



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

GLÍCIA SILVANIA PEDROSO NASCIMENTO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA COM APOIO
COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE RISCO ERGONÔMICO EM
MÁQUINAS DE COLHEITA FLORESTAL**

Orientador: Prof. D. Sc. Luciano José Minette

JERÔNIMO MONTEIRO –ES

2021

GLÍCIA SILVANIA PEDROSO NASCIMENTO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA COM APOIO
COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE RISCO ERGONÔMICO EM
MÁQUINAS DE COLHEITA FLORESTAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Ciências Florestais na Área de Concentração em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Luciano José Minette. Coorientador: Prof. Dr. Clayton Vieira Fraga Filho e Prof. Dr. Stanley Schettino.

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2021

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

S586d Silvania Pedroso Nascimento, Glícia, 1990-
Desenvolvimento de uma metodologia com apoio computacional para avaliação de risco ergonômico em máquinas de colheita florestal / Glícia Silvania Pedroso Nascimento. - 2021. 110 f. : il.

Orientador: Luciano José Minette.
Coorientadores: Clayton Vieira Fraga Filho, Stanley Schettino.
Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Ergonomia. 2. Maquinas Florestais. 3. Segurança do Trabalho. 4. Metodologia. 5. Inteligência Computacional. I. Minette, Luciano José. II. Fraga Filho, Clayton Vieira. III. Schettino, Stanley. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

CDU: 630*38

**DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA COM APOIO
COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE RISCO ERGONÔMICO EM
MÁQUINAS DE COLHEITA FLORESTAL**

Glícia Silvania Pedroso Nascimento

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 30 de abril de 2021.



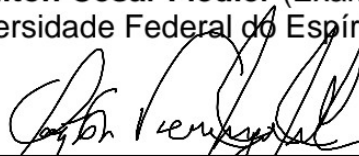
Prof. Dr. Wanderson Lyrio Bermudes (Examinador externo)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo



Profª. Drª. Denise Ransolin Soranso (Examinadora externa)
Universidade Federal de Itajubá



Prof. Dr. Nilton Cesar Fiedler (Examinador interno)
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Clayton Vieira Frega Filho (Coorientador)
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Luciano José Minette (Orientador)
Universidade Federal de Viçosa

*“Porque dele, e por meio dele, e para ele são todas as coisas.
A ele, pois, a glória eternamente. Amém!”
(Romanos 11:36)*

AGRADECIMENTO

A Deus, meu pai eterno, pelo sopro de vida e auxílio diário.

Aos meus preciosos pais, Nonato e Rita Silvânia que eu tanto amo, meu porto seguro e principais incentivadores desse projeto de vida, obrigada por tudo!

Aos meus irmãos, Márcia e Bruno, tia Adriana e todos os familiares pelo amor e carinho. As minhas vózinhas queridas, Euleide Pedroso (*in memorian*) e Maria Rosa Nascimento, por serem meus exemplos de mulheres fortes e corajosas.

Ao meu noivo, Allan Fideles por todo incentivo, amor e torcida.

À Universidade Federal do Espírito Santo, ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, pela oportunidade.

Ao professor Dr. Luciano José Minette, pela orientação, otimismo, encorajamento, valiosas sugestões e riquíssima convivência, que levarei para vida.

Aos professores Dr. Clayton Fraga Filho, Dr Stanley Schettino, Dr. Nilton Fiedler, Dra Denise Soranso e Dr. Wanderson Bermudes, por suas contribuições e composição da banca.

Aos professores Juliana Oliveira e Rommel Nocce, pela amizade, confiança durante a graduação e incentivo a carreira científica.

Aos colegas de pós graduação Roldão Carlos, Dâmaris Billo, Nayara Franzini, Henrique Ramalho e NUPEME, pela amizade e companheirismo dos últimos anos.

A colega Joyce Ambrosio pelo suporte na pesquisa e colaboração de forma tão efetiva na realização do trabalho, muito obrigada!

A querida Marcia Oliveira, pelo auxílio no laboratório de ergonomia, grata por toda ajuda profissional e pessoal.

As amigas Rosane Gomes e Jaqueline Rocha, pela amizade e agradável convivência.

À Fundação de Amparo a Pesquisa de Do Espírito Santo, pela concessão da bolsa.

RESUMO

NASCIMENTO, Glícia Silvania Pedroso. **Desenvolvimento de uma metodologia com apoio computacional para avaliação de risco ergonômico em máquinas de colheita florestal.** 2021. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro – ES. Orientador: Prof. Dr. Luciano José Minette. Coorientador: Clayton Vieira Fraga Filho e Stanley Schettino.

Diante do alto grau de mecanização das atividades florestais, espera-se que as máquinas estejam alinhadas com a qualidade ergonômica, haja vista, que existe uma relação entre o conforto do trabalhador e o desempenho e produtividade das operações. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi desenvolver uma metodologia de análise de riscos ergonômicos em máquinas de colheita florestal, que estime e classifique o nível de risco de insalubridade das máquinas avaliadas e atue como apoio ao diagnóstico ergonômico. Para tanto, a metodologia desenvolvida considerou os seguintes critérios: o ruído; vibração, ambiente térmico, layout da cabine, assento do operador, visibilidade, segurança e biomecânica. Com base nas variáveis de entrada, por meio de métodos de análise multicritério estruturou-se a relação de riscos associando o sistema *fuzzy* e método AHP, para prever o Índice de Risco Ergonômico (IRE) como variável de saída, onde a segurança da máquina florestal é quantificada e classificada quanto a eficiência ergonômica. A método matemático proposto tem a operacionalização pelo *software* ERGOforest. Foram avaliados pelo método diferentes modelos e marcas de máquinas florestais típicas de atividades de colheita florestal: *Feller-Bunchers*(derrubada), *Forwarders* (extração) e *Harvesters* (corte). O índice qualificou a máquina Harvester HV3 com o desempenho ergonômico mais satisfatório entre as máquinas avaliadas, seu destaque ocorreu pelo projeto da cabine capaz de oferecer melhores condições de trabalho (conforto térmico, boa visibilidade, baixos níveis de vibração no interior da cabine e conformidades nos itens de segurança) para os operadores. O modelo matemático apresentou-se como uma metodologia satisfatória, podendo auxiliar na tomada de decisões e análises objetivas.

Palavras-chave: Ergonomia. Mecanização florestal. Avaliação ergonômica. Índice ergonômico. Análise multicritério

ABSTRACT

NASCIMENTO, Glícia Silvana Pedroso. **Development of a methodology with computational support for ergonomic risk assessment in forest harvesting machines.** 2021. Thesis (Doctor of Forest Science) – Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: Prof. Dr. Luciano José Minette. Co Advisor: Prof. Dr. Clayton Vieira Fraga Filho and Stanley Schettino.

Given the high degree of mechanization of forestry activities, it is expected that the machines are aligned with ergonomic quality, given that there is a relationship between worker comfort and the performance and productivity of operations. In this context, the objective of this research was to develop a methodology for the analysis of ergonomic risks in forest harvesting machines, which would estimate and classify the risk level of unhealthy conditions of the evaluated machines and act as support for ergonomic diagnosis. Therefore, the developed methodology considered the following criteria: noise; vibration, thermal environment, cab layout, operator seat, visibility, safety and biomechanics. Based on the input variables, through multicriteria analysis methods, the risk relationship was structured by associating the fuzzy system and the AHP method, to predict the Ergonomic Risk Index (IRE) as an output variable, where the safety of the forest machine is quantified and rated for ergonomic efficiency. The proposed mathematical method is operationalized by the ERGOforest software. Different models and brands of forest machines typical of forest harvesting activities were evaluated by the method: Feller-Bunchers (cutting), Forwarders (extraction) and Harvesters (cutting). The index qualified the Harvester HV3 machine with the most satisfactory ergonomic performance among the evaluated machines, its highlight was the cabin design capable of offering better working conditions (thermal comfort, good visibility, low vibration levels inside the cabin and compliance in the cabins safety items) for operators. The mathematical model presented itself as a satisfactory methodology, being able to assist in decision making and objective analysis.

Palavras-chave: Ergonomics. Forest mechanization. Ergonomic assessment. Ergonomic index. multicriteria analysis