	CCV (%)	FCR (bpm)	FCT (bpm)	FCM (bpm)	FCL (bpm)	TR (min.)	Classificação
Corte	Baixa	33 ^{ns}	70	106	180	114	-	MP
	Média	35 ^{ns}		109	180	114	-	MP
	Alta	36 ^{ns}		109	180	114	-	MP

ns=não significativo a nível 5% de probabilidade,

Legenda: FCR: frequência cardíaca média em repouso; FCT: frequência cardíaca média em trabalho; FCM: frequência cardíaca média máxima (220 – idade); CCV: carga cardiovascular; FCL: frequência cardíaca limite; TR: tempo de repouso recomendado em função da jornada de trabalho; MP: Trabalho Moderadamente Pesado.

A classificação da operação de corte como moderadamente pesada está relacionado com o consumo elevado de energia devido a demanda física da tarefa. Os resultados demonstraram que as madeiras de média e alta densidade foram aquelas que obtiveram os maiores valores de CCV, com 35% e 36%, respectivamente. Os percentuais de CCV indicaram que não houve sobrecarga física na operação de corte nas três densidades avaliadas, não havendo a necessidade de tempos para repouso.

Embora os resultados indicam não haver sobrecarga física na atividade analisada em determinados períodos, a organização ergonômica do trabalho se faz necessária para definição das pausas de recuperação, pela necessidade de alternância entre esforço e repouso, pois o

organismo humano necessita de período de recuperação de energia para que possa manter a sua capacidade funcional. Assim, as pausas são necessárias para evitar a sobrecarga do trabalho, quando se detectam excessos de carga física (APUD, 1989; SILVA *et al.*, 2007).

Os valores da CCV obtidos nesta pesquisa podem estar relacionados ao grau de condicionamento físico do trabalhador envolvido na atividade. Trabalhadores com bom condicionamento físico conseguirão desempenhar melhor as suas funções, ou seja, sentirão menos fadiga em relação aos trabalhadores menos condicionados, que demandarão de maior tempo de repouso durante a execução da operação.

Estudos indicam a importância de trabalhadores bem condicionados na atividade florestal, visto que a carga física do trabalho é estimada a partir da frequência cardíaca média, e é esperada que esta variável seja a mais influente para as estimativas. Esta variável representa a condição física e aeróbica do trabalhador (NASCIMENTO *et al.*, 2018).

Na Figura 21 é representado o comportamento da frequência cardíaca observada na operação de corte da árvore nas três densidades. Essas variações ocorrem em toda a jornada de trabalho, indicando o dinamismo da operação de corte, sendo as maiores frequências ao final do turno de trabalho.

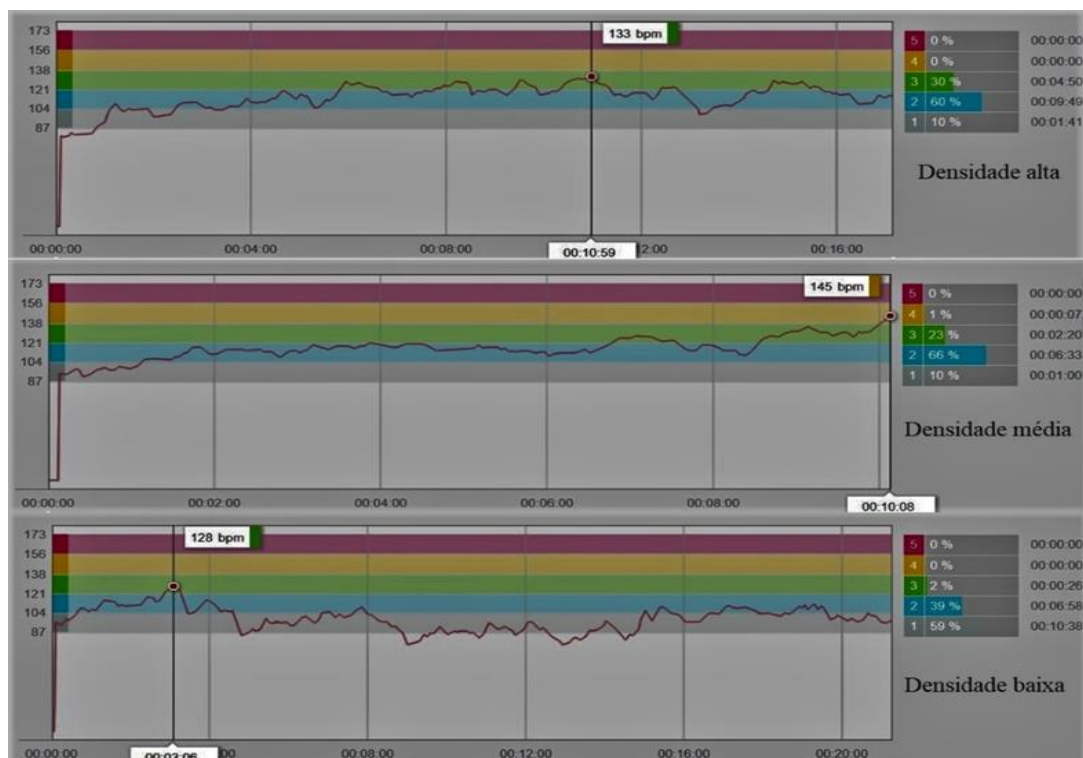


Figura 21. Variação de frequência cardíaca observada na operação de corte de árvores nas três densidades de madeira avaliadas.

Outros autores corroboram com este estudo ao determinarem resultados semelhantes de carga de trabalho físico em atividades florestais. Nascimento *et al.* (2021) na avaliação da frequência cardíaca para estimativas da carga física de trabalho na exploração florestal observaram que houve grande variação na carga cardiovascular para a mesma ocupação na operação, entre 33,6% e 52,7%, o que determinou carga física pesada para um trabalhador menos condicionado e carga moderada (sem necessidade de pausas) para outro melhor adaptado. Destacando que a frequência cardíaca demonstrou ser indicadora do condicionamento físico, um aspecto importante, pois interfere no desempenho do trabalhador.

Minette *et al.* (2018) em uma avaliação da carga física na colheita de madeira danificada pelo vento, verificaram que todas as atividades derrubada, desgalhamento e traçamento avaliadas ultrapassaram os limites de carga cardiovascular recomendado com valores de 47%, 42% e 44% respectivamente, tendo sido classificadas como moderadamente pesadas, indicando a necessidade de reorganização do trabalho.

Soranso (2019), ao avaliar as atividades de exploração florestal em regiões de floresta tropical, classificou a atividade de corte florestal como pesada, com CCV de 57% para a autora, onde este panorama está relacionado com o consumo de energia elevado entre os trabalhadores, devido à grande demanda física das tarefas.

6.1.5 Análise Postural

6.1.5.1 Corte de Toras

Ao avaliar as posturas corporais adotadas pelos trabalhadores no corte florestal, verificou-se que a exposição dos segmentos corporais foi classificada pelo *software* Kinebot® com nível médio de ação 2, havendo a necessidade de maiores investigações na forma de execução do trabalho e necessidade da adoção de medidas ergonômicas quando possível. Apesar disso, houve maiores ocorrências de angulações inadequadas dos segmentos corporais do tronco, pescoço e ombro esquerdo, com nível de ação 3.

Os seguimentos corporais analisados tenderam a uma variação de percentual nos níveis de ação durante a operação, isso podendo estar ligado às movimentações que o operador realizava até a finalização do corte das árvores, alternando entre angulações dos segmentos corporais, conforme método utilizado para análise (Figuras 22 a 24)

O tronco permaneceu, em média, 61,1% e 68,5% do tempo de trabalho com uma angulação inadequada durante o corte de árvores de bases de fuste reta e digitada, respectivamente, para todas as densidades da madeira. O pescoço esteve com uma angulação inadequada em 63,8% do tempo quando do corte de árvore de base reta; 66,3% de base digitada e 55,2% de base tabular, demonstrando as constantes posições de rotação do tronco e extensão do pescoço realizado pelo trabalhador no momento do corte florestal.

O corte florestal na Amazônia em áreas de exploração florestal sob regime de manejo florestal sustentável com uso de motosserra exige do operador a adoção de posturas corporais dinâmicas para a execução das etapas de corte de árvores. A grande diversidade de espécies florestais presentes nos PMFS, possuem características dendrológicas variadas em relação ao tipo de fuste, copa e base de fuste. A base de fuste pode ter os mais variados tipos conforme idade, posição sociológica, sendo que a mesma espécie possui variações quanto à base de fuste.

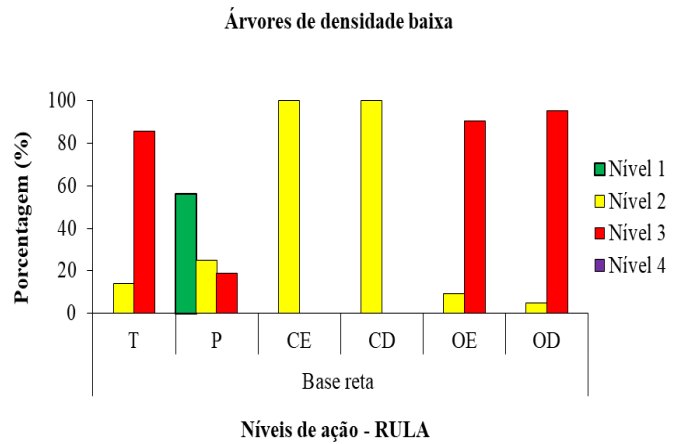
Os segmentos corporais tenderam a uma variação nas angulações durante o corte das árvores. Em função do diâmetro, o sabre ultrapassava o tronco para o lado oposto no momento do corte diagonal, forçando o trabalhador à maior torção do tronco. A extensão do pescoço ocorreu devido à necessidade de verificação dos galhos soltos na copa das árvores e a movimentação para o lado de queda da árvore, enquanto o ombro esquerdo foi afetado pelo manuseio da motosserra e posicionamento para a realização do corte.

Conforme o tipo de base de fuste, o operador poderá adotar diferentes posturas corporais a fim de facilitar as etapas de corte. Outros fatores como presença de cupinzeiros, ocos, buracos na base do fuste, nódulos no fuste também interfere nas posturas corporais do operador.

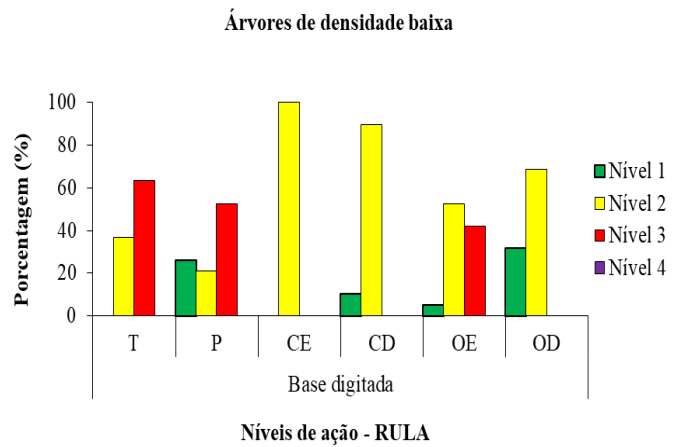
Rego *et al.*(2017) realizaram uma avaliação biomecânica das atividades de corte de madeira semimecanizado na Amazônia e observaram que a atividade de corte pelo método OWAS indicou que todas as posturas analisadas exigem medidas corretivas em um futuro próximo, sendo classificadas como classe 2, enquanto para o método REBA identificou que as posturas analisadas na derrubada foi classificada com nível de ação 3, necessitando de uma pronta intervenção ergonômica.



Base reta



Base digitada



Base tabular

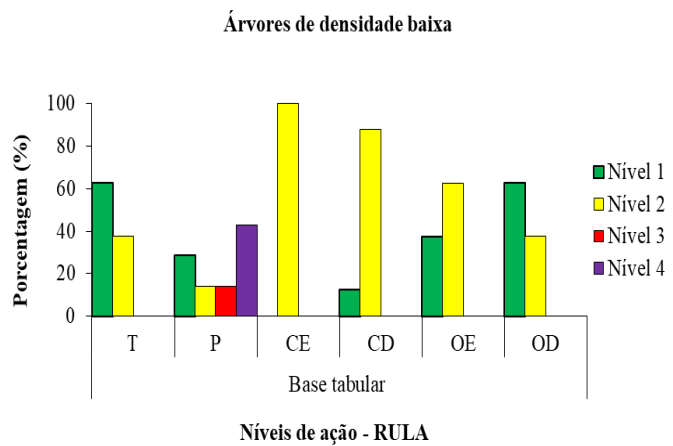
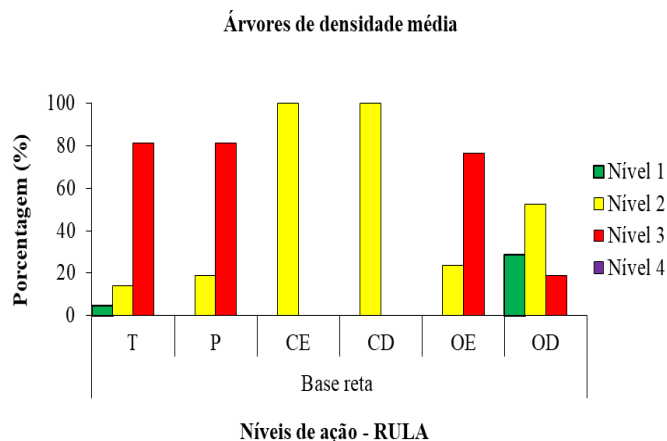


Figura 22. Postura típica adotada e porcentagens dos segmentos corporais na operação de corte de árvores de espécies florestais de densidade baixa nos diferentes tipos de base do fuste.

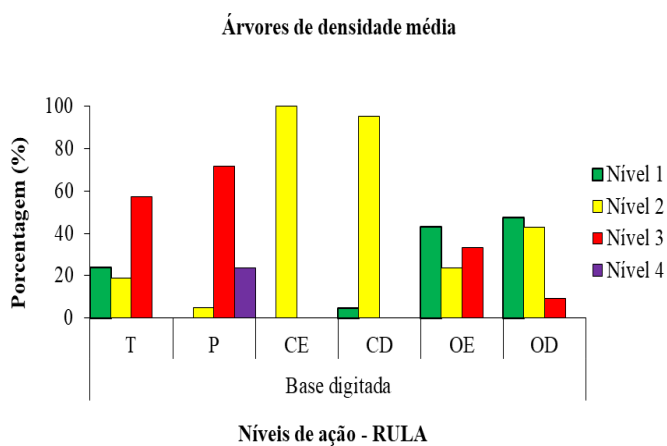
Legenda: T = tronco; P = pescoço; CE = cotovelo esquerdo; CD = cotovelo direito; OE = ombro esquerdo; OD = ombro



Base reta



Base digitada



Base tabular

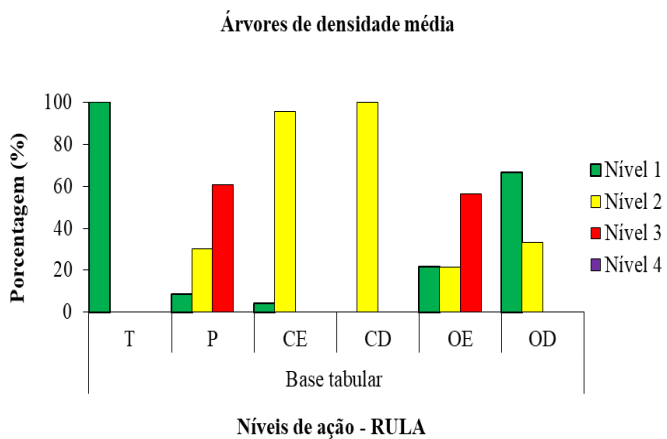
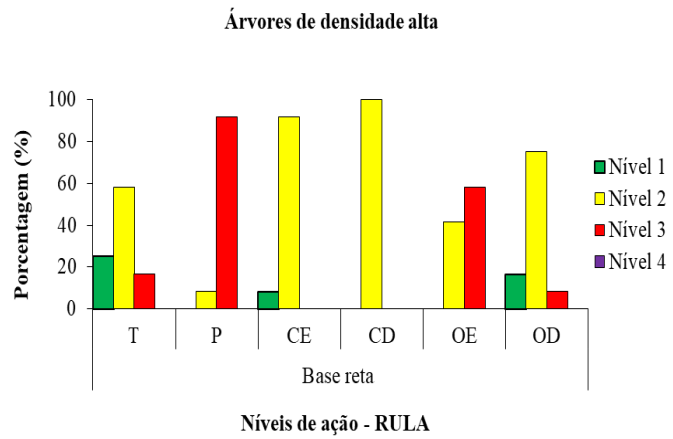


Figura 23. Postura típica adotada e porcentagens dos segmentos corporais na operação de corte de árvores de espécies florestais de densidade média nos diferentes tipos de base do fuste.

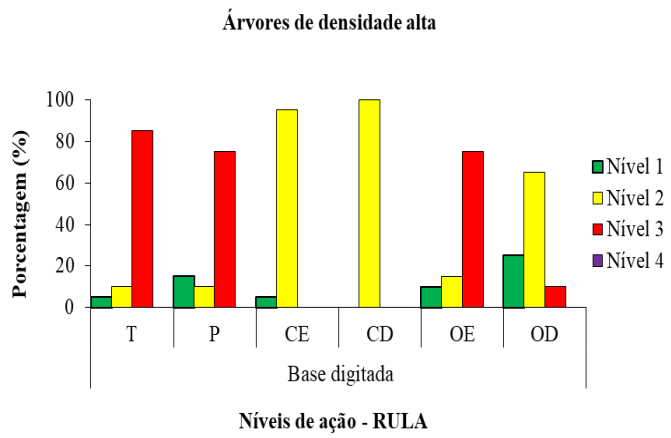
Legenda: T = tronco; P = pescoço; CE = cotovelo esquerdo; CD = cotovelo direito; OE = ombro esquerdo; OD = ombro



Base reta



Base digitada



Base tabular

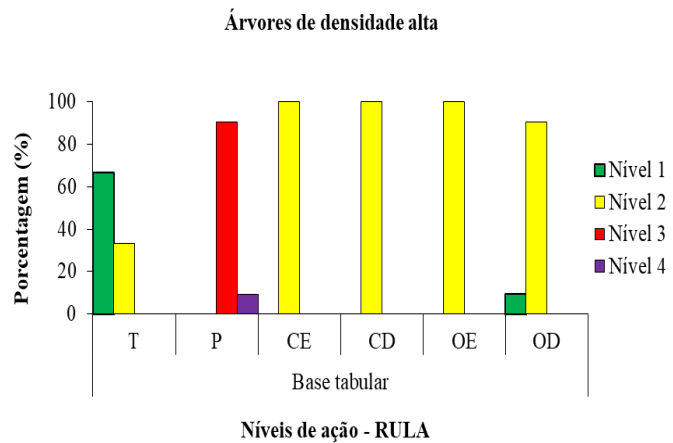


Figura 24. Postura típica adotada e porcentagens dos segmentos corporais na operação de corte de árvores de espécies florestais de densidade alta nos diferentes tipos de base do fuste.

Legenda: T = tronco; P = pescoço; CE = cotovelo esquerdo; CD = cotovelo direito; OE = ombro esquerdo; OD = ombro

Com o auxílio do *software* Kinebot[®], as avaliações dos escores dos segmentos corporais é mais precisa, evitando as subjetividades do pesquisador durante as análises dos ângulos, obtendo assim um resultado mais eficaz de acordo com o método utilizado.

Gallo e Mazzetto (2013) ao realizar a comparação entre os métodos OWAS e REBA em uma análise ergonômica para avaliação do risco de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho em operações florestais, relatam que o método REBA possui um maior nível de detalhamento na avaliação. As aplicações dessas abordagens têm apresentado também a capacidade de obter informações sobre a postura ou sobre a ação, que apresenta alto risco intrínseco de DORT. Portanto, é adequado sugerir a intervenção a ser realizada a fim de diminuir ou eliminar a fonte de risco.

Soranso (2019), analisando trabalhadores florestais no processamento de madeira em região de floresta tropical afirma que estes executavam suas tarefas rotineiras em um contexto onde costumavam exercer posturas incorretas no levantamento e movimentação de cargas. E durante o corte semimecanizado, as posturas exercidas depende do operador, que deve ser orientado a adotar postura confortável e segura ao desempenhar a atividade, por meio do recebimento de uma adequada capacitação. Sabe-se que, há ocasiões em que a adoção de uma postura correta para o corte é impraticável, devido a muitos fatores que possam interferir nesse processo, levando o operador a permanecer algum tempo em uma postura indesejável, que pode levar a danos a sua saúde e segurança.

6.1.5.2 Arraste de Toras

O arraste de toras em florestas nativas na Amazônia possui particularidades distintas como a quebra de vegetação para a abertura dos ramais de arrastes, a presença de tocos de árvores, afloramentos rochosos e árvores com diâmetros e densidades variadas que dificultam a atividade, podendo levar aos operadores das máquinas à adoção de posturas inadequadas durante a jornada de trabalho.

Ao avaliar as posturas corporais adotadas pelo operador na operação de arraste de toras, verificou-se que a exposição dos segmentos corporais foi classificada, no geral, como nível baixo de ação 1, pelo *software* Kinebot[®], considerado como aceitável, desde que a ação não seja mantida ou repetida por longos períodos. Portanto, não havendo a necessidade de investigações imediatas na forma de execução do trabalho (Figura 25).

Porém, houve ocorrências de angulações inadequadas de alguns segmentos corporais, como tronco e pescoço, com nível de ação 3 e 4 em determinados momentos na operação de arraste, respectivamente. E uma das possíveis causas para essa ocorrência pode ser atribuída durante a abertura do ramal de arraste, pois neste momento ocorre a quebra da vegetação do sub-bosque, ocasionando choques e solavancos na máquina, implicando, portanto, nas angulações observadas nos segmentos corporais tronco e pescoço do operador. Esta etapa ocorre apenas uma vez, não sendo repetitiva para cada arraste de árvore cortada.

O segmento corporal pescoço permaneceu, em média, 25,8% do tempo do trabalho com uma angulação inadequada, sendo classificada com nível de ação 4, exigindo a interrupção imediata da atividade. Isso ocorre pelos constantes solavancos da máquina com os diversos obstáculos no terreno durante a operação de arraste.

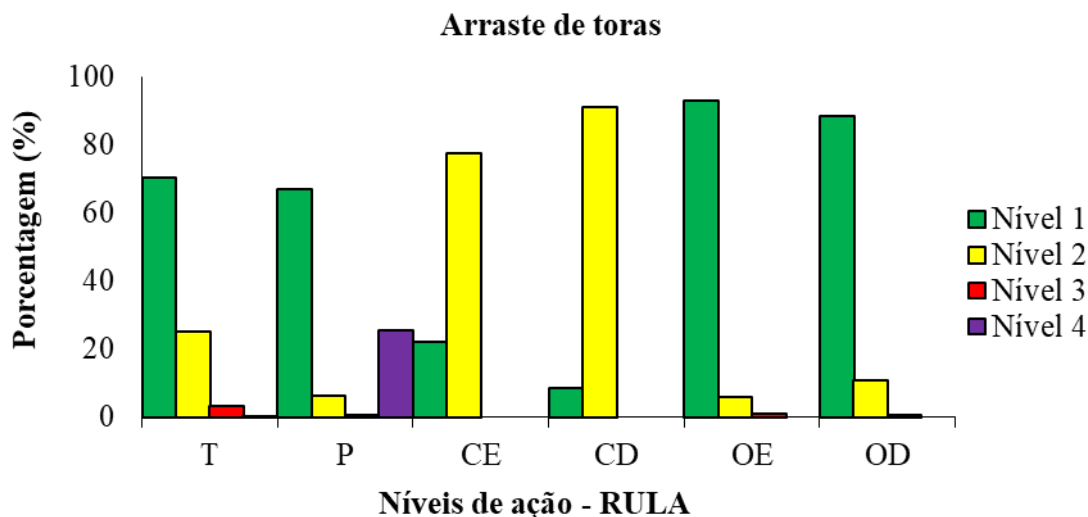


Figura 25. Porcentagem dos segmentos corporais do trabalhador afetado pela operação de arraste de toras em floresta tropical.

Legenda: T = tronco; P = pescoço; CE = cotovelo esquerdo; CD = cotovelo direito; OE = ombro esquerdo; OD = ombro direito.

Os segmentos corporais dos cotovelos esquerdo e direito permaneceram em 77,7%, 91,4% do tempo de trabalho com uma angulação inadequada, respectivamente. Portanto, as posturas adotadas foram classificadas com nível de ação 2, havendo a necessidade de maiores investigações em breve na forma de execução do trabalho em relação à esses segmentos corporais. Tais resultados podem ser atribuídos à movimentação dos segmentos corporais utilizados para acionamento das alavancas de aceleração e câmbio e alavancas de guincho para elevação da tora, movimentos que antecedem o arraste propriamente dito (Figura 26). A

operação de arraste das toras pode exigir que o operador adote posturas inadequadas, ocasionado pela dificuldade na visualização e execução da operação no interior da floresta.

Paini *et al.* (2016), avaliando o método REBA, consideraram que todas as posturas típicas adotadas pelo operador do carregador florestal apresentaram risco ergonômico, podendo causar no futuro danos à saúde e afetar a produtividade. Já Martins *et al.* (2019) realizaram uma análise postural do operador de *harvester* na operação de desbaste, sendo que os resultados dos métodos de análise postural RULA e REBA, demonstraram a necessidade de mudanças quanto a adoção de posturas. Os métodos se apresentaram similares indicando riscos à saúde do trabalhador, com risco médio e nível de ação 2 para o método REBA, assim como para o método RULA, onde a postura do tronco e cabeça estavam inclinados para frente e rotacionados para esquerda, com pontuação 7 e nível de ação 3.

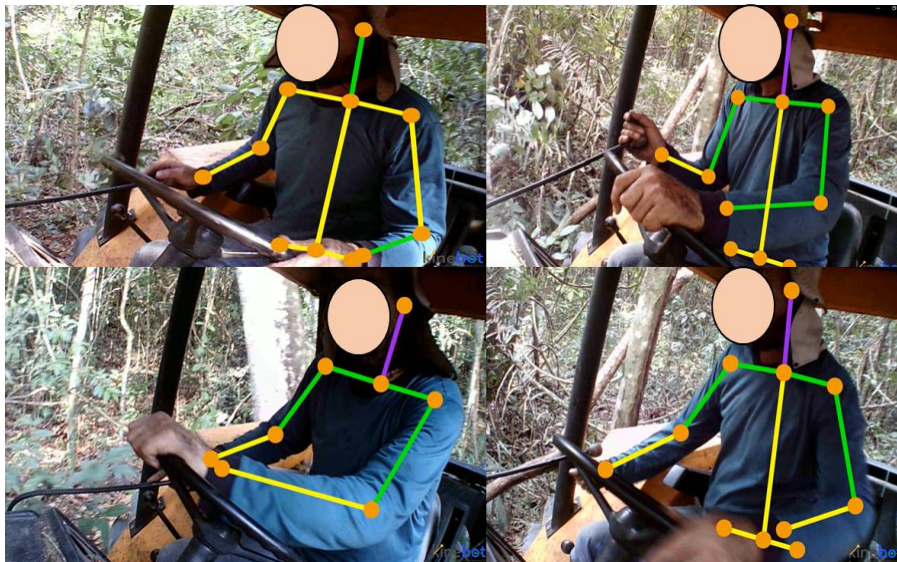


Figura 26. Postura adotada durante atividade de arraste de toras em floresta tropical.

6.2 Correlação entre as variáveis ergonômicas nos cenários operacionais

6.2.1 Operação de Corte

Os resultados da MANOVA para as variáveis CCV, RC e VMB na operação de corte estão apresentados na Tabela 23. Os resultados indicam que, para todos os testes aplicados, houve diferenças significantes entre as densidades da madeira.

Tabela 22. Resultados da análise de variância multivariada para o conjunto composto por todas as variáveis avaliadas na operação de corte.

	Testes de significância	Valor	F	Significância
Densidade da madeira	Traço de Pillai	0,708	7,490	< 0,001
	Lambda de Wilks	0,311	10,574	< 0,001
	Traço de Hotelling	2,154	13,999	< 0,001
	Maior raiz de Roy	2,125	29,039	< 0,001

Duas funções discriminantes foram determinadas, explicando 100,0% da variabilidade total, apresentando correlações canônicas entre as variáveis avaliadas e as funções discriminantes de 0,825 e 0,167, respectivamente (Tabela 24).

Tabela 23. Percentual da variância total explicada pelas funções discriminantes e coeficientes de correlação canônica para cada uma das funções discriminantes.

Função	Autovalor	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	2,125	98,7	98,7	0,825
2	0,029	1,3	100,0	0,167

A primeira função discriminante (1) apresentou a variável CCV como sendo de maior peso (correlação canônica) a ela associada (0,877), enquanto para a segunda função discriminante, a variável de maior peso foi VMB, com 0,976 (Tabela 25).

A função discriminante indicou que, das variáveis ergonômicas avaliadas, a CCV e VMB possuem maior correlação com as densidades da madeira.

Tabela 24. Resultados das correlações canônicas entre as variáveis originais avaliadas e as funções discriminantes obtidas.

VARIÁVEL	FUNÇÕES DISCRIMINANTES	
	1	2
CCV	0,877	-0,261
RC	0,207	-0,083
VMB	0,150	0,976

Legenda: CCV – cardio vascular; RC – Ruído no Corte; - VMB – Vibração de mãos e braços.

O resultado para a variável CCV pode ser devido à alta exigência energética despendida na operação de corte de árvores, exigindo que o trabalhador tenha boas condições físicas e nutricionais. O motosserrista precisava se deslocar durante a operação de corte para localização das árvores, e em muitas ocasiões, realizava a limpeza da base do fuste, transportava a motosserra, o galão de combustível e óleo lubrificante, o sabre e a corrente de reserva. Além disso, estava exposto a outros fatores ambientais, tais como: vibração, ruído e calor. Tal situação demandava uma grande necessidade calórica, e caso não seja recomposta a perdas calóricas e tenha pausas para descanso, poderá levar à fadiga física, problemas de saúde, lesões e diminuição do desempenho no trabalho.

A variável VBM está ligada diretamente as densidades da madeira, pois as árvores com elevada densidade possuem maior resistência à penetração dos dentes da corrente no momento do corte, provocando maior atrito com o conjunto de corte da motosserra, e exigindo maior tempo para execução do corte, gerando níveis mais elevados de vibração. Outros fatores também podem potencializar os níveis de vibração ocupacional, como a tensão da corrente, rebarba do sabre e falta de manutenção no sistema antivibratório da motosserra.

Avaliando os resultados dos centróides obtidos para cada densidade avaliada (Tabela 26 e Figura 27), observa-se que as densidades da madeira, baixa e média, possuem relação inversa com a alta densidade.

Tabela 25. Resultados obtidos para os centróides de cada densidade da madeira.

Densidade da Madeira	Função Discriminante	
	1	2
Baixa (1)	-1,045	-0,198
Média (2)	-0,946	0,204
Alta (3)	1,991	-0,007

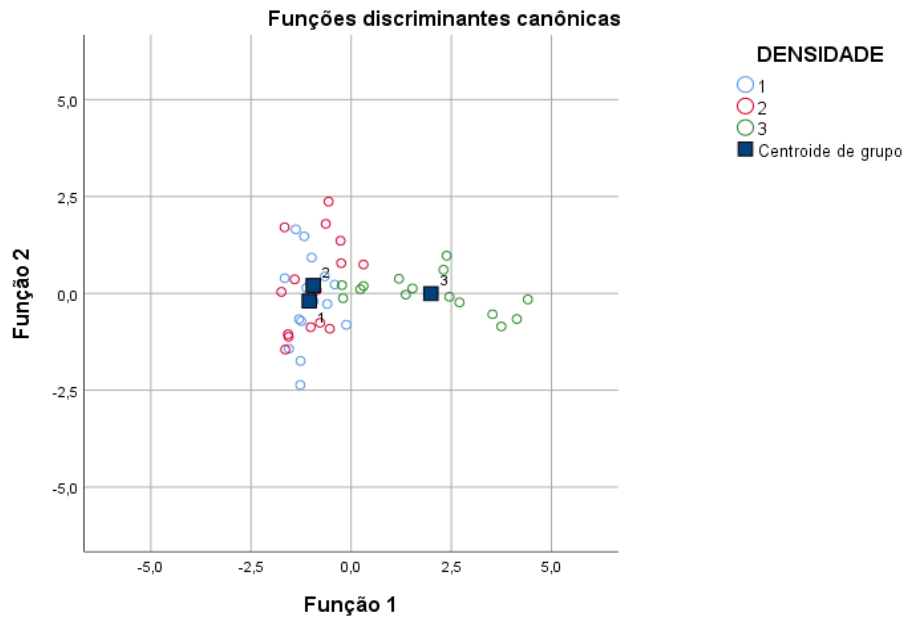


Figura 27. Resultados das funções discriminantes 1 e 2, por densidade, com os respectivos grupos centróides para o conjunto de densidades da madeira.

Os resultados demonstram que não houve diferença significativa entre as densidades baixa e média quanto a variável VBM, mesmo os valores estando acima do estabelecido pela normatização. Porém observa-se que a alta densidade mostrou-se diferente das demais com valor elevado, indicando a influência sobre os níveis de vibração ocupacional, ou seja, existindo uma correlação direta entre densidade da madeira e níveis de vibração ocupacional de mãos e braços.

6.2.2 Operação de Arraste

Os resultados da MANOVA para as variáveis RA e VCI na operação de araste estão apresentados na Tabela 27. Os resultados indicam que, para todos os testes aplicados, tanto para os efeitos principais (densidade da madeira e distância de extração), como para a sua interação, houve diferenças significantes.

Tabela 26. Resultados da análise de variância multivariada para as variáveis avaliadas na operação de arraste para três densidades e duas distâncias.

Variáveis	Teste de significância	Valor	F	Significância
Densidade	Traço de Pillai	0,288	7,079	< 0,001
	Lambda de Wilks	0,720	7,406	< 0,001
	Traço de Hotelling	0,377	7,727	< 0,001
	Maior raiz de Roy	0,342	14,378	< 0,001
Distância	Traço de Pillai	0,405	28,277	< 0,001
	Lambda de Wilks	0,595	28,277	< 0,001
	Traço de Hotelling	0,681	28,277	< 0,001
	Maior raiz de Roy	0,681	28,277	< 0,001
Densidade * Distância	Traço de Pillai	0,185	4,275	< 0,003
	Lambda de Wilks	0,816	4,440	< 0,002
	Traço de Hotelling	0,224	4,601	< 0,002
	Maior raiz de Roy	0,220	9,235	< 0,000

Duas funções discriminantes foram determinadas, explicando 100,0% da variabilidade total, apresentando correlações canônicas entre as variáveis avaliadas e as funções discriminantes de 0,725 e 0,384, respectivamente (Tabela 28).

Tabela 27. Percentagem da variância total explicada pelas funções discriminantes relativas aos autovalores e coeficientes de correlação canônica para cada uma das funções discriminantes encontradas.

Função	Autovalor	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	1,110	86,5	86,5	0,725
2	0,173	13,5	100,0	0,384

A primeira função discriminante apresentou a variável RA como sendo a de maior peso (correlação canônica) a ela associada, enquanto para a segunda função discriminante a variável de maior peso foi VCI (Tabela 29).

Tabela 28. Resultados das correlações canônicas entre as variáveis originais avaliadas e as funções discriminantes obtidas.

VARIÁVEL	FUNÇÕES DISCRIMINANTES	
	1	2
RA	0,907	0,421
VCI	-0,086	0,996

Avaliando os resultados dos centróides, obtidos para a interação entre densidade e distâncias (Tabela 30 e Figura 28) observa-se que três grupos foram formados.

Tabela 29. Resultados obtidos para os centroides da interação entre as densidades e as distâncias.

DENSIDADE*DISTÂNCIA	FUNÇÃO DISCRIMINANTE	
	1	2
BAIXA < 150 m	0,505	-0,794
BAIXA > 150 m	0,950	0,134
MÉDIA < 150 m	-1,541	0,265
MÉDIA > 150 m	0,985	0,471
ALTA < 150 m	-1,258	-0,152
ALTA > 150 m	0,358	0,076

O primeiro grupo é composto pela combinação da densidade média com as duas distâncias avaliadas. Neste grupo observa-se os menores valores de ruído para o arraste de toras, mas com elevados valores para a vibração de corpo inteiro. Para o segundo grupo, composto pela combinação da densidade baixa e distância menor do que 150 m, os valores obtidos são intermediários para ruído e menores para vibração. Por fim, para o terceiro grupo, formado pela combinação de todas as densidades com a maior distância, produziu os maiores valores para ruído e vibração. Como a variável ruído no arraste se mostrou a mais importante, o primeiro grupo é o que representa as melhores condições de trabalho, ou seja densidade média para qualquer distância.

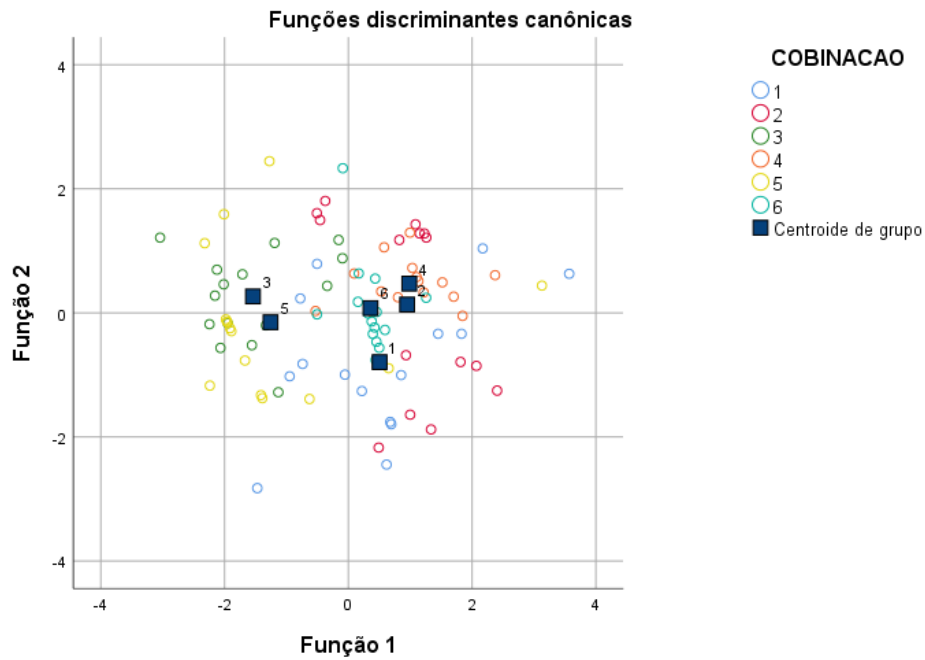


Figura 28. Funções discriminantes 1 e 2 por densidade da madeira nos respectivos grupos centróides, para o conjunto das variáveis ergonômicas avaliadas.

Analisando os resultados, observa-se que o arraste de toras nas maiores distâncias tendem a produzir maiores níveis de vibração de corpo inteiro e ruído ocupacional, explicado pela maior aceleração da máquina e maior tempo de percurso, além do atrito da tora com a vegetação do sub-bosque e com os obstáculos ao longo do ramal de arraste.

7. CONCLUSÕES

- ✓ Os trabalhadores na execução das operações de exploração madeireira na região amazônica meridional estão expostos à sobrecarga térmica, com valores do Índice de Bulbo Úmido e Termômetro Globo –IBUTG acima dos limites estabelecidos pela Norma de Higiene Ocupacional – NHO-06, podendo tal atividade causar danos à saúde dos trabalhadores e demonstrando a necessidade de adoção de medidas ergonômicas.
- ✓ O nível de ruído na operação de corte das árvores em todas as densidades da madeira estudada apresentou valores acima dos limites estabelecidos pelas NHO-01, enquanto na operação de arraste, o ruído estava abaixo do nível de exposição ocupacional, todavia, sendo recomendado maior atenção e monitoramento frequente desta atividade florestal.
- ✓ A exposição ocupacional à vibração de mãos e braços na operação de corte das árvores nas três densidades da madeira apresentou valores acima do limite de exposição estabelecidos pela NHO-10, com níveis de vibração extremos na maior densidade da madeira, ocasionado pelo maior atrito dos dentes da corrente da motosserra com a madeira, pelos solavancos ocasionados pelo rebote da máquina no início do corte e pela maior aceleração da máquina no momento do corte, podendo ocasionar danos à saúde dos trabalhadores no futuro.
- ✓ Na operação de arraste das toras, os níveis de vibração de corpo inteiro apresentaram-se abaixo do limite de exposição estabelecidos na NHO-09, entretanto, requerendo o acompanhamento da operação devido os valores estarem acima do nível de ação.
- ✓ As operações florestais estudadas não proporcionaram carga de trabalho físico elevado para os trabalhadores, todavia, os riscos ergonômicos devem ser monitorados e adoção de medidas corretivas quando necessárias.
- ✓ Mesmo a análise postural indicando não haver a necessidade de ações de correções imediatas para a postura, tanto para operação de corte de árvores nível 2 de ação, quanto para operação de arraste de toras nível 1 de ação, estas exigem a adoção de posturas inadequadas pelos trabalhadores em determinados momentos durante a execução das operações.

- ✓ Existe correlação entre a densidade da madeira e os níveis de vibração de mãos e braços e corpo inteiro, sendo a densidade um fator de influência para essa variável ergonômica.
- ✓ A correlação também indicou que a melhor condição de trabalho para a operação de arraste, seja densidade média para qualquer distância. Indicando a necessidade de rotação de densidades na operação.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBIZU-URIONABARRENETXEA, A. P.; ESTEBAN, T. E.; JORDAN, R. E. Safety and health in forest harvesting operations. Diagnosis and preventive actions. A review. **Forest Systems**, v.2, n.3, p.392-400. 2013.

ALVARES, C.A.; J.L., STAPE; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; GERD SPAROVEK, G. Koopen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMARAL, P.; VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; VIDAL, E. **Floresta para sempre: um manual para produção de madeira na Amazônia**. Belém: Imazon, 1998. 130 p.

ANDERSON, T. W. **An Introduction to Multivariate Statistical Analysis**. 3rd Ed. New Jersey: Wiley-Interscience, 2003. 747 p.

ANDRADE, F. R.; FRITZ, G. F.; CAMARGO, D. A.; MIYAJIMA, R. H.; SIMÕES, D. Avaliação de ruído ocupacional no corte mecanizado de madeira. **9º Congresso Florestal Brasileiro**, Brasília, p. 489-492, 12-15 de julho 2022.

APUD, E. **Guide-line on ergonomics studs in forestry**. Genebra: ILO, 1989. 241 p.

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

BARBOSA, R. P.; FIEDLER, N. C.; CARMO, F. C. A.; MINETTE, L. J.; SILVA, E. N. Análise de posturas na colheita florestal semimecanizada em áreas declivosas, **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 733-738, 2014.

BERMUDES, W. L.; MINETTE, L. J. Avaliação de calor ocupacional: estudo de caso ao longo da jornada diária de um motosserrista no Estado do Pará. **Vértices**, Campos dos Goitacazes, v. 21, n. 2, p.261-269, 2019.

BRAKE D, BATES G. Fluid losses and hydration status of industrial workers under thermal stress working extended shifts. **Occup Environ Med**. p.60:90-6,2003.

BIRRO, M. H. B.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P.; MINETTE, L. J. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com "Track-Skidder" em região montanhosa. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p.525-532, 2002.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 15: Atividades e Operações Insalubres**. Brasília, DF, 1978.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. NR 09. **Avaliação e controle das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos**. Disponível em: <http://www.mtps.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-09->

avaliação- e controle das -exposições -ocupacionais a -agentes físicos -químicos - biológicos
Acesso em: 29 outubro 2023.

BRASIL. **Programa de Zoneamento-Ecológico-Econômico**, caderno temático: biodiversidade no âmbito do zoneamento ecológico-econômico. Ministério do Meio Ambiente, 2007.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 406/2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável-PMFS com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia. **Diário Oficial da União**, Brasília, nº 26, p. 100, de 06 de fev. 2009. Seção 1.

BRASIL. Portaria nº 332, de 25 de agosto de 2011. Considerando o disposto no Decreto no 4.340, de 22 de agosto de 2001, reconhece o Mosaico da Amazônia Meridional. **Diário Oficial da União**, Brasília, nº 165, p. 71-72, de 26 de agosto de 2011. Seção 1.

BRAZ, E.M.; FIGUEIREDO, E.O.; D'OLIVEIRA, M.V.N; PASSOS, C.A.M. Manejo florestal de precisão: modelo digital de exploração e manejo de florestas naturais. In: FIGUEIREDO, E.O.; BRAZ, E.M.; D'OLIVEIRA, M.V.N.(Ed.). **Manejo florestal de precisão: modelo digital de exploração e manejo de florestas naturais**. Rio Branco, AC. Embrapa Acre, 2014. p.15

BRITO, A. B. **Avaliação e redesenho da cabine do “Feller-buncher” com base em fatores ergonômicos**. 2007. 151 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

BROWN, A.L., KAMP, I.V. Review 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**. v. 14, n.8, p. 873. 2017.

CAIONI, C.; CAIONI, S.; SILVA, A. C. S.; PARENTE, T. L.; ARAÚJO, O. S. Análise da distribuição pluviométrica e de ocorrência do fenômeno climático ENOS no município de Alta Floresta - MT. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, p.2656-2665, 2014.

CAMPOS SANTANA, A.M. **A abordagem ergonômica como proposta para melhoria do trabalho e produtividade em serviços de alimentação**. 1996. 215p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

COELHO, F.; MAGNUSSON, W.; GAUI, T. **Manual para medição e marcação de árvores comerciais em grades e módulos RAPELD do PPBio**. Programa de Pesquisa em Biodiversidade, Centro de Estudos Integrados da Biodiversidade Amazônica, Instituto de Pesquisas da Amazônia, Manaus.17p.2014. Disponível em:
https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Protocolo_Arvores_comerciais_2014_0.pdf
Acesso: 29 jun. 2023.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho - o manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte: Ergo Editora, 1995, v. 1. 353 p.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho em 18 lições**. Belo Horizonte: ERGO Editora, 2002. 202 p.

EDHOLM, O. G. **Biologia do trabalho**. Porto: Inova, 1968. 258 p

FERNÁNDEZ-MUÑIZ, B.; MONTES-PEÓN, J. M.; VÁZQUEZ-ORDÁS, C. J. Occupational risk management under the OHSAS 18001 standard: analysis of perceptions and attitudes of certified firms. **Journal of Cleaner Production**, v. 24, p. 36-47, 2012.

FERNANDES, M.; MORATA T. C. Estudo dos efeitos auditivos e extra-auditivos da exposição ocupacional a ruído e vibração. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v. 68, n. 5, p. 705-13, 2002.

FERNANDES, J.C. **Segurança nas vibrações sobre o corpo humano**. 2000. Disponível em: www.feb.unesp.br/jcandido/vib/Apostila.doc Acesso em: 01 de junho de 2023.

FERREIRA, A. M. M.; SALATI, E. Forças de transformação do ecossistema amazônico. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 54, p. 25-44, 2005.

FERREIRA, D. F. **Estatística Multivariada**. 3ª Ed. Lavras: UFLA, 2018. 624 p.

FIELD, A. **Discovering Statistics Using SPSS**. London: Sage 2005. 771 p.

FIEDLER, N. C.; MENEZES, N. S. M.; AZEVEDO, I. N. C.; SILVA, J. R. M. Avaliação biomecânica dos trabalhadores em marcenarias no Distrito Federal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 99-109, 2003.

FIEDLER, N. C.; ALVES, R. T.; GUIMARÃES, P. P.; WANDERLEY, F. B. Análise da carga física de trabalho dos operadores em marcenarias no sul do Espírito Santo. **Floresta**, v. 38, n. 3, 2008.

FIEDLER, N. C.; MARIN, H. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; CARMO, F. C. A. Análise da vibração no processamento secundário de madeiras com diferentes massas específicas aparentes. **Floresta**, v. 43, p. 1-8, 2013.

FONSECA, A. F. C.; SANTOS, F. R.; CATAI, R. E.; AMARILLA, R. S. D. Análise da exposição ocupacional ao ruído em trabalhadores de uma empresa florestal. **Revista Spacios**. v. 38. n. 2. p. 25. 2017.

FUNDACENTRO. Norma de higiene ocupacional: **NHO 06: Avaliação da exposição ocupacional ao calor**. São Paulo: Fundacentro, 2001a. 46 p.

FUNDACENTRO. Norma de higiene ocupacional: **NHO 01: Avaliação da exposição ocupacional ao ruído**. São Paulo: Fundacentro, 2001b. 40 p.

FUNDACENTRO. Norma de Higiene Ocupacional **NHO 09: Avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro**. Procedimento técnico. São Paulo. 63p. 2013

FUNDACENTRO. Norma de Higiene Ocupacional **NHO 10: Avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços**. Procedimento técnico. São Paulo. 53p. 2013

FUNDACENTRO. Norma de higiene ocupacional **NHO 06: Avaliação da exposição ocupacional ao calor**. São Paulo: Fundacentro, 2 ed..50 p. 2017

GALLO, R.; MAZZETTO F. Ergonomic analysis for the assessment of the risk of work-related musculoskeletal disorder in forestry operations. **Journal of Agricultural Engineering**; v. 44, n.2, p. 730-735, 2013.

GERASIMOV, Y.; SOKOLOV, A. Ergonomic evaluation and comparison of wood harvesting systems in Northwest Russia. **Applied Ergonomics**, v.45, 318-38, 2014.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de Estatística em Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011. 511 p.

GUIMARÃES, L. B. M.; PORTICH, P.; KMITA, S. F. Avaliação quantitativa da carga física de trabalho integrada com a Ergonomia Participativa em setores de uma Fundação. **XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção** - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003.

HAIR JUNIOR J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. e BLACK W. C. **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: Bookman, 2005. 600 p.

HONGYU, K. **Análise Fatorial Exploratória: resumo teórico, aplicação e interpretação**. E&S -Engineering and Science. V. 4, n. 7, 2018.

IBAMA –Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: < <https://www.ibama.gov.br/ultimas/2142>>. Acesso: 20 ago.2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro, 2012, 271 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**, 2018. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/carlinda/panorama>>. Acesso: 10 jan. 2020.

IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blucher, 2ed., 340 p. 2005

IIDA, I; GUIMARÃES, L.B.M. **Ergonomia: projeto e produção**. 3ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2016.

IFT. Instituto Floresta Tropical. **Manejo Florestal e Exploração de Impacto Reduzido em Florestas Naturais de Produção da Amazônia**. Informativo Técnico 1. 32p. 2010.

IPT. Instituto de Pesquisa Tecnológica. Disponível em:
http://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira. Acesso em 13 out. 2021

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO-2631/1.** Guide for the evaluation of human exposure to whole-body vibration. Genève, 1985.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 5349-1:** mechanical vibration: measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration: part 1: general requirements. Geneva, 2001.

JARDIM, F. C. S.; HOSOKAWA, R. T. Estrutura da floresta equatorial úmida da estação experimental de silvicultura tropical do INPA. **Acta Amazonica**, v. 16/17, p. 411-508, 1987.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis.** 4ed. New Jersey: Pearson 1998. 799 p.

KACHIGAN, S. K. **Multivariate statistical analysis: A conceptual introduction.** 2nd ed. New York: Radius Press 1991. 303 p.

KAMIJO Y, NOSE H. **Heat illness during working and preventive considerations from body fluid homeostasis.** Ind Health. v. 44, p. 345-358, 2006.

KISNER, C., COLBY, L. A. **Exercícios terapêuticos: fundamentos e técnicas.** 5.ed. São Paulo: Manole, 2009.

LPF. **Laboratório de Produtos Florestais.** Disponível em: <http://https://lpf.florestal.gov.br/pt-br/madeiras-brasileiras>. Acesso em: 13 out. 2021.

LENTINI, M.W.; CARTER, D.R.; MACPHERSON, A. A Decision Support System for Land Allocation: in Public Production Forests in the Brazilian Amazon. **International Journal of Forestry Research**, p.1-10. 2010.

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

LIMA, J. S. S.; LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal.** 3ed. Viçosa, Ed. UFV, 2014.

LOPES, E. S.; OLIVEIRA, F. M.; RODRIGUES, C. K. Determinação da carga física de trabalho na atividade de aplicação manual de herbicida. **Ambiência**, Guarapuava (PR) v. 7, n. 2 p. 329-337. 2011.

MARRIOTT, F. H. C. **Interpretation of Multiple Observations** London: Academic Press 1974. 117 p.

McARDLE, W. D. KATCH, F. I. KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício.** 8ª Ed. Rio de Janeiro:Guanabara, 2016, 1455 p.

McATAMNEY, L.; CORLETT, E. N. RULA: a survey method for the investigation of world-related upper limb disorders. **Applied Ergonomics**, v. 24, n. 2, p. 91-99, 1993.

MARTINS, A. B.; LOPES, E. S.; OLIVEIRA, F. M. Análise Postural do Operador de Harvester na Operação de Desbaste. **Re.C.E.E.F**, V. 34, n.2, 2019.

MARTINS, A. B.; LOPES, E. S.; FIEDLER, N. C.; OLIVEIRA, F. M.; PAGNUSSAT M. B. The whole-body vibration in operation of wheeled and tracked harvester in Pinus thinning. **International Journal of Industrial Ergonomics**. v.80. 2020.

MARTINS, A. B.; LOPES, E. S.; OLIVEIRA, F. M. Análise postural do operador de harvester na operação de desbaste. **Re.C.E.E.F**, v. 34, n. 2, p.1-13, 2019

MASIOLI, W.; FIEDLER, N. C.; LOPES, E. S.; OLIVEIRA F. M. Exposição de trabalhadores a ruído e vibração em atividades de colheita florestal semimecanizada. **Pesq. Flor. Bras.**, v. 40, p. 1-7, 2020.

MENDES, F. S.; JARDIM, F. C. S.; CARVALHO, J. O. P.; LIMA, T. T. S.; SOUZA, D. V. Dinâmica da composição florística do sub-bosque em floresta tropical manejada, no município de Moju, estado do Pará, Brasil. **Revista Ciências Agrárias**, v. 55, n. 2, p. 117-123, 2012.

MENDES, L. T.; FIEDLER, N. C.; BERUDE, L. C.; CARMO, F. C. A.; JUVANHOL, R. S.; NOGUEIRA D. F. B. Análise da Vibração Mão-Braço na Colheita Florestal Semimecanizada, **ACSA**, v.15, n.1, p. 35-38, 2019.

MILLER V, BATES G. Hydration of outdoor workers in North-West Australia. **J Occup Health Safet**, v. 23, n. 1, p. 79-87, 2007.

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

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

MINETTE, L. J.; SCHETTINO S.; SOUZA, A. P.; SORANSO, D. R.; BARBOSA, V. A. Colheita de madeira danificada pelo vento: carga física de trabalho e risco de LER/DORT aos trabalhadores. **Revista Nativa**, Sinop, v. 6, n. 1, p. 56-65, 2018.

MORAES, A. **Ergonomia**: conceitos e aplicações, análise ergonômica de postos de trabalho. Manaus: WHG Engenharia e Consultoria, 1996. 163 p

MOREIRA, M.L.C.; VASCONCELOS, T.N.N. **Mato Grosso: Solos e Paisagens**. Cuiabá/MT: Entrelinhas, 2007.

NASCIMENTO, K. A. O.; HIGUCHI, N.; EMMERT, F. Frequência cardíaca para estimativas da carga física de trabalho na exploração florestal. **Biofix Scientific Journal**, v. 3 n. 1 p. 210-215 2018.

NASCIMENTO, K. A. O.; HIGUCHI, N.; DEARMOND D.; ROBERT, R. C. G.; ARCE, J. E.; CARVALHO, J. P. F. Environmental Thermal Conditions Related to Performance, Dynamics and Safety of Logging in the Brazilian Amazon. **Croatian Journal of Forest Engineering**, Zagreb, v. 42, n. 3, p. 418-434, 2021.

NEISSE, A. C.; HONGYU, K. Aplicação de componentes principais e análise fatorial a dados criminais de 26 estados dos EUA. **E&S Engineering and Science**, v. 6, n. 2, 2016.

NOGUEIRA, M. M.; LENTINI, M. W.; PIRES, I. P.; BITTENCOURT, P. G., ZWEEDE J. C. **Manual técnico: Procedimentos simplificados em segurança e saúde do trabalho no manejo florestal**. Belém: Instituto Floresta Tropical, 2010. 82 p.

NOBERTO IRMÃO, V.; VIEIRA, I.; PESSOA, M. J. G.; ROSSI, A. A. B. Anatomia foliar como ferramenta na identificação de Curcuma zedoaria (Zingiberacea) utilizada medicinalmente e cultivada em quintais no município de Alta Floresta - MT. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, p. 2669-2685, 2013.

NUDELMANN, A. A., COSTA, E. A., SELIGMAN, J., IBAÑEZ, R. N. **PAIR Perda Auditiva Induzida pelo Ruído**. Vol. 2. Rio de Janeiro. Revinter, 2001. 242p.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p. 115-127, 2005.

OLIVEIRA, A. N. de; AMARAL, I. L. do. Aspectos florísticos, fitossociológicos e ecológicos de um sub-bosque de terra firme na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**. v. 35, n. 1. p. 1-16, 2005.

OLIVEIRA, T. M.; ALVES, A. R.; AMARALL, G. C.; ALMEIDA, K. N. S.; SOUZA, K. B.; AGUIAR A. S.; ARAUJO E. F.; FARIAS, S. G. G. Análise da estrutura vegetacional em uma área de transição Cerrado - Caatinga no município de Bom Jesus-PI. **Scientia Plena**, v. 8, n. 4, p. 1-5, 2012.

OLIVEIRA, C. **A Saga dos Guardiões da Floresta: uma viagem emocionante à história do setor de base florestal de Mato Grosso**. Sinop: Sindusmad/Print. 2011.

OLIVEIRA, F. M. **Método Integrado para avaliação ergonômica de máquinas na colheita de madeira**. 2019. 178f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, 2019.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). **Guia de seguridad e higiene em los trabajos forestales**. Genebra, 1968. 244 p.

PAINI, A. C.; LOPES, E. S.; OLIVEIRA, F. M. Postura corporal de operador no carregamento mecanizado de madeira – estudo de caso. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.13 n.23, p.9 62-974.2016

PARSONS, K. C. International heat stress standards: A review. **Ergonomics**, n. 38, v. 1, p. 6-22. 1995.

PICOLOTO, D.; SILVEIRA, E. Prevalência de sintomas osteomusculares e fatores associados em trabalhadores de uma indústria metalúrgica de Canoas – RS. **Revista Ciência Saúde Coletiva**, v. 13, n. 2, p. 507-516, 2008.

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. **Croatian Journal of Forest Engineering**, Zagreb, v. 40, n. 1, p. 139-150,2019.

PMAC. Exposição ao ruído: norma para a proteção de trabalhadores que trabalham em atividades com barulho. **Revista Proteção**, v. 6, n. 29, p. 136-138, 1994.

RAISG. Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada. **Desmatamento na Amazônia (1970-2013)**. São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 2015.

RÊGO, L. J. S.; MARZANO, F. L. C.; REIS, L. P.; MAZZEI L.; REIS P. C. M. R.; SILVA, M. L.; SOUZA, A. P. Avaliação biomecânica das atividades de corte de madeira semimecanizado na Amazônia. **Revista Espacios**, Caracas, v. 38, n. 19, p. 22, 2017.

RENCHER, A. C. **Methods of Multivariate Analysis**. 2nd Ed. New Jersey: Wiley-Interscience, 2002. 738 p.

ROBB, W., COCKING, J., Review of European chainsaw fatalities, accidents and trends. *Arboricultural Journal*: **The International Journal of Urban Forestry**, v. 36, n. 2, p.103-126, 2014.

RODRIGUES, C. K. **Variáveis de Influência na Operação de Colheita de Madeira Mecanizada**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão Florestal). Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2015.

RODRIGUES, M. I.; SOUZA, Á. N.; JOAQUIM, M. S.; LUSTOSA JÚNIOR, I. M.; PEREIRA, R. S. Concessão florestal na Amazônia brasileira **Ciência Florestal**, v. 30, n. 4, p. 1299-1308, 2020

SABOGAL, C.; SILVA, J. N. M.; ZWEEDE, J.; PEREIRA JUNIOR, R.; BARRETO, P.; GUERREIRO, C. A. **Diretrizes técnicas para a exploração de impacto reduzido em operações florestais de terra firme na Amazônia brasileira**. Belém: EMBRAPA – CIFOR, 2000. 24 p.

SALIBA, T.M. **Manual prático de avaliação e controle de ruído: PPRA**. 11.ed. São Paulo: LTR. 2019a.

SALIBA, T.M. **Manual prático de avaliação e controle de vibração: PPRA**. 11.ed. São Paulo: LTR. 2019b.

SALIBA, T.M. **Manual prático de avaliação e controle de calor: PPRA**. 9.ed. São Paulo: LTR. 2021.

SANTOS, L.M.; SOUZA, T.P.; CRESCENTINI, M.C.V.; POLETTO, P.R.; GOTFRYD, A.O. Avaliação postural por fotogrametria em pacientes com escoliose idiopática submetidos à artrodese: estudo piloto. **Fisioterapia em Movimento**, v. 25, n. 1, 2012.

SCHETTINO, S.; CAMPOS, J.C.C.; MINETTE, L.J.; SOUZA, A.P. “Work precariousness: ergonomic risks to operators of machines adapted for forest harvesting”. **Revista Árvore**, v. 41, n. 1, p. 1-9, 2017.

SCHETTINO, S.; LIMA, R. C. A.; VIEIRA, M. P. L.; MINETTE, L. J.; MENEZES, R. V. F. **Avaliação do Ruído Ocupacional em Operadores de Feller-Buncher no Sudoeste do Maranhão**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 9, 2019, Ponta Grossa. Anais do ConBRepro 2019. Disponível em: <https://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/>.

SCHETTINO, S.; MINETTE, L. J.; LIMA, R. C. A.; NASCIMENTO, G. S. P.; CAÇADOR, S. S.; VIEIRA, M. P. L. Forest harvesting in rural properties: Risks and worsening to the worker’s health under the ergonomics approach. **International Journal of Industrial Ergonomics**. v. 82. 2021

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, A. G. **Manejo sustentado de florestas inequidêneas heterogêneas**. UFSM/CCR, 2000.

SCOLFORO, J. R. S., **Manejo florestal**. Lavras, UFLA/FAEPE, 1998.

SCOLFORO, J. R. S., MELO, J.M. **Inventário florestal**. Lavras, UFLA/FAEPE. 1997.

SEIXAS, F. Avaliação do esforço físico dispendido em operações florestais: um exemplo na operação de colheita de sementes. **Série Técnica IPEF**, v. 7, n. 22, p. 1-6. 1991.

SEIXAS, F.; CASTRO, G. P. Extração. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2014. p. 106-177.

SELUCHINESK, R. D. R. **De heróis a vilões: imagem e auto-imagem dos colonos da Amazônia mato-grossense**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Plano anual de outorga florestal 2020**. Brasília, [2019]. 81 p. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/publicacoes/1690-plano-anual-de-outorga-florestal-paof-2020>. Acesso em: 24 ago. 2021.

SESSIONS, J. **Forest road operations in the tropics**. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.

SILVA, E. P.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. Análise ergonômica do trabalho de coveamento semimecanizado para o plantio de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 76, p. 77- 83, 2007.

SILVA, M. L.; MIRANDA, G. M.; CORDEIRO, S.A. **Custos**. In: MACHADO, C. C (Org). Colheita florestal. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p.231-260.

SILVA, K.E.; RIBEIRO, C.A.A.S.; MARTINS, S.V.; SANTOS, N.T. Public Forest concessions in the Amazon. **Bioikos**, v. 23, n. 2, p. 91-102, 2009.

SILVA, C.B.; VOLPATO, C. E. S.; ANDRADE, L. A. B.; BARBOSA, J. A. Avaliação ergonômica de uma colhedora de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 1, p. 179-185, 2011.

SILVA, E. P.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; MARÇAL, M. A.; SANCHES, A. L. P. Fatores organizacionais e psicossociais associados ao risco de LER/DORT em operadores de máquinas de colheita florestal. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 889-895, 2013.

SILVA, J. R. M., TEIXEIRA, R. L. Sobrecarga térmica em fábrica de móveis. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 494-500, 2014.

SOEIRO, N. S. **Vibrações e o Corpo Humano: uma avaliação ocupacional**. In: **Anais I workshop de vibrações e acústica**. Tucuruí, PA: [s.n.], 2011. Disponível em: <https://docplayer.com.br/31207275-Vibracoes-e-o-corpo-humano-uma-avaliacao-ocupacional.html>. Acesso em: 20 jul. 2023.

SORANSO, D. R. **Análise ergonômica com ênfase na termografia em um sistema de exploração e processamento da madeira de floresta tropical**. 2019.103f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Jerônimo Monteiro-ES. 2019

TALAIA, M., FERREIRA, V. Stress térmico na frente de fogo no combate a incêndio florestal: avaliação de risco. **Territorium**, n. 17, p. 83-91, 2010.

THUN, J. H.; LERH, C. B.; BIERWIRTH, M. Feel free to feel comfortable – An empirical analysis of ergonomics in the German automotive industry. **International Journal of Production Ergonomics**, v. 133, n. 2, p. 551-561, 2011.

TONIN, R. P. **Ruído e vibração em máquinas no sistema de colheita de árvores inteiras**. 2019. 74 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/183084>. Acesso em: 30 jul. 2023.

UBIALLI, J. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. DO A.; ARCE, J. E. Comparação de métodos e processos de amostragem para estimar a área basal para grupos de espécies em uma floresta ecotonal da região norte mato-grossense. **Acta Amazônica**. v. 39, n. 2, p. 305-314, 2009.

VALÉRIO, A. F.; WATZLAWICK, L. F.; SILVESTRE, R.; KOEBLER, H. S. Determinação da densidade básica da madeira de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) ao longo do fuste. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 1, n. 1, 2008.

VILLA VERDE, R.; CRUZ, R. M. Avaliação da frequência cardíaca como indicador biológico na prevenção dos distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho. **Revista Brasileira Medicina do Trabalho**, Belo Horizonte, v.2, n.1, p.11-21, 2004.

ANEXOS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: RISCOS ERGONÔMICOS EM AMBIENTES DA EXPLORAÇÃO DE MADEIRA NA AMAZÔNIA MERIDIONAL

Pesquisador: IVAN CLEITON DE OLIVEIRA SILVA

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 59361022.7.0000.8967

Instituição Proponente: Universidade Estadual do Centro Oeste - Campus de Irati

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.594.876

Apresentação do Projeto:

Trata-se da terceira apreciação do projeto de pesquisa "RISCOS ERGONÔMICOS EM AMBIENTES DA EXPLORAÇÃO DE MADEIRA NA AMAZÔNIA MERIDIONAL", sob responsabilidade do pesquisador IVAN CLEITON DE OLIVEIRA SILVA, Projeto de Pesquisa apresentado como requisito ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná, tendo como orientador Drº Eduardo da Silva Lopes, e como coorientadores Drº Luciano José Minette - UFV e Drº Henrique Soares Koehler - UFPR. O projeto propõe-se a contemplar a avaliação postural, carga de trabalho físico, e as variáveis ambientais conforto térmico (calor), conforto acústico (ruído) e vibração do corpo inteiro de mãos e braços durante a execução dos ciclos operacionais nas atividades de corte e arraste da madeira.

Objetivo da Pesquisa:

Os objetivos são os mesmos do parecer n.5.542.274.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos e benefícios são os mesmos do parecer n.5.542.274.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

As adequações solicitadas no n.5.542.274 foram:

Endereço: PR 153 Km 07 - Prédio principal, térreo (jardim de inverno da antiga biblioteca)
Bairro: Riozinho CEP: 84.505-677
UF: PR Município: IRATI
Telefone: (42)3421-3051 Fax: (42)3421-3000 E-mail: cep_irati@unicentro.br



Continuação do Parecer: 5.594.878

1) Solicita-se que as informações esclarecidas na carta de resposta sobre o vínculo com a empresa identificada na carta de anuência, a destacar "A empresa Agropecuária Bonanza Ltda. Contratará um empreiteiro de forma temporária para a realização das atividades de colheita de madeira, por período igual a validade da autorização de exploração florestal – AUTEX, emitida pela Secretaria do Estado de Meio Ambiente do estado de Mato Grosso –SEMA/MT, autorização que possui validade de um ano. O empreiteiro será responsável pela contratação dos trabalhadores para a realização das atividades de colheita na área da empresa, até finalizar a colheita ou vencimento da autorização, o que acontecer primeiro, finalizando dessa forma a prestação de serviço. Estes trabalhadores serão contratados conforme disponibilidade de mão de obra nas cidades de Carilinda, Alta Floresta e região", sejam inseridas nas informações básicas do projeto no campo metodologia (adequação realizada)

2) Tendo em vista a solicitação e necessidade de ainda adequar o projeto, adequar o cronograma de execução (cronograma alterado).

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Termos apresentados para a terceira apreciação:

1) Informações básicas com as devidas alterações.

Recomendações:

(1)- Ressalta-se que segundo a Resolução 510/2012, Art. 28, IV e Resolução 466/2012, Item XI – DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL, parágrafo f), é de responsabilidade do pesquisador "manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa."

(2)- O TCLE, Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, deve ser emitido em duas vias de igual teor. Todas as vias devem ser assinadas pelo pesquisador responsável e pelo participante. Uma via deverá ser entregue ao participante e a outra fará parte dos documentos do projeto, a serem mantidos sob a guarda do pesquisador.

(3) Em decorrência da pandemia de covid-19, sugere-se que a/o pesquisadora/o adote medidas de biossegurança para a prevenção a covid-19.

Endereço: PR 153 Km 07 - Prédio principal, térreo (jardim de inverno da antiga biblioteca)
Bairro: Riozinho CEP: 84.505-677
UF: PR Município: IRATI
Telefone: (42)3421-3051 Fax: (42)3421-3000 E-mail: cep_irati@unicentro.br



Continuação do Parecer: 5.594.878

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

A presente pesquisa está em conformidade com as Resoluções 466/2012 e 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde. Este CEP considera que todos os esclarecimentos necessários foram devidamente prestados, estando este projeto de pesquisa apto a ser realizado, devendo-se observar as informações presentes no item "Recomendações".

Considerações Finais a critério do CEP:

Em atendimento ao item V, do artigo 28 do Capítulo VI da Resolução CNS 510/2016, "A responsabilidade do pesquisador é indelegável e indeclinável e compreende os aspectos éticos e legais, cabendo-lhe apresentar no relatório final que o projeto foi desenvolvido conforme delineado, justificando, quando ocorridas, a sua mudança ou interrupção".

Qualquer alteração no projeto deverá ser encaminhada para análise deste comitê.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1958650.pdf	29/07/2022 19:12:32		Acelto
Outros	folharosto_modificado.pdf	08/07/2022 09:56:06	IVAN CLEITON DE OLIVEIRA SILVA	Acelto
Outros	cartarespostaspendencias.pdf	08/07/2022 09:54:28	IVAN CLEITON DE OLIVEIRA SILVA	Acelto
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_modificado.pdf	08/07/2022 09:51:37	IVAN CLEITON DE OLIVEIRA SILVA	Acelto
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoPesquisa_detalhado.pdf	06/06/2022 10:01:25	IVAN CLEITON DE OLIVEIRA SILVA	Acelto
Cronograma	cronograma.pdf	06/06/2022 09:59:27	IVAN CLEITON DE OLIVEIRA SILVA	Acelto
Declaração de concordância	Declaracao_Concordancia.pdf	06/06/2022 09:53:40	IVAN CLEITON DE OLIVEIRA SILVA	Acelto
Brochura Pesquisa	ProjetoPesquisa.pdf	03/06/2022 18:19:35	IVAN CLEITON DE OLIVEIRA SILVA	Acelto
Folha de Rosto	folhaDeRosto1.pdf	03/06/2022 17:33:51	IVAN CLEITON DE OLIVEIRA SILVA	Acelto

Endereço: PR 153 Km 07 - Prédio principal, térreo (jardim de inverno da antiga biblioteca)
Bairro: Riozinho CEP: 84.505-677
UF: PR Município: IRATI
Telefone: (42)3421-3051 Fax: (42)3421-3000 E-mail: cep_irati@unicentro.br



UNICENTRO - UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO CENTRO
OESTE - CAMPUS DE IRATI



Continuação do Parecer: 5.594.876

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

IRATI, 22 de Agosto de 2022

Assinado por:
Cristiana Magni
(Coordenador(a))

Endereço: PR 153 Km 07 - Prédio principal, térreo (Jardim de Inverno da antiga biblioteca)
Bairro: Riozinho CEP: 84.505-677
UF: PR Município: IRATI
Telefone: (42)3421-3051 Fax: (42)3421-3000 E-mail: cep_irati@unicentro.br

Página 04 de 04