



Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas
Departamento de Engenharia de Produção



Matheus Augusto de Campos Carvalho

Análise ergonômica para operadores de escavadeira hidráulica

Ouro Preto, 2026

Matheus Augusto de Campos Carvalho

Análise ergonômica para operadores de escavadeira hidráulica

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Raoni Rocha Simões

Ouro Preto

2026

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C331a Carvalho, Matheus Augusto de Campos.
Análise ergonômica para operadores de escavadeira hidráulica.
[manuscrito] / Matheus Augusto de Campos Carvalho. - 2026.
51 f.

Orientador: Prof. Dr. Raoni Rocha Simões.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola
de Minas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Ergonomia - Ergonomia ocupacional. 2. Equipamentos industriais -
Escavadeiras hidráulicas. 3. Ergonomia - Trabalho - Análise. 4. Descrição
ocupacional. 5. Observação participante. 6. Ergonomia - Norma
Regulamentadora (NR17). 7. Análise Ergonômica do Trabalho (AET). I.
Simões, Raoni Rocha. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 658.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO,
ADMINISTRAÇÃO E ECON



FOLHA DE APROVAÇÃO

Matheus Augusto de Campos Carvalho

Análise ergonômica para operadores de escavadeira hidráulica

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovada em 22 de julho de 2026

Membros da banca

Dr. Raoni Rocha Simões - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães - Universidade Federal de Ouro Preto
Dra. Tays Torres Ribeiro das Chagas - Universidade Federal de Ouro Preto

Raoni Rocha Simões, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 22/07/2026



Documento assinado eletronicamente por **Raoni Rocha Simões, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/07/2026, às 22:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1145639** e o código CRC **E00105FB**.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus por todas as oportunidades concedidas ao longo da minha vida e por ter me sustentado durante toda a minha jornada acadêmica.

Agradeço, de coração, à minha esposa, Dálet Sara Silva Carvalho, pelo amor, apoio e companheirismo; aos meus pais, Adriano de Melo Carvalho e Adriana Cristina de Campos Carvalho; ao meu irmão, Marcos Vinícius de Campos Carvalho; e aos meus avós, Luiz de Carvalho, Albertina de Melo Carvalho, Geraldo Magela (Sr. Piu) e Corina Carvalho, por todo carinho, incentivo e ensinamentos.

Por fim, agradeço a todos os amigos que estiveram ao meu lado e fizeram parte desta caminhada. A cada um de vocês, minha eterna gratidão.

Resumo

A operação de escavadeiras hidráulicas constitui uma atividade central em obras de terraplenagem e mineração, expondo os operadores a exigências físicas, cognitivas e organizacionais que podem impactar diretamente a saúde, o conforto e o desempenho no trabalho. Entre os fatores mais relevantes identificados estão a vibração de corpo inteiro, a permanência prolongada na postura sentada, os movimentos repetitivos nos comandos, as limitações de visibilidade, as variações do terreno e a pressão por produtividade. O presente estudo teve como objetivo analisar o trabalho de operadores de escavadeira hidráulica, considerando a relação entre a tarefa prescrita e a atividade real, com enfoque ergonômico. A pesquisa foi desenvolvida por meio de observação participante, aplicação do Questionário Nórdico de Sintomas Musculoesqueléticos, registros fotográficos das atividades realizadas e entrevistas de autoconfrontação, buscando compreender as estratégias operatórias desenvolvidas pelos operadores frente às variabilidades da atividade, às limitações das máquinas e às exigências produtivas. Os resultados esperados incluem a identificação de riscos ergonômicos e a proposição de soluções voltadas à melhoria das condições de trabalho, à segurança e à eficiência operacional, contribuindo para a redução de desconfortos físicos e de potenciais lesões.

Palavras-chave: ergonomia ocupacional; escavadeiras hidráulicas; análise do trabalho; tarefa prescrita; atividade real; autoconfrontação; NR-17.

Abstract

The operation of hydraulic excavators is a central activity in earthworks and mining, exposing operators to physical, cognitive, and organizational demands that may directly affect health, comfort, and work performance. Among the most relevant factors identified are whole-body vibration, prolonged sitting posture, repetitive movements of the controls, limited visibility, terrain variations, and productivity pressure. This study aimed to analyze the work of hydraulic excavator operators, considering the relationship between the prescribed task and the actual activity, with an ergonomic focus. The research was conducted through participant observation, application of the Nordic Musculoskeletal Questionnaire, photographic records of the activities performed, and self-confrontation interviews, seeking to understand the operational strategies developed by operators in response to activity variability, machine limitations, and productivity demands. The expected results include the identification of ergonomic risks and the proposal of solutions aimed at improving working conditions, safety, and operational efficiency, contributing to the reduction of physical discomfort and potential injuries.

Keywords: occupational ergonomics; hydraulic excavators; work analysis; prescribed task; actual activity; self-confrontation; NR-17.

Lista de figuras

Figura 1 – Aplicação correta e deslocamento em plano inclinado	29
Figura 2 – Posicionamento e altura de banco	30
Figura 3 – Posições de serviço da escavadeira	30
Figura 4 – Posicionamento e giro estratégico	31
Figura 5 – Idade dos operadores	32
Figura 6 – Modelos de escavadeiras e turno de trabalho	33
Figura 7 – Região do corpo com dor	34
Figura 8 – Intensidade da dor	34
Figura 9 – Impacto da dor no trabalho	35
Figura 10 – Desconforto por longos períodos	36
Figura 11 – Assento da cabine e lançamento de pedra em dreno	37
Figura 12 – Acabamento em declive e carregamento de material fino	37
Figura 13 – Concha em operação e carregamento de pedra de mão	38
Figura 14 – Operação em rampa	40
Figura 15 – Retaludamento e carregamento de bloco de mina	40
Figura 16 – Visão interna da cabine	42

Sumário

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivos	11
1.1.1	Objetivo geral	11
1.1.2	Objetivos específicos	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	Ergonomia aplicada à operação de equipamentos pesados	13
2.1.1	Projeto ergonômico de máquinas baseado na atividade real	15
2.2	Análise do Trabalho e compreensão da atividade real	15
2.3	Tarefa prescrita, tarefa esperada e atividade real	17
2.4	Riscos ergonômicos na operação de escavadeiras hidráulicas	18
2.5	Instrumentos de avaliação e perspectivas de intervenção ergonômica	20
3	METODOLOGIA	23
3.1	Caracterização da pesquisa	23
3.2	Local de estudo e participantes	24
3.3	Observação participante	24
3.4	Questionário de sintomas musculoesqueléticos	25
3.5	Registros fotográficos e análise das situações de trabalho	25
3.6	Entrevistas de autoconfrontação	26
3.7	Tratamento e análise dos dados	26
3.8	Análise do Trabalho	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1	Análise da tarefa prescrita e da atividade real	28
4.2	Perfil dos operadores e sintomas musculoesqueléticos	31
4.3	Condições reais de operação, cabine e variabilidade do trabalho	36
4.4	Campo visual, cabine e estratégias posturais	41
4.5	Autoconfrontação, observação participante e atividade impedida	42
4.6	Discussão dos resultados	44
4.7	Síntese das propostas de solução	45
4.7.0.1	Integração entre fabricantes, empresas contratantes e operadores no desenvolvimento dos equipamentos	46
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
	Referências	50

1 Introdução

A operação de escavadeiras hidráulicas constitui uma atividade fundamental em obras de terraplenagem e mineração, uma vez que essas máquinas são empregadas em etapas essenciais do processo produtivo, como escavação, carregamento de materiais, conformação de taludes, limpeza de áreas e apoio à movimentação de solos e rochas. Em razão de sua relevância operacional, o desempenho dessas máquinas influencia diretamente a produtividade, a segurança e a continuidade das atividades em campo. Entretanto, apesar de sua importância para o setor, a atividade do operador de escavadeira envolve exigências físicas, cognitivas e organizacionais que podem comprometer a saúde e o bem-estar do trabalhador quando as condições de trabalho não são adequadamente analisadas.

No contexto da mineração e da terraplenagem, o operador permanece por longos períodos em posição sentada, submetido à vibração de corpo inteiro, à necessidade de atenção contínua, à repetição de movimentos nos comandos hidráulicos e às variações impostas pelo terreno, pelo tipo de material movimentado e pelas condições da máquina. Além disso, a operação exige tomadas de decisão constantes, percepção visual apurada, coordenação motora e adaptação a situações que nem sempre estão previstas nos procedimentos formais de trabalho. Dessa forma, a análise do trabalho nessa atividade não pode se limitar apenas à avaliação da postura ou do posto físico, sendo necessário compreender também a organização do trabalho, as exigências produtivas e as estratégias desenvolvidas pelos operadores no cotidiano.

A ergonomia, nesse sentido, apresenta-se como uma abordagem fundamental para compreender a relação entre o trabalhador, o equipamento e o ambiente de trabalho. No Brasil, a Norma Regulamentadora NR-17 estabelece diretrizes para a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, reforçando a necessidade de considerar aspectos relacionados ao conforto, à segurança, à eficiência e à prevenção de agravos à saúde. Em atividades com máquinas pesadas, essa preocupação torna-se ainda mais relevante, pois os operadores estão frequentemente expostos a fatores de risco como vibração de corpo inteiro, postura estática prolongada, movimentos repetitivos, limitações de visibilidade e pressão por produtividade.

Estudos sobre operadores de equipamentos pesados indicam a presença significativa de desconfortos musculoesqueléticos nessa categoria profissional. Waters et al. (2008), por exemplo, apontam que mais de 60% dos operadores de máquinas pesadas relatam dores lombares e outros desconfortos relacionados ao trabalho. Esses dados evidenciam a necessidade de investigações específicas sobre as condições reais de operação, especialmente em contextos nos quais a atividade é realizada sob exigências intensas, como ocorre em

frentes de mineração e serviços de terraplenagem. A presença recorrente de dores, fadiga e desconfortos não deve ser compreendida apenas como consequência individual da atividade, mas como resultado de uma interação complexa entre características do posto, organização do trabalho, condições ambientais e exigências produtivas.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise do trabalho do operador de escavadeira hidráulica, buscando identificar os principais fatores que interferem na saúde, no conforto e no desempenho operacional desses trabalhadores. Para isso, adota-se como referência a Análise do Trabalho, abordagem que permite compreender a diferença entre aquilo que é prescrito pela organização e aquilo que é efetivamente realizado pelo trabalhador em situação real. Essa distinção é central para o presente estudo, pois a operação de escavadeiras hidráulicas envolve frequentes adaptações, ajustes e estratégias operatórias que não aparecem integralmente nos manuais, nos procedimentos operacionais ou nas normas formais.

A escolha do tema justifica-se pela relevância social, técnica e organizacional da atividade analisada. Problemas ergonômicos não identificados ou não tratados podem gerar afastamentos, redução da produtividade, aumento da fadiga, maior risco de acidentes e comprometimento da qualidade de vida dos trabalhadores. Ao mesmo tempo, compreender o trabalho real dos operadores permite propor melhorias mais coerentes com a prática cotidiana, evitando orientações genéricas ou distantes das condições efetivamente encontradas em campo. Nesse sentido, empresas que atuam em serviços de terraplenagem e mineração, como a Hexágono Engenharia, demandam análises que contribuam para o aprimoramento das condições de trabalho e para a prevenção de agravos à saúde ocupacional.

O diferencial metodológico desta pesquisa está na combinação entre a Análise do Trabalho e a observação participante, uma vez que o pesquisador também atua como operador de escavadeira hidráulica na Hexágono Engenharia. Essa condição possibilita uma aproximação direta com a atividade analisada, favorecendo a compreensão das dificuldades enfrentadas pelos operadores, das decisões tomadas durante a jornada e das estratégias construídas para lidar com limitações da máquina, variabilidades do terreno e pressão por produtividade. A imersão no campo permite, portanto, acessar dimensões do trabalho que dificilmente seriam identificadas apenas por meio de documentos, questionários ou observações externas.

Assim, este estudo busca analisar as condições de trabalho em situações reais de operação, considerando aspectos físicos, cognitivos, organizacionais e ambientais da atividade. A partir dessa análise, pretende-se contribuir para a formulação de propostas de solução que considerem não apenas a tarefa prescrita, mas principalmente a atividade real desenvolvida pelos operadores de escavadeira hidráulica. Com isso, espera-se oferecer subsídios para a melhoria das condições de trabalho, para a prevenção de sintomas musculoesqueléticos e para a construção de ambientes laborais mais seguros, saudáveis e

produtivos.

1.1 Objetivos

Esta seção apresenta o objetivo geral e os objetivos específicos que orientam o desenvolvimento deste trabalho. Considerando a relevância da operação de escavadeiras hidráulicas em atividades de terraplenagem e mineração, a pesquisa busca compreender os fatores ergonômicos presentes nessa atividade, bem como a forma como os operadores lidam com as exigências físicas, organizacionais e operacionais do trabalho real.

1.1.1 Objetivo geral

Realizar uma análise do trabalho de operadores de escavadeira hidráulica, com base na relação entre tarefa prescrita e atividade real, identificando fatores que interferem na saúde, no conforto e no desempenho operacional desses trabalhadores, a fim de propor soluções voltadas à melhoria das condições de trabalho e à prevenção de agravos ocupacionais.

1.1.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral proposto, este trabalho busca, inicialmente, identificar e analisar os principais fatores ergonômicos críticos presentes na operação de escavadeiras hidráulicas. Entre esses fatores, destacam-se a vibração de corpo inteiro, a permanência prolongada na postura sentada, os movimentos repetitivos realizados nos joysticks, as limitações de visibilidade e as exigências decorrentes do tipo de terreno e do material movimentado.

Também se pretende avaliar a ocorrência de sintomas musculoesqueléticos entre operadores de escavadeira hidráulica, utilizando como referência o Questionário Nórdico de Sintomas Musculoesqueléticos. Essa avaliação considera especialmente regiões corporais frequentemente associadas à atividade, como coluna lombar, região dorsal, cervical, ombros, punhos e membros inferiores, relacionando os sintomas relatados às exigências observadas no trabalho real.

Outro objetivo específico consiste em analisar a relação entre as condições da cabine e o surgimento de desconfortos ou dores relatados pelos operadores. Para isso, são considerados aspectos como conforto e regulagem do assento, campo de visão, disposição dos comandos, características da interface homem-máquina e necessidade de ajustes posturais durante a operação.

A pesquisa também busca investigar de que forma a organização do trabalho interfere na saúde, no conforto e no desempenho dos operadores. Nesse sentido, são

considerados elementos como jornada prolongada, pressão por produtividade, gestão das pausas, ritmo operacional e possibilidade real de recuperação durante a jornada.

Além disso, pretende-se observar e descrever as estratégias operatórias desenvolvidas pelos operadores para lidar com as dificuldades encontradas no cotidiano de trabalho, comparando a tarefa prescrita com a atividade real. Essa análise permite compreender como o trabalhador adapta sua ação diante das variabilidades da máquina, do terreno, do material movimentado e das exigências produtivas.

Por fim, o trabalho busca classificar a tarefa do operador de escavadeira hidráulica segundo os níveis propostos por Rocha, Pistolato e Diniz (2021), considerando as dimensões de tarefa divulgada, tarefa esperada, tarefa compreendida, tarefa apropriada, tarefa efetiva e atividade impedida. A partir dessa análise, pretende-se propor propostas de solução voltadas ao posto de trabalho, à organização da atividade e aos fatores ambientais, visando à redução da sobrecarga biomecânica, à prevenção de sintomas musculoesqueléticos e à promoção da saúde ocupacional.

2 Revisão de literatura

Este capítulo apresenta os principais fundamentos teóricos que sustentam a análise do trabalho do operador de escavadeira hidráulica. Inicialmente, discute-se a ergonomia aplicada ao contexto de máquinas e equipamentos pesados, com ênfase nas exigências físicas, cognitivas e organizacionais presentes em atividades de mineração e terraplenagem. Em seguida, são abordados os princípios da Análise do Trabalho, destacando a diferença entre tarefa prescrita e atividade real, aspecto central para compreender o modo como os operadores ajustam sua ação diante das variabilidades do trabalho.

Também são discutidos os principais riscos ergonômicos associados à operação de escavadeiras hidráulicas, tais como vibração de corpo inteiro, postura sentada prolongada, movimentos repetitivos dos comandos, limitações de visibilidade, exigências decorrentes do terreno e pressão por produtividade. Por fim, apresentam-se os instrumentos e perspectivas de intervenção ergonômica que orientam a análise proposta neste trabalho.

2.1 Ergonomia aplicada à operação de equipamentos pesados

A ergonomia tem como finalidade compreender a relação entre o trabalhador, os instrumentos de trabalho, o ambiente e a organização das atividades, buscando adaptar as condições laborais às características físicas, cognitivas e psicossociais dos indivíduos. Essa perspectiva está alinhada à compreensão da ergonomia como campo voltado à adequação do trabalho ao ser humano, considerando simultaneamente conforto, segurança, desempenho e preservação da saúde (IIDA, 2005). No contexto da operação de equipamentos pesados, essa relação assume grande complexidade, pois o trabalhador permanece durante longos períodos em interação direta com uma máquina de grande porte, submetido simultaneamente a exigências posturais, perceptivas, motoras e organizacionais.

A operação de escavadeiras hidráulicas constitui uma atividade essencial em obras de terraplenagem e mineração. Essas máquinas são utilizadas em tarefas como escavação, carregamento de materiais, abertura de valas, conformação de taludes, limpeza de áreas, movimentação de solo e rocha, além de apoio a outras etapas do processo produtivo. Embora a mecanização reduza parte do esforço físico direto, ela não elimina a carga de trabalho do operador. Ao contrário, desloca parte das exigências para dimensões menos visíveis, como a manutenção prolongada da postura sentada, a atenção contínua ao ambiente, o controle fino dos comandos, a interpretação do terreno e a necessidade de tomar decisões rápidas em condições variáveis.

De acordo com a Norma Regulamentadora NR-17, as condições de trabalho devem

ser adaptadas às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar conforto, segurança, saúde e desempenho eficiente (BRASIL, 2022b). Essa diretriz é particularmente relevante para operadores de máquinas pesadas, uma vez que o posto de trabalho não se limita ao assento e aos comandos da cabine. Ele envolve também o estado de conservação da máquina, a regulação dos dispositivos, a visibilidade disponível, a qualidade do terreno, o tipo de material movimentado, o ritmo exigido pela produção e a forma como as pausas são organizadas.

A NR-12 também se relaciona ao tema, pois estabelece princípios de segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, reforçando a necessidade de considerar medidas de proteção, dispositivos de segurança, manutenção e condições adequadas de operação (BRASIL, 2022a). No caso das escavadeiras hidráulicas, o posto de trabalho é composto por uma cabine fechada, assento ajustável, joysticks, pedais, monitores, alavancas, espelhos, sistemas de segurança e superfícies de apoio. Entretanto, a simples existência desses recursos não garante condições ergonômicas adequadas. Um assento pode estar presente, mas não permitir ajustes suficientes; os comandos podem estar corretamente instalados, mas exigir movimentos repetitivos ou força excessiva; a cabine pode oferecer proteção, mas apresentar limitações de visibilidade que obrigam o operador a inclinar o tronco para visualizar a caçamba, o caminhão ou o ponto de escavação.

Dessa forma, a ergonomia aplicada a equipamentos pesados não pode ser reduzida à verificação isolada de itens físicos do posto. É necessário compreender como o operador utiliza a máquina em situação real, como regula sua postura, como adapta o ritmo de trabalho, como interpreta as condições do terreno e quais estratégias desenvolve para cumprir a produção sem comprometer completamente sua segurança. Essa perspectiva permite superar uma visão meramente normativa da ergonomia e avançar para uma análise situada do trabalho, articulando fatores técnicos, humanos e organizacionais. A abordagem contemporânea da ergonomia também destaca a importância da consideração das necessidades dos usuários durante as etapas de desenvolvimento dos sistemas de trabalho e equipamentos. Segundo a ISO 9241-210:2019 e a ISO 9241-220:2019, o projeto centrado no ser humano deve considerar as características, limitações e experiências dos usuários ao longo do processo de concepção e avaliação das soluções.

No contexto de máquinas pesadas, essa perspectiva indica que fabricantes e empresas usuárias devem estabelecer uma relação colaborativa durante o desenvolvimento e seleção dos equipamentos, permitindo que informações provenientes da atividade real sejam incorporadas ao projeto. Assim, aspectos como visibilidade, posicionamento dos comandos, conforto da cabine e adequação postural podem ser definidos considerando não apenas condições ideais de operação, mas também as exigências encontradas no cotidiano dos trabalhadores.

2.1.1 Projeto ergonômico de máquinas baseado na atividade real

A ergonomia aplicada ao desenvolvimento de máquinas e equipamentos não deve ser compreendida apenas como uma ferramenta utilizada para corrigir problemas após a implantação do equipamento em campo. Uma abordagem contemporânea da ergonomia considera que os princípios ergonômicos devem estar presentes desde as etapas iniciais de concepção e projeto, permitindo que as características técnicas do equipamento sejam compatíveis com as exigências reais da atividade.

No caso de equipamentos pesados, como as escavadeiras hidráulicas, a participação conjunta entre fabricantes, empresas contratantes e usuários finais torna-se fundamental para que aspectos relacionados à interface homem-máquina sejam desenvolvidos de acordo com as necessidades reais de operação. Elementos como posicionamento dos comandos, campo visual da cabine, regulagem do assento, disposição dos dispositivos de controle e condições de acesso podem influenciar diretamente a postura adotada pelo operador e as estratégias utilizadas durante a execução da atividade.

Entretanto, observa-se que muitos equipamentos são desenvolvidos considerando condições padronizadas ou ideais de funcionamento, aproximando-se da tarefa prescrita, mas nem sempre contemplando as variabilidades presentes no trabalho real. A operação em terrenos inclinados, movimentação de diferentes tipos de materiais, limitações de visibilidade e necessidade de adaptação constante demonstram que o operador desenvolve estratégias próprias para atender às demandas produtivas.

Nesse sentido, a aproximação entre fabricantes e empresas contratantes possibilita que informações provenientes da utilização prática dos equipamentos sejam incorporadas ao processo de desenvolvimento tecnológico. A experiência dos operadores representa uma fonte relevante de conhecimento sobre limitações, dificuldades e oportunidades de melhoria, contribuindo para a construção de máquinas mais adequadas às condições reais de trabalho.

Dessa forma, a ergonomia deixa de atuar somente como uma ferramenta de avaliação das condições existentes e passa a contribuir também para o planejamento e desenvolvimento de equipamentos, reduzindo a distância entre a tarefa prescrita e a atividade efetivamente realizada pelo trabalhador.

2.2 Análise do Trabalho e compreensão da atividade real

A Análise do Trabalho constitui uma abordagem fundamental para compreender o trabalho em sua complexidade real. Guérin et al. (2001) defendem que o trabalho não pode ser compreendido apenas por meio de prescrições, normas, manuais ou procedimentos formais. Para conhecer uma atividade, é necessário observar aquilo que o trabalhador

efetivamente faz, em quais condições faz, quais dificuldades encontra e quais estratégias mobiliza para alcançar os objetivos esperados.

Essa abordagem é especialmente adequada ao estudo da operação de escavadeiras hidráulicas, pois a atividade ocorre em contextos marcados por grande variabilidade. O operador não executa sempre o mesmo movimento, no mesmo terreno, com a mesma máquina e sob as mesmas condições. Ao longo da jornada, ele pode lidar com material solto, pedra, lama, rampas, taludes, poeira, chuva, visibilidade reduzida, caminhões mal posicionados, equipamentos com desgaste, pressão de supervisores e metas de produção. Cada uma dessas situações exige ajustes finos da atividade, que dificilmente aparecem nos procedimentos formais de trabalho.

A análise do trabalho permite analisar a distância entre aquilo que é prescrito pela organização e aquilo que é realizado pelo trabalhador. Essa distância não deve ser interpretada automaticamente como erro, descumprimento ou negligência. Pelo contrário, muitas vezes ela expressa a inteligência prática do operador diante de condições que não foram previstas na prescrição. Um manual pode orientar que o operador mantenha a coluna apoiada no encosto do assento, mas, em determinadas situações, a baixa visibilidade da caçamba ou do ponto de escavação pode levá-lo a inclinar o tronco para garantir maior controle visual da operação.

Daniellou (2002) destaca que a ergonomia da atividade deve considerar as regulações construídas pelos trabalhadores para enfrentar as variabilidades do trabalho. No presente estudo, essa perspectiva é utilizada para compreender não apenas os fatores de risco visíveis, mas também as regulações realizadas pelos operadores. Essas regulações podem envolver mudanças de postura, alterações no ritmo de trabalho, pequenas pausas informais, ajustes próprios do assento, escolha de ângulos de carregamento e formas de comunicação com outros trabalhadores da frente de serviço. Assim, a análise do trabalho desloca o foco da simples identificação de problemas para a compreensão das condições que levam os operadores a agir de determinada maneira.

Outro aspecto importante da análise do trabalho é a valorização da experiência dos trabalhadores. A observação da atividade permite identificar comportamentos e situações críticas, mas é por meio da análise do trabalho real que se compreendem os motivos de determinadas ações. Nesse sentido, o diálogo com os operadores e a observação participante tornam-se relevantes, pois permitem compreender dificuldades, critérios de decisão e estratégias utilizadas durante a operação. Essa compreensão é essencial para evitar conclusões simplistas, como atribuir determinadas posturas apenas a escolhas individuais, sem considerar as exigências concretas da atividade.

2.3 Tarefa prescrita, tarefa esperada e atividade real

Um dos conceitos centrais da ergonomia da atividade é a distinção entre tarefa e atividade. A tarefa refere-se ao que é prescrito, solicitado ou esperado do trabalhador. Ela pode estar registrada em manuais, procedimentos operacionais, normas de segurança, ordens de serviço ou orientações dadas pela supervisão. Já a atividade corresponde ao trabalho efetivamente realizado, isto é, ao conjunto de ações, decisões, adaptações e estratégias desenvolvidas pelo trabalhador em situação concreta, conforme discutido por Guérin et al. (2001).

No caso do operador de escavadeira hidráulica, a tarefa prescrita pode incluir orientações como manter postura adequada, ajustar o assento antes do início da jornada, utilizar corretamente os comandos, observar as normas de segurança, realizar inspeções pré-operacionais e cumprir pausas previstas. Entretanto, a atividade real envolve muito mais do que seguir essas orientações. O operador precisa interpretar o terreno, avaliar a estabilidade da máquina, visualizar o caminhão, controlar a caçamba, lidar com falhas ou limitações do equipamento, manter o ritmo produtivo e responder às exigências da frente de trabalho.

A diferença entre tarefa e atividade torna-se ainda mais evidente quando se observa que nem toda exigência do trabalho está formalmente registrada. Muitas vezes, há uma tarefa esperada que não aparece nos documentos, mas se manifesta no cotidiano da produção. Espera-se, por exemplo, que o operador não atrase o carregamento, não interrompa a máquina sem necessidade, consiga operar diferentes modelos de escavadeira, adapte-se a terrenos irregulares e mantenha a produtividade mesmo diante de condições adversas. Essas expectativas informais podem entrar em conflito com a tarefa oficialmente divulgada, especialmente quando a produtividade é priorizada em detrimento das pausas, da postura ou do conforto.

Para aprofundar essa análise, Rocha, Pistolato e Diniz (2021) propõem uma classificação detalhada da tarefa, que permite compreender melhor as camadas existentes entre aquilo que é formalmente prescrito e aquilo que se concretiza na atividade. Nessa perspectiva, a tarefa divulgada corresponde ao que está oficialmente registrado e comunicado pela organização, como manuais, procedimentos e normas. A tarefa esperada refere-se ao que a empresa ou a supervisão espera do trabalhador, ainda que isso não esteja escrito. A tarefa compreendida diz respeito à interpretação que o trabalhador faz dessas exigências. A tarefa apropriada corresponde ao modo como ele assume, adapta ou seleciona aquilo que irá realizar. A tarefa efetiva é aquilo que se observa concretamente na ação. Por fim, a atividade impedida refere-se ao que o trabalhador gostaria ou poderia fazer, mas não consegue realizar em razão de limitações técnicas, organizacionais ou materiais.

Essa classificação é particularmente útil para analisar a operação de escavadeiras

hidráulicas, pois permite evidenciar conflitos que não aparecem em uma leitura superficial da atividade. O operador pode compreender que deveria manter a postura neutra, mas se apropria da tarefa de outro modo porque precisa enxergar o ponto de escavação. Pode saber que deveria realizar pausas, mas evita interromper o trabalho porque há caminhões aguardando carregamento. Pode reconhecer a importância de ajustar corretamente o assento, mas opera máquinas diferentes ao longo da jornada e acaba adaptando o corpo à cabine disponível. Nesses casos, a atividade real revela não uma simples falha individual, mas um conjunto de compromissos estabelecidos pelo trabalhador entre saúde, segurança, produtividade e condições concretas de operação.

O conceito de atividade impedida, desenvolvido por Clot (2007), também contribui para compreender o sofrimento no trabalho. Muitas vezes, o trabalhador sabe o que seria melhor fazer, mas não consegue agir conforme esse julgamento porque está submetido a pressões de tempo, metas produtivas, limitações da máquina ou ausência de recursos adequados. Assim, a análise da atividade impedida permite identificar não apenas aquilo que o operador faz, mas também aquilo que ele deixa de fazer por impedimentos impostos pela organização ou pelas condições reais de trabalho.

2.4 Riscos ergonômicos na operação de escavadeiras hidráulicas

A operação de escavadeiras hidráulicas expõe os trabalhadores a um conjunto de riscos ergonômicos que se manifestam de forma combinada. Entre os fatores mais relevantes estão a vibração de corpo inteiro, a postura sentada prolongada, os movimentos repetitivos dos comandos, as limitações de visibilidade, a exigência de atenção contínua, as condições do terreno e a pressão por produtividade. Esses fatores não atuam isoladamente; ao contrário, eles se sobrepõem ao longo da jornada e contribuem para o surgimento de fadiga, desconfortos e sintomas musculoesqueléticos.

A vibração de corpo inteiro constitui um dos principais fatores de risco em máquinas pesadas. Ela ocorre quando as vibrações geradas pelo motor, pelo deslocamento da máquina, pelo contato com o solo e pelo impacto da operação são transmitidas ao corpo do operador, principalmente por meio do assento e da base da cabine. Em atividades de mineração e terraplenagem, esse problema pode ser agravado por terrenos irregulares, deslocamentos em rampas, carregamento de materiais pesados e operação sobre pedra ou solo compactado. A exposição prolongada à vibração tem sido associada a dores lombares, fadiga e maior sobrecarga da coluna vertebral (WATERS et al., 2008). Estudos mais recentes reforçam que a vibração de corpo inteiro permanece como um dos principais fatores de risco associados aos operadores de equipamentos utilizados em atividades de mineração. Duarte et al. (2020) destacam que a exposição dos trabalhadores não depende exclusivamente das características da máquina, mas também das condições operacionais, do terreno e das

estratégias utilizadas durante a execução da atividade.

Dessa forma, a avaliação da vibração deve considerar a interação entre equipamento, ambiente e trabalhador, evitando análises isoladas do componente físico.

A postura sentada prolongada também representa um fator crítico. Embora a posição sentada reduza parte do esforço físico associado ao trabalho em pé, ela pode gerar sobrecarga importante quando mantida por muitas horas, especialmente em associação com vibração e pouca variação postural. Iida (2005) destaca que a postura de trabalho, quando mantida por longos períodos e associada à repetitividade, pode contribuir para fadiga e desconfortos musculoesqueléticos. O operador de escavadeira frequentemente permanece sentado durante quase toda a jornada, realizando movimentos repetitivos com os membros superiores e mantendo atenção constante ao ambiente externo.

Outro fator relevante está relacionado aos movimentos repetitivos dos joysticks e demais comandos hidráulicos. A operação exige movimentos contínuos de punhos, dedos, antebraços e ombros, muitas vezes com precisão e ritmo elevados. Dependendo do estado da máquina, da resistência dos comandos e do tipo de material movimentado, o operador pode exercer força maior do que a prevista, aumentando o risco de desconfortos em punhos, ombros e região cervical. A repetitividade não se limita ao gesto em si, mas envolve também a necessidade de manter atenção, coordenação e ritmo durante longos períodos.

As limitações de visibilidade constituem outro elemento importante na análise do trabalho. A cabine da escavadeira oferece um campo visual condicionado pela posição da lança, da caçamba, dos espelhos, da altura da bancada e do posicionamento do caminhão. Quando o operador não consegue visualizar adequadamente o ponto de escavação ou descarga, ele tende a adotar estratégias posturais compensatórias, como inclinar o tronco, girar o pescoço ou deslocar o corpo no assento. Essas estratégias podem ser funcionais para a produção, mas, quando repetidas ao longo da jornada, contribuem para o surgimento de desconfortos musculoesqueléticos.

As condições do terreno e o tipo de material movimentado também interferem diretamente na carga de trabalho. Operar em terreno plano e com material solto é diferente de operar em rampa, em solo instável ou com pedra de grande porte. Em rampas, por exemplo, a inclinação da máquina modifica a referência corporal do operador, que tende a compensar a posição da cabine com inclinações laterais do tronco. Em materiais duros ou de grande granulometria, a operação pode exigir maior força nos comandos, maior atenção e mais ajustes durante o ciclo de carregamento. Assim, a variabilidade do terreno e do material deve ser considerada como parte da análise do trabalho, e não como simples condição externa à atividade. Essa relação entre equipamento e ambiente operacional também é evidenciada em estudos realizados com operadores de máquinas de movimentação de terra. Chaudhary et al. (2022) observaram que diferentes condições de operação podem modificar significativamente a exposição dos trabalhadores à vibração de corpo inteiro,

demonstrando que características como terreno, deslocamento e tipo de equipamento devem ser consideradas nas avaliações ergonômicas.

Por fim, os fatores organizacionais e psicossociais agravam os riscos físicos. A pressão por produtividade, a existência de caminhões aguardando carregamento, a redução de pausas, a cobrança por ritmo e a necessidade de evitar interrupções podem levar o operador a negligenciar sinais de fadiga ou desconforto. Nesses casos, o problema ergonômico não está apenas no posto físico, mas também na organização da atividade. A ausência de pausas adequadas, o ritmo intenso e a naturalização da dor podem contribuir para o agravamento dos sintomas e para a invisibilidade do sofrimento no trabalho, aspecto que também se relaciona à discussão sobre atividade impedida proposta por Clot (2007).

2.5 Instrumentos de avaliação e perspectivas de intervenção ergonômica

A avaliação ergonômica da operação de escavadeiras hidráulicas exige a combinação de diferentes instrumentos, uma vez que nenhum método isolado é capaz de captar toda a complexidade da atividade. A análise documental permite compreender a tarefa prescrita, isto é, aquilo que está registrado em manuais, procedimentos internos, normas regulamentadoras e orientações formais da empresa. Contudo, essa análise precisa ser complementada pela observação da atividade real, pois muitos aspectos relevantes do trabalho não aparecem nos documentos.

A observação participante constitui uma estratégia importante neste estudo, pois permite acompanhar a atividade em seu contexto real de execução. Por meio dela, torna-se possível registrar posturas adotadas, ajustes realizados, estratégias de visibilidade, formas de comunicação, momentos de pausa e situações em que o operador precisa adaptar sua ação. No caso desta pesquisa, a condição do pesquisador como operador de escavadeira favorece uma aproximação direta com o campo, permitindo compreender dificuldades que poderiam passar despercebidas em uma observação externa. Essa estratégia dialoga com a própria lógica da análise do trabalho, pois prioriza a compreensão do trabalho em situação concreta, conforme discutido por Guérin et al. (2001).

O Questionário Nórdico de Sintomas Musculoesqueléticos, proposto por Kuorinka et al. (1987), é outro instrumento relevante, pois permite identificar a ocorrência de dores e desconfortos em diferentes regiões corporais. Sua aplicação possibilita mapear a distribuição dos sintomas entre os operadores e relacioná-los, posteriormente, às exigências observadas na atividade. Embora o questionário não explique sozinho a origem dos sintomas, ele contribui para indicar regiões corporais mais afetadas e orientar a análise qualitativa.

As entrevistas de autoconfrontação também podem contribuir para a compreensão

da atividade real, pois permitem que o trabalhador comente situações observadas em sua própria prática e explicita os motivos de determinadas escolhas operatórias. Ao analisar uma imagem, uma situação registrada ou um episódio vivenciado durante a jornada, o operador pode explicar por que adotou determinada postura, por que realizou uma pausa informal, por que modificou o ritmo da operação ou por que não conseguiu agir conforme a orientação prescrita. Essa técnica contribui para revelar dimensões menos visíveis do trabalho, aproximando a análise do trabalho da experiência concreta do trabalhador e da noção de atividade impedida discutida por Clot (2007).

As propostas de intervenção no trabalho em escavadeiras hidráulicas devem considerar simultaneamente dimensões técnicas, organizacionais e formativas. No plano técnico, podem envolver melhorias no assento, nos apoios, nos comandos, nos espelhos, nas câmeras auxiliares e nos dispositivos de visibilidade. No plano organizacional, devem contemplar a gestão de pausas, o rodízio de atividades, o planejamento do ritmo de produção e a inclusão de situações críticas, como operação em rampa, nas análises de risco. No plano formativo, é importante construir treinamentos que não apenas transmitam regras, mas valorizem a experiência dos operadores e discutam coletivamente as estratégias desenvolvidas no trabalho real. Uma perspectiva atual da ergonomia reforça que as intervenções devem ocorrer de forma participativa, envolvendo trabalhadores, gestores e demais envolvidos no sistema de trabalho. De acordo com a International Labour Organization e a International Ergonomics Association (2021), a ergonomia deve ser integrada ao planejamento dos sistemas produtivos, considerando simultaneamente fatores físicos, cognitivos e organizacionais.

Nesse sentido, a participação dos operadores torna-se fundamental, pois esses trabalhadores possuem conhecimento prático sobre limitações dos equipamentos, variabilidades das operações e estratégias desenvolvidas para realizar suas atividades. Esse conhecimento contribui para a elaboração de soluções mais adequadas às condições reais de trabalho.

Portanto, a intervenção ergonômica não deve buscar apenas corrigir posturas individuais, mas compreender as razões pelas quais determinadas posturas e estratégias são adotadas. Em atividades complexas como a operação de escavadeiras hidráulicas, orientações genéricas tendem a ser pouco eficazes quando não consideram a variabilidade do trabalho. Por isso, a análise proposta neste estudo parte da compreensão da atividade real como condição para formular melhorias mais aderentes às necessidades dos operadores e às exigências concretas da produção. Além das avaliações tradicionais das condições físicas do posto de trabalho, estudos recentes em ergonomia têm destacado a importância da participação dos trabalhadores nos processos de análise e transformação das situações de trabalho. A ergonomia participativa considera que os operadores possuem conhecimentos específicos sobre as dificuldades, limitações e estratégias desenvolvidas durante a execução das atividades, tornando sua participação essencial para a elaboração de soluções mais adequadas ao contexto real.

Essa perspectiva apresenta relação direta com a análise do trabalho, pois permite compreender que as melhorias ergonômicas não devem ser construídas exclusivamente a partir de critérios técnicos externos, mas também considerando a experiência prática dos usuários. No caso das escavadeiras hidráulicas, a contribuição dos operadores pode auxiliar na identificação de problemas relacionados à visibilidade, posicionamento dos comandos, conforto da cabine e adequação do equipamento às diferentes condições operacionais.

Assim, a integração entre conhecimento técnico e conhecimento prático representa uma estratégia importante para o desenvolvimento de intervenções mais eficientes, aproximando as soluções propostas das necessidades reais dos trabalhadores.

3 Metodologia

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento da pesquisa. O estudo foi conduzido como uma análise do trabalho de operadores de escavadeira hidráulica, tomando como referência a distinção entre tarefa prescrita e atividade real. Essa perspectiva permite compreender que o trabalho não se limita ao cumprimento de normas e procedimentos, mas envolve adaptações, regulações e estratégias construídas pelos trabalhadores diante das condições concretas da atividade.

A metodologia articula pesquisa qualitativa, observação participante, aplicação de questionário de sintomas musculoesqueléticos, registros fotográficos e entrevistas de auto-confrontação. Esses procedimentos foram utilizados de forma complementar, permitindo relacionar os dados obtidos com as condições reais de operação, a organização do trabalho e os relatos dos operadores.

3.1 Caracterização da pesquisa

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza qualitativa e descritiva, com apoio de dados quantitativos provenientes do questionário aplicado aos operadores. Segundo Gil (2008), a pesquisa descritiva busca caracterizar determinado fenômeno ou população, enquanto a abordagem qualitativa permite compreender práticas, relações e significados presentes no contexto investigado. No presente estudo, essa abordagem é adequada porque o objetivo não é apenas quantificar sintomas, mas compreender como a atividade real dos operadores é construída diante das condições concretas de trabalho.

A dimensão descritiva da pesquisa está relacionada ao levantamento e à organização das situações observadas em campo, incluindo posturas adotadas, condições da cabine, posicionamento da máquina, variabilidade do terreno, exigências de visibilidade e relatos de dor ou desconforto. Já os dados quantitativos, obtidos por meio do questionário, foram utilizados para caracterizar o perfil dos operadores e identificar a distribuição dos sintomas musculoesqueléticos relatados. Conforme Minayo (2009), a pesquisa qualitativa contribui para a interpretação de fenômenos sociais em seu contexto, o que é coerente com a proposta de compreender a atividade real dos operadores.

3.2 Local de estudo e participantes

O estudo foi conduzido em uma empresa de mineração localizada na região de Mariana, MG, com foco nos operadores de escavadeira hidráulica. A pesquisa foi organizada a partir de dois recortes complementares: a aplicação do Questionário Nórdico de sintomas musculoesqueléticos e a observação participante em campo. Essa separação permitiu contemplar operadores de diferentes empresas e registrar detalhadamente a atividade real em um contexto específico.

Participaram do questionário 16 operadores de escavadeira hidráulica, atuando exclusivamente nessa função, vinculados às empresas Hexágono Engenharia, VIX, Vale. A seleção seguiu critérios da pesquisa qualitativa, considerando a relação direta dos sujeitos com o fenômeno estudado e sua capacidade de contribuir para a compreensão do contexto (Minayo, 2009).

A observação participante foi realizada na Barragem de Germano, na empresa Hexágono Engenharia. Nesse contexto, a principal atividade acompanhada foi a execução de drenos com escavadeira hidráulica. Foram observadas também operações de apoio, como movimentação de materiais, carregamento, acabamento de áreas, limpeza operacional e adequação do terreno. A observação participante consiste na presença do pesquisador junto aos operadores, permitindo o registro de posturas, estratégias operatórias e adaptações individuais durante a atividade real, sendo amplamente recomendada para estudos ergonômicos (Dul et al., 2012).

Além disso, os operadores possuíam experiência prática em carregamento de materiais, deslocamento em terrenos inclinados, acabamento de área, retaludamento. Essa diversidade possibilitou analisar a variabilidade da atividade e compreender como as exigências físicas, cognitivas e organizacionais se manifestam no cotidiano de trabalho.

Todos os procedimentos seguiram normas éticas, com consentimento informado dos participantes e preservação do anonimato. Os instrumentos utilizados foram: o Questionário Nórdico (Kuorinka et al., 1987) para identificar sintomas musculoesqueléticos, entrevistas de autoconfrontação (Clot, 2007) para análise reflexiva das atividades e registros fotográficos para documentação das posturas adotadas pelos operadores.

3.3 Observação participante

A observação participante consiste em uma estratégia de investigação na qual o pesquisador acompanha diretamente o contexto estudado, participando ou se aproximando das situações vividas pelos sujeitos da pesquisa. De acordo com Minayo (2009), esse procedimento permite compreender práticas, relações e significados produzidos no cotidiano. Neste estudo, a observação participante foi favorecida pelo fato de o pesquisador também

atuar como operador de escavadeira hidráulica, possibilitando contato direto com as exigências, dificuldades e estratégias presentes na atividade.

Durante a observação, foram considerados aspectos como postura corporal, campo visual, uso dos comandos, posicionamento da máquina, tipo de material movimentado, inclinação do terreno, necessidade de acompanhamento da concha, relação com caminhões e demais equipamentos, além das estratégias utilizadas para manter a produtividade e a segurança da operação.

A observação participante possibilitou identificar que a atividade do operador não se limita à execução mecânica de comandos. O trabalhador precisa interpretar continuamente o ambiente, avaliar riscos, ajustar o posicionamento da máquina, regular o ritmo da operação e modificar sua postura para melhorar a visibilidade ou compensar limitações do posto de trabalho. Dessa forma, esse procedimento contribuiu para compreender a distância entre a tarefa prescrita e a atividade real.

3.4 Questionário de sintomas musculoesqueléticos

Para identificar sintomas de dor e desconforto associados à atividade, foi aplicado um questionário eletrônico a 16 operadores de escavadeira hidráulica vinculados a empresas variadas, incluindo Hexágono Engenharia, VIX, Vale e Samarco. O instrumento foi elaborado com base no Questionário Nórdico de Sintomas Musculoesqueléticos, proposto por Kuorinka et al. (1987), utilizado em estudos de saúde ocupacional para mapear a ocorrência de sintomas em diferentes regiões corporais.

O questionário abordou informações como idade, tempo de experiência, modelo de máquina operado com maior frequência, turno de trabalho, região do corpo com maior ocorrência de dor ou desconforto, intensidade da dor, presença de sintomas nos últimos dias, impacto da dor nas atividades de trabalho, desconforto em longos períodos de operação, percepção sobre vibração e adequação da regulação do assento.

As respostas foram utilizadas para caracterizar o perfil dos operadores e relacionar os sintomas relatados às exigências próprias da operação de escavadeiras hidráulicas. Assim, o questionário não foi tratado como instrumento isolado, mas como parte do conjunto metodológico da pesquisa, articulado à observação participante realizada na Barragem de Germano, aos registros fotográficos e à análise da atividade.

3.5 Registros fotográficos e análise das situações de trabalho

Os registros fotográficos foram utilizados como apoio à análise das condições reais de operação. As imagens permitiram documentar situações relacionadas ao posicionamento da escavadeira, altura de banco, deslocamento em plano inclinado, carregamento de materiais,

operação em rampa, campo visual da cabine, posição da concha e estratégias posturais adotadas durante a atividade.

As fotografias e imagens organizadas no trabalho foram analisadas de forma articulada ao referencial teórico da análise do trabalho. O objetivo não foi apenas ilustrar a operação, mas utilizar os registros como evidências das exigências reais enfrentadas pelos operadores. Como destacam Guérin et al. (2001), compreender o trabalho exige observar as situações concretas em que a atividade ocorre, identificando as regulações e estratégias construídas pelos trabalhadores.

A análise das imagens também permitiu comparar situações consideradas tecnicamente adequadas com condições reais de execução, evidenciando que o trabalho do operador envolve adaptações constantes. Essa comparação foi importante para demonstrar que a atividade real nem sempre corresponde às condições ideais previstas em orientações técnicas ou manuais operacionais.

3.6 Entrevistas de autoconfrontação

As entrevistas de autoconfrontação foram utilizadas como procedimento complementar à observação. Essa técnica permite que o trabalhador comente situações de sua própria atividade, explicitando os motivos de suas ações, escolhas, dificuldades e estratégias. Conforme Clot (2007), a análise da atividade deve considerar não apenas aquilo que o trabalhador realiza, mas também aquilo que ele gostaria ou poderia realizar e que é impedido pelas condições concretas de trabalho.

A partir de situações observadas e registros da atividade, os operadores puderam comentar aspectos de sua própria prática, explicando motivos, dificuldades e estratégias adotadas durante a operação. Esse procedimento permitiu compreender por que determinadas posturas, pausas informais ou alterações no ritmo de trabalho ocorrem durante a jornada.

A autoconfrontação também contribuiu para a compreensão da atividade impedida, uma vez que alguns operadores relataram reconhecer a necessidade de parar, alongar, variar a postura ou descansar por alguns minutos, mas nem sempre conseguiam realizar essas ações devido ao ritmo produtivo e à continuidade da operação. Dessa forma, esse procedimento ajudou a evidenciar tensões entre saúde, produtividade e condições reais de trabalho.

3.7 Tratamento e análise dos dados

Os dados coletados foram analisados de forma integrada. As respostas do questionário foram organizadas em gráficos e utilizadas para identificar tendências relacionadas

ao perfil dos operadores e aos sintomas musculoesqueléticos relatados. Esses resultados foram interpretados em conjunto com os registros fotográficos, as observações de campo e os relatos obtidos durante a autoconfrontação.

A análise buscou relacionar os sintomas e desconfortos com as exigências concretas da atividade, considerando fatores como postura sentada prolongada, vibração de corpo inteiro, repetitividade dos comandos, limitações de visibilidade, condições do terreno, pressão por produtividade e organização das pausas. Segundo Bardin (2016), a análise de conteúdo permite organizar e interpretar dados qualitativos a partir de categorias temáticas; neste estudo, essa lógica foi utilizada para agrupar situações relacionadas à tarefa prescrita, à atividade real, aos sintomas relatados e às estratégias operatórias.

Dessa forma, os dados não foram analisados de maneira isolada. A intenção foi compreender como os diferentes elementos do trabalho se combinam e influenciam a saúde, o conforto e o desempenho dos operadores. Essa estratégia permitiu construir uma discussão mais próxima da atividade real, evitando reduzir os problemas observados a causas individuais ou exclusivamente posturais.

3.8 Análise do Trabalho

A Análise do Trabalho foi realizada com base na comparação entre a tarefa prescrita e a atividade real dos operadores de escavadeira hidráulica. A tarefa prescrita consiste nas instruções formais, procedimentos operacionais e normas de segurança, enquanto a atividade real considera adaptações, estratégias e decisões tomadas pelos operadores em campo.

Foram utilizados dados obtidos por meio da observação participante, questionário de sintomas musculoesqueléticos, registros fotográficos e entrevistas de autoconfrontação. Cada situação observada foi categorizada de acordo com os diferentes níveis de tarefa e atividade: planejada, esperada, compreendida, apropriada, efetiva e atividades impedidas.

A análise permitiu identificar discrepâncias entre o prescrito e o realizado, evidenciando ajustes posturais, estratégias de compensação e decisões operatórias adotadas diante de limitações da máquina, variabilidade do terreno e exigências de produtividade. Essa abordagem possibilita propor soluções voltadas à melhoria das condições de trabalho, considerando ergonomia, organização da atividade e fatores ambientais.

4 Resultados e discussão

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos a partir da análise do trabalho do operador de escavadeira hidráulica. A discussão foi organizada com base nos princípios da Análise do Trabalho, considerando a relação entre tarefa prescrita, tarefa esperada e atividade real. Dessa forma, os dados levantados não são tratados apenas como informações descritivas, mas como elementos que permitem compreender como o operador ajusta sua ação diante das exigências concretas da atividade.

A operação da escavadeira hidráulica envolve exigências físicas, cognitivas e organizacionais (Iida, 2005; Bridger, 2018). O operador precisa controlar os comandos da máquina, acompanhar visualmente a concha, interpretar as condições do terreno, observar a presença de caminhões e trabalhadores no entorno, manter a estabilidade do equipamento e responder às demandas de produtividade. Por esse motivo, a análise do trabalho não pode se limitar à verificação da postura sentada ou da cabine, devendo considerar também as variabilidades do trabalho real, as estratégias operatórias e os impedimentos enfrentados durante a jornada.

Além disso, é importante compreender que a atividade do operador ocorre em um contexto dinâmico, no qual as condições de trabalho se modificam ao longo do dia. A inclinação do terreno, o tipo de material movimentado, o posicionamento dos caminhões, a visibilidade disponível, a condição da cabine e o ritmo exigido pela produção influenciam diretamente a forma como o trabalhador executa a tarefa. Assim, os resultados discutidos neste capítulo buscam evidenciar que os riscos ergonômicos não estão associados apenas ao indivíduo, mas ao conjunto de condições técnicas, ambientais e organizacionais que estruturam a atividade.

4.1 Análise da tarefa prescrita e da atividade real

A análise da tarefa permite comparar aquilo que é prescrito ao operador com aquilo que ele efetivamente realiza durante a atividade. Na operação de escavadeiras hidráulicas, a tarefa prescrita envolve o uso correto dos comandos, o posicionamento seguro da máquina, a realização de inspeções pré-operacionais, o cumprimento das normas de segurança e a adoção de posturas consideradas adequadas. Entretanto, na prática, o operador precisa lidar com condições que nem sempre estão previstas nos procedimentos formais, como irregularidades do terreno, diferentes tipos de material, limitações de visibilidade, pressão por produtividade e necessidade de tomada de decisão durante a operação.

A Figura 1 reúne duas situações relevantes para a compreensão da operação de

escavadeiras hidráulicas. A primeira representa uma condição considerada adequada de aplicação da máquina, enquanto a segunda apresenta a operação em plano inclinado, situação que impõe exigências adicionais ao operador. O agrupamento dessas imagens permite comparar uma referência técnica de operação com uma condição real que amplia a complexidade da atividade.

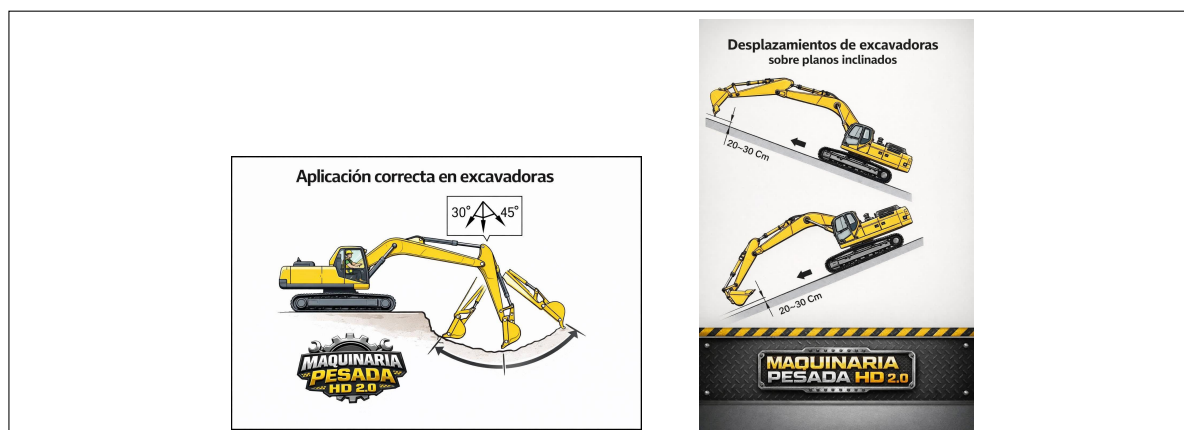


Figura 1 – Aplicação correta na operação de escavadeira hidráulica e deslocamento de escavadeiras em plano inclinado. Fonte: Máquinas Pesadas HD 2.0.

A Figura 1 evidencia que a tarefa prescrita normalmente apresenta uma condição ideal de operação, em que a máquina se encontra corretamente posicionada e a atividade ocorre em situação controlada. Entretanto, na atividade real, o operador frequentemente precisa atuar em condições menos favoráveis, como ocorre nos deslocamentos em terrenos inclinados, nos quais a estabilidade da máquina, a percepção de equilíbrio e a segurança da operação se tornam aspectos ainda mais críticos.

Essa comparação é importante para a análise do trabalho porque revela a distância entre a referência técnica de operação e as exigências concretas do trabalho. Em plano inclinado, o operador tende a intensificar sua atenção e pode realizar compensações posturais para manter o controle visual e operacional da máquina. Dessa forma, as posturas adotadas e os esforços exigidos não podem ser analisados apenas a partir de orientações ideais, sendo necessário considerar as condições reais em que a atividade acontece.

A Figura 2 apresenta duas condições técnicas relacionadas ao posicionamento da escavadeira hidráulica: uma situação de deslocamento inadequado e uma referência de altura de banco durante a operação.

A Figura 2 permite observar que o posicionamento da máquina influencia diretamente a segurança, a estabilidade e a eficiência da atividade. A condição de deslocamento inadequado pode ampliar os riscos operacionais e exigir maior atenção do operador, enquanto a altura de banco interfere no alcance da concha, na visibilidade e no tempo de ciclo. Assim, esses elementos demonstram que a ergonomia da operação não depende apenas da postura do trabalhador dentro da cabine, mas também do planejamento da



Figura 2 – Posição incorreta de deslocamento e altura de banco em operação de escavadeira hidráulica. Fonte: Máquinas Pesadas HD 2.0.

frente de serviço e das condições em que a máquina é posicionada.

Na atividade real, o posicionamento inadequado da escavadeira tende a aumentar a complexidade da operação. O operador pode precisar realizar giros mais amplos, inclinar o tronco para visualizar melhor a área de trabalho ou corrigir continuamente a posição da concha. Essas adaptações aumentam a carga física e cognitiva da atividade, pois exigem maior atenção, controle motor e antecipação de riscos. Dessa forma, o planejamento da área de operação constitui um fator ergonômico relevante, uma vez que influencia diretamente a postura, a segurança e o desempenho do trabalhador.

A Figura 3 apresenta duas configurações de posição de serviço da escavadeira hidráulica. As duas imagens foram agrupadas porque representam variações de uma mesma situação operacional, nas quais a posição da lança, do braço e da concha modifica o alcance e o campo visual do operador.



Figura 3 – Posições de serviço A e B em escavadeira hidráulica. Fonte: Máquinas Pesadas HD 2.0.

A Figura 3 demonstra que pequenas mudanças no posicionamento da máquina podem alterar a exigência de controle dos comandos e a necessidade de acompanhamento visual da concha. Na atividade real, o operador não executa uma sequência mecânica e invariável de movimentos. Ao contrário, ele regula continuamente sua ação conforme o

material, o terreno, a distância do caminhão e a estabilidade da máquina. Essa necessidade de regulação reforça a distância entre a tarefa prescrita e o trabalho efetivamente realizado.

Dessa forma, a posição de serviço não deve ser analisada apenas como uma configuração mecânica da máquina, mas como parte do sistema de trabalho. A forma como a escavadeira é posicionada interfere na visibilidade, na repetição dos movimentos, na duração dos ciclos operacionais e na postura adotada pelo trabalhador ao longo da jornada.

A Figura 4 apresenta uma representação do posicionamento e giro estratégico durante o carregamento. O ângulo de giro entre a escavadeira e o caminhão interfere diretamente no tempo de ciclo, na produtividade e na repetitividade dos movimentos.



Figura 4 – Posicionamento e giro estratégico em escavadeiras. Fonte: Máquinas Pesadas HD 2.0.

A Figura 4 mostra que um posicionamento mais adequado pode reduzir giros excessivos, melhorar a visibilidade e diminuir o esforço operacional. Por outro lado, quando o caminhão ou a escavadeira estão mal posicionados, o operador realiza movimentos mais amplos e repetitivos, aumentando a carga de trabalho. Portanto, a ergonomia da atividade depende também do planejamento da operação e não apenas das características internas da cabine.

4.2 Perfil dos operadores e sintomas musculoesqueléticos

Os dados obtidos por meio do questionário aplicado aos operadores permitiram caracterizar o grupo participante e identificar sintomas musculoesqueléticos associados

à atividade. Esses resultados devem ser analisados em conjunto com as observações de campo, pois a dor e o desconforto não surgem de forma isolada, mas a partir da interação entre trabalhador, máquina, ambiente e organização do trabalho.

A caracterização dos operadores é relevante porque permite relacionar as exigências da atividade com aspectos como idade, experiência, turno de trabalho e percepção de desconforto. Entretanto, esses elementos não devem ser interpretados de maneira isolada ou determinista. Na perspectiva ergonômica, sintomas como dor lombar, fadiga e desconforto corporal precisam ser compreendidos como manifestações de um sistema de trabalho que combina permanência sentada, vibração, repetitividade, atenção constante e limitações de recuperação durante a jornada.

A Figura 5 apresenta a idade dos operadores participantes da pesquisa.

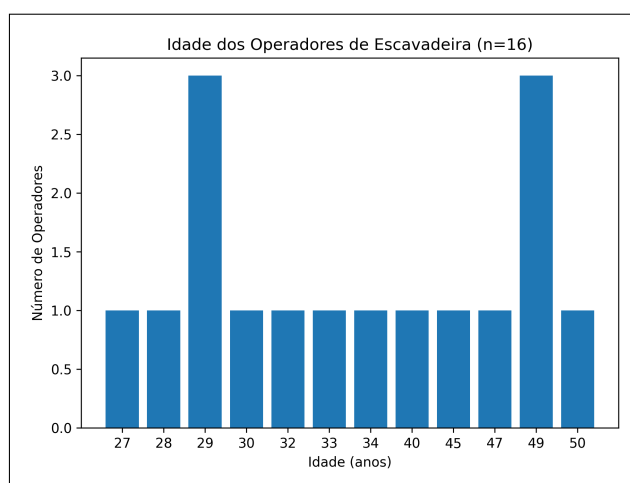


Figura 5 – Idade dos operadores participantes da pesquisa. Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 5 contribui para caracterizar o perfil etário dos operadores analisados. A idade é um elemento importante porque pode influenciar a percepção de dor, a resistência à fadiga e o histórico de exposição ocupacional. No entanto, a presença de desconfortos não deve ser atribuída apenas a fatores individuais, pois a organização do trabalho e as condições de operação também exercem papel significativo.

A idade dos operadores não deve ser interpretada de forma isolada como causa direta de dor ou desconforto. No entanto, ela contribui para compreender o tempo de exposição acumulada às exigências da atividade, especialmente quando associada à postura sentada prolongada, vibração de corpo inteiro, repetitividade dos comandos e necessidade de rotação frequente de tronco e pescoço. Assim, o perfil dos trabalhadores ajuda a contextualizar os sintomas relatados e reforça a importância de medidas preventivas voltadas não apenas ao indivíduo, mas também à organização do trabalho e às condições reais de operação.

A Figura 6 apresenta os modelos ou marcas de escavadeiras mais operadas pelos

participantes e o turno habitual de trabalho. O agrupamento dessas informações permite relacionar as características dos equipamentos utilizados com a organização temporal da atividade.

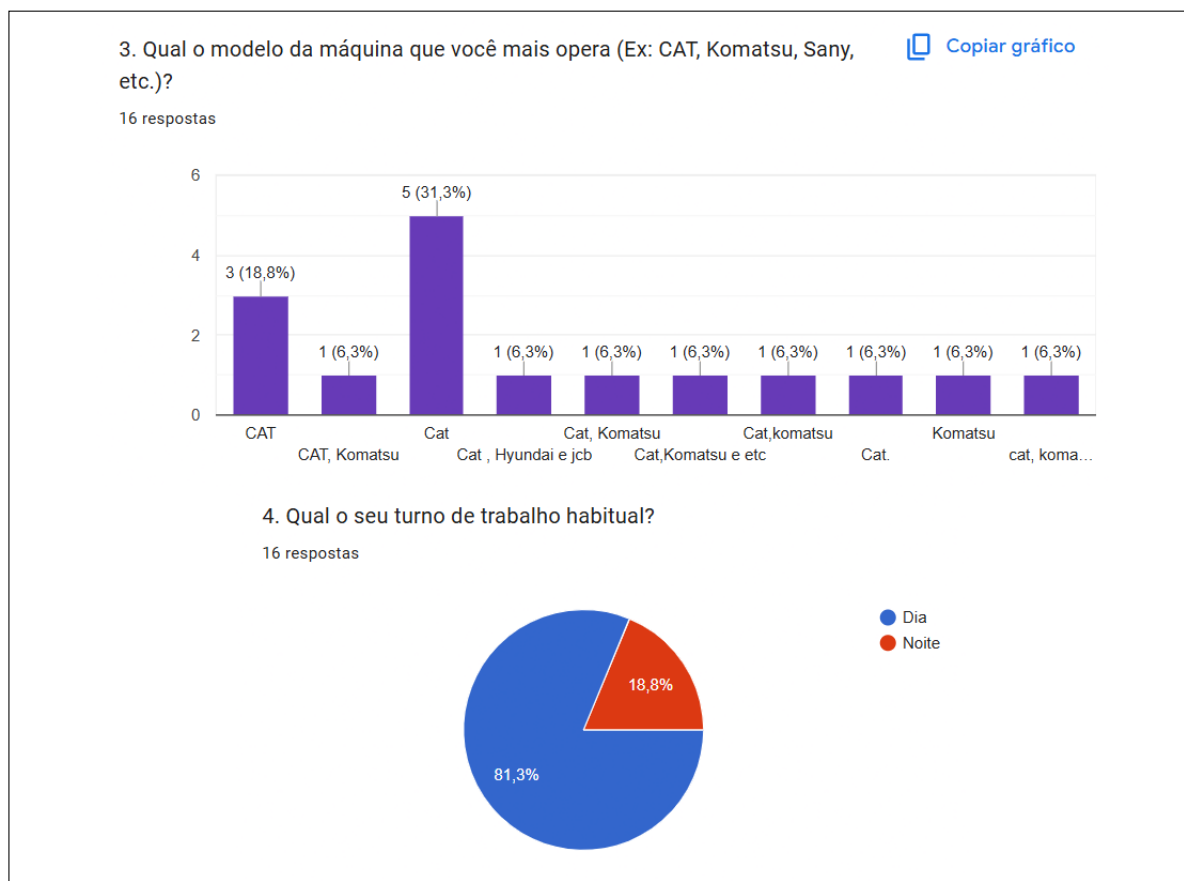


Figura 6 – Modelos ou marcas de escavadeiras mais operadas e turno habitual de trabalho dos operadores. Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 6 mostra que os operadores possuem experiência com diferentes equipamentos e atuam dentro de determinada organização de jornada. Essa diversidade é relevante para a análise do trabalho porque cada modelo de escavadeira pode apresentar diferenças de cabine, comandos, visibilidade, assento, vibração e possibilidade de ajustes. Assim, a atividade real não depende apenas da função exercida, mas também das características da máquina disponível.

O turno de trabalho também interfere diretamente na análise da atividade, pois está relacionado à fadiga, à exposição ao calor, à iluminação e ao ritmo da produção. Mesmo quando o trabalho ocorre em período diurno, as condições ambientais podem ser desfavoráveis, especialmente em frentes abertas de mineração, terraplenagem e movimentação de materiais, onde há poeira, calor, luminosidade intensa e variação constante do ambiente operacional. Dessa forma, os dados de perfil contribuem para compreender o contexto no qual os sintomas musculoesqueléticos são produzidos.

A Figura 7 apresenta a região do corpo com maior ocorrência de dor ou desconforto entre os operadores.

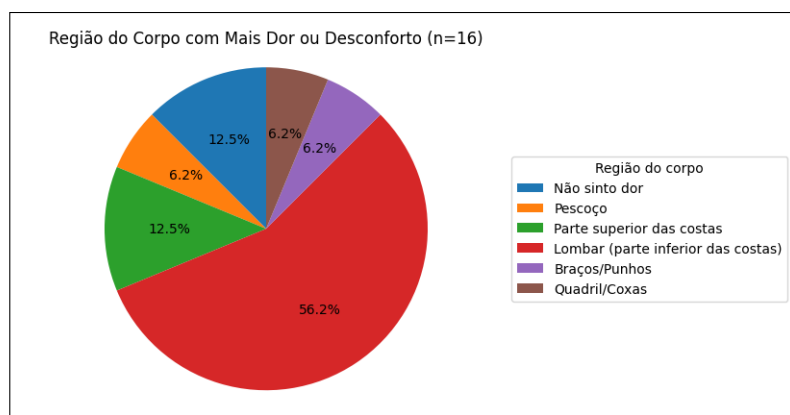


Figura 7 – Região do corpo com maior ocorrência de dor ou desconforto. Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 7 evidencia maior concentração de queixas na região lombar. Esse resultado é coerente com as exigências da operação de escavadeiras hidráulicas, pois o operador permanece sentado durante longos períodos, exposto à vibração de corpo inteiro e realizando ajustes posturais frequentes para acompanhar a concha, o caminhão e a frente de trabalho. As queixas em outras regiões também indicam que a carga física se distribui pelo corpo.

A presença de dor lombar deve ser relacionada não apenas à postura sentada, mas também à impossibilidade de variação corporal durante a atividade. Em muitos momentos, o operador precisa manter atenção constante e não consegue interromper a operação para realizar pausas, alongamentos ou mudanças significativas de postura. Com isso, a permanência prolongada na cabine passa a ser agravada pela repetitividade dos comandos, pela tensão decorrente da atenção contínua e pela necessidade de estabilização corporal diante das vibrações e inclinações da máquina.

A Figura 8 apresenta a intensidade média da dor relatada pelos operadores.

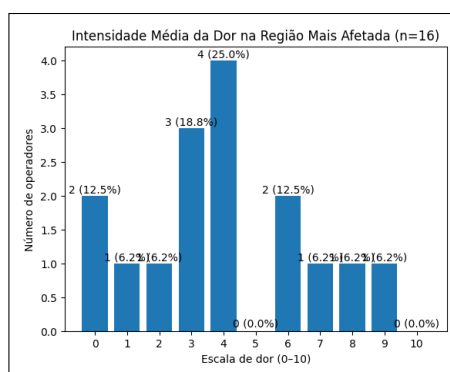


Figura 8 – Intensidade média da dor na região mais afetada. Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 8 mostra que a dor relatada não deve ser interpretada apenas como desconforto leve ou eventual. Dependendo da intensidade, a dor pode interferir na atenção, na precisão dos movimentos, na tolerância à jornada e na capacidade de manter uma postura confortável durante a operação. Isso reforça a necessidade de tratar os sintomas musculoesqueléticos como indicadores importantes da condição de trabalho.

A dor, mesmo quando não impede imediatamente a continuidade da atividade, pode alterar o modo como o trabalhador opera a máquina. O operador pode reduzir a amplitude de alguns movimentos, compensar com outras regiões do corpo ou adotar estratégias para suportar a jornada. Essas adaptações revelam que os sintomas não são apenas consequências finais do trabalho, mas também elementos que passam a interferir na própria forma de execução da atividade.

A Figura 9 apresenta o impacto da dor nas atividades normais de trabalho.

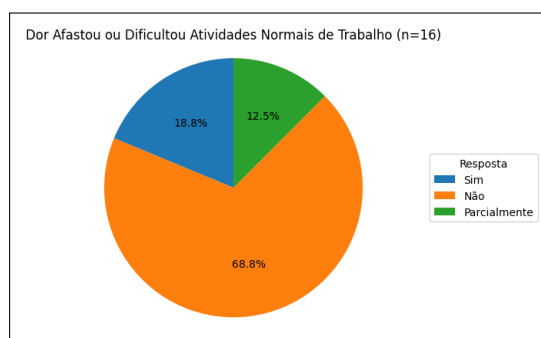


Figura 9 – Impacto da dor nas atividades normais de trabalho. Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 9 indica que a dor pode dificultar a atividade mesmo quando não resulta em afastamento formal. Esse ponto é importante porque muitos trabalhadores continuam operando apesar do desconforto, criando estratégias para suportar a jornada, como alterar a postura, realizar pequenas pausas informais ou modificar a forma de acionar os comandos.

Essa permanência no trabalho apesar da dor revela uma dimensão importante da atividade real. Muitas vezes, o sofrimento físico é administrado pelo próprio trabalhador sem que seja formalmente reconhecido pela organização. Assim, a ausência de afastamento não significa ausência de problema ergonômico. Pelo contrário, pode indicar que o operador continua produzindo mesmo em condições desfavoráveis, acumulando desgaste ao longo do tempo.

A Figura 10 apresenta a percepção dos operadores sobre desconforto ao operar por longos períodos.

A Figura 10 reforça a relação entre permanência prolongada na cabine e desconforto físico. A postura sentada contínua, quando associada à vibração, baixa variação corporal e repetitividade dos comandos, tende a aumentar a fadiga muscular e a rigidez corporal.

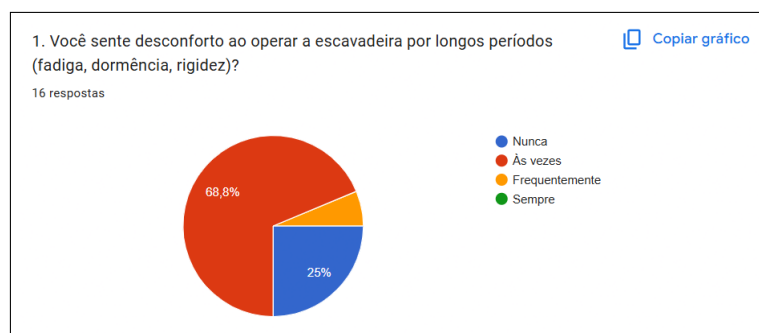


Figura 10 – Desconforto ao operar por longos períodos. Fonte: Elaborado pelo autor.

Dessa forma, a gestão de pausas e a possibilidade de variação postural tornam-se elementos importantes para a prevenção de agravos.

4.3 Condições reais de operação, cabine e variabilidade do trabalho

A análise da atividade real foi realizada por meio da observação participante e dos registros fotográficos em campo, permitindo compreender que a operação da escavadeira hidráulica ocorre em condições variáveis, exigindo adaptações constantes por parte dos operadores. Essa variabilidade evidencia que o trabalho não se resume à execução mecânica dos comandos da máquina, mas envolve decisões contínuas para garantir precisão, segurança e produtividade.

O operador transforma orientações gerais em ações concretas, adequadas às condições momentâneas da frente de serviço. Em algumas situações, o material apresenta granulometria irregular; em outras, o terreno possui inclinação, espaço restrito ou acesso dificultado. Para lidar com essas condições, o operador ajusta posturas, controla a concha e regula os comandos sem interromper o fluxo de trabalho, demonstrando que a variabilidade é uma característica permanente da atividade.

As figuras 11, 12 e 13 ilustram aspectos da análise do trabalho. Observa-se que a regulagem do assento, o posicionamento da concha e o carregamento de diferentes materiais exigem ajustes posturais e atenção visual contínua, evidenciando estratégias operatórias desenvolvidas pelos operadores para lidar com limitações da máquina e variabilidade do ambiente.

Atividades em rampas, retaludamento e carregamento de blocos de mina reforçam que o trabalho real não possui uma única postura correta. Os operadores modulam constantemente sua atenção e movimentos, priorizando ora a precisão, ora a estabilidade, ora a produtividade, ora a segurança, dependendo da situação. Essas observações sustentam a necessidade de propor soluções que considerem a organização da frente de trabalho e não apenas orientações individuais de postura.

A Figura 11 apresenta dois aspectos importantes da análise do trabalho: a percepção dos operadores sobre a regulação do assento e uma situação real de lançamento de pedra de mão em dreno.

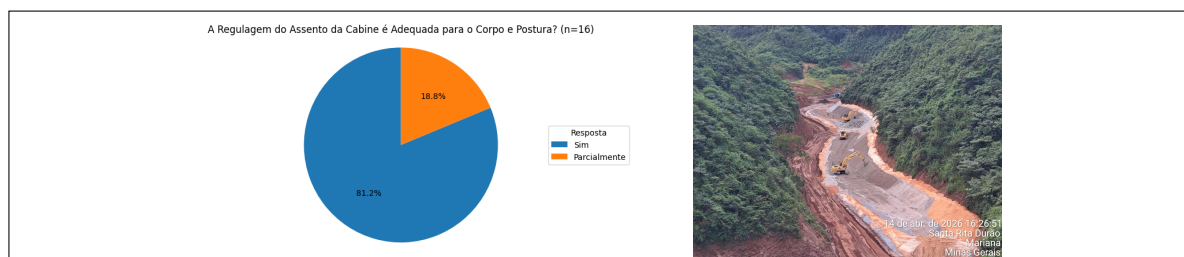


Figura 11 – Percepção sobre a regulação do assento da cabine e lançamento de pedra de mão em dreno. Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 11 permite relacionar o posto de trabalho interno da cabine com as exigências da atividade realizada em campo. Mesmo quando o assento é percebido como regulável ou adequado, a operação pode exigir posturas compensatórias em razão da precisão necessária para posicionar o material, acompanhar a concha e controlar o ponto de deposição. Dessa forma, o conforto do assento não deve ser analisado isoladamente, pois a postura do operador também é influenciada pela visibilidade, pela natureza da tarefa e pela exigência de controle fino dos comandos.

Essa relação entre cabine e atividade externa é fundamental para a análise do trabalho. O posto de trabalho não se limita ao espaço físico interno da máquina, pois a tarefa depende de elementos situados fora da cabine, como o terreno, o material, o caminhão e a frente de serviço. Assim, a adequação do assento, embora importante, não elimina a necessidade de avaliar a organização da operação e as condições concretas que levam o operador a inclinar-se, girar o tronco ou manter atenção visual prolongada.

A Figura 12 apresenta duas situações reais de operação em campo: acabamento em alto declive e carregamento de material fino com escavadeira hidráulica.



Figura 12 – Acabamento em alto declive e carregamento de material fino com escavadeira hidráulica. Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 12 evidencia a variabilidade da atividade real do operador. No acabamento

em declive, a atenção se concentra na estabilidade da máquina, no controle da concha e na precisão do acabamento do terreno. Já no carregamento de material fino, destaca-se a repetição dos ciclos de escavação, giro e descarga. Embora sejam atividades distintas, ambas exigem controle contínuo dos comandos, atenção visual e ajustes posturais, demonstrando que o trabalho real não se limita à execução mecânica dos movimentos prescritos.

Essas situações também demonstram que a carga de trabalho não é constante. Em atividades de acabamento, a exigência de precisão pode ser maior, pois pequenas variações no comando da máquina afetam diretamente o resultado final do terreno. No carregamento, por outro lado, a repetitividade e o ritmo produtivo tendem a se destacar. Em ambos os casos, o operador precisa manter coordenação entre visão, movimento dos membros superiores, controle da máquina e percepção do ambiente.

A Figura 13 apresenta duas situações relacionadas à atividade de carregamento com escavadeira hidráulica: a concha em posição de trabalho durante o carregamento e o carregamento de pedra de mão. O agrupamento dessas imagens permite observar a relação entre o posicionamento do implemento e a natureza do material movimentado, evidenciando exigências operacionais importantes para a análise do trabalho.

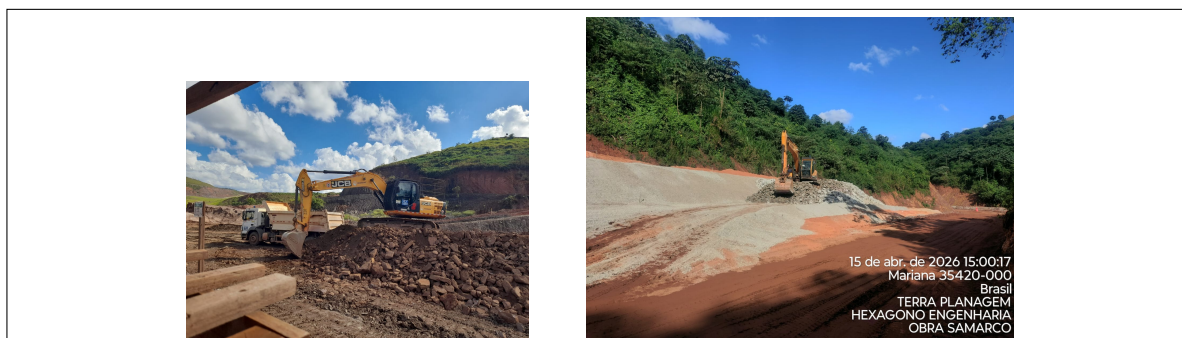


Figura 13 – Concha em posição de trabalho durante o carregamento e carregamento de pedra de mão com escavadeira hidráulica. Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 13 permite observar que a atividade de carregamento exige acompanhamento visual contínuo da concha, do material e do ponto de descarga. A posição de trabalho do implemento interfere diretamente na forma como o operador organiza seus movimentos, regula os comandos e acompanha o ciclo operacional. Ao mesmo tempo, o carregamento de pedra de mão evidencia uma condição de maior exigência, devido ao peso, à irregularidade e ao impacto potencial do material movimentado.

Do ponto de vista ergonômico, essas situações mostram que a atividade não depende apenas da força mecânica da máquina, mas também da capacidade do operador de ajustar sua ação com precisão e segurança. Para controlar o carregamento, evitar perdas de material e reduzir riscos de impacto, o trabalhador precisa manter atenção constante, realizar correções sucessivas e, muitas vezes, adotar posturas de compensação para melhorar

a visibilidade e o controle da operação. Assim, a exigência física e cognitiva do trabalho aparece de maneira bastante evidente nessas duas situações.

A Figura 14 apresenta uma situação de operação em rampa.



Figura 14 – Operação de escavadeira hidráulica em rampa. Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 14 demonstra uma condição de maior complexidade operacional. A inclinação do terreno interfere na estabilidade da máquina, na percepção corporal do operador e na segurança da atividade. Nessas condições, o trabalhador pode adotar compensações posturais para manter o controle visual e operacional, o que reforça a importância de analisar o terreno como parte do posto de trabalho.

A operação em rampa também amplia a responsabilidade do operador na prevenção de incidentes. Além de executar a tarefa produtiva, ele precisa avaliar permanentemente os limites de estabilidade da máquina, o risco de escorregamento e a resposta dos comandos em uma condição menos favorável. Isso aumenta a carga mental da atividade e pode intensificar a tensão muscular, especialmente quando a operação precisa ser realizada por longos períodos.

A Figura 15 apresenta duas situações reais de trabalho: operação de retaludamento e carregamento de bloco de mina.



Figura 15 – Operação de retaludamento e carregamento de bloco de mina com escavadeira hidráulica. Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 15 demonstra que a operação da escavadeira envolve atividades com exigências distintas. O retaludamento demanda precisão no acabamento e acompanhamento contínuo do perfil do terreno, enquanto o carregamento de bloco de mina exige controle da

carga, atenção ao caminhão e cuidado com o impacto do material. Essas situações reforçam que a atividade real é marcada por variabilidade e que o operador precisa adaptar sua postura, sua atenção e seus movimentos conforme o tipo de serviço executado.

A presença de tarefas variadas também demonstra que não existe uma única postura ou uma única forma correta de operar válida para todas as situações. O trabalho real exige modulações constantes: ora o operador prioriza a precisão, ora a estabilidade, ora a produtividade, ora a segurança do entorno. Essa multiplicidade de exigências reforça a necessidade de propostas de intervenção no trabalho que considerem a organização da frente de trabalho e não apenas orientações individuais de postura.

4.4 Campo visual, cabine e estratégias posturais

A análise da cabine é fundamental para compreender a atividade real do operador de escavadeira hidráulica. Embora a cabine seja projetada para oferecer proteção, conforto e controle dos comandos, ela também impõe limites ao campo visual e à liberdade de movimentação corporal. Na prática, o operador precisa observar simultaneamente a concha, o material movimentado, o caminhão, o terreno e a presença de outros trabalhadores ou equipamentos no entorno. Essa exigência visual constante transforma a cabine em um espaço de trabalho dinâmico, no qual o corpo do operador permanece em permanente regulação.

Durante a operação, a postura sentada não permanece estática. O trabalhador inclina o tronco, movimenta o pescoço, desloca o olhar e ajusta a posição dos braços conforme a necessidade de acompanhar a concha e controlar a precisão da tarefa. Essas movimentações não devem ser interpretadas apenas como hábitos individuais ou desvios posturais, mas como respostas às limitações reais do posto de trabalho. Quando a visibilidade é reduzida, o operador utiliza o próprio corpo como recurso para ampliar o campo de observação e manter a segurança da atividade.

Além disso, a cabine concentra diferentes exigências simultâneas. O operador permanece sentado por longos períodos, aciona comandos repetitivos, absorve vibrações provenientes da máquina e do terreno, mantém atenção constante e precisa tomar decisões rápidas durante a execução da tarefa. Essa combinação de fatores contribui para o surgimento de desconfortos musculoesqueléticos, especialmente quando não há pausas adequadas, alternância de atividades ou condições favoráveis de ajuste do posto de trabalho.

A Figura 16 apresenta duas condições de visão interna da cabine da escavadeira hidráulica: uma com a concha esticada e outra com a concha recolhida. O agrupamento dessas imagens permite comparar como a posição do implemento modifica o campo visual do operador e interfere diretamente nas estratégias posturais adotadas durante a atividade.

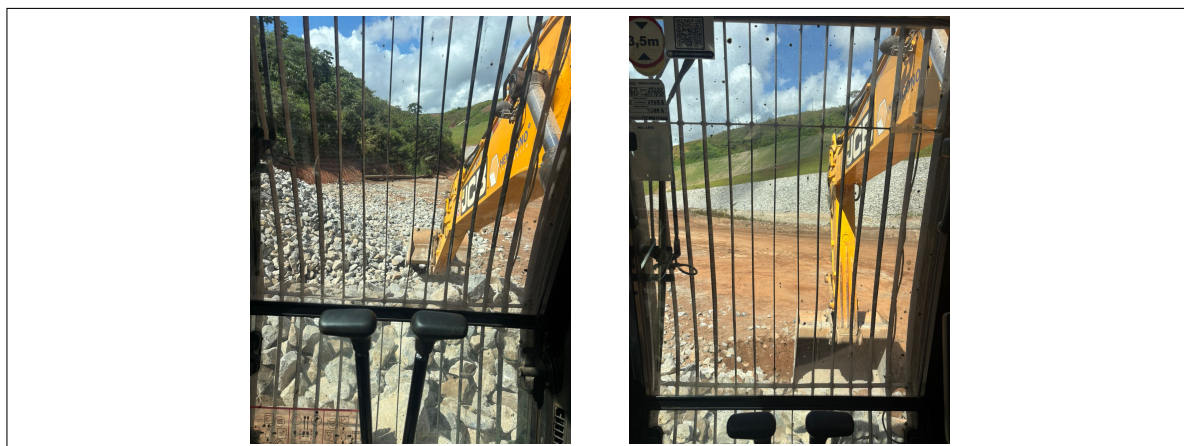


Figura 16 – Visão interna da cabine com a concha esticada e visão interna da cabine com a concha recolhida. Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 16 evidencia que a cabine, embora seja o espaço de proteção e comando do operador, também apresenta limitações importantes para a execução da atividade. A estrutura frontal da máquina, a posição da lança e o deslocamento da concha podem alterar a visibilidade do ponto de trabalho, exigindo que o operador ajuste continuamente sua postura para acompanhar a operação com maior precisão e segurança.

A comparação entre as duas imagens mostra que o campo visual não permanece constante ao longo do ciclo operacional. Quando a posição da concha é modificada, o operador precisa reorganizar sua atenção e, muitas vezes, realizar inclinações do tronco, rotações do pescoço ou mudanças sutis na posição sentada para compensar a limitação visual. Dessa forma, as posturas adotadas na cabine devem ser compreendidas como estratégias de regulação da atividade e não apenas como desvios individuais de postura.

4.5 Autoconfrontação, observação participante e atividade impedida

A observação participante, articulada às entrevistas de autoconfrontação, permitiu compreender parte das estratégias utilizadas pelos operadores diante das situações reais de trabalho. Ao acompanhar a atividade em campo e discutir com os trabalhadores algumas situações observadas, foi possível identificar dificuldades, adaptações posturais, pausas informais e formas de regulação utilizadas para manter a operação mesmo diante de desconfortos físicos, limitações de visibilidade e exigências produtivas.

A autoconfrontação contribuiu para aproximar a análise do ponto de vista do próprio operador. Ao comentar situações relacionadas à sua atividade, o trabalhador pôde explicar os motivos de determinadas escolhas, como inclinar o tronco para melhorar a visibilidade, reduzir momentaneamente o ritmo da operação, realizar pequenas pausas não formalizadas ou ajustar a forma de acionar os comandos. Essas explicações são importantes porque permitem compreender que muitas posturas ou estratégias aparentemente inadequadas não

são simples falhas individuais, mas respostas construídas diante das limitações concretas do trabalho.

Esse procedimento contribuiu para revelar aspectos que nem sempre aparecem em manuais, normas ou procedimentos formais. Muitas decisões tomadas pelo operador ocorrem durante a própria execução da atividade, como ajustar o ritmo da operação, escolher o melhor ângulo de ataque da concha, reduzir momentaneamente a velocidade ou modificar a postura para enxergar melhor o ponto de trabalho. Essas ações demonstram que o operador não apenas executa comandos, mas interpreta continuamente as condições da frente de serviço e regula sua atividade conforme as exigências concretas do trabalho.

A partir da observação participante e da autoconfrontação, também foi possível perceber situações em que o operador reconhece a necessidade de interromper a atividade, variar a postura ou realizar pequenas pausas, mas encontra limitações relacionadas ao ritmo produtivo e à continuidade da operação. Essa condição aproxima-se do conceito de atividade impedida, pois aquilo que o trabalhador considera necessário para preservar sua saúde nem sempre pode ser realizado nas condições concretas de trabalho.

Algumas falas dos operadores, retomadas durante a análise das situações observadas, evidenciam essa tensão entre saúde e produtividade:

“Se você parar para alongar. Parece que você está devagar. Então a gente tenta manter o ritmo.”

“Quando começo a sentir algum desconforto, dou uma parada estratégica. Finjo que estou olhando a máquina, mas na verdade estou descansando um pouco.”

“O certo seria parar uns cinco minutos, sair da cabine e esticar as pernas, mas nem sempre dá.”

Esses relatos mostram que a dor e a fadiga são administradas de modo informal. O operador reconhece a importância de pequenas pausas e variações posturais, mas encontra barreiras produtivas e organizacionais para realizá-las de forma regular. Essa situação reforça a noção de atividade impedida, uma vez que determinadas ações necessárias à preservação da saúde são limitadas pelas exigências concretas da produção.

A atividade impedida aparece quando o trabalhador reconhece uma ação necessária para preservar sua saúde ou melhorar a execução do trabalho, mas não consegue realizá-la em razão das pressões da produção, da organização da jornada ou da ausência de condições adequadas. Nesse contexto, as pequenas pausas informais, as mudanças discretas de postura e as estratégias de redução momentânea do esforço funcionam como formas de regulação da atividade. Entretanto, quando essas estratégias dependem apenas da iniciativa individual

do operador, elas não são suficientes para eliminar os fatores de risco presentes no sistema de trabalho.

4.6 Discussão dos resultados

Os resultados encontrados indicam que a operação de escavadeiras hidráulicas envolve exigências que ultrapassam a dimensão física do posto de trabalho. Essa interpretação está alinhada à perspectiva de Guérin et al. (2001), segundo a qual a análise do trabalho deve considerar a distância entre a tarefa prescrita e a atividade real. No caso estudado, embora a tarefa prescrita oriente o operador a manter postura adequada, operar com segurança e cumprir procedimentos, a atividade real exige adaptações constantes diante da visibilidade limitada, da inclinação do terreno, do posicionamento dos caminhões e da pressão por produtividade.

A presença de dores e desconfortos relatados pelos operadores também dialoga com o Questionário Nórdico de Sintomas Musculoesqueléticos de Kuorinka et al. (1987), ao evidenciar a importância de mapear sintomas em diferentes regiões corporais. Além disso, os achados são coerentes com Waters et al. (2008), que associam a operação de máquinas pesadas à ocorrência de dores lombares, especialmente em razão da vibração de corpo inteiro, da postura sentada prolongada e das exigências repetitivas da atividade.

A análise das situações reais de operação mostra que as posturas adotadas pelos operadores não podem ser compreendidas apenas como escolhas individuais. Em muitos casos, elas representam estratégias para lidar com limitações concretas da atividade, como baixa visibilidade da concha, necessidade de acompanhar o carregamento, terrenos irregulares e exigência de precisão no manuseio do equipamento. Essa compreensão se aproxima da perspectiva de Daniellou (2002), para quem a ergonomia deve considerar as regulações construídas pelos trabalhadores diante das variabilidades do trabalho.

As entrevistas de autoconfrontação contribuíram para aprofundar a compreensão dessas situações, pois permitiram acessar o ponto de vista dos operadores sobre suas dificuldades, escolhas e estratégias. Conforme Clot (2007), a atividade impedida revela aquilo que o trabalhador sabe que seria necessário fazer, mas não consegue realizar em razão de barreiras técnicas, organizacionais ou materiais. No presente estudo, essa condição aparece quando os operadores reconhecem a importância de pausas, alongamentos e mudanças posturais, mas nem sempre conseguem realizá-los devido ao ritmo produtivo e à continuidade da operação.

Dessa forma, os resultados indicam que a Proposta de Solução não deve se restringir à orientação individual sobre postura correta. Embora a postura seja um elemento importante, ela é condicionada por fatores como visibilidade, estabilidade do terreno, organização da frente de serviço, estado da máquina, regulação do assento, pressão por produtividade

e possibilidade real de pausas. Portanto, a melhoria das condições de trabalho exige uma abordagem integrada, capaz de considerar simultaneamente aspectos técnicos, organizacionais e humanos da atividade, conforme referenciais de ergonomia ocupacional (Iida, 2005; Clot, 2007; Waters et al., 2008; NR-17, NR-12).

A discussão permite afirmar que a operação de escavadeiras hidráulicas é uma atividade complexa, marcada por exigências físicas e cognitivas constantes. O operador não apenas executa comandos, mas interpreta o ambiente, antecipa riscos, ajusta a máquina, regula o próprio corpo e administra sinais de desconforto durante a jornada. Assim, a análise do trabalho mostra-se adequada para compreender essa atividade, pois permite ultrapassar uma leitura limitada ao posto físico e evidenciar as relações entre tarefa prescrita, tarefa esperada e atividade real.

Os resultados encontrados neste estudo apresentam relação com evidências recentes da literatura. Upadhyay et al. (2025) destacam que a exposição à vibração de corpo inteiro em operadores de equipamentos pesados apresenta elevada variabilidade, estando relacionada às características da máquina, condições do ambiente e forma como a operação é realizada.

Essa evidência reforça a importância de uma análise baseada na atividade real, uma vez que os fatores de risco não estão determinados apenas pelo equipamento, mas pela interação entre operador, máquina e contexto operacional.

4.7 Síntese das propostas de solução

A partir dos resultados discutidos, observa-se que as propostas de solução devem contemplar tanto aspectos físicos do posto de trabalho quanto elementos organizacionais da atividade. A simples orientação para que o operador mantenha uma postura correta não é suficiente quando o próprio contexto de trabalho exige inclinações, rotações e ajustes corporais constantes. Assim, as medidas preventivas precisam atuar sobre as causas que levam o trabalhador a adotar essas posturas.

Entre as propostas técnicas, destaca-se a necessidade de garantir boas condições de regulagem e manutenção do assento, especialmente quanto ao amortecimento, apoio lombar e possibilidade de ajuste conforme as características corporais do operador. Também é importante avaliar a visibilidade da cabine, a limpeza dos vidros, a condição dos retrovisores e câmeras auxiliares, quando existentes, bem como a disposição dos comandos e a resposta dos sistemas hidráulicos. Esses elementos interferem diretamente na precisão da atividade e no esforço físico exigido durante a operação.

No campo organizacional, propõe-se o planejamento adequado da frente de serviço, evitando posicionamentos que obriguem o operador a realizar giros excessivos, trabalhar em

ângulos desfavoráveis ou operar por longos períodos em terrenos instáveis. A organização de pausas programadas também deve ser considerada, especialmente em jornadas prolongadas ou em atividades de maior repetitividade. Tais pausas não devem ser vistas como perda de produtividade, mas como estratégia de preservação da saúde e manutenção da qualidade da operação.

Por fim, propõe-se que os operadores participem dos processos de análise e melhoria do trabalho. A experiência prática desses trabalhadores permite identificar dificuldades que muitas vezes não aparecem nos procedimentos formais. Ao valorizar esse conhecimento, a empresa pode desenvolver soluções mais realistas, ajustadas às condições concretas da atividade e com maior possibilidade de adesão por parte dos trabalhadores.

4.7.0.1 Integração entre fabricantes, empresas contratantes e operadores no desenvolvimento dos equipamentos

A análise realizada evidenciou que parte das dificuldades ergonômicas encontradas pelos operadores está relacionada às próprias características construtivas dos equipamentos, como limitações de visibilidade, necessidade de ajustes posturais e adaptações realizadas durante a operação. Dessa forma, uma proposta de melhoria consiste na aproximação entre fabricantes de máquinas, empresas contratantes e operadores durante os processos de desenvolvimento, aquisição e atualização dos equipamentos.

Atualmente, muitos projetos de máquinas são desenvolvidos considerando parâmetros técnicos e condições ideais de operação, aproximando-se da tarefa prescrita estabelecida pelos fabricantes. Entretanto, conforme observado nesta pesquisa, a atividade real apresenta variabilidades relacionadas ao terreno, ao material movimentado, às condições ambientais e às exigências produtivas.

Nesse contexto, recomenda-se que fabricantes considerem informações provenientes do uso real dos equipamentos, incluindo relatos dos operadores, registros das dificuldades encontradas e características específicas das atividades executadas pelas empresas contratantes. Essa aproximação permitiria desenvolver equipamentos com maior adequação ergonômica, considerando não somente requisitos técnicos e produtivos, mas também as necessidades humanas presentes no trabalho.

Portanto, a participação dos usuários finais no processo de desenvolvimento das máquinas representa uma oportunidade de prevenção de problemas ergonômicos ainda na fase de projeto, reduzindo a necessidade de adaptações posteriores e favorecendo melhores condições de saúde, segurança e desempenho operacional.

5 Considerações finais

O presente trabalho teve como objetivo analisar, sob a perspectiva da Análise do Trabalho, as condições de trabalho dos operadores de escavadeira hidráulica, considerando as exigências físicas, cognitivas e organizacionais envolvidas na atividade. A partir da observação da atividade real, dos registros fotográficos, da aplicação de questionário e das entrevistas de autoconfrontação, foi possível compreender que a operação da escavadeira não se limita ao acionamento dos comandos da máquina, mas envolve um conjunto complexo de regulações realizadas continuamente pelo trabalhador.

A análise permitiu evidenciar que existe uma distância significativa entre a tarefa prescrita e a atividade real. Enquanto a tarefa prescrita apresenta orientações gerais sobre postura adequada, posicionamento correto da máquina, segurança operacional e uso dos comandos, a atividade real ocorre em um contexto marcado por variabilidade. O operador precisa lidar com terrenos inclinados, materiais de diferentes características, restrições de visibilidade, necessidade de precisão, pressão por produtividade e posicionamentos variados da máquina e dos caminhões. Dessa forma, o trabalho real exige decisões constantes, ajustes posturais e estratégias operatórias que nem sempre aparecem nos procedimentos formais.

Os resultados também indicaram que os desconfortos musculoesqueléticos relatados pelos operadores não podem ser atribuídos apenas a comportamentos individuais ou a supostos erros posturais. A permanência prolongada na posição sentada, a exposição à vibração, a repetitividade dos comandos, a necessidade de acompanhar visualmente a concha e as limitações do campo visual da cabine contribuem para o aumento da carga física e cognitiva da atividade. Nesse sentido, a dor e a fadiga devem ser compreendidas como manifestações de um sistema de trabalho que impõe exigências contínuas ao corpo do trabalhador.

Outro aspecto relevante observado foi a importância da cabine como espaço central da atividade. Embora seja projetada para proteger o operador e permitir o controle da máquina, a cabine também apresenta limitações relacionadas à visibilidade, à liberdade de movimentação e à possibilidade de variação postural. As imagens analisadas demonstraram que a posição da lança e da concha interfere diretamente no campo visual, levando o operador a inclinar o tronco, girar o pescoço ou ajustar sua posição no assento para acompanhar a operação. Assim, determinadas posturas que poderiam ser consideradas inadequadas, quando vistas isoladamente, passam a ser compreendidas como estratégias de regulação diante das exigências reais do trabalho.

As entrevistas de autoconfrontação contribuíram para aprofundar a compreensão

da atividade, pois permitiram acessar o ponto de vista dos próprios operadores sobre suas dificuldades, escolhas e estratégias. As falas demonstraram que os trabalhadores reconhecem a importância de pausas, alongamentos e pequenos períodos de recuperação, mas nem sempre conseguem realizá-los devido às exigências produtivas e à forma como o trabalho é organizado. Essa condição revela a presença da atividade impedida, isto é, situações em que o operador sabe o que seria necessário para preservar sua saúde e melhorar sua atividade, mas encontra barreiras concretas para agir dessa maneira.

Dessa forma, conclui-se que a melhoria das condições ergonômicas na operação de escavadeiras hidráulicas exige intervenções que ultrapassem orientações genéricas de postura correta. É necessário considerar o trabalho em sua totalidade, incluindo a organização da frente de serviço, o planejamento das operações, a manutenção da máquina, a qualidade do assento, a visibilidade da cabine, a redução da exposição à vibração e a possibilidade de pausas adequadas durante a jornada. Também é fundamental reconhecer o saber prático dos operadores, pois são eles que vivenciam diariamente as limitações e possibilidades da atividade real.

Como contribuição, este estudo reforça a importância da Análise do Trabalho como ferramenta para compreender as condições concretas em que a atividade é realizada. Ao analisar não apenas o posto de trabalho, mas também as estratégias, dificuldades e regulações construídas pelos operadores, torna-se possível propor melhorias mais coerentes com a realidade da operação. Assim, a ergonomia deixa de ser entendida apenas como correção postural e passa a ser compreendida como uma abordagem voltada à adaptação do trabalho às características, limites e necessidades dos trabalhadores.

Por fim, propõe-se que estudos futuros aprofundem a análise com um número maior de operadores, diferentes modelos de escavadeiras e maior tempo de acompanhamento em campo. Também seria relevante realizar medições específicas de vibração, tempo de ciclo, duração das posturas e pausas efetivamente realizadas durante a jornada. Esses dados poderiam complementar os resultados obtidos e contribuir para propostas de intervenção ainda mais precisas. Ainda assim, os resultados apresentados neste trabalho já permitem afirmar que a saúde, a segurança e o desempenho dos operadores dependem diretamente da compreensão da atividade real e da valorização das condições concretas em que o trabalho é executado. Além das melhorias relacionadas diretamente ao posto de trabalho e à organização da atividade, destaca-se como contribuição deste estudo a necessidade de ampliar a participação dos usuários finais no desenvolvimento dos equipamentos utilizados em atividades de alta complexidade operacional. A aproximação entre fabricantes, empresas contratantes e operadores pode contribuir para que novas máquinas sejam projetadas considerando as características da atividade real, e não apenas condições padronizadas de operação.

Essa abordagem reforça a importância de uma ergonomia preventiva, na qual os

aspectos relacionados à saúde, conforto e desempenho do trabalhador sejam considerados desde as etapas iniciais de desenvolvimento tecnológico. Dessa forma, a ergonomia deixa de atuar somente na identificação e correção de problemas existentes, passando a contribuir para a criação de equipamentos mais adequados às necessidades dos trabalhadores.

Referências

ABERGO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA. **Dicionário de Ergonomia e Fatores Humanos**. Disponível em: <https://www.abergo.org.br/dicionario>. Acesso em: 12 fev. 2026.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2009.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-12: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-17: Ergonomia**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2022.

CLOT, Yves. **A função psicológica do trabalho**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2007.

DANIELLOU, François. **A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

GUÉRIN, François; LAVILLE, Antoine; DANIELLOU, François; DURAFFOURG, Jacques; KERGUELEN, Alain. **Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

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

KUORINKA, Ilkka et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. **Applied Ergonomics**, v. 18, n. 3, p. 233–237, 1987.

LAVILLE, Antoine. Ergonomia e desenvolvimento sustentável. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 29, n. 110, p. 15–22, 2004.

MONTMOLLIN, Maurice de. **Introdução à ergonomia**. Lisboa: Dom Quixote, 2000.

ROCHA, Raoni. **A tarefa na ergonomia**. Blog Ergonomia da Atividade, 2020. Disponível

em: <https://ergonomiadaatividade.com/2020/05/04/a-tarefa-na-ergonomia/>. Acesso em: 12 fev. 2026.

ROCHA, Raoni; PISTOLATO, Leandro; DINIZ, Eugênio Pacceli Hatem. Precarização do trabalho travestida de modernidade: uma análise da tarefa de entregadores de mercadorias. **Revista Psicologia: Organizações e Trabalho**, v. 21, n. 4, p. 1681–1689, 2021.

WATERS, Thomas; GENAIDY, Ash; BARRIERA VIRUET, Heriberto; MAKOLA, Misheck. The impact of operating heavy equipment vehicles on lower back disorders. **Ergonomics**, v. 51, n. 5, p. 602–636, 2008.

KROEMER, K.H.E.; KROEMER, H.J.; KROEMER-ELBERT, K.E. **Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency**. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001.

BERNARD, B.P. **Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors**. Cincinnati: NIOSH, 1997.

HEDGE, A. **Ergonomic Workplace Design for Health, Wellness, and Productivity**. CRC Press, 2003.

DUL, J.; BRUDER, R.; BUCKLE, P.; CARAYON, P.; FALZON, P.; MARRAS, W.; WILSON, J.; VAN DER DOELEN, B. **A Strategy for Human Factors/Ergonomics: Developing the Discipline and Profession**. *Ergonomics*, 2012, 55(4), 377–395.

BERNARD, B.P.; WASSERSTEIN, D. **Ergonomic Guidelines for Heavy Equipment Operators**. *Applied Ergonomics*, 2004.

BRIDGER, R.S. **Introduction to Human Factors and Ergonomics**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2018.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION; INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION. **Principles and Guidelines for Human Factors/Ergonomics (HFE) Design and Management of Work Systems**. Geneva: International Labour Organization, 2021. Disponível em: <https://www.ilo.org/publications/principles-and-guidelines-hum>

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9241-210:2019: Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems**. Geneva: International Organization for Standardization, 2019. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/77520.html>.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9241-220:2019:**

Ergonomics of human-system interaction – Part 220: Processes for enabling, executing and assessing human-centred design within organizations. Geneva: International Organization for Standardization, 2019. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/63462.html>.

DUARTE, J.; CASTELO BRANCO, J.; MATOS, M. L.; SANTOS BAPTISTA, J. Understanding the whole-body vibration produced by mining equipment as a role-player in workers' well-being: a systematic review. **The Extractive Industries and Society**, v. 7, n. 4, p. 1607–1623, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.08.002>.

CHAUDHARY, D. K.; PALEI, S. K.; KUMAR, V.; KARMAKAR, N. C. Whole-body vibration exposure of heavy earthmoving machinery operators in surface coal mines: a comparative assessment of transport and non-transport earthmoving equipment operators. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, v. 28, n. 1, p. 174–183, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/10803548.2020.1785154>.

KUMAR, A. et al. Whole-body vibration exposure vis-à-vis musculoskeletal health risk of dumper operators compared to control group in coal mines. **Safety and Health at Work**, v. 13, n. 1, p. 91–98, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2021.10.007>.

UPADHYAY, R.; KUMAR, A.; BHATTACHERJEE, A. A comprehensive review of whole-body vibration exposure assessment among heavy earthmoving equipment operators in the mining industry. **Mining, Metallurgy & Exploration**, v. 42, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42461-025-01242-z>.