

**MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**Nathália Vasconcelos Guimarães**

**Avaliação ergonômica da atividade de carvoejamento em sistema fornos-fornalha**

**Montes Claros**

**2022**

**Nathália Vasconcelos Guimarães**

**Avaliação ergonômica da atividade de carvoejamento em sistema fornos-fornalha**

**Versão final**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

**Orientador:** Prof. Dr. Edy Eime P. Baraúna

**Coorientador:** Prof. Dr. Stanley Schettino

**Montes Claros**  
**Dezembro de 2022**

Guimarães, Nathália Vasconcelos .

G963a      Avaliação ergonômica da atividade de carvoejamento em sistemas fornos-formalha  
2020      [manuscrito] / Nathália Vasconcelos Guimarães. Montes Claros, 2020.  
42 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Ciências Florestais.  
Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador: Edy Eime Pereira Baraúna

Banca examinadora: Stanley Schettino, Pedro Guilherme Lemes Alves, Denise  
Ransolin Soranso .

Inclui referências: f. 22-25; 39-41.

1. Trabalhadores florestais -- Teses. 2. Ergonomia -- Teses. 3. Saúde e trabalho--  
Teses. 4. Acidente de trabalho -- Teses. I. Baraúna, Edy Eime Pereira. II. Universidade  
Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 630:613.65

ELABORADA PELA BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA DO ICA/UFMG  
Nádia Cristina Oliveira Pires / CRB-6/2781



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

#### ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO / TESE

Às 09:00 horas do dia doze de dezembro de 2022, no Auditório do Bloco C do Instituto de Ciências Agrárias, realizou-se a sessão pública para a defesa da Dissertação de Nathalia Vasconcelos Guimarães. A presidência da sessão coube ao Prof. Dr. Edy Eime Pereira Baraúna [orientador]. Inicialmente, o presidente fez a apresentação da Comissão Examinadora assim constituída: Profa. Dra. Denise Ransolin Soranzo [examinador externo, UNIFEI], Prof. Dr. Stanley Schettino [examinador interno, coordenador, ICA/UFMG] e Prof. Dr. Pedro Guilherme Lemes Alves [examinador interno, ICA/UFMG]. Em seguida, a candidata fez a apresentação do trabalho que constitui sua Dissertação de Mestrado, intitulada: "Avaliação ergonômica da atividade de carvoejamento em sistema fornos-fornalha". Seguiu-se a arguição pelos examinadores e logo após, a Comissão reuniu-se, sem a presença da candidata e do público e decidiu considerar APROVADA a Dissertação de Mestrado. O resultado final foi comunicado publicamente a candidata pelo presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o presidente encerrou a sessão e lavrou a presente ata que, depois de lida, se aprovada, será assinada pela Comissão Examinadora.

OBS : A aluna somente receberá o título após cumprir as exigências do Artigo 74 do Regulamento do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, conforme apresentado a seguir:

Art. 74 – Para dar andamento ao processo de efetivação do grau obtido, o candidato deverá, após a aprovação de sua Dissertação e da realização das modificações propostas pela banca examinadora, se houver, encaminhar à secretaria do colegiado do Curso, com a anuência do orientador, no mínimo 3 (três) exemplares impressos e 1 (um) exemplar eletrônico da dissertação, no prazo de 60 (sessenta) dias.

Montes Claros, 12 de dezembro de 2022.

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por Stanley Schettino, Professor do Magistério Superior, em 12/12/2022, às 13:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Pedro Guilherme Lemes Alves, Membro, em 12/12/2022, às 13:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

[https://sei.ufmg.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=2103107&infra\\_sistema...](https://sei.ufmg.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=2103107&infra_sistema...) 1/2



Documento assinado eletronicamente por Edy Eime Pereira Baraúna, Presidente de comitê, em 12/12/2022, às 13:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Denise Ransolin Soranzo, Usuário Externo, em 12/12/2022, às 18:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_consultar&id\\_sistema\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_consultar&id_sistema_acesso_externo=0), informando o código verificador 1954260 e o código CRC 25A3347A.

# **AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DA ATIVIDADE DE CARVOEJAMENTO EM SISTEMA FORNOS – FORNALHA**

## **RESUMO**

Os trabalhadores da produção de carvão normalmente estão expostos a situações que apresentam elevados dispêndio energético, manuseio e levantamento de cargas, posturas inadequadas, repetitividade e índices de acidentes de trabalho, além da possibilidade do desenvolvimento de distúrbios osteomusculares, tudo isso, ainda, aliado a condições ambientais adversas. Diante disso, esse estudo apresentou como objetivo avaliar a forma como as relações de trabalho na produção de carvão vegetal afetam a integridade física e a saúde dos trabalhadores, através da aplicação de ferramentas da ergonomia, ciência que tem por objetivo de estudar a capacidade de trabalho do trabalhador, e as relações de adaptação entre o trabalhador e seu ambiente de trabalho. Foi realizada uma avaliação ergonômica das atividades de produção de carvão vegetal em sistema fornos-fornalha, de forma a determinar de maneira qualitativa e quantitativa, os riscos aos quais os trabalhadores envolvidos nesse processo estão expostos durante a sua jornada de trabalho. Foi avaliada em cada atividade desenvolvida: o fator ambiental calor, a carga física de trabalho, o fator biomecânico e o risco de desenvolvimento de LER/DORT (Lesão por Esforço Repetitivo/Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho). Os resultados apontaram que a carga física de trabalho variou de moderada a pesada entre as diferentes fases da atividade, com elevado risco desenvolvimento de LER/DORT. A avaliação biomecânica indicou risco de lesão à coluna vertebral dos trabalhadores quando na fase de enchimento dos fornos, bem como, para todas as atividades, risco de lesão nos membros inferiores destacando-se os joelhos e tornozelos. Os valores de Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG) encontrados evidenciam a sobrecarga térmica para os trabalhadores da atividade, a qual extrapola os limites legais, não sendo permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle. Conclui-se que a atividade de carvoejamento em sistema fornos-fornalha apresenta elevado risco ergonômico para os trabalhadores durante a execução das etapas do processo, o que, aliado a condição de exposição ao calor excessivo, proporciona elevados e iminentes riscos de desenvolvimento de lesões e doenças osteomusculares relacionadas ao trabalho.

**Palavras-chave:** Trabalho florestal. Ergonomia. Saúde do trabalhador. Riscos ocupacionais.

# **ERGONOMIC EVALUATION OF THE CHARCOAL PRODUCTION ACTIVITY IN FURNACE - FURNACE SYSTEM**

## **ABSTRACT**

Workers in charcoal production are usually exposed to situations that involve high energy expenditure, handling and lifting loads, inadequate postures, repetitiveness and occupational accident rates, in addition to the possibility of developing musculoskeletal disorders, all this, still, combined with to adverse environmental conditions. Therefore, this study aimed to evaluate how work relationships in the production of charcoal affect the physical integrity and health of workers, through the application of ergonomic tools, a science that aims to study the work capacity. of the worker, and the adaptive relationships between the worker and his work environment. An ergonomic evaluation of the charcoal production activities in a kiln-furnace system was carried out, in order to qualitatively and quantitatively determine the risks to which workers involved in this process are exposed during their workday. It was evaluated in each activity developed: the environmental factor heat, the physical workload, the biomechanical factor and the risk of developing RSI/WRMD (Repetitive Strain Injury/Work-Related Musculoskeletal Disorders). The results showed that the physical workload varied from moderate to heavy between the different phases of the activity, with a high risk of developing RSI/WRMD. The biomechanical evaluation indicated risk of injury to the workers' spine when filling the ovens, as well as, for all activities, risk of injury to the lower limbs, especially the knees and ankles. The values of the Globe Thermometer Wet Bulb Index (WGBT) found show the thermal overload for the workers of the activity, which goes beyond the legal limits, not being allowed to work without the adoption of adequate control measures. It is concluded that the activity of charcoaling in a kiln -furnace system presents a high ergonomic risk for workers during the execution of the steps of the process, which, combined with the condition of exposure to excessive heat, provides high and imminent risks of developing injuries and work-related musculoskeletal disorders.

**Keywords:** Forestry work. Ergonomics. Worker's health. Occupational hazards.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sistema fornos-fornalha para produção de carvão vegetal	28
Figura 2 – Valores médios de IBUTG em função da hora do dia para as atividades de enchimento (Fases A, B e C) e esvaziamento (Fases D, E e F) de fornos de carvão no sistema fornos-fornalha	37
Quadro 1 – Descrição das atividades de carvoejamento no sistema fornos-fornalha	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da carga de trabalho físico baseada no dispêndio energético do trabalhador (kcal/min), calculado a partir do consumo máximo de oxigênio (VO <sub>2</sub> max)	30
Tabela 2 – Classificação do risco de LER/DORT de membros superiores	31
Tabela 3 – Resultados da avaliação da carga física de trabalho para trabalhadores florestais no desenvolvimento das atividades de carvoejamento em sistema fornos-fornalha	32
Tabela 4 – Resultado da avaliação biomecânica para as atividades de carvoejamento em sistema fornos-fornalha	33
Tabela 5 – Resultados da avaliação do risco de LER/DORT nas atividades de carvoejamento no sistema fornos-fornalha	36



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3DSSPPTM	– Modelo Biomecânico Tridimensional de Predição de Posturas e Forças Estáticas
ABERGO	– Associação Brasileira de Ergonomia
GEEs	– Gases de Efeito Estufa
IBÁ	– Indústria Brasileira de Árvores
IBUTG	– Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo
IEA	– Associação Internacional de Ergonomia
INMET	– Instituto Nacional de Meteorologia
INSS	– Instituto Nacional de Seguridade Social
LER/DORT	– Lesões por Esforços Repetitivos/Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho
NR	– Norma Regulamentadora
PIB	– Produto Interno Bruto

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
2.1	Objetivos Gerais .....	12
2.2	Objetivos Específicos.....	12
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
3.1	O Setor florestal brasileiro e a produção de carvão vegetal.....	13
3.2	Relações de trabalho na produção de carvão.....	14
3.3	Fatores ergonômicos .....	17
3.3.1	Aspectos gerais da ergonomia .....	17
3.3.2	Perfil e condições de trabalho.....	18
3.3.3	Carga física de trabalho.....	19
3.3.4	Biomecânica ocupacional.....	19
3.3.5	LER/DORT .....	20
3.3.6	Fatores ambientais .....	21
3.4	Referências .....	21
<b>4</b>	<b>ARTIGO .....</b>	<b>25</b>
4.1	Artigo – Avaliação ergonômica da atividade de carvoejamento em sistema fornos-fornalha .....	25
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES / CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma área de floresta plantada de aproximadamente 9,55 milhões de hectares, sendo este responsável por 91% de toda a madeira utilizada na indústria do país. Este setor representa 10,2% do PIB (Produto Interno Bruto), o que fortalece cada vez mais a chamada economia verde no Brasil. Dentre os diversos produtos de base florestal, o carvão vegetal nacional posiciona o Brasil como principal produtor mundial. O insumo, originado de árvores cultivadas, substitui aqueles de origem fóssil, diminuindo a emissão de gases de efeito estufa (GEEs) na siderurgia, por exemplo (IBÁ, 2021).

O setor de árvores cultivadas tem participação em 94% da produção de carvão vegetal e o consumo desse produto de fonte renovável foi da ordem de 4,19 milhões de toneladas em 2020 (IBÁ, 2021), sendo que a produção se concentra em maior escala no estado de Minas Gerais, tendo as indústrias siderúrgicas os maiores consumidores desse produto (FARIA, 2003).

Outro fator que merece destaque sobre o processo de produção de carvão é a grande quantidade de trabalhadores envolvidos no processo os quais, em sua maioria, possuem baixos níveis de escolaridade. Tal situação impede a percepção dos riscos ocupacionais a que este grupo de trabalhadores está exposto, resultando em um elevado número de acidentes de trabalho, bem como do desenvolvimento de lesões por esforços repetitivos/distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (LER/DORT). Além disso, a atividade pode ser caracterizada como ergonomicamente inadequada, insalubre e arriscada, o que acaba afetando diretamente a qualidade de vida desses trabalhadores, e conseqüentemente ocorre a redução da produtividade no setor (FARIA, 2003).

Esse conjunto de fatores, isolada ou conjuntamente, acaba gerando uma grande preocupação com a saúde, a segurança e o bem-estar desse grupo de trabalhadores, visto que as operações envolvidas no processo de carbonização ocorrem normalmente em ambientes com altas temperaturas e presença de gases e poeira. Ainda, apresentam características comuns ao trabalho florestal, tais como: as atividades desenvolvidas a céu aberto e sujeitas a intempéries climáticas, exigência de grande esforço físico, elevado dispêndio energético e falta de organização do trabalho.

O setor florestal brasileiro vem ao longo dos anos sendo um dos mais problemáticos nos aspectos de segurança do trabalho. No caso do carvoejamento, as atividades em boa parte das vezes são pesadas, perigosas e não dependem de altos níveis de atenção e treinamento. Neste aspecto, a ergonomia, importante área da segurança do trabalho, como uma ciência multidisciplinar que visa a melhoria da saúde, do bem-estar, do conforto, da saúde e da

segurança do trabalhador, tem trazido uma colaboração enorme aos sistemas de produção (FIEDLER *et al.*, 2007).

A ergonomia tem como objetivos proporcionar saúde, bem-estar, conforto e segurança ao trabalhador. Inicialmente, o conceito era utilizado para descrever o estudo das relações entre o trabalhador e o ambiente de trabalho. Entretanto, com a evolução dos sistemas de produção, a ergonomia passou a observar e buscar entender a complexidade que existe nessa relação (WACHOWICZ, 2012; SOUZA *et al.*, 2013).

Pode-se dizer também que a ergonomia é o conhecimento das capacidades e dos limites de produção dos trabalhadores, bem como a recíproca adaptação entre o ser humano e o seu local de trabalho, levando-o a um melhor preparo, treinamento e uma especialização, adequando os métodos, técnicas e sistemas de trabalho, bem como as condições do local às características psicofisiológicas dos trabalhadores (SILVA *et al.*, 2009).

Desta forma, as empresas florestais têm buscado assumir posturas socialmente responsáveis, destacando-se a crescente preocupação e cuidado com a saúde e segurança de seus trabalhadores, bem como a sua responsabilidade social e ética perante as comunidades onde estão inseridas. Não raras vezes a atividade de carvoejamento tem sido associada com condições desumanas de trabalho. Esta realidade deve ser modificada e no seu lugar surgir, com o emprego de novas tecnologias e modernas relações de trabalho, uma indústria limpa e realmente sustentável e renovável, geradora de empregos dignos e de divisas num país de vocação florestal.

Nesse aspecto, a avaliação ergonômica da atividade de carvoejamento, com a consequente implementação das adequações necessárias, pode ser uma alternativa para humanizar as relações de trabalho, aumentar a rentabilidade do processo produtivo, melhorar a eficiência da utilização de matéria-prima proveniente de reflorestamentos e, conseqüentemente, atingir a excelência da sustentabilidade, ou seja, economicamente viável, ecologicamente correta e socialmente justa.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos Gerais**

Identificar e avaliar os riscos ocupacionais aos trabalhadores da produção de carvão vegetal em sistema fornos-fornalha.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar a forma como as atividades necessárias para a produção de carvão vegetal em sistema fornos-fornalha afetam a integridade física e a saúde dos trabalhadores;
- Realizar a avaliação ergonômica da atividade de produção de carvão vegetal em sistemas fornos-fornalha.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 O Setor florestal brasileiro e a produção de carvão vegetal

O Brasil possui uma área de reflorestamento de aproximadamente 9,55 milhões de hectares, sendo este responsável por 91% de toda a madeira utilizada na indústria do país. Este setor representa 10,2% do PIB (Produto Interno Bruto), o que fortalece cada vez mais a chamada economia verde no Brasil (IBÁ, 2021).

O setor de florestas plantadas oferece uma grande variedade de produtos, distribuídos nos segmentos de madeira serrada, papel e celulose, pisos e painéis de madeira e carvão vegetal. (IBÁ, 2019)

O carvão vegetal é um dos principais produtos florestais utilizado como fonte de energia. O Brasil possui grande protagonismo nesse setor sendo o maior produtor de carvão vegetal do mundo. A produção se concentra em maior escala no estado de Minas Gerais, sendo a mesma destinada predominantemente ao consumo das indústrias siderúrgicas e metalúrgicas, e em menor parte ao consumo residencial urbano e rural e comercial (FARIA, 2003).

Assim sendo, o carvão vegetal representa uma importante posição na economia brasileira, somente em 2018 foram produzidos 5,7 milhões de toneladas deste insumo e consumidos pelo setor siderúrgico e metalúrgico o correspondente à 83% da produção, totalizando 4,74 milhões de toneladas utilizados pela indústria (EPE, 2019).

O carvão vegetal é um combustível fabricado pelo homem desde a mais remota antiguidade (UNB, 2007). Este produto é resultante da queima (reação de material combustível na presença de ar (nitrogênio e oxigênio) ou carbonização/pirólise (degradação do material devido ao aquecimento na ausência de oxigênio) da lenha. No Brasil, a maior parte da produção é oriunda das florestas plantadas e a outra parte de florestas nativas. Nesse contexto, cerca de 40 % dessa lenha é transformada em carvão vegetal (BARROS, 2019).

A carbonização de lenha é praticada de forma tradicional em fornos de alvenaria com ciclos de aquecimento e resfriamento que duram até vários dias. Os fornos retangulares equipados com sistemas de condensação de vapores e recuperadores de alcatrão são os mais avançados em uso atualmente no país. Os fornos cilíndricos com pequena capacidade de produção, sem mecanização e sem sistemas de recuperação de alcatrão continuam sendo os mais usados nas carvoarias (FERREIRA, 2007).

Outro ponto importante a se considerar são as emissões dos gases que são liberados durante o processo de carbonização/pirólise da biomassa não são controlados (CARVALHO *et*

*al.*, 2012). Esse fator acaba gerando condições insalubres de trabalho, além de poluir o meio ambiente, tornando a atividade alvo das autoridades de fiscalização ambiental e trabalhista (SANTOS; FELIX, 2016).

Portanto, a siderurgia brasileira impulsiona a produção de carvão vegetal por ser uma grande demandante, ao utilizá-lo como fonte de energia e agente redutor de minério de ferro em substituição ao coque de carvão mineral, principalmente na produção de ferro-gusa por empresas independentes denominadas guseiras, que só produzem este tipo de produto siderúrgico (MANZONI; BARROS, 2021).

### **3.2 Relações de trabalho na produção de carvão**

O processo de produção do carvão vegetal é uma atividade de grande importância econômica no país, envolvendo grande massa de trabalhadores, direta ou indiretamente (PIMENTA *et al.*, 2006). Na cadeia produtiva do aço, estão presentes condições de trabalho muito distintas: de um lado, as siderúrgicas certificadas segundo as normas internacionais; de outro, a precariedade das carvoarias artesanais, com utilização intensiva e predatória dos recursos florestais, exploração do trabalho em condições subumanas, incluindo crianças e adolescentes, empregando tecnologia rudimentar (DIAS *et al.*, 2002).

A maneira pela qual os carvoeiros organizam o trabalho é variável: individual e solitário, ou em duplas. As principais funções no processo são as de forneiro-carvoeiro e de carbonizador-barrelador. No sistema de produção familiar, as crianças desde muito cedo, aos quatro, cinco anos, quando começam a andar com mais desenvoltura, acompanham os pais, especialmente as mães, às carvoarias e "brincam" de ajudar a encher o forno. Em torno de seis a sete anos, algumas delas já conhecem todo o processo, e aos 12, 13 anos assumem todas as tarefas, sem distinção de sexo. As mulheres são, geralmente, poupadas de algumas tarefas como o esvaziamento do forno; porém, observaram-se adolescentes do sexo feminino e mulheres jovens desempenhando todas as funções, além de acumularem as responsabilidades pelas tarefas domésticas, caracterizando uma dupla jornada de trabalho. Nas carvoarias volantes, os trabalhadores moram ou ficam alojados próximos aos fornos, em instalações improvisadas, cobertas por lonas, dormem em catres e não dispõem de condições mínimas de higiene e saneamento básico. É comum uma família e alguns agregados dividirem o trabalho e a moradia (DIAS *et al.*, 2002).

De modo geral, o processo de produção de carvão se inicia com o corte da madeira da mata nativa ou de florestas homogêneas de eucalipto, utilizando ferramentas manuais como foice e

machado, ou mecânicas como a motosserra, dependendo dos recursos do empregador ou contratador do trabalho. Cortada a lenha, ela é enleirada, ou seja, os galhos são retirados deixando os troncos roliços e dispostos para secar e, assim, diminuir o seu peso. Após um intervalo de 15 a 30 dias, a lenha é empaçada, formando feixes e transportada até próximo ao forno, com o auxílio de animais de tração ou de um trator, dependendo do porte da carvoaria, e aí armazenada em pilhas (DIAS *et al.*, 2002).

Ainda, de acordo com os autores, para o abastecimento do forno, o trabalhador executa as seguintes atividades: (a) preparo do forno; (b) transporte manual da madeira estocada na área externa até a porta do forno; (c) transporte manual da madeira da porta do forno até o interior do mesmo; (d) enchimento do forno, organizando cuidadosamente as madeiras e; (e) fechamento do forno. No preparo do forno, o trabalhador limpa o interior do mesmo, retirando completamente o carvão produzido no processo anterior, utilizando garfo, pá, enxada, rastelo e rodo. A seguir, ele dispõe folhas secas pelo chão, preparando uma espécie de “tapete”, para diminuir as perdas de calor para o solo. Continuando, as peças de madeira que estão estocadas na parte externa do forno são transportadas manualmente e deixadas perto da abertura ou “boca” do forno. Uma vez preenchida a abertura do forno, recomeça o transporte manual da madeira para o interior do mesmo. Dessa forma, o trabalhador transporta a mesma peça de madeira duas vezes. A produtividade do forno depende do processo de enchimento. Se a carga é mal feita, a produção será menor do que a capacidade do forno, acarretando prejuízo (DIAS *et al.*, 2002).

A queima ou combustão da madeira dura geralmente três dias. Durante o cozimento da madeira, o carbonizador supervisiona o processo, no mínimo de hora em hora. Através da liberação e oclusão dos orifícios do forno, denominados “tatus” e “baianas”, controla a entrada de oxigênio e dessa forma, a intensidade da combustão. Segundo os trabalhadores, esta operação é importante para garantir a qualidade do carvão. Para isso, consideram índices e parâmetros construídos na prática, como a cor e o volume de fumaça que sai pelos orifícios do forno. A fumaça de cor azul indica a conclusão do processo de cozimento da madeira. O principal cuidado do carbonizador é impedir que o forno “embale”, produzindo um superaquecimento capaz de provocar a ruptura da cinta que sustenta a abóbada do forno, fazendo desmoronar toda a estrutura, com perda do produto ou carga (DIAS *et al.*, 2002).

Após isso, segundo os autores, após o reconhecimento do “bom momento” e interrompida a combustão, o forno é deixado para esfriar, sendo então aberto e esvaziado. Os procedimentos adotados pelo trabalhador para a retirada do carvão são os seguintes: (a) quebra da parede do forno, no mesmo local onde foi fechado, para abri-lo; (b) transferência do carvão da parte interna para a “grade” colocada na porta do forno; (c) transporte da “grade” contendo o carvão, da porta



do forno para a área externa, e derramamento deste no solo. Dependendo do ponto de “cozimento” do carvão, os trabalhadores lançam água sobre ele, para acelerar o processo de esfriamento e impedir a perda do produto. A tarefa é feita manualmente. A etapa de resfriamento do carvão exige um controle atento porque este pode entrar em combustão espontânea, causando a perda do produto. Finalmente, o carvão resfriado é ensacado e/ou colocado no caminhão para ser transportado e comercializado.

Em geral, as carvoarias possuem uma organização simples, que gira em torno das baterias de fornos, sempre próximos de um córrego para a captação de água. Compõem o complexo de uma carvoaria, além dos fornos, os alojamentos ou as casas dos trabalhadores, a casa do empreiteiro, o gerador de energia e o local para refeição. Em determinadas situações, essas instalações localizam-se afastadas dos fornos. Porém, essa organização não se dá em todas as unidades produtivas, sendo característica nas carvoarias de maior porte, apresentando variações nas demais. Há casos, em carvoarias de médio e de pequeno porte, às vezes mesmo nas de grande porte, em que os fornos localizam-se perto das moradias dos trabalhadores, que comumente são barracos feitos de lona de matéria plástica, de cor preta, com retalhos de madeira cortada para a produção de carvão e cobertos com telhas de amianto. Não há espaço apropriado para a alimentação e, na grande maioria das vezes, o próprio empreiteiro não mora no local, residindo na cidade, transitando entre a carvoaria e o município onde mora (AGÊNCIA TERRA, 1996; GUERRA, 1995; GIRÃO, 2003).

Diante disso, torna-se necessário o entendimento de que as relações entre as diferentes instâncias que compõem a estrutura da produção de carvão vegetal e de comercialização do carvão vegetal são permeadas por vários sujeitos e espaços que caracterizam a atividade carvoeira e seu conjunto de relações, dando certa especificidade a essa organização (GIRÃO, 2003). Entre os desafios está o de se conseguir melhorar as condições de trabalho, pela mecanização das fases mais agressivas, protegendo, contudo, o emprego e os trabalhadores (ZUCHI, 2001 citado por DIAS *et al.*, 2002). Quanto às crianças e adolescentes, para além da atuação de fiscalização e punição das transgressões da lei, são necessários programas específicos como o da “bolsa-escola” e outros similares, capazes de permitir às famílias que vivem em situação de carência extrema “liberar” seus filhos para o estudo, dando-lhes outra perspectiva de vida, de acordo com Minayo-Gomez e Meirelles (1997).

### 3.3 Fatores ergonômicos

#### 3.3.1 Aspectos gerais da ergonomia

O setor florestal brasileiro vem ao longo dos anos sendo um dos mais problemáticos nos aspectos de segurança do trabalho. As atividades em boa parte das vezes são pesadas, perigosas e dependem de altos níveis de atenção e treinamento. Neste aspecto, a ergonomia, importante área da segurança do trabalho, como uma ciência multidisciplinar que visa a melhoria da saúde, do bem-estar, do conforto, da saúde e da segurança do trabalhador, tem trazido uma colaboração enorme aos sistemas de produção (FIEDLER *et al.*, 2007).

A ergonomia tem como objetivos proporcionar saúde, bem-estar, conforto e segurança ao trabalhador. Inicialmente, o conceito era utilizado para descrever o estudo das relações entre o trabalhador e o ambiente de trabalho. Entretanto, com a evolução dos sistemas de produção, a ergonomia passou a observar e buscar entender a complexidade que existe nessa relação (WACHOWICZ, 2012; SOUZA *et al.*, 2013).

Pode-se dizer também que a ergonomia é o conhecimento das capacidades e dos limites de produção dos trabalhadores, bem como a recíproca adaptação entre o ser humano e o seu local de trabalho, levando-o a um melhor preparo, treinamento e uma especialização, adequando-o a métodos, técnicas e sistemas de trabalho, bem como às condições do local (SILVA *et al.*, 2009).

A Associação Internacional de Ergonomia – IEA e a Associação Brasileira de Ergonomia – ABERGO, dividem a ergonomia em três domínios de especialização: física, organizacional e cognitiva. A Ergonomia física, ocupa-se das características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica, tendo como tópicos relevantes a postura no trabalho, projeto de postos de trabalho, segurança e saúde do trabalhador com o objetivo de adequar as exigências do trabalho aos limites e capacidade do corpo humano. A Ergonomia cognitiva, está relacionada com as interações entre pessoas, ambientes e outros elementos do sistema de trabalho. Seus principais tópicos são: carga mental, percepção de sinais, memória, estresse, treinamento. Por fim, a Ergonomia Organizacional visa otimizar os sistemas sociotécnicos, as condições estruturantes da gestão organizacional, suas relações e impactos nas vidas das pessoas (IIDA, 2018)

Portanto, a Ergonomia é uma importante ferramenta na busca de melhores condições de trabalho na atividade de carvão. Estas atividades apresentam uma série de problemas ergonômicos, que se não forem corrigidos ou prevenidos poderão acarretar danos à saúde, bem como afetar a satisfação e o bem-estar dos trabalhadores. Os principais problemas são: elevada

carga de trabalho físico, elevado ruído, exposição a gases e poeira, alta exigência de forças, posturas forçadas, falta de pausas e repetitividade dos movimentos (SCHETTINO *et al.*, 2014).

### 3.3.2 Perfil e condições de trabalho

O trabalho florestal é predominante dominado por mão de obra masculina. O perfil dos trabalhadores na área de trabalho é realizado onde existe a possibilidade de analisar fatores como: tempo de serviço, função exercida, estado civil, idade, nível de escolaridade, origem e os demais fatores são caracterizados por Fiedler *et al.* (2001) como sendo o estudo dos fatores humanos. O conhecimento desses fatores possui grande relevância na descrição da interação entre indivíduos com: equipamentos, instalações e sistemas de gestão. O resultado dessas interações é também utilizado para descrever como ocorre a influência do ambiente de trabalho e cultura sob as mesmas. Esse conhecimento possui extrema importância, pois além de ser fundamental para que as organizações atinjam o objetivo almejado mantendo com isso a saúde do negócio, o mesmo também é responsável por minimizar danos à saúde do trabalhador.

As variáveis utilizadas para a caracterização do perfil dos trabalhadores de acordo com Minette (1996) são: idade, peso, altura, perímetro braquial médio, índice de massa corporal, cor, tempo de trabalho na empresa, salário, estado civil, escolaridade, origem, turno de trabalho. Para Silva (2007), caracterizar o perfil dos trabalhadores é de suma importância para ergonomia, uma vez que a mesma, possui como fundamento a transformação das condições de trabalho, com o objetivo da promoção de saúde, segurança, conforto, eficácia e qualidade de vida no trabalho.

As condições de trabalho são fatores que influenciam diretamente a produtividade dos trabalhadores e a manutenção do sistema ser humano/máquina em funcionamento (LOPES *et al.*, 2011). Para Iida (2005) a caracterização das condições de trabalho, suas consequências e satisfação do trabalhador, por parte do empregador, foi um fator relevante para serem estabelecidos critérios de contratação/aquisição de mão de obra e equipamentos, podendo acarretar uma redução de riscos eminentes durante o a jornada de trabalho.

Portanto, fatores como determinação e análise das fontes de insatisfação dos trabalhadores devem ser levadas em consideração segundo Ferreira (2006), como uma tática, que possui o objetivo de tornar as atividades agradáveis e conseqüentemente mais produtivas. Diante disso, considerar todas as variáveis envolvidas na caracterização do perfil do trabalhador é um importante mecanismo para que sejam definidas atividades onde o mesmo se adapte com maior facilidade, buscando com isso seu bem-estar durante o exercício do trabalho.

### **3.3.3 Carga física de trabalho**

A avaliação física do trabalho é descrita como um problema gerado pela fisiologia do trabalho, se tornando uma dificuldade encontrada por trabalhadores no mundo inteiro, onde também se incluem aqueles que trabalham em setores mais modernos, onde teoricamente são exigidos pouco esforço físico do trabalhador. Estudos ergonômicas medem os índices fisiológicos para determinar o limite da atividade física que o ser humano consegue executar, podendo também determinar a duração da jornada e frequência de pausas necessárias (ALVES, 2001).

Diante do exposto, pode se dizer que o trabalho em condições de: acessibilidade e mobilidade restritas, exposição a intempéries, condições ambientais adversas, níveis de ruídos elevados, entre outros, são condições que influenciam diretamente na relação trabalhador/trabalho, de maneira que a mesma pode interagir criando riscos para a saúde do trabalhador.

Outro ponto importante a ser destacado é a quantidade de tarefas e o tempo de execução das mesmas, pois, essas variáveis devem ser avaliadas de forma a evitar excessos na carga de trabalho. Para isso, indicadores como a fadiga e desconforto dos trabalhadores, funcionam como ferramentas que auxiliam na detecção desse tipo de situação.

Por fim, os efeitos da fadiga são decorrentes de um dispêndio energético acima daquele tolerado pelo ser humano, sendo esses efeitos variados. Com o aumento da fadiga, pode ocorrer a desaceleração no ritmo de trabalho, na atenção e no raciocínio, reduzindo com isso a produtividade, e aumentando a possibilidade de erros, podendo com isso acarretar acidentes (MINETTE, 1996).

### **3.3.4 Biomecânica ocupacional**

A biomecânica ocupacional é descrita por Iida (2005) como o estudo das interações entre o trabalho e o homem sob o ponto de vista dos movimentos musculoesqueléticos envolvidos e suas consequências. Diante desse fato, pode-se dizer que para o exercício do trabalho nas atividades de produção de carvão vegetal, os trabalhadores adotam diversas posturas para se adequarem a tarefa exigida, e essas ações muitas vezes podem ser potencialmente lesivos ao trabalhador. Para Razza (2009) o estudo das limitações biomecânicas do ser humano, principalmente quanto aos limites de força e resistência, é muito amplo e complexo, porém a compreensão do funcionamento biomecânico faz-se importante.

Assim sendo, posturas inadequadas e tarefas pesadas executadas repetidamente, são agentes causadores de parte de problemas de saúde nos trabalhadores do setor de carvoejamento como: lombalgias, tendinites, entre outras. Desse modo, a redução dessas lesões ocasionadas por essas posturas inadequadas e por execução de tarefas pesadas, são aplicadas as análises biomecânicas, como forma de buscar uma maior eficácia, sem que ocorra perda energética.

### **3.3.5 LER/DORT**

No Brasil, a síndrome de origem ocupacional, composta de afecções que atingem os membros superiores, região escapular e pescoço, foi reconhecida pelo Ministério da Previdência Social como Lesões por Esforços Repetitivos (LER), por meio da Norma Técnica de Avaliação de Incapacidade (INSS, 1991). Em 1997, com a revisão dessa norma, foi introduzida a expressão Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT).

A instrução normativa do Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS) usa a expressão LER/DORT para estabelecer o conceito da síndrome e declara que elas não são fruto exclusivo de movimentos repetitivos, mas podem ocorrer pela permanência de segmentos do corpo em determinadas posições, por tempo prolongado. A necessidade de concentração e atenção do trabalhador para realizar suas atividades e a pressão imposta pela organização do trabalho são fatores que interferem significativamente para a ocorrência da síndrome (MPS, 2003).

Perante ao exposto, estudos a respeito de temas como a organização e fatores psicossociais tem ganhado maior veemência, segundo Silva *et al.* (2013). Esse fato pode ser atribuído ao uso das novas tecnologias e sistemas de produção mais avançados, sendo estes muitas vezes, responsáveis por transtornos à saúde do trabalhador, resultando nas LER / DORT.

Fatores de riscos para o surgimento das LER/DORT, geralmente interagem entre si, e conseqüentemente, os estudos devem integrar: aspectos físicos, aspectos organizacionais e psicossociais ligados ao trabalho. Posto isto, o trabalhador torna-se mais suscetível ao comprometimento da sua capacidade física e psíquica, devido ao impacto negativo à saúde que podem ocorrer durante o desenvolvimento suas atividades.

Desta forma, a ergonomia desempenha importante função, quanto as relações entre trabalhadores, máquinas e condições de trabalho, visando minimizar as doenças relacionadas ao trabalho, reduzindo com isso, o aparecimento das LER/DORT (FERREIRA, 2006). Fatores como posturas inadequadas, excesso de carga de trabalho, fatores ambientais, desrespeito aos fatores ergonômicos e antropométricos podem influenciar diretamente no aparecimento de problemas segundo Hayashi e Faria (2009).

### 3.3.6 Fatores ambientais

A ergonomia considera o meio físico onde é desenvolvido o trabalho como um importante variável, dado que o excesso dos limites dessas variáveis pode causar alteração do bem-estar físico e/ou psicológico ou até mesmo desenvolvimento de doenças. As condições ambientais possuem variantes que influenciam diretamente o cotidiano do trabalhador, dentre elas podem ser citados: conforto, segurança, produtividade do operador, clima do local, ruído e vibrações.

Conforme dito por Iida (1990), os ruídos, calor e vibrações são fatores que causam desconforto, e estresse durante a jornada de trabalho, resultando com isso, no aumento da probabilidade de acidentes, e causando danos consideráveis a saúde do trabalhador. Segundo Minette (1996), o organismo humano funciona como uma máquina exotérmica que produz calor, mesmo em estado de repouso total.

Pode-se dizer que vibração é qualquer movimento que o corpo executa em torno de um ponto fixo sendo definida pela frequência, intensidade do deslocamento e a direção do movimento, ainda as frequências mais prejudiciais são as mais baixas, variando de 1 a 80Hz (IIDA, 1990).

O calor se enquadra como um conjunto de situações térmicas ao qual o trabalhador é submetido, conjugado às diversas atividades físicas por ele desenvolvidas, em uma sequência definida (NHO 06).

Já o ruído é definido, como um som indesejado, tendo uma complexidade de vibrações, medidas em uma escala logarítmica, em uma unidade denominada decibel (dB) (IIDA, 1990). A legislação brasileira que regulamenta as atividades e operações insalubres determina que qualquer pessoa pode ser submetida a um nível máximo de ruído igual a 85 decibéis, para uma carga horária de oito horas diárias de trabalho. Esse tempo de exposição deve ser reduzido pela metade para cada aumento de 5 decibéis acima do limite (FUNDACENTRO, 2001).

## 3.4 Referências

AGÊNCIA TERRA. **A produção de carvão vegetal no Mato Grosso do Sul**: Um Estudo de sua Dinâmica Sócio-Econômica e Ambiental. Belo Horizonte: Agência Terra/Fundo das Nações Unidas para a Infância, 1996.

ALVES, J. U. **Análise ergonômica das atividades de propagação vegetativa de Eucalyptus spp. em viveiros**. 2001. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

CARVALHO, R. B. Retrato em Branco e Preto. **Rev. Ciência Hoje**, Belo Horizonte, p. 50-52, nov. 2002.

SANTOS, J. C. P.; FELIX, V. N. do. **Acidente de trabalho no meio rural: análise dos acidentados do estado de Pernambuco**. 2016, Brasil. Disponível em: <https://cointer-pdvagro.com.br/wpcontent/uploads/2016/08/ACIDENTE-DE-TRABALHO-NO-MEIO-RURALAN%C3%81LISE-DOS-ACIDENTADOS-DO-ESTADO-DEPERNAMBUCOBRASIL.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2023.

DIAS, E. C.; ASSUNÇÃO, A. A.; GUERRA, C. B.; PRAIS, H. A. C. Processo de trabalho e saúde dos trabalhadores na produção artesanal de carvão vegetal em Minas Gerais, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 269-277, jan./fev. 2002.

MANZONI, L. P.; BARROS, T. D. **Carvão Vegetal**. Brasília: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/socioeconomia/florestas/carvao-vegetal>. Acesso em: 2 mar. 2023.

FARIA, M. M. de. **Análise técnica e ergonômica da produção de carvão vegetal de uma bateria de fornos de superfície tipo rabo-quente**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

FERREIRA, P. C. **Avaliação ergonômica de algumas operações florestais no município de Santa Bárbara-MG**. 2006. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Sustentabilidade) – Centro Universitário de Caratinga (UNEC), Caratinga, 2006.

FIEDLER, N. C.; VENTUROLI, F.; MINETTE, L. J.; VALE, A. T. Diagnóstico de fatores humanos e condições de trabalho em marcenarias no Distrito Federal. **Floresta**, v. 31, n. 12, 2001.

FIEDLER, N. C.; SOUZA, A. P.; MINETTE, L. J. Segurança e ergonomia no trabalho florestal. In: SEMANA ACADÊMICA DE ESTUDOS FLORESTAIS. Irati, PR, 2007. **Anais [...]**. Iraci: [s. n.], 2007. p. 137-153.

FERREIRA, O. C. **Emissões de gases de efeito estufa na produção e no uso do carvão vegetal**. [ S. l.]: Ecen, 2007. Disponível em: <http://ecen.com/eee20/emiscarv.htm>&gt;. Acesso em: 28 ago. 2022.

FUNDACENTRO – FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO, DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. **Norma de higiene ocupacional NHO 01: avaliação da exposição ocupacional ao ruído**. São Paulo: FUNDACENTRO, 2001. 40 p.

GIRÃO, S. A. **Do ideário Desenvolvimentista ao universo social carvoeiro 1964-1994**. 2003. 110f. Dissertação (Mestrado em História) – Programa de Pós-Graduação em História, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Dourados, 2003.

HAYASHI, E., FARIA, J. R. G. Condições ambientais em escolas municipais de ensino infantil da cidade de Marília (São Paulo): estudo de caso. In: PASCHOARELLI, L. C., MENEZES, M. S. (org.). **Design e ergonomia: aspectos tecnológicos**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. p. 120-147.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBÁ 2019**. São Paulo: Pöyry Consultoria em Gestão e Negócios Ltda, 2019.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBÁ 2021**. São Paulo: Pöyry Consultoria em Gestão e Negócios Ltda, 2021.

IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. São Paulo: Edgard Blucher, 1990.

IIDA, I., GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia**: projeto e produção. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2018.

IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

INSS – INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDADE SOCIAL. **L.E.R.**: Lesões por Esforços Repetitivos: normas técnicas para avaliação da incapacidade. Brasília: INSS/CGSP, 1991.

LOPES, E. S.; VOSNIAK, J.; FIEDLER, N. C.; INOUE, M. T. Análise dos fatores humanos e condições de trabalho em operações de implantação florestal. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 4, p. 707-714, out. /dez. 2011.

MEIRA, A. M.; BRITO, J. O.; RODRIGUEZ, L. C. E. Estudo de aspectos técnicos, econômicos e sociais da produção de carvão vegetal no município de Pedra Bela, São Paulo, Brasil. **R. Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 809-817, 2005.

MINAYO-GOMEZ, C.; MEIRELLES, Z. V. Crianças e adolescentes trabalhadores: um compromisso para a saúde coletiva. **Cad. Saúde Pública**, v. 13, p. 135-140, 1997.

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

BRASIL. Ministério da Previdência Social. Instrução Normativa nº 98, 26 de dezembro de 2022. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2003.

PIMENTA, A. S.; MINETTE, L. J.; FARIA, M. M.; SOUZA, A. P.; VITA, B. R.; GOMES, J. M. Avaliação do perfil de trabalhadores e de condições ergonômicas na atividade de produção de carvão vegetal em baterias de fornos de superfície do tipo “rabo-quente”. **Árvore**, v. 30, n. 5, p. 779-785, 2006.

RAZZA, B. M., PASCHOARELLI, L. C. Avaliação de forças de prensão digital: parâmetros para design ergonômico de produtos. *In*: PASCHOARELLI, L. C., MENEZES, M. S. (org.). **Design e ergonomia**: aspectos tecnológicos. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. p. 74-96.

SCHETTINO, S.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; MARZANO, F. L. C.; MORAES, A. C. Assessment of workers’ physical workload in semi-mechanized silviculture operations in mountainous regions in Brazil. **The International Forestry Review**, v. 16, n. 5, p. 398, 2014.

SILVA, E. P.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; BAÊTA, F. C.; FERNANDES, H. C.; MAFRA, S. C. T.; VIEIRA, H. A. N. F. Caracterização da saúde de trabalhadores florestais envolvidos na extração de madeira em regiões montanhosas. **Revista Árvore**, v. 33, n. 6, p.1169-1174, 2009.



SILVA, E. P. **Avaliação de fatores ergonômicos em operações de extração florestal em terrenos montanhosos na região de Guanhães – MG.** 2007. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

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**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 889-895, 2013.

SOUZA, J. B. G.; MEGANON, M. L.; STICCA, M. G.; ROSSI, T. N. Parâmetros relacionados ao conforto de passageiros: uma pesquisa das práticas adotadas por fabricantes de poltronas. **Production Journal**, São Carlos, n. 23, p. 157-167, 2013.

UnB – FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. **Relatório parcial das atividades desenvolvidas pela Faculdade de Tecnologia da Fundação Universidade de Brasília.** Brasília: Unb, 1997. Disponível em: <http://www.unb.br/ft/lccc/prodeng.htm>&gt;. Acesso em: 22 ago. 2022.

ZUCHI, P. S. Avaliação Ergonômica do Trabalho na Atividade de Carvoejamento. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ERGONOMIA E SEGURANÇA DO TRABALHO FLORESTAL E AGRÍCOLA, 1., 2000, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: ERGOFLO, 2000.

WACHOWICZ, M. C. **Segurança, saúde e ergonomia.** 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2012.

## 4 ARTIGO

### 4.1 Artigo – Avaliação ergonômica da atividade de carvoejamento em sistema fornos-fornalha

Este artigo foi elaborado conforme normas da Revista Scientia Florestalis.

#### RESUMO

Os trabalhadores da produção de carvão normalmente estão expostos a situações que apresentam elevados dispêndio energético, manuseio e levantamento de cargas, posturas inadequadas, repetitividade e índices de acidentes de trabalho, além da possibilidade do desenvolvimento de distúrbios osteomusculares, tudo isso, ainda, aliado a condições ambientais adversas. Diante disso, esse estudo apresentou como objetivo avaliar a forma como as relações de trabalho na produção de carvão vegetal afetam a integridade física e a saúde dos trabalhadores, através da aplicação de ferramentas da ergonomia, ciência que tem por objetivo de estudar a capacidade de trabalho do trabalhador, e as relações de adaptação entre o trabalhador e seu ambiente de trabalho. Foi realizada uma avaliação ergonômica das atividades de produção de carvão vegetal em sistema fornos-fornalha, de forma a determinar de maneira qualitativa e quantitativa, os riscos aos quais os trabalhadores envolvidos nesse processo estão expostos durante a sua jornada de trabalho. Foi avaliada em cada atividade desenvolvida: o fator ambiental calor, a carga física de trabalho, o fator biomecânico e o risco de desenvolvimento de LER/DORT (Lesão por Esforço Repetitivo/Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho). Os resultados apontaram que a carga física de trabalho variou de moderada a pesada entre as diferentes fases da atividade, com elevado risco desenvolvimento de LER/DORT. A avaliação biomecânica indicou risco de lesão à coluna vertebral dos trabalhadores quando na fase de enchimento dos fornos, bem como, para todas as atividades, risco de lesão nos membros inferiores destacando-se os joelhos e tornozelos. Os valores de Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG) encontrados evidenciam a sobrecarga térmica para os trabalhadores da atividade, a qual extrapola os limites legais, não sendo permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle. Conclui-se que a atividade de carvoejamento em sistema fornos-fornalha apresenta elevado risco ergonômico para os trabalhadores durante a execução das etapas do processo, o que, aliado a condição de exposição ao calor excessivo, proporciona elevados e iminentes riscos de desenvolvimento de lesões e doenças osteomusculares relacionadas ao trabalho, principalmente nos membros inferiores.

**Palavras-chave:** Trabalho florestal; Ergonomia; Saúde do trabalhador; Riscos ocupacionais.

#### ABSTRACT

Workers in charcoal production are usually exposed to situations that involve high energy expenditure, handling and lifting loads, inadequate postures, repetitiveness and occupational accident rates, in addition to the possibility of developing musculoskeletal disorders, all this, still, combined with to adverse environmental conditions. Therefore, this study aimed to evaluate

how work relationships in the production of charcoal affect the physical integrity and health of workers, through the application of ergonomic tools, a science that aims to study the work capacity of the worker, and the adaptive relationships between the worker and his work environment. An ergonomic evaluation of the charcoal production activities in a kiln-furnace system was carried out, in order to qualitatively and quantitatively determine the risks to which workers involved in this process are exposed during their workday. It was evaluated in each activity developed: the environmental factor heat, the physical workload, the biomechanical factor and the risk of developing RSI/WRMD (Repetitive Strain Injury/Work-Related Musculoskeletal Disorders). The results showed that the physical workload varied from moderate to heavy between the different phases of the activity, with a high risk of developing RSI/WRMD. The biomechanical evaluation indicated risk of injury to the workers' spine when filling the ovens, as well as, for all activities, risk of injury to the lower limbs, especially the knees and ankles. The values of the Globe Thermometer Wet Bulb Index (WGBT) found show the thermal overload for the workers of the activity, which goes beyond the legal limits, not being allowed to work without the adoption of adequate control measures. It is concluded that the activity of charcoaling in a kiln -furnace system presents a high ergonomic risk for workers during the execution of the steps of the process, which, combined with the condition of exposure to excessive heat, provides high and imminent risks of developing injuries and work-related musculoskeletal disorders, especially in the lower limbs.

**Keywords:** Forestry work; Ergonomics; Worker's health; occupational hazards.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro vem passando por constante desenvolvimento, uma vez que, o país possui clima e solos favoráveis levando com isso, a demandas cada vez maiores por produtos de base florestal. Com uma área de 9,55 milhões de hectares de árvores plantadas, o setor é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais, favorecendo a chamada economia verde no país. O estado de Minas Gerais possui grande destaque, pois, o mesmo é detentor de 24 % das áreas de reflorestamento no Brasil, sendo estes em grande maioria, plantios de eucalipto, destinados a celulose e produção de carvão vegetal (IBÁ, 2021).

O carvão vegetal no Brasil é utilizado principalmente para suprir as demandas das indústrias de siderurgia e metalurgia, além do uso residencial urbano e rural. Diante do exposto, pode-se dizer que a madeira possui grande importância como fonte energética no Brasil, e isso se deve a produção de carvão vegetal que dela se origina. Outro ponto importante a se destacar é o processo da produção de carvão vegetal, pois o mesmo exerce grande importância econômica no país, além de abranger grande número de trabalhadores (PIMENTA *et al.*, 2006).

Esse fator acaba gerando uma grande preocupação com a saúde e bem-estar desse grupo de trabalhadores, uma vez que as atividades de produção de carvão têm como características serem desenvolvidas na presença de gases, poeira e temperaturas elevadas, exigindo do trabalhador grande esforço físico e gasto de energia.

Sob essa ótica, atrelada as características do trabalho ser árduo, repetitivo, de difícil acessibilidade, empregando mão de obra pouco qualificada, em campo, a céu aberto, sujeitas às intempéries climáticas, muitas vezes sob condições aviltantes, esse conjunto de fatores acaba exigindo muito desse grupo de trabalhadores, o que torna a atividade ergonomicamente inadequada.

Face a tais fatores, existe um risco iminente de sobrecarga mecânica, colocando em risco a integridade física e psíquica dos trabalhadores (KISNER; COLBY, 2009), o que acaba gerando consequências negativas para os mesmos durante a jornada de trabalho, tais como: aumento do cansaço, redução de ritmo de trabalho, perda de raciocínio, redução de produtividade, aumento da probabilidade de ocorrência de acidentes durante a jornada de trabalho e o surgimento de LER/DORT (Lesões por Esforços Repetitivos/Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho).

As LER/DORT são doenças relacionadas ao trabalho, causadas pelos movimentos repetitivos, sem pausas e com posturas inadequadas. Suas principais características são: surgimento lento mais comum nos membros superiores, e sintomas de dor, parestesia, sensação de peso e fadiga (VAREKAMP; VAN DIJK, 2010).

Portanto, conhecer as cargas físicas de trabalho, a partir da fisiologia, expressa a intensidade da atividade laboral imposta aos trabalhadores, acaba ganhando aproveitamento nas áreas de estudo de ergonomia e saúde no trabalho (BENAVIDES *et al.*, 2006). Avaliar a exposição do trabalhador a sua carga de trabalho físico é considerado como um tema de grande relevância a ser tratado pela fisiologia do trabalho (WISNER, 1994).

Desta forma, este estudo teve como objetivo, considerando as atividades de carvoejamento em sistema fornos-fornalha, avaliar a forma como as relações de trabalho na produção de carvão vegetal afetam a integridade física e a saúde dos trabalhadores através da avaliação ergonômica da atividade.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Caracterização da amostragem**

Este estudo foi desenvolvido em uma área localizada na região norte do estado de Minas Gerais, com altitude média de 636 metros. O clima predominante na região é tropical de savana (Aw), segundo a classificação de Köppen, caracterizado por apresentar estações quentes e chuvosas no verão, frias e secas no inverno, com temperatura média anual variando entre 19 e 34

°C e precipitação média anual entre 1.000 e 1.200 mm (INMET, 2018). Os dados foram levantados nos meses de abril e maio de 2022.

A população foi constituída por trabalhadores das atividades carga e descarga de fornos de carvão em sistema fornos-fornalha. O estudo foi realizado com 02 (dois) trabalhadores, representando 100% da população da atividade no momento da amostragem, os quais apresentavam 41,5 anos, 1,70 m e 76,5 kg de idade, altura e massa corporal médios, respectivamente.

O sistema forno-fornalha é composto por 4 fornos de superfície circular e uma fornalha ligada a eles por dutos, que possui uma câmara de combustão, onde é realizada a queima dos gases de carbonização (Figura 1). Cada forno tem capacidade volumétrica de aproximadamente 9,0 m<sup>3</sup> de madeira (SCHETTINO *et al.*, 2021).



Figura 1. Sistema fornos-fornalha para produção de carvão vegetal  
Fonte: Os autores.

A produção de carvão vegetal no sistema avaliado era composta pelas etapas de preparo da madeira e enchimento dos fornos e, após a carbonização, a retirada do carvão vegetal do interior dos fornos, conforme especificado no Quadro 1.

Quadro 1. Descrição das atividades de carvoejamento no sistema fornos-fornalha

Atividade	Fase	Descrição
1. Preparo da madeira	A	Carregar a carreta do trator com os toretes de eucalipto, manualmente, sendo estes com comprimento de 1,0 m e massa de 6,0 kg, em média.
	B	Descarregar, manualmente, a carreta do trator na “boca dos fornos”, empilhando os toretes.
2. Enchimento dos fornos	C	Remover, manualmente, os toretes para o interior dos fornos, empilhando-os.
3. Carbonização	--	Atividade não avaliada neste estudo.
4. Esvaziamento dos fornos	D	Retirar o carvão com um garfo apropriado, com massa de 5,0 kg (garfo + carvão).
	E	Quebrar os pedaços grandes de carvão, utilizando uma enxada com massa de 2,5 kg (atividade realizada no interior dos fornos concomitantemente com a retirada do carvão)
	F	Retirar, manualmente, os tiços (toretos que não foram completamente carbonizados, com massa média de 4,8 kg).

## 2.2. Avaliação da carga de trabalho físico

A carga de trabalho físico foi determinada com a utilização da metodologia proposta por Schettino *et al.* (2019), tendo como base o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) necessário para a execução da atividade, obtido a partir da frequência cardíaca máxima do trabalhador durante a execução dessa atividade e sua massa corporal, conforme a Equação 1.

$$VO_{2max} = \exp(-7,54291 + BPM^{0,33859} + M^{0,249260}) \quad (1)$$

onde:  $VO_{2max}$  = estimativa de consumo máximo de oxigênio (em l/min); M = massa corporal do trabalhador (em kg) e; BPM = frequência cardíaca máxima durante a execução da atividade (em batimentos por minuto).

A frequência cardíaca dos trabalhadores foi coletada utilizando um medidor de frequência cardíaca GARMIM (modelo 305 Forerunner). O transmissor foi fixado ao trabalhador na altura do tórax, por meio de correia elástica, as frequências emitidas a cada 5 segundos foram captadas e armazenadas pelo receptor de pulso. O conjunto foi instalado após o início da jornada de trabalho e retirado ao término de um período representativo do trabalho para coleta de dados. Desta forma, foi determinada a carga física de trabalho imposta pela atividade e estabelecidos os

limites aceitáveis para permitir um desempenho contínuo no trabalho, bem para como ajustar a carga física de trabalho físico à capacidade dos trabalhadores.

O valor de  $VO_{2\text{máx}}$  obtido foi, ainda, corrigido de acordo com a faixa etária do trabalhador amostrado, pois, de acordo com Astrand *et al.* (2006), é natural uma redução na frequência cardíaca de acordo com a idade. Após esta correção, ainda é necessário expressar o consumo máximo de oxigênio de forma relativa ao peso corporal, ou seja, transformando o valor obtido (em l/min) para ml/kg/min sendo, assim, possível a comparação entre indivíduos que diferem em massa corporal. Finalmente, o valor encontrado poderá ser utilizado para a determinação da carga física de trabalho imposta pela atividade desempenhada, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Classificação da carga de trabalho físico baseada no dispêndio energético do trabalhador (kcal/min), calculado a partir do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2\text{máx}}$ )

Carga de Trabalho Físico	Dispêndio Energético		
	$VO_{2\text{máx}}$ (ml/kg/min)	kcal/min	METs
Leve	< 15.2	< 3.0	< 4.0
Moderada	15.2 – 22.9	3.0 – 4.6	4.0 – 6.0
Pesada	23.0 – 31.6	4.7 – 6.3	6.1 – 8.3
Muito Pesada	31.7 – 40.5	6.4 – 8.1	8.4 – 10.6
Extremamente Pesada	> 40.5	> 8.1	> 10.6

Obs.: MET = equivalente metabólico, definido como o quociente entre a taxa metabólica associada a atividade e a taxa metabólica basal (em repouso).

Fonte: SCHETTINO *et al.* (2019).

### 2.3. Avaliação biomecânica

Esta análise foi, através da metodologia proposta pela Universidade de Michigan, foi realizada por análise tridimensional, através de fotos e filmagens do trabalhador na execução da atividade em diversas posturas. Para cada fase da atividade e a partir do congelamento dos movimentos, os ângulos formados nas articulações (punho, cotovelo, ombro, tronco, coxofemorais, joelho e tornozelo) foram medidos, além da força de compressão no disco entre as vértebras Lombar 5 e Sacral 1 ( $L_5-S_1$ ) da coluna vertebral. Os ângulos, associados às características das forças utilizadas, como magnitude e direção, à quantidade de mãos utilizadas e às características antropométricas de altura e peso da população em estudo, foram empregados para a realização da análise, tendo sido selecionadas as posturas estáticas forçadas e medidos os ângulos para inserção no programa computacional de Modelo Biomecânico Tridimensional de Predição de Posturas e Forças Estáticas (3DSSPP<sup>TM</sup>), versão 5.0.9, desenvolvido pela Universidade de Michigan, dos Estados Unidos (UNIVERSITY OF MICHIGAN, 2013). Dentro

de cada fase dos ciclos da atividade, foram selecionadas as posturas representativas para serem analisadas biomecanicamente.

O programa computacional forneceu a carga limite recomendada, que corresponde ao peso que mais de 99% dos homens e 75% das mulheres em boas condições de saúde conseguem levantar. Essa carga limite induz a uma força de compressão (Newton) da ordem de 3.426,3 N sobre o disco L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub> da coluna vertebral, que pode ser tolerada pela maioria dos trabalhadores jovens e em boas condições de saúde. Ainda, para cada articulação avaliada foi fornecido pelo programa o percentual de trabalhadores capazes de exercer a atividade sem o desenvolvimento de lesões osteomusculares, representando o potencial lesivo ao trabalhador em cada fase da atividade.

#### 2.4. Avaliação do risco de LER-DORT

A avaliação dos riscos de LER/DORT foi realizada de acordo com a metodologia de avaliação simplificada do fator biomecânico de risco para distúrbios músculo esqueléticos de membros superiores relacionados ao trabalho, proposta por Couto (2002).

O instrumento, um questionário estruturado, é composto por 25 perguntas relacionadas às características do trabalho como a sobrecarga física, os níveis de força aplicados com as mãos, o posto de operação, a postura, o esforço estático, a repetitividade, a organização e as ferramentas utilizadas. Neste estudo, o questionário foi utilizado, integralmente, em sua forma original.

Tratou-se de uma pesquisa do tipo descritivo e de abordagem quantitativa sendo que, para cada pergunta, há uma combinação de respostas SIM ou NÃO, onde é atribuído o valor 1 para cada resposta SIM e zero para cada resposta NÃO, sendo o resultado final obtido pela somatória dos pontos. A classificação do risco se dá de acordo com o total de pontos, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação do risco de LER/DORT de membros superiores

<b>Classificação do Risco de LER/DORT</b>	<b>Pontuação</b>
Baixíssimo	> 22
Baixo	19 - 22
Moderado	15 - 18
Alto	11 - 14
Altíssimo	< 11

Fonte: Couto (2002).



## 2.5. Avaliação da exposição ao calor

O ambiente térmico do local de trabalho foi avaliado por meio do uso do medidor do Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo – IBUTG, marca AKSO, modelo AK887. O aparelho foi posicionado no ambiente de trabalho, junto às atividades, e as leituras realizadas a cada 5 minutos durante, no mínimo, 120 minutos, conforme metodologia da NHO-06 (FUNDACENTRO, 2001). Os valores obtidos foram confrontados com os limites máximos de exposição determinados pela NR-15, Anexo 3 (BRASIL, 1978).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação da metodologia proposta por Schettino *et al.* (2019), os resultados da avaliação da carga física de trabalho são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados da avaliação da carga física de trabalho para trabalhadores florestais no desenvolvimento das atividades de carvoejamento em sistema fornos-fornalha

Atividade Fase	Gênero	Massa (kg)	Idade (anos)	FCM (bpm)	VO <sub>2máx</sub> (ml/Kg/mim)	Carga Física de Trabalho
Enchimento de fornos						
Fase A	Masc.	82	35	131	20,67	Moderada
Fase B	Masc.	82	35	118	17,25	Moderada
Fase C	Masc.	71	48	166	28,61	Pesada
Esvaziamento dos fornos						
Fase D	Masc.	71	48	123	16,59	Moderada
Fase E	Masc.	82	35	162	30,49	Pesada
Fase F	Masc.	71	48	162	27,31	Pesada

Onde: FCM = frequência cardíaca máxima durante a jornada de trabalho; VO<sub>2máx</sub> = consumo máximo de oxigênio

O trabalho realizado no setor florestal é considerado como uma das mais difíceis de ser executado, isso devido a suas peculiaridades. Desse segmento, apenas os trabalhos exercidos em viveiros de produção de mudas são considerados como exceção (SEIXAS, 1991). As atividades florestais normalmente costumam ser classificadas de moderadamente pesadas a pesadas, o que justifica o fato dos conceitos de ergonomia e saúde ocupacional terem sido ignorados, de acordo com resultados encontrados por (FIEDLER *et al.*, 2011).

Embora os resultados apontem nas fases A, B e D cargas físicas de trabalho moderados, nas fases C, E e F, os mesmos se apresentaram pesados. Esse cenário contribui com as sobrecargas físicas durante a jornada de trabalho, o que pode resultar em enfermidades no


organismo dos trabalhadores, que podem levar a perdas de rendimento, afastamentos e até mesmo a invalidez permanente (APUD *et al.*, 1999).






Sob essa ótica, para Katch e Mcardle (1996), a sobrecarga física de trabalho, pode também reduzir o fluxo sanguíneo para o coração e/ou cérebro. Quando essa diminuição da circulação sanguínea ocorre no coração, a mesma pode causar tonteira ou vertigem, já quando a mesma ocorre no cérebro, pode resultar em hipertensão arterial e ao acidente vascular cerebral.

Para as atividades realizadas, pode ser verificado o dispêndio energético, que teve como resultados índices elevados de gasto energético. Portanto, esses trabalhadores passam oito horas do seu dia realizando atividades que exigem muito de seu metabolismo, e isso pode gerar um desequilíbrio causando problemas a sua saúde a curto e longo prazo e ainda ocasionar perda de produtividade. Segundo Barisi (2006), a intensidade do trabalho corresponde ao dispêndio de energia física, mental e psíquica do trabalhador pela realização da atividade em dada unidade de tempo. Ainda para Davezies (2007), o processo de intensificação do trabalho, pode aumentar o risco de acidentes, além de afetar a sua produtividade, o que pode resultar em perda da identidade do trabalhador gerando um sentimento de desgosto ou fracasso pessoal com risco para desencadear adoecimento.

Para cada uma das atividades avaliadas, são apresentados os resultados das análises das forças aplicadas nas articulações avaliadas e no disco L5-S1 da coluna vertebral dos trabalhadores, bem como os percentuais de capazes para cada uma das articulações analisadas (Tabela 4).

Tabela 4. Resultado da avaliação biomecânica para as atividades de carvoejamento em sistema fornos-fornalha

Atividade (Fase)	Postura Típica	Tempo na Postura (%)	Força de Compressão no Disco L5-S1 (N)	Condição de Suportar a Carga	Articulação	Percentual de Capazes nas Articulações (%)
Enchimento dos fornos (Fase A)		50%	1.805	SRL	Punho	100
					Cotovelo	100
					Ombro	100
					Tronco	98
					Coxofemorais	88
					Joelho	98
					Tornozelo	89

Enchimento dos fornos (Fase B)		50%	2.137	SRL	Punho	100
					Cotovelo	100
					Ombro	100
					Tronco	98
					Coxofemorais	88
					Joelho	92
					Tornozelo	100
Enchimento dos fornos (Fase C)		100%	3.545	CRL	Punho	100
					Cotovelo	100
					Ombro	100
					Tronco	96
					Coxofemorais	95
					Joelho	99
					Tornozelo	74
Esvaziamento dos fornos (Fase D)		80%	1.740	SRL	Punho	100
					Cotovelo	100
					Ombro	100
					Tronco	100
					Coxofemorais	98
					Joelho	87
					Tornozelo	96
Esvaziamento dos fornos (Fase E)		15%	1.486	SRL	Punho	100
					Cotovelo	100
					Ombro	100
					Tronco	67
					Coxofemorais	98
					Joelho	99
					Tornozelo	92
Esvaziamento dos fornos (Fase F)		5%	1.255	SRL	Punho	99
					Cotovelo	100
					Ombro	100
					Tronco	99
					Coxofemorais	93
					Joelho	98
					Tornozelo	93

Obs.: SRL = postura sem risco de lesão nas articulações; e CLR = postura com risco de lesão nas articulações.

A avaliação biomecânica do trabalhador quando realizando uma tarefa e, ou, atividade, tem por objetivo minimizar ou eliminar, sempre que possível, os danos a sua saúde causados pela má postura ou aplicação de forças excessivas, bem como evitar desperdício energético, tentando obter mais eficiência nas atividades e a manutenção de sua integridade física ao longo de sua vida laboral (ALVES, 2001).

Ainda que os resultados de quase todas as atividades apresentaram valores de força de compressão no disco L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub> da coluna vertebral abaixo do limite máximo recomendado pelo modelo 3DSSPP<sup>TM</sup>, que é de 3.426,3 N, na fase C, onde é realizado o enchimento dos fornos, foi verificado valores acima desse limite, indicando com isso a presença de risco de lesão nas articulações da coluna vertebral para o trabalhador que desempenha essa função. Para Schettino *et al.* (2021), estes valores são decorrentes das particularidades das atividades, como posturas com o tronco inclinado e os braços esticados. De acordo com Hall (2013), há um deslocamento do centro de gravidade para fora do corpo que gera forças de compressão excessivas sobre o disco L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub>.

Outro ponto importante a se destacar é que na maioria das atividades, existe uma tendência desses trabalhadores a apresentarem lesões nas articulações do tronco, coxofemorais, joelho e tornozelo, ou seja, existe um maior risco de lesões nos membros inferiores. Para Schettino *et al.* (2021), um dos causadores de tais distúrbios pode estar associado ao caráter repetitivo das tarefas, porém não é o único elemento a que se atribui essas disfunções musculoesqueléticas. Podem ter relações com a postura e com a força exigidas pelas tarefas e fatores ambientais, como a temperatura ambiente e os terrenos irregulares.

Sob essa ótica, a sobrecarga postural nos trabalhadores se caracteriza quando os mesmos se encontram fora do alinhamento corporal por um determinado período de tempo, ocorrerá maior sobrecarga em algumas regiões, resultando com isso, o surgimento de fadiga muscular, dores, inflamações e até lesões nos músculos e ligamentos dos membros superiores e inferiores (TORRES *et al.*, 2014). Todas as atividades avaliadas neste estudo, por suas condições peculiares, obrigam os trabalhadores a adotarem algumas posturas forçadas para realização do mesmo, o que por sua vez, levam a sobrecarga postural.

Há que se considerar também que além da fadiga muscular, as posturas inadequadas podem causar danos a longo prazo como: sobrecarga imposta ao aparelho respiratório, formação de edemas, varizes e problemas nas articulações, particularmente na coluna vertebral (COUTO, 1996).

Os resultados da avaliação do risco de desenvolvimento de LER/DORT para as atividades desenvolvidas na atividade de carvoejamento no sistema fornos-fornalha encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Resultados da avaliação do risco de LER/DORT nas atividades de carvoejamento no sistema fornos-fornalha

<b>Atividade - Fase</b>	<b>Pontuação<sup>1</sup></b>	<b>Risco de LER/DORT</b>
Enchimento dos fornos - Fase A	13	Alto
Enchimento dos fornos - Fase B	12	Alto
Enchimento dos fornos - Fase C	10	Altíssimo
Esvaziamento dos fornos - Fase D	6	Altíssimo
Esvaziamento dos fornos - Fase E	8	Altíssimo
Esvaziamento dos fornos - Fase F	6	Altíssimo

<sup>1</sup> De acordo com a metodologia de avaliação simplificada do fator biomecânico de risco para distúrbios musculoesqueléticos de membros superiores relacionados ao trabalho, proposta por Couto (2002).

Observa-se que a atividade de carvoejamento, foi apresentado risco elevado e iminente para o desenvolvimento de LER/DORT, com grande destaque para as atividades manuais da fase C Enchimento de fornos, e fase D, E e F Esvaziamento de fornos. Ainda, os resultados obtidos neste estudo não evidenciam a incidência das LER/DORT nos trabalhadores avaliados, entretanto, existe o risco de desenvolvimento dessas enfermidades para as atividades avaliadas, podendo resultar no desenvolvimento de patologias a longo prazo.

As LER/DORT tem como principais características: surgimento lento principalmente nos membros superiores, dor, parestesia, sensação de peso e fadiga. (PICOLOTO; SILVEIRA, 2008). Para Schettino (2016), as LER/DORT se agrupam em diferentes patologias e diversos segmentos corporais, onde os mesmos estão diretamente relacionados com o movimento no trabalho e costumam ser as causas de incapacidade de trabalho temporária ou permanente, resultante utilização das estruturas anatômicas do sistema musculoesquelético em excesso e o pouco para recuperação.

Diante disso, existem dois fatores que influenciam diretamente no risco de desenvolvimento de LER/DORT: a organização e a ergonomia do trabalho. Essas determinantes abrangem características específicas do trabalho exercido em cada função, somado aos horários, pausas, duração da jornada, horários extremos, concepção da produção, complexidade, necessidade de habilidades e esforços, controle, relações interpessoais, perspectivas de carreira, estilo de gestão, características e cultura organizacional (NEGRI *et al.*, 2014).

Por fim, o desenvolvimento de doenças contraídas durante o exercício do trabalho, faz com que as mesmas se tornem crônicas. O impacto provocado por essa circunstância vai além da saúde física do trabalhador, uma vez que, os distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho causam danos que ocasionam em afastamentos do trabalho, limitações para executar a mesma atividade laboral, atividades do cotidiano e a incapacitação permanente do trabalhador (MAENO *et al.*, 2001).

De acordo com o estabelecido no Anexo 3 da Norma Regulamentadora no 15 (NR-15), do Ministério do Trabalho e Emprego (BRASIL, 1978), o limite de tolerância para a exposição ao calor não pode ultrapassar ao índice de bulbo úmido e termômetro de globo (IBUTG) de 25,0 °C para trabalho pesado.

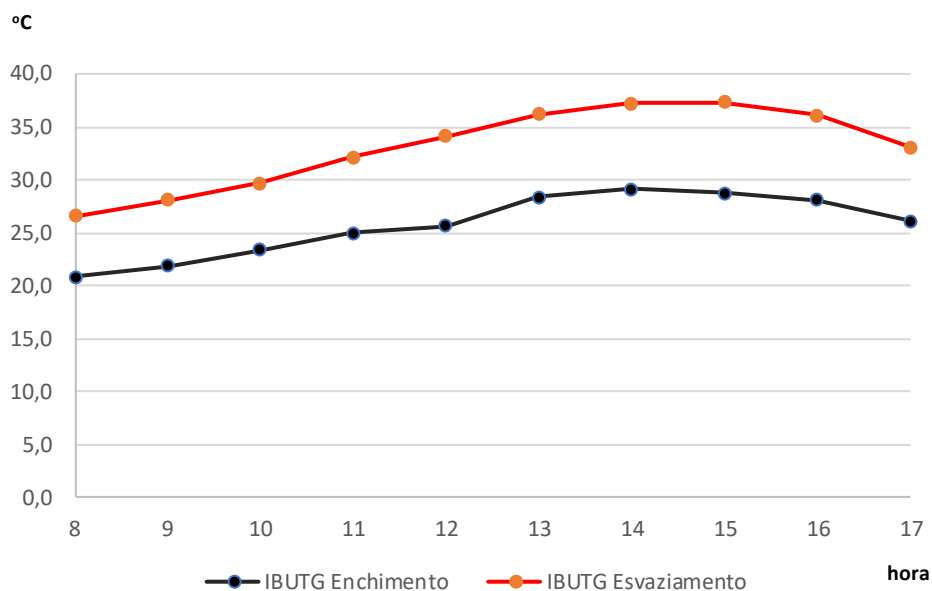


Figura 2. Valores médios de IBUTG em função da hora do dia para as atividades de enchimento (Fases A, B e C) e esvaziamento (Fases D, E e F) de fornos de carvão no sistema fornos-fornalha

De modo a correlacionar o conforto térmico ao ambiente de trabalho, o IBUTG funciona como um indicador, englobando os principais fatores causadores da sobrecarga térmica (alta temperatura, metabolismo, calor radiante e alta umidade relativa do ar), além dos principais agentes atenuadores da mesma (ventilação do ambiente, baixa umidade relativa do ar e baixa temperatura), estabelecendo o tempo de trabalho e repouso (COUTO, 2002).

Os resultados apontaram que as condições de sobrecarga térmica durante o período avaliado estavam muito acima da temperatura recomendada na legislação, com IBTUG chegando a temperaturas acima dos 35°C. Desta forma, a sobrecarga térmica é evidente,

extrapola os limites legais e, diante dos valores de IBUTG encontrados, não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle.

Perante o exposto, quando os trabalhadores executam suas tarefas em ambientes com sobrecarga térmica, neste caso o calor, seu organismo tenta se adaptar a essa condição, mantendo a sua temperatura interna, utilizando mecanismos termorreguladores, que regulam as perdas de calor pelo corpo humano (GOSLING; ARAÚJO, 2008). Para Vilela *et al.* (2005), sob condições de calor excessivo, ocorre a sudorese (perda de líquidos pela pele), que é considerado um dos mecanismos fundamentais para a regulação da temperatura interna do corpo humano, que ocorre por meio da evaporação (perda de calor para o ambiente). Ainda, se os recursos utilizados pelo corpo (sudorese e vasodilatação periférica) não forem o bastante para manter temperatura interna do corpo em torno de 37°C, poderá carregar consequências como: desidratação, câimbras de calor, desmaios e choque térmico (SALIBA, 2000). Couto (1996) acrescenta que o trabalho em condições térmicas desfavoráveis resulta em: extenuação física e nervosa, diminuição do rendimento e aumento nos erros e riscos de acidentes no trabalho.

Por fim, a apropriada temperatura do ambiente de trabalho é fundamental para garantir o conforto, e bem-estar aos trabalhadores. O trabalho exercido em temperaturas acima de 30 °C aumenta o risco de danos à saúde do trabalhador. As pausas se tornam mais frequentes e necessariamente maiores, o grau de concentração diminui e a frequência de erros e acidentes tende a aumentar significativamente. Nessas condições, deverá ser reduzido o tempo de permanência do trabalhador no local quente, o qual deverá ser alternado com um período de descanso e reidratação (COUTO, 2002).

#### **4. CONCLUSÕES**

A atividade de carvoejamento em sistema fornos-fornalha apresenta elevado risco ergonômico para os trabalhadores durante a execução das etapas do processo.

Esse elevado risco ergonômico, aliado a condição de exposição ao calor excessivo, representa elevados e iminentes riscos de desenvolvimento de lesões e doenças osteomusculares relacionadas ao trabalho.

Merece destaque o elevado risco de desenvolvimento de lesões osteomusculares nos membros inferiores dos trabalhadores durante a execução de todas as etapas do processo, relacionado, principalmente, a posturas inadequadas e repetitividade do trabalho.

A análise ergonômica da atividade de carvoejamento em sistema fornos-fornalha fornece importantes subsídios para a reorganização do trabalho e melhorias das condições de conforto, saúde e segurança dos trabalhadores.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. U. **Análise ergonômica das atividades de propagação vegetativa de *Eucalyptus* ssp. em viveiros**. 2001. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

APUD, E. *et al.* **Manual de ergonomia forestal**. Laboratorio de Ergonomia de la Universidad de Concepción, Chile, 1999.

ASTRAND, P.O. *et al.* **Tratado de fisiologia do trabalho: bases fisiológicas do exercício**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

BARISI, G. L. Intensificação do trabalho, entre economia de tempo e economia de trocas. *In*: ASKENAZY, P. *et al.* (orgs.). **Organização e intensidade do trabalho**. Toulouse: Octares, 2006. p. 11-20.

BENAVIDES, F. G.; BENACH, J.; MUNTANER, C.; DELCLOS, G. L.; CATOT, N.; AMABEL, M. Associations between temporary employment and occupational injury: what are the mechanisms? **Occupational Environmental Medicine**, New York, v. 63, n. 6, p. 416-21, 2006.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978**. Aprova a norma regulamentadora de atividades e operações insalubres – NR-15. Brasília: MTE, 1978.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte: Ergo, v. 2. 1996. 383 p.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho em 18 lições**. Belo Horizonte, Ergo Editora, 2002. 201 p.

DAVEZIES, P. Intensification. Danger: trabalho de retrocesso. **Revisão de Saúde e Trabalho**, Paris, v. 57, p. 30-33, 2007.

FIEDLER, N. C.; BARBOSA, R. P.; ANDREON, B. C.; GONÇALVES, S. B.; SILVA, E. N. Avaliação das posturas adotadas em operações florestais em áreas declivosas. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 4, p. 402-409, 2011.

FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho. **Norma de higiene ocupacional NHO 06: Avaliação da exposição ocupacional ao calor**. São Paulo, 2001. 46 p.

GOSLING, M.; ARAÚJO, G. C. D. Saúde física do trabalhador rural submetido a ruídos e à carga térmica: um estudo em operadores de tratores. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 275-286, 2008.

HALL, S. **Biomecânica básica**. 6. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2013.



IBÁ – Industria Brasileira de Árvores. **Relatório IBÁ 2021**. São Paulo: Pöyry Consultoria em Gestão e Negócios Ltda, 2021.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **BDMEP**: Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. Brasília: INMET, 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep/>. Acesso em 20 set. 2022.

KATCH, F. I.; McARDLE, W. D. **Nutrição, exercício e saúde**. Rio de Janeiro: Medsi, 1996.

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

MAENO, M. *et al.* **LER/DORT: dilemas, polêmicas e dúvidas**. Brasília: Ministério da Saúde, 2001.

NEGRI, J. R.; CERVENY, G. C. O.; MONTEBELO, M. I. L.; TEODORI, R. M. Perfil sociodemográfico e ocupacional de trabalhadores com LER/DORT: estudo epidemiológico. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 38, n. 3, p. 555-570, 2014.

PICCOLOTO, 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, p. 507-516, 2008.

PIMENTA, A.S.; MINETTE, L. J.; FARIA, M. M.; SOUZA, A. P.; VITA, B. R.; GOMES, J. M. Avaliação do perfil de trabalhadores e de condições ergonômicas na atividade de produção de carvão vegetal em baterias de fornos de superfície do tipo “rabo-quente”. **R. Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 779-785, 2006.

SALIBA, T. M. **Manual prático de avaliação e controle de calor**: PPR. São Paulo: Ltr, 2000.

SCHETTINI, B. L. S.; JACOVINE, L. A. G.; TORRES, C. M. M. E.; CARNEIRO, A. C. O.; VILLANOVA, P. H.; ROCHA, S. J. S. S.; RUFINO, M. P. M. X.; CASTRO, R. V. O. Produção de Madeira e Carvão Vegetal no Sistema Forno-Fornalha: Como a Variação nos Custos e Receitas Afetam a Viabilidade Econômica? **Revista Árvore**, v. 45, 2021.

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.

SCHETTINO, S.; MINETTE, L.J.; SCHETTINO, C.F.; PAULA JUNIOR, J.D. Development of a protocol for determining and classifying of the physical workload in forestry activities. In: ICFNRE 2019 - International Conference on Forests and Natural Resources Engineering, 2019. **Proceedings** [...]. Kuala Lumpur, Malaysia: International Research Conference, 2019. v. 1. p. 434-438.

SEIXAS, F. Avaliação do esforço físico dispendido em operações florestais: um exemplo na operação de colheita de sementes. **IPEF**, Piracicaba, v. 7, n. 22, p. 1-16, 1991. (Série Técnica)

TORRES, B. P. L.; MUÑOZ, E. L. G.; RODRIGUEZ, C. C.; LÓPEZ, E. O. Evaluación de sobrecarga postural en trabajadores: revisión de la literatura. **Ciencia & Trabajo**, v. 16, n. 50, p. 111-115, 2014.

UNIVERSITY OF MICHIGAN. **3D Static Strenght Prediction Program™**. Version 5.0.9. [Users’s manual]. Michigan: University of Michigan, 2013.

VAREKAMP, I.; VAN DIJK, F. J. H. Workplace problems and solutions for employees with chronic diseases. **Occupational Medicine**, v. 60, n. 4, p. 287-293, 2010.

VILELA, R. A. G.; MALAGOLI, M. E.; MORRONE, L. C. Trabalhadores da saúde sob risco: o uso de pulverizadores no controle de vetores. **Revista Produção**, v. 15, n. 2, p. 263-72, 2005.

WISNER, A. **A inteligência no trabalho**: textos selecionados de Ergonomia. São Paulo, Fundacentro, 1994.

## **5 CONCLUSÕES / CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A atividade de carvoejamento em sistema fornos-fornalha apresenta elevado risco ergonômico para os trabalhadores durante a execução das etapas do processo.

Esse elevado risco ergonômico, aliado a condição de exposição ao calor excessivo, representa elevados e iminentes riscos de desenvolvimento de lesões e doenças osteomusculares relacionadas ao trabalho.

Merece destaque o elevado risco de desenvolvimento de lesões osteomusculares nos membros inferiores dos trabalhadores durante a execução de todas as etapas do processo, relacionado, principalmente, a posturas inadequadas e repetitividade do trabalho.

A análise ergonômica da atividade de carvoejamento em sistema fornos-fornalha fornece importantes subsídios para a reorganização do trabalho e melhorias das condições de conforto, saúde e segurança dos trabalhadores.