

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

Izabela Rodrigues Correa Netto

**Integrando *Lean* e Ergonomia para a melhoria do processo produtivo de uma empresa
do setor automotivo**

Florianópolis

2023

Izabela Rodrigues Correa Netto

**Integrando *Lean* e Ergonomia para a melhoria do processo produtivo de uma empresa
do setor automotivo**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia de Produção Mecânica do Centro
Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Mecânica com habilitação em Produção
Orientador: Prof. Dr. Glauco G. M. P. Silva

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra

Netto, Izabela Rodrigues Correa
Integrando Lean e Ergonomia para a melhoria do processo
produtivo de uma empresa do setor automotivo / Izabela
Rodrigues Correa Netto ; orientador, Glaucio Garcia
Martins Pereira da Silva, 2023.
90 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia de Produção Mecânica, Florianópolis,
2023.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção Mecânica. 2. Lean. 3. Ergonomia
. 4. Layout. 5. Desperdícios. I. Silva, Glaucio Garcia
Martins Pereira da. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Engenharia de Produção Mecânica. III.
Título.

Izabela Rodrigues Correa Netto

**Integrando *Lean* e Ergonomia para a melhoria do processo produtivo de uma empresa
do setor automotivo**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheira Mecânica com habilitação em Produção e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 08 de novembro de 2023.



Documento assinado digitalmente

Monica Maria Mendes Luna

Data: 13/12/2023 11:36:18-0300

CPF: ***.104.993-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profª. Mônica Maria Mendes Luna, Dra.
Coordenador do Curso



Documento assinado digitalmente

Glauco Garcia Martins Pereira da Silva

Data: 12/12/2023 15:17:12-0300

CPF: ***.515.418-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Glauco Garcia Martins Pereira da Silva, Dra.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus pais que sempre me apoiaram e incentivaram em todas as etapas da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Renata e Evandro, por sempre acreditarem no meu potencial e por nunca medirem esforços para que os meus sonhos se tornassem realidade. Obrigada por serem o porto que posso atracar sempre que a viagem se torna muito difícil. Como sempre dizemos, a nossa família é como uma árvore, os galhos crescem em direções diferentes, mas sempre estaremos ligados por uma mesma raiz.

Agradeço também ao meu irmão Gustavo, por toda a ajuda e apoio durante à minha graduação. Agradeço a minha família e amigos como um todo, por sempre estarem presentes e vibrarem pelas minhas conquistas.

Agradeço à equipe Trigano Remorques, principalmente ao Wilfrid Tondu, Sandrine Gombault e Nicole, por todo o suporte durante a realização do meu estágio e por toda ajuda no início do meu intercâmbio. O inverno francês foi menos cinza com vocês.

Gostaria de estender meus agradecimentos aos meus professores que cruzaram meu caminho, agradeço por todo o conhecimento repassado e por me inspirarem a ser uma engenheira cada vez melhor.

Por fim, agradeço em especial ao meu orientador Prof.^a Dr.^a Glauco Silva, pelo auxílio, paciência, dedicação, sugestões, ensinamentos e flexibilidade durante a realização dessa pesquisa.

RESUMO

Em um cenário onde as empresas visam cada vez mais eliminar desperdícios para se manterem competitivas, é fundamental garantir que não se ultrapassem os limites físicos dos colaboradores em prol do aumento da produtividade. O principal objetivo da pesquisa foi aplicar conceitos de *Lean* e Ergonomia para melhoria do processo e aumento do conforto para os colaboradores em uma empresa do ramo automotivo situada na França. Foi realizada uma pesquisa-ação, em que se utilizou a metodologia RULA para avaliação ergonômica do posto de trabalho atual. No que se refere ao *lean*, foi utilizado o diagrama de espaguete e aplicação de um formulário para identificar os principais desperdícios do processo. Visando melhorar a ergonomia, foi desenvolvido um novo posto de trabalho. Com esse novo posto, a partir da classificação fornecida pela metodologia RULA, a mesa de trabalho passa do nível de ação 3: “Investigação e mudanças devem ocorrer brevemente”, para o nível de ação 2: “Necessidade de investigação mais detalhada e mudanças podem ser necessárias”. Para redução de desperdícios, foi realizado uma proposta de *re-layout*, que reduziu o deslocamento das trabalhadoras de 308 metros por dia para 93 metros por dia, e o deslocamento da manutenção de 669 metros por dia para 282 metros por dia. Além disso, no que se refere à estocagem de materiais, foi proposto um local definido para cada tipo de peças, além de *racks* com sistema de rolamento e gavetas, e sistema FIFO de estocagem.

Palavras-chave: *Lean*; Ergonomia; RULA; *Kaizen*; Desperdícios; *Layout*; Diagrama de espaguete.

ABSTRACT

In a scenario where companies increasingly aim to eliminate waste to remain competitive, it is essential to ensure that employees' physical limits are not exceeded in order to increase productivity. The main aim of the research was to apply Lean and Ergonomics concepts to improve processes and increase employee comfort in an automotive company located in France. An action research project was carried out, using the RULA methodology to assess the ergonomics of the current workplace. With regard to lean, the spaghetti diagram was used and a form was applied to identify the main wastes in the process. In order to improve ergonomics, a new workstation was developed. With this new workstation, based on the classification provided by the RULA methodology, the worktable moves from action level 3: "Investigation and changes should take place soon", to action level 2: "Need for more detailed investigation and changes may be necessary". In order to reduce waste, a re-layout proposal was made, which reduced the displacement of employees from 308 meters per day to 93 meters per day, and the displacement of maintenance from 669 meters per day to 282 meters per day. In addition, with regard to the storage of materials, a defined location was proposed for each type of part, as well as racks with a rolling system and drawers, and a FIFO storage system.

Keywords: Lean; Ergonomics; RULA; Kaizen; Waste; Layout; Spaghetti diagram.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Posição e pontuação do braço.....	25
Figura 2 – Posição e pontuação do antebraço.....	25
Figura 3 – Posição e pontuação do pulso.....	26
Figura 4 – Nota total do Grupo A (Braços, Antebraços e Pulsos).....	27
Figura 5 – Posição e pontuação do pescoço.....	27
Figura 6 – Posição e pontuação do tronco.....	28
Figura 7 – Posição e pontuação das pernas.....	29
Figura 8 – Nota total do Grupo B (Pescoço, Tronco e Braços)	29
Figura 9 – Resumo das pontuações do método RULA.....	30
Figura 10 –Níveis de ação necessário para o posto de trabalho.....	31
Figura 11 – Níveis de kaizen.....	34
Figura 12 – Exemplo de diagrama de espaguete.....	36
Figura 13 – Ciclos do processo de pesquisa-ação.....	40
Figura 14 – Posicionamento do braço durante execução da tarefa.....	47
Figura 15 – Elevação do ombro durante execução da tarefa.....	48
Figura 16 – Pontuação do Grupo A (Braços, Antebraços e Punhos)	49
Figura 17 – Pontuação do Grupo B (Pescoço, Tronco e Pernas)	50
Figura 18 – Pontuação do posto de trabalho.....	51
Figura 19 – Porcentagem do tempo consumido em cada uma das categorias.	54
Figura 20 – Porcentagem do tempo gasto em “Organização”	55
Figura 21 – Porcentagem do tempo gasto em “Recursos”	57
Figura 22 – Lead Time do processo de montagem de portas.....	62
Figura 23 – Diagrama de espaguete e legenda dos componentes.....	64
Figura 24 – Estoques de matéria prima no chão.....	67
Figura 25 –Passagem da empilhadeira entre os postos de trabalho.....	68
Figura 26 – Croqui da mesa de trabalho proposta.	69
Figura 27 – Nova pontuação de Grupo A (Braços, Antebraços e Punhos)	71
Figura 28 – Nova pontuação de Grupo B (Pescoço, Tronco e Pernas)	72
Figura 29 – Nova pontuação do posto de trabalho.....	73
Figura 30 – Mesa proposta em 3D.	74
Figura 31 – Proposta 1 de re- <i>layout</i> validada.....	77

Figura 32 – Proposta 2 de re- <i>layout</i>	78
Figura 33 – Proposta de rack para as peças laterais das portas.....	82
Figura 34 – Proposta de rack com sistema de rolamento.....	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Nota da avaliação da pronação ou supinação do pulso	26
Quadro 2 – Carga suportada pelos colaboradores.....	29
Quadro 3 – Atividades o registro de produção.....	53
Quadro 4 – Tempos dos itens.....	58
Quadro 5 – Tempos total de cada um dos itens.....	60
Quadro 6 – Frequências e Deslocamentos percorridos no layout atual.....	65
Quadro 7 – Frequência e distância percorridas pelas colaboradoras.....	79
Quadro 8 – Comparação entre as mesas de trabalho.....	84
Quadro 9 – Comparação entre o estado atual e a Proposta 1.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pontuação final da ergonomia do posto de trabalho.....	30
Tabela 2 – Análise dos braços, antebraços e punhos.....	46
Tabela 3 – Análise do pescoço, tronco e pernas.....	49
Tabela 4 – Pontuação total do Grupo A e Grupo B.....	51
Tabela 5 – Nova análise dos braços, antebraços e punhos.....	70
Tabela 6 – Nova análise do pescoço, tronco e punhos.....	71
Tabela 7 – Nova pontuação total do Grupo A e B.....	72
Tabela 8 – Classificação ABC dos modelos de porta.....	75
Tabela 9 – Distância diária percorrida pela manutenção.....	80
Tabela 10 – Dimensionamento do rack para as laterais das portas.....	83
Tabela 11 – Dimensionamento do rack com sistema de rolamento.....	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FIFO – *First in, First out*

INSS - Instituto Nacional do Seguro Social

MP – Matéria Prima

RULA - *Rapid Upper Limb Assessment*

REBA - *Rapid Entire Body Assessment*

OWAS - *Ovako Working Posture Assessment System*

LMERT - Lesões Musculoesqueléticas Relacionadas ao Trabalho

WIP - *Work in Progress*

ERP - *Enterprise Resource Planning*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	18
1.2. PROBLEMA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	18
1.3. OBJETIVOS	19
1.3.1. Objetivo Geral	20
1.3.2. Objetivos Específicos	20
1.4. LIMITAÇÕES E DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	20
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1. ERGONOMIA	22
2.1.1. Ergonomia Física	23
2.1.2. Métodos de avaliação ergonômica	24
2.1.3. Antropometria	31
2.1.4. Importância da Gestão Ergonômica	32
2.2. <i>LEAN</i>	33
2.2.1. <i>Kaizen</i>	35
2.2.2. Diagrama de espaguete	35
2.2.3. <i>Lean</i> e Ergonomia	37
3. METODOLOGIA	40
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	40
3.2. PESQUISA-AÇÃO	41
3.2.1. Planejar a pesquisa-ação	41
3.2.2. Coletar dados	43
3.2.3. Analisar dados e planejar ações	45
3.2.4. Implementar ações	45
3.2.5. Avaliar resultados e gerar relatório	46

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
4.1. ANÁLISE DO ESTADO ATUAL DA EMPRESA	47
4.1.1. Análise ergonômica do posto de trabalho	47
4.1.2. Análise dos desperdícios	53
4.1.3. Análise do <i>lead time</i> da produção das portas	58
4.1.4. Fluxo de materiais	63
4.2. PROPOSTAS DE MELHORIA	68
4.2.1. Novo posto de trabalho proposto	68
4.2.2. <i>Re-layout</i>	74
4.3. ANÁLISE DE RESULTADOS PROJETADOS	84
5. CONCLUSÃO	87
<hr/> REFERÊNCIAS	89
<hr/> APÊNDICE A – Modelo de Registro de Produção	92

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A intensa competição entre os mercados faz com que as organizações tenham que reavaliar regularmente suas abordagens e adotar estratégias de gestão que permitam melhorar seus processos produtivos, reduzindo os desperdícios e custos. Dessa forma, elas estão aptas a atender às demandas dos clientes e assegurar uma posição de destaque no mercado, se tornando mais competitivas.

Uma das estratégias adotadas pelas empresas advêm de práticas do *Lean*. Segundo Hines *et al.* (2024), empresas de diversos setores industriais e de serviços têm adotado a filosofia *Lean*, o que, na maioria dos casos, tem contribuído para o aumento de sua competitividade.

Entretando, de acordo com Nunes e Machado (2007), a adoção de novos modelos de produção, como o *Lean*, pode gerar transtornos. Uma vez que a adoção dessas práticas pode estar frequentemente ligada ao aumento das pressões físicas e psicológicas sobre os trabalhadores devido à redução dos tempos de ciclo e da diversificação das tarefas.

Segundo o Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho, foram registrados 6,2 milhões de acidentes de trabalho no Brasil nos últimos dez anos. Sendo 612,9 mil somente no ano de 2022. A partir do tratamento de dados fornecido pelo INSS, o Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho calcula que o INSS concedeu 1,8 bilhões de reais em auxílio-doença por acidente de trabalho no ano de 2021, e 4,7 bilhões de reais em auxílio-acidente por acidente de trabalho em 2021.

Esses números mostram a importância da Ergonomia nos ambientes de trabalho. Sendo assim, durante a implementação dos princípios *Lean* nos processos, é fundamental garantir que não se ultrapassem os limites físicos dos colaboradores. Não é suficiente apenas buscar o aumento da produtividade e a redução de desperdícios, mas também é crucial manter um compromisso com a segurança e o bem-estar dos funcionários.

1.2. PROBLEMA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

O número de acidentes de trabalho registrados no Brasil, assim como os gastos previdenciários com acidentes de trabalho mostram que, apesar de amplamente difundida, a

ergonomia ainda não é uma realidade em todas as empresas. Esse fator, somados a estratégias adotadas pelas empresas para reduzir custos e desperdícios, potencializam ainda mais as chances de que acidentes ocorram. Sendo assim, torna-se imprescindível integrar *Lean* e Ergonomia, visando garantir não somente melhorias do processo produtivo de uma empresa, mas também bem-estar dos colaboradores.

Nesse sentido, Kester (2013) reforça que para assegurar que a ergonomia seja um elemento chave no contexto do *Lean*, é essencial atribuir à ergonomia e à segurança o mesmo grau de importância que se concede à redução de desperdício e à criação de valor.

Ainda seguindo a mesma lógica, Walder et al (2007) consideram que priorizar as pessoas e, conseqüentemente, a Ergonomia como elementos centrais da abordagem *Lean* auxilia na asseguarção de que as empresas não estão eliminando desperdícios nos processos e criando novos desperdícios que resultam na sobrecarga dos trabalhadores.

A presente pesquisa foi realizada em uma empresa do setor automotivo, em que havia constantes divergências de opiniões entre os colaboradores e os diretores da empresa, o que gerava um clima hostil no ambiente de trabalho. Os diretores da empresa não estavam satisfeitos com os resultados atingidos pela produção, pois visava metas mais altas. Por outro lado, os trabalhadores faziam constantes reclamações sobre dores e cansaço físico.

Os diretores da empresa visavam melhorar o processo produtivo, e para isso, sabiam que era necessário um estudo mais aprofundado do mesmo, visando identificar os desperdícios que mais consumiam tempo dos colaboradores.

Por sua vez, uma das principais reclamações dos colaboradores era de dores e desconfortos corporais, uma vez que a tarefa realizada no posto de trabalho analisado se trata de um trabalho manual, realizado de pé. Logo, eles consideravam irrealizável visar metas de produção ainda mais altas.

Visando atender tanto as demandas da direção, quanto as demandas dos colaboradores, o enfoque da dissertação é avaliar a ergonomia dos colaboradores no posto de trabalho e analisar o fluxo de materiais que envolvem o posto de trabalho estudado. Por fim, identificar os desperdícios ligados ao processo produtivo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

Aplicar conceitos de *Lean* e Ergonomia para melhoria do processo e aumento do conforto para os colaboradores em uma empresa do ramo automotivo situada na França.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Avaliar desperdícios dos postos de trabalho da empresa;
- Avaliar os esforços físicos realizados pelos trabalhadores do posto de trabalho;
- Propor melhorias que impactem na produtividade e ergonomia dos postos de trabalho;
- Analisar os potenciais resultados das propostas de melhorias sugeridas.

1.4. LIMITAÇÕES E DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

A delimitação da pesquisa tem como objetivo estabelecer limites ao trabalho de pesquisa. Dessa forma, garante-se o maior foco durante a busca de informação e análise. O primeiro limite estabelecido é referente ao setor, que engloba a área automotiva. Outra delimitação é o local, este trabalho foi desenvolvido na empresa Trigano Remorques, situada na cidade de Brinon sur Sauldre, na França.

Apenas o posto de montagem de portas será analisado, pois os demais postos, como o de montagem de reboques, fazem parte de outros espaços físicos e apresentam processos que não estão nas análises dessa pesquisa.

A análise dos resultados, tanto ergonômico quanto produtivos, apenas considera a apresentação de melhorias em resultados projetados que poderão ser obtidos caso todas as mudanças propostas sejam aplicadas. Devido às limitações temporais e de capital da empresa, as propostas não foram aplicadas. Sendo assim, não é apresentado dados reais coletados após as mudanças propostas.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho de conclusão de curso está estruturado em cinco capítulos, sendo eles:

- Capítulo 1 - Introdução: nesse tópico é apresentada a contextualização do trabalho, assim como a problemática do trabalho. Em seguida, são definidos o objetivo geral e específicos, além das limitações e delimitações da pesquisa. Por fim, é definida a estrutura do trabalho.
- Capítulo 2 - Fundamentação teórica: apresenta a base teórica necessária para a compreensão do presente trabalho. Nesse capítulo, são abordados temas como Ergonomia e *Lean*. No primeiro tema, é aprofundado tópicos referentes à ergonomia física, método RULA para avaliação ergonômica, além da importância da gestão ergonômica. No tema *Lean*, são abordados tópicos referentes ao *kaizen*, diagrama de espaguete e a sinergia existente entre o *Lean* e a Ergonomia.
- Capítulo 3 – Metodologia: primeiramente é realizada a classificação da pesquisa, que neste caso é uma pesquisa-ação. Em seguida, é explicado o que foi realizado e quais ferramentas foram utilizadas nas cinco etapas da pesquisa-ação: Planejar; Coletar dados; Analisar dados e planejar ações; Implementar ações; Avaliar resultados e gerar relatório.
- Capítulo 4 - Resultados e discussão: discorre sobre a apresentação e análise dos resultados obtidos após a aplicação dos métodos descritos no capítulo subsequente. Na presente pesquisa, o capítulo foi dividido em três tópicos. O primeiro deles é referente ao estado atual da empresa, focando principalmente nos desperdícios identificados e na análise ergonomia dos postos de trabalho. O segundo tópico foca nas propostas de melhoria para reduzir os desperdícios identificados e melhorar a ergonomia dos colaboradores. O último tópico desse capítulo projeta os resultados econômicos e ergonômicos que serão obtidos caso as propostas de melhoria sejam implementadas.
- Capítulo 5 – Conclusão: o capítulo final apresenta as considerações finais do trabalho de conclusão de curso, assim como desafios, limitações e oportunidades para projetos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica que embasa a presente pesquisa, a qual apresenta enfoque em dois temas: Ergonomia e *Lean*. O primeiro tema aborda principalmente a ergonomia física, além da explicação detalhada da metodologia RULA para análise ergonômica de postos de trabalho.

No tema *Lean* será explorado os desperdícios, além de ferramentas como *kaizen* e diagrama de espaguete. Por fim, haverá o aprofundamento de como o *Lean* e a Ergonomia podem ser trabalhados em conjunto.

2.1. ERGONOMIA

O termo Ergonomia, que tem sua origem no grego "*ergon*" (trabalho) e "*nomos*" (regras), foi utilizado pela primeira vez em 1857 pelo polonês Wojciech Jastrzębowski, que publicou o artigo "Ensaio de ergonomia ou ciência do trabalho, baseada nas leis objetivas da ciência sobre a natureza" (IIDA, 2005).

De acordo com a AIE - Associação Internacional de Ergonomia (2000), a Ergonomia é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema.

Segundo Przysiezny (2005), a ergonomia busca estabelecer conexões entre a produção, a qualidade no trabalho e a segurança, com o objetivo de melhorar a preservação da saúde dos funcionários e otimizar o desempenho dos sistemas técnicos, tanto em termos de produção quanto de segurança.

A ergonomia tem como finalidade adaptar os sistemas de trabalho de forma a harmonizar as tarefas neles realizadas com as características, habilidades e limitações das pessoas, visando a um desempenho eficaz, confortável e seguro (IIDA, 2005).

Pode-se identificar três domínios da ergonomia: a física, cognitiva ou organizacional. De acordo com IEA (2000), a ergonomia física foca na harmonização das características anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas do corpo humano com os aspectos estáticos e dinâmicos do trabalho físico. Seus principais campos de pesquisa englobam posturas no ambiente de trabalho, o manuseio manual de cargas, movimentos repetitivos, organização

espacial, lesões musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho (LMERT) e a promoção da saúde e segurança.

A ergonomia cognitiva aborda os processos cognitivos, como a percepção, o processamento da informação pelo ser humano e a resposta motora, no contexto das interações entre os indivíduos e outros componentes de um sistema. Os principais temas de estudo abrangem a percepção, a atenção, a carga de trabalho, a tomada de decisões, a resposta motora, as habilidades, a memória e a aprendizagem, em relação à concepção de sistemas centrados no ser humano (IEA, 2000).

Por fim, a ergonomia organizacional concentra-se na melhoria dos sistemas de trabalho, abrangendo suas estruturas organizacionais, políticas e processos. Os principais assuntos de estudo envolvem a integração homem-sistema em áreas como comunicação, gestão de recursos humanos, planejamento e gerenciamento do trabalho, trabalho em equipe, entre outros (IEA, 2000).

Na presente pesquisa, foi restringida a abordagem ao domínio da ergonomia física, devido às limitações temporais impostas para a realização da mesma, assim como pela maior viabilidade de implementar alterações no âmbito da ergonomia física. A análise mais detalhada da ergonomia física está abordada no tópico 2.1.1.

2.1.1. Ergonomia Física

De acordo com Silva (2016), a Ergonomia Física está relacionada às respostas físicas do corpo humano à carga física imposta aos trabalhadores. Essa disciplina considera vários elementos, incluindo o manuseio de materiais, a interação com o layout físico do ambiente de trabalho, a repetição de tarefas, as vibrações mecânicas provenientes das estações de trabalho e/ou das ferramentas, a quantidade de força necessária para executar as tarefas e a postura estática adotada durante o trabalho.

A ergonomia física adota uma perspectiva anatômica do ser humano. Nesse contexto, ela examina diversos componentes da relação entre o ser humano e seu trabalho. Isso inclui aspectos como antropometria (estudo das medidas e proporções do corpo humano), fisiologia (funcionamento dos sistemas do corpo), biomecânica (movimentos e forças no corpo) e atividade física. Por meio desses estudos, torna-se possível compreender as posturas adotadas durante a jornada de trabalho, bem como a maneira de manusear objetos e os movimentos

repetitivos que podem levar a problemas osteomusculares (PINTO; TERESO; ABRAHÃO, 2018).

2.1.2. Métodos de avaliação ergonômica

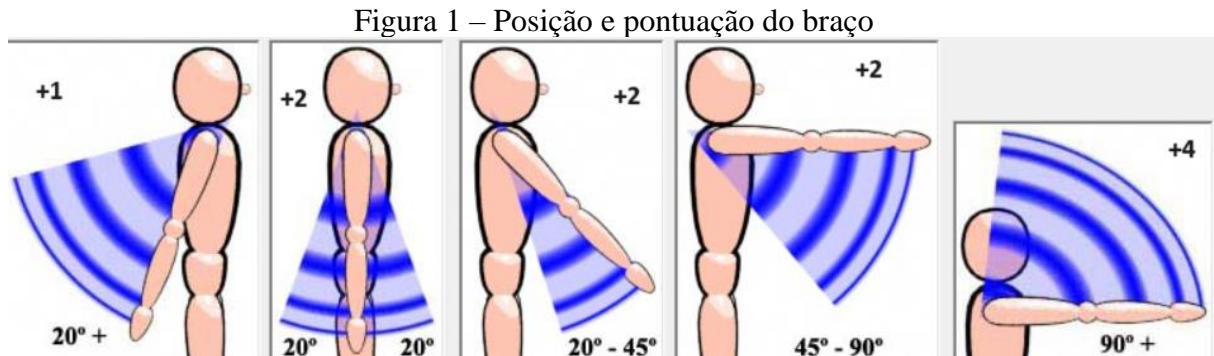
A presente pesquisa tem como objetivo analisar apenas o domínio da ergonomia física dos funcionários em um determinado posto de trabalho. Nesse contexto, uma das etapas fundamentais da análise ergonômica do posto de trabalho envolve a avaliação dos fatores de risco nos postos de trabalho que podem ser prejudiciais ao sistema musculoesquelético. Para isso, são utilizadas ferramentas de avaliação ergonômica das posturas de trabalho, tais como: *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), Niosh, *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), e *Ovako Working Posture Assessment System* (OWAS). Na presente pesquisa, a ferramenta utilizada foi a ferramenta RULA, visto que, no posto de trabalho analisado, a região superior do corpo é a mais solicitada.

O Método RULA foi desenvolvido com o objetivo de oferecer uma avaliação rápida da sobrecarga no sistema musculoesquelético devido às posturas do pescoço, tronco e membros superiores, à função muscular e às cargas externas aplicadas. Com base na pontuação geral de seu sistema de codificação, foram propostos quatro níveis de ação, os quais indicam o grau de intervenção necessário para reduzir os riscos de lesões decorrentes da sobrecarga física sobre o trabalhador (McATAMNEY; CORLETT, 1993): nível de ação 1: a postura é considerada aceitável se não for mantida ou repetida por longos períodos; nível de ação 2: é necessário realizar investigações adicionais e podem ser necessárias mudanças; nível de ação 3: investigações e mudanças são requeridas em breve; e nível de ação 4: investigações e mudanças são necessárias imediatamente.

O método preconiza a avaliação do corpo humano em dois grandes segmentos: Grupo A e Grupo B. O primeiro grupo visa analisar a posição dos braços, antebraços e pulsos, enquanto o Grupo B foca a análise no pescoço, tronco e pernas. No final da análise de cada um dos grupos, será obtido uma nota referente a ergonomia dos membros analisados durante a realização da tarefa. Essas duas notas devem ser cruzadas, obtendo a nota global, que indica se o posto de trabalho é ergonômico ou não.

A análise do Grupo A se inicia com a avaliação dos braços. A pontuação varia de acordo com o movimento durante a execução da atividade, as notas variam de 1 a 4 e deve-se adicionar 1 ponto caso o braço esteja abduzido ou o ombro elevado, porém se o braço estiver

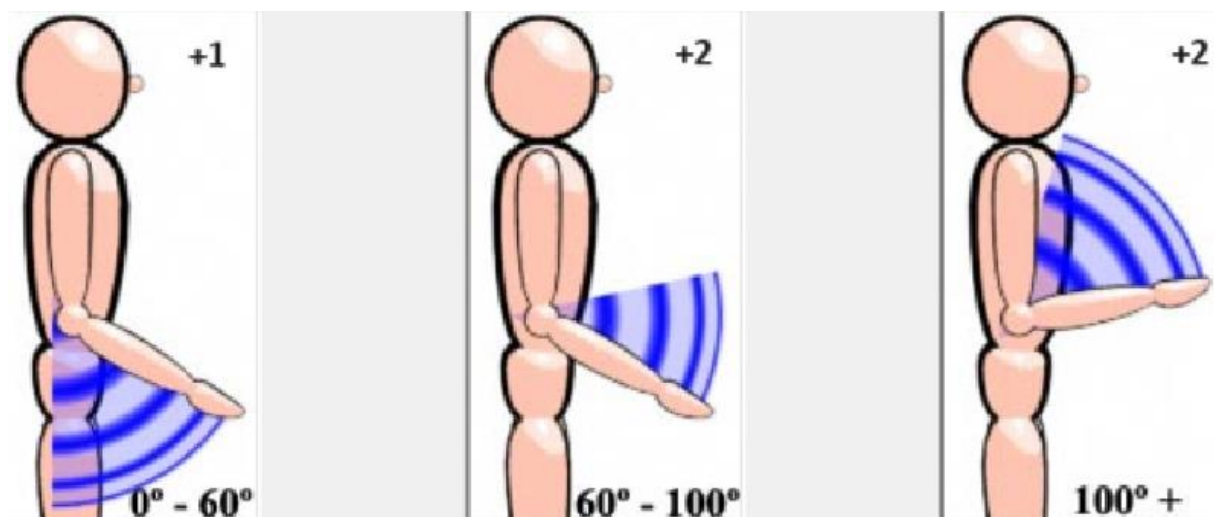
apoiado pode-se subtrair 1 ponto. A angulação do braço e suas notas estão ilustrados na Figura 1.

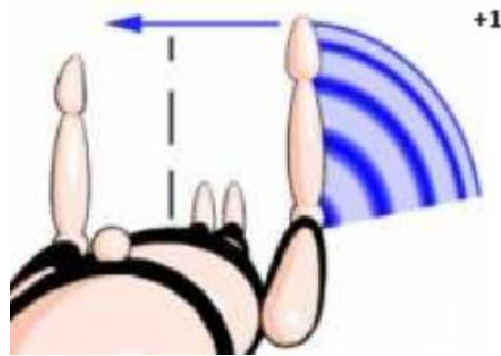


Fonte: Adaptado de *Software Ergolândia* (2023)

Em seguida, é realizada a análise do antebraço, que é similar à análise realizada na avaliação dos braços. A nota varia entre 1 e 2 pontos, e deve-se adicionar 1 ponto caso o antebraço cruze o plano sagital ou realize operações exteriores ao tronco, ou seja, caso o antebraço mova-se lateralmente. As pontuações e angulações do antebraço estão representados na Figura 2.

Figura 2 – Posição e pontuação do antebraço

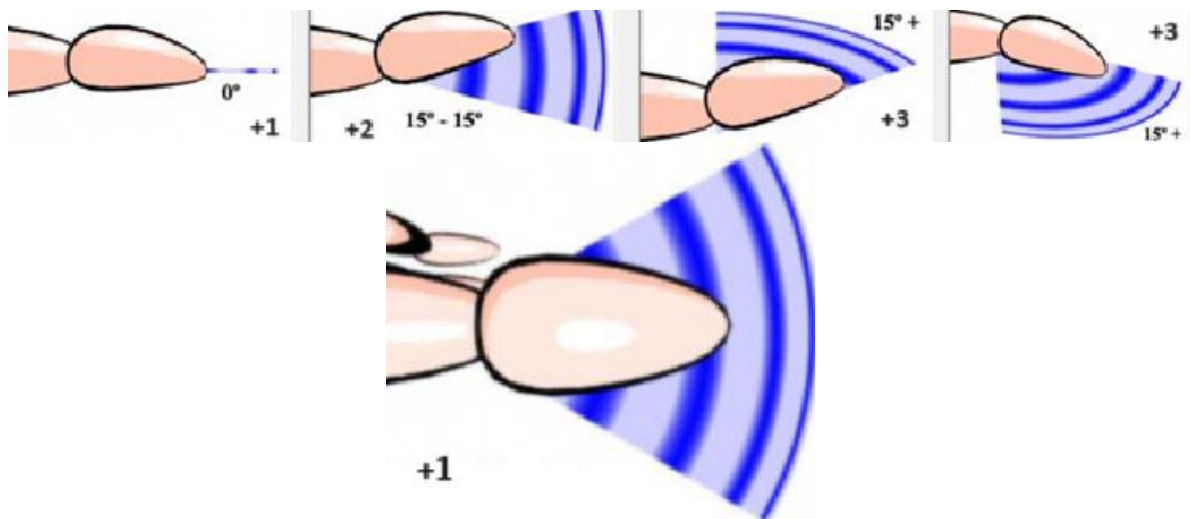




Fonte: Adaptado de *Software Ergolândia* (2023)

Em seguida, é analisado o posicionamento do punho. A nota varia de 1 a 3 de acordo com a angulação, com atenção se o punho se desvia da linha neutra, caso isso ocorra é adicionado mais 1 ponto, como está representado na Figura 3.

Figura 3 – Posição e pontuação do pulso



Fonte: Adaptado de *Software Ergolândia* (2023)

Caso ocorra pronação ou supinação do pulso, a avaliação será realizada adicionalmente com o auxílio do Quadro 1.

Quadro 1 – Nota da avaliação da pronação ou supinação do pulso

Nota da avaliação	Descrição
1	Se o pulso estiver na metade do giro máximo de torção
2	Se o pulso estiver próximo ao limite máximo de torção

Fonte: Autora

Uma vez finalizada a análise das pontuações dos braços, antebraços e pulsos, é preciso cruzar as notas obtidas em cada uma delas para, então, obter uma nota total do Grupo A. Tal cruzamento de notas é realizado a partir da Figura 4.

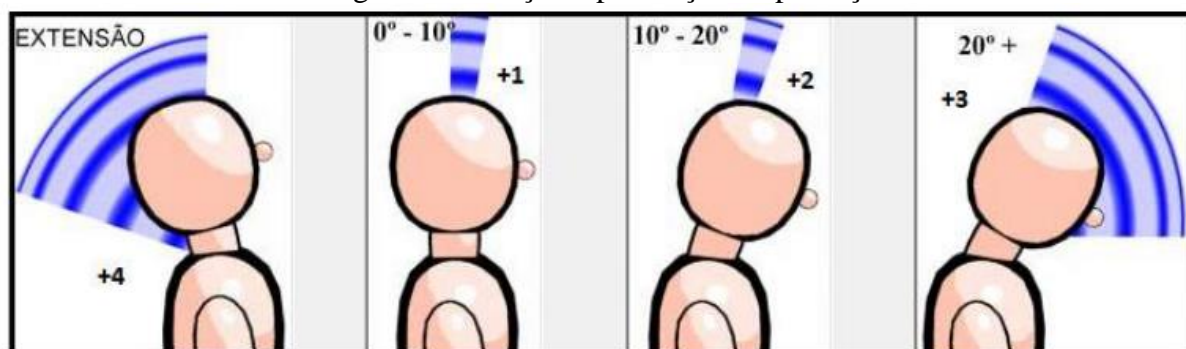
Figura 4 – Nota total do Grupo A (Braços, Antebraços e Pulsos)

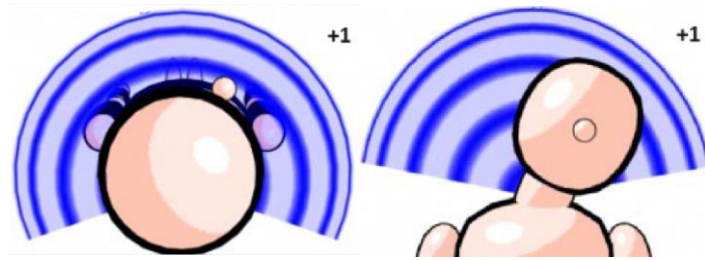
Braço	Antebraço	Total da Postura do Pulso							
		1		2		3		4	
		Torção Pulso		Torção Pulso		Torção Pulso		Torção Pulso	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Fonte: McAtamney e Corlett (1993)

Uma vez obtida a nota total da postura do pulso, inicia-se a avaliação do Grupo B, que analisa o posicionamento do pescoço, tronco e pernas. Inicia-se a avaliação pelo pescoço que, de acordo com a sua postura, suas notas variam de 1 a 4, sendo necessário adicionar 1 ponto quando o pescoço está inclinado lateralmente, e mais 1 ponto se há rotação. As angulações e pontuações do pescoço estão indicados na Figura 5.

Figura 5 – Posição e pontuação do pescoço

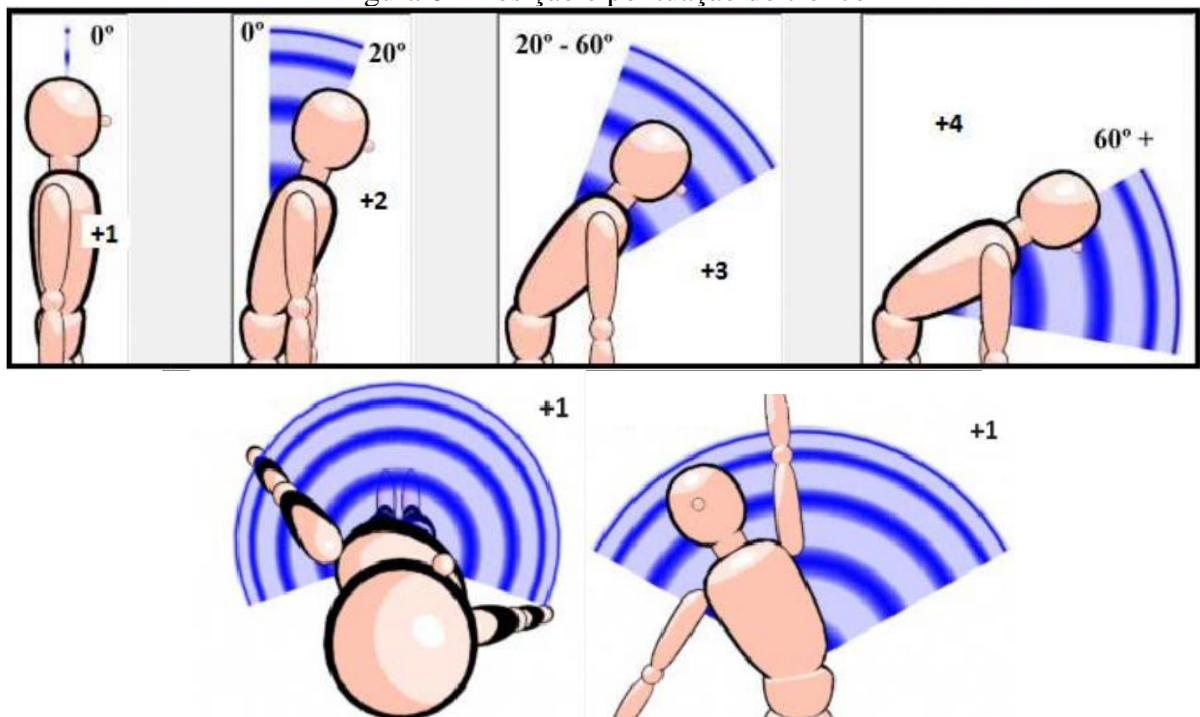




Fonte: Adaptado de *Software Ergolândia* (2023)

Para avaliação do tronco, as notas variam de 1 a 4. Seguindo o mesmo princípio aplicado para analisar o pescoço, se houver inclinação lateral ou rotação, deve-se adicionar 1 ponto para cada um deles. As angulações e pontuações do tronco estão indicados na Figura 6.

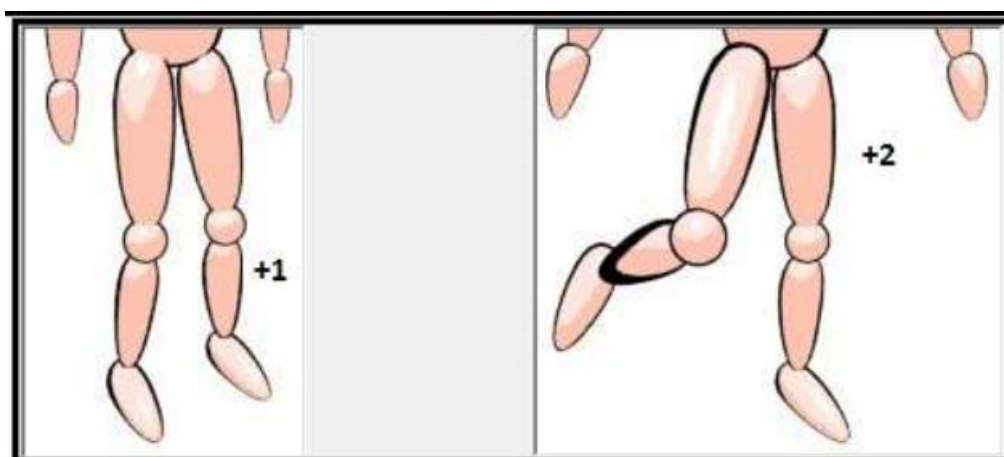
Figura 6 – Posição e pontuação do tronco



Fonte: Adaptado de *Software Ergolândia* (2023)

Prosseguindo com a análise do Grupo B, ainda resta analisar as pernas. Caso as pernas e pés estejam apoiados, a pontuação é 1, caso não estejam, a pontuação é 2, como é indicado na Figura 7.

Figura 7 – Posição e pontuação das pernas



Fonte: Adaptado de *Software Ergolândia* (2023)

A partir das pontuações obtidas nas análises do pescoço, tronco e braços, pode-se obter a nota total do Grupo B. Para isso, é preciso cruzar as notas obtidas em cada uma das análises em questão a partir da Figura 8.

Figura 8 – Nota total do Grupo B (Pescoço, Tronco e Braços)

Score da Postura do Pescoço	Score da Postura do Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas		Pernas		Pernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Fonte: McAtamney e Corlett (1993)

Após a obtenção das pontuações dos Grupos A e B, avalia-se o uso dos músculos e a carga suportada pelos trabalhadores. Para o fator uso do músculo, considera-se que se existir postura predominantemente estática (maior do que 1 minuto) ou ação repetitiva de até 4 vezes por minuto, acrescenta-se 1 ponto ao valor do Grupo A ou B. Para o fator carga, os valores são calculados em função dos dados descritos no Quadro 2.

Quadro 2 – Carga suportada pelos colaboradores

Valor da avaliação	Descrição
0	Carga < 2kg; intermitente
1	2<= Carga < 10 kg; intermitente
2	Carga > 10 kg; estático ou repetitivo
3	Mais que 10 kg ou repetitivos

Fonte: Autora (2023)

Este fator deve ser somado aos valores obtidos para os Grupos A e B. Com os valores finais obtidos para o Grupo A e Grupo B, pode-se obter a pontuação ergonômica final do posto de trabalho a partir da Tabela 1.

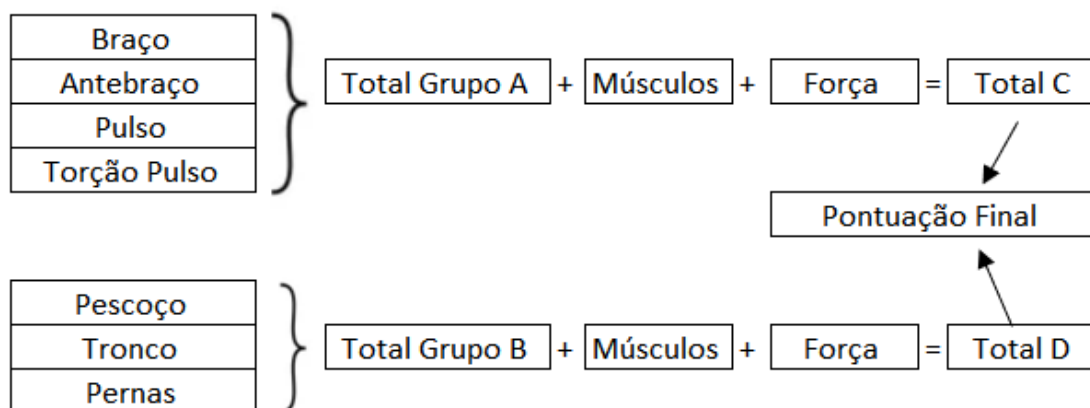
Tabela 1 –Pontuação final da ergonomia do posto de trabalho

		Total D (Pescoço, Tronco e Pernas)						
		1	2	3	4	5	6	7+
Total C (Membros Superiores)	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	7	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8	5	5	6	7	7	7	7

Fonte: Autora. Adaptado de McAtamney e Corlett (1993)

Em resumo, para obter a pontuação final da ergonomia do posto de trabalho, analisa-se dois grandes grupos: A e B. O primeiro se refere ao braço, antebraço e pulso. O segundo grupo se refere ao pescoço, tronco e pernas. Após a obtenção das notas do Grupo A e B, deve avaliar o uso dos músculos e da carga suportada pelos trabalhadores. Relacionando então esses valores, obtém-se a pontuação final. A Figura 9 ilustra cada uma dessas etapas.

Figura 9 – Resumo das pontuações do método RULA



Fonte: Autora. Adaptado de McAtamney e Corlett (1993)

O valor obtido a partir do cruzamento de dados da Tabela 1 representa os níveis de ação em função do potencial de dano ao sistema musculoesquelético devido à falta de ergonomia. A pontuação final relacionada com os níveis de ação está representada na Figura 10.

Figura 10 –Níveis de ação necessário para o posto de trabalho

Nível de Ação	Descrição
1	Valores entre 1 e 2. Postura aceitável, se não mantida ou repetida por longos períodos.
2	Valores entre 3 e 4. Indicam a necessidade de investigação mais detalhada e mudanças podem ser necessárias.
3	Valores entre 5 e 6. Indicam que a investigação mais detalhada e mudanças devem ocorrer brevemente.
4	Valor 7. Indica que a investigação e mudanças são requeridas imediatamente.

Fonte: Autora. Adaptado de McAtamney e Corlett (1993)

2.1.3. Antropometria

A antropometria trata das medidas físicas do corpo humano. A origem da antropometria remonta-se à antiguidade, uma vez que Egípcios e Gregos já observavam e estudavam a relação das diversas partes do corpo. O reconhecimento dos biótipos remonta-se aos tempos bíblicos e o nome de muitas unidades de medida, utilizadas hoje em dia são derivados de segmentos do corpo (PANERO, ZELNIK, 1991; IIDA, 2005; SANTOS *et al.*, 1997).

A importância das medidas ganhou especial interesse na década de 40 provocada de um lado pela necessidade da produção em massa, pois um produto o mal dimensionado pode provocar a elevação dos custos e, por outro lado, devido ao surgimento dos sistemas de trabalho complexos onde o desempenho humano é crítico e o desenvolvimento desses sistemas dependem das dimensões antropométricas dos seus operadores. Atualmente a antropometria (antropologia física) associada aos valores culturais (antropologia cultural) constituem um ponto importante nas questões que envolvem transferência de tecnologias, é a denominada antropotecnologia (PANERO, ZELNIK, 1991; IIDA, 2005; SANTOS *et al.*, 1997).

A antropometria pode ser dividida em dois tipos: estática e dinâmica. A antropometria estática estuda as proporções físicas do ser humano, que normalmente são caracterizadas por comprimentos segmentares, larguras, profundidades corporais, superfícies e os volumes corporais (REBELO, 2004). Estes dados são obtidos a partir de pontos anatômicos fixos em

posturas estereotipadas (COSTA, 2004). Alguns exemplos podem ser a estatura, o peso, a altura do ombro ou cotovelo, comprimentos, larguras, distâncias, espessuras, etc.

A antropometria dinâmica mede os alcances dos movimentos (IIDA, 2005). Ou seja, estuda quais os aspectos relacionados com o deslocamento dos segmentos corporais no espaço, as trajetórias distais como, por exemplo, a mão e as suas correspondentes velocidades e acelerações (REBELO, 2004).

A antropometria pode ser dividida em dois tipos: estática e dinâmica. A antropometria estática estuda as proporções físicas do ser humano, que normalmente são caracterizadas por comprimentos segmentares, larguras, profundidades corporais, superfícies e os volumes corporais (REBELO, 2004). Estes dados são obtidos a partir de pontos anatômicos fixos em posturas estereotipadas (COSTA, 2004). Alguns exemplos podem ser a estatura, o peso, a altura do ombro ou cotovelo, comprimentos, larguras, distâncias, espessuras, etc.

A antropometria dinâmica mede os alcances dos movimentos (IIDA, 2005). Ou seja, estuda quais os aspectos relacionados com o deslocamento dos segmentos corporais no espaço, as trajetórias distais como, por exemplo, a mão e as suas correspondentes velocidades e acelerações (REBELO, 2004).

2.1.4. Importância da Gestão Ergonômica

Segundo Couto (2011), existem pelo menos 10 razões pelas quais as empresas devem adotar a gestão ergonômica. A primeira delas está alinhada com a visão global de responsabilidade social e a conscientização dos empresários e gestores sobre a importância de preservar a saúde dos trabalhadores. Além disso, existem outros motivos significativos, tais como o aumento da produtividade, a garantia da versatilidade dos funcionários para promover a sustentabilidade do negócio, a busca por certificações internacionais e a prevenção de acidentes de trabalho.

Outros fatores igualmente relevantes merecem destaque, como a situação em que o custo de não realizar melhorias supera o custo de implementá-las, as despesas elevadas e as dificuldades administrativas associadas à reabilitação de trabalhadores lesionados, especialmente quando não foram feitas melhorias ergonômicas. Além disso, em contextos em que a empresa enfrenta pressão por parte das autoridades do trabalho, Ministério Público do Trabalho, sindicatos e organizações sociais, a gestão ergonômica torna-se ainda mais crucial.

De acordo com Iida (2005), a ergonomia investiga os vários elementos que afetam o desempenho de sistemas produtivos e busca minimizar os impactos prejudiciais que podem afetar os trabalhadores. Seu objetivo é reduzir a fadiga, o estresse, os erros e os acidentes, promovendo a segurança, a satisfação e a saúde dos trabalhadores enquanto eles interagem com esses sistemas produtivos. A eficiência não é um objetivo da ergonomia, ela virá como uma consequência.

2.2. *LEAN*

Após a Primeira Guerra Mundial, Henry Ford, o fundador da Ford Motor Company, e Alfred Sloan, o presidente e administrador da General Motors, revolucionaram o paradigma de produção que predominara por muito tempo, que era a produção artesanal, para um novo modelo, a produção em massa. A produção em massa se tornou viável graças à introdução de conceitos inovadores, como a linha de montagem móvel com esteiras rolantes e, ainda mais fundamental, à intercambialidade completa e consistente das peças, juntamente com a facilidade de sua montagem (WOMACK; JONES; ROSS, 1990).

Após a Segunda Guerra Mundial, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, que trabalhavam na fábrica da Toyota, apresentaram um novo modelo de produção, conhecido como o sistema de produção *Lean*. Esse sistema desempenhou um papel fundamental no crescimento econômico do Japão, à medida que várias organizações adotaram esse novo paradigma de produção (WOMACK; JONES; ROSS, 1990).

A busca por eficiência na produção é uma prioridade fundamental para as organizações, que buscam minimizar os custos. Assim, para se tornarem mais competitivas, adotam novos modelos de gestão. Um destes modelos é justamente a filosofia *Lean*, que se fundamenta em princípios de trabalho em equipe, comunicação eficaz, aprimoramento contínuo e a eliminação de desperdícios, tudo com o propósito de aprimorar a qualidade, a produtividade e o tempo de resposta ao mercado (WOMACK; JONES; ROSS, 1990; WOMACK; JONES, 2003).

A denominação *Lean*, que significa produção enxuta, refere-se ao processo produtivo que pode ser conduzido com menor uso de material, investimento reduzido, estoque mais baixo, ocupação de menos espaço e envolvimento de menos pessoas (WILSON, 2010). Womack e

Jones (2003) identificam como princípios *Lean* a identificação de valor, a eliminação de desperdício e a criação de fluxos (que agregam valor ao consumidor).

Segundo Womack e Jones (1996), inicialmente foram identificados sete tipos de desperdícios. Os sete tipos de desperdício incluem:

- Superprodução: Ocorre quando as operações continuam após o momento adequado para a sua interrupção. Isso resulta em um excesso de produtos, produção realizada muito cedo e aumento do estoque.
- Espera: Às vezes, referido como espera em fila, ocorre quando há períodos de inatividade em um processo subsequente devido a um atraso na entrega de atividades anteriores. Às vezes, processos subsequentes ociosos são usados para atividades que não agregam valor ou resultam em superprodução.
- Transporte: Movimentação desnecessária de materiais, como o transporte de trabalho em progresso, também conhecidos como *work in progress* (WIP), de uma operação para outra. Em geral, o transporte deve ser minimizado, pois adiciona tempo ao processo no qual nenhum valor é agregado, e danos na manipulação podem ocorrer.
- Superprocessamento: Operações adicionais, como retrabalho, reprocessamento, manipulação ou armazenamento que ocorrem devido a defeitos, superprodução ou estoque excessivo.
- Estoque - Todo o estoque que não é diretamente necessário para atender aos pedidos atuais dos clientes. O estoque inclui matérias-primas, trabalho em progresso e produtos acabados. Todo estoque requer manuseio e espaço adicionais. Sua presença também pode aumentar significativamente o processamento adicional.
- Movimentação: Refere-se aos passos adicionais realizados por funcionários e equipamentos para acomodar um layout ineficiente, defeitos, retrabalho, superprodução ou estoque excessivo. O movimento consome tempo e não agrega valor ao produto ou serviço.
- Defeitos - Produtos ou serviços finais que não atendem às especificações ou expectativas do cliente, causando assim insatisfação do cliente.

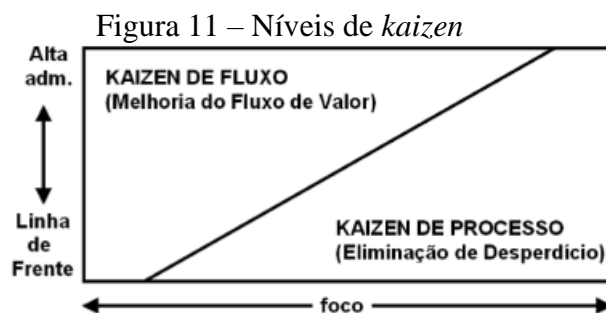
Além dessas sete principais fontes de desperdício, um oitavo desperdício é reconhecido. Ele está relacionado à subutilização das pessoas, em especial suas ideias e

contribuições criativas para a melhoria de processos e práticas (HICKS, 2007; WOMACK; JONES, 1996). Wilson (2010) explica que eliminando tais desperdícios, obtêm-se o aumento da qualidade e a redução do tempo e custos de produção.

2.2.1. *Kaizen*

A metodologia *kaizen* é considerada um dos pilares da filosofia *Lean*, e significa melhoria contínua (GREEN *et al.*, 2010). Segundo Reno *et al.* (2011), a essência do *kaizen* consiste na adoção de uma mentalidade por parte de líderes e colaboradores que se caracteriza por uma postura de autorreflexão, autocrítica e um desejo contínuo de aprimoramento. Representa a alteração do estado atual de um processo mediante análise crítica, seguida pela ágil implementação de melhorias destinadas a promover benefícios concretos.

De acordo com Rother e Shook (2003), há dois níveis de eventos *kaizen* (Figura 11): (i) *kaizen* de fluxo ou de sistema; (ii) *kaizen* de processo. O primeiro tem ênfase na melhoria do fluxo de valor, sendo mais dirigido à alta administração, concentrando-se no fluxo de material e informação. Já o segundo, possui foco nos fluxos dos processos e das pessoas, mais direcionado às equipes de trabalho e líderes operacionais. Os dois são necessários para a empresa. Ao melhorar um deles, se melhora o outro.



Fonte: Rother e Shook (2003)

2.2.2. Diagrama de espaguete

Na presente pesquisa será aprofundado a análise do desperdício de movimentação, a fim de identificar áreas de melhoria do fluxo de trabalho. Para isso, utilizou-se a ferramenta diagrama de espaguete.

O diagrama de espaguete é uma representação gráfica que tem por finalidade apresentar as rotas, tempos e fluxos de deslocamento no ambiente de produção, especificamente no chão de fábrica. Esse diagrama é construído considerando o *layout* físico da área em questão, no qual são registradas as trajetórias de deslocamento de cada colaborador ou produto, bem como os tempos despendidos em tais movimentações. A relevância deste diagrama se destaca na redução do tempo de deslocamento e na redução da necessidade de movimentação (COUTINHO, 2020).

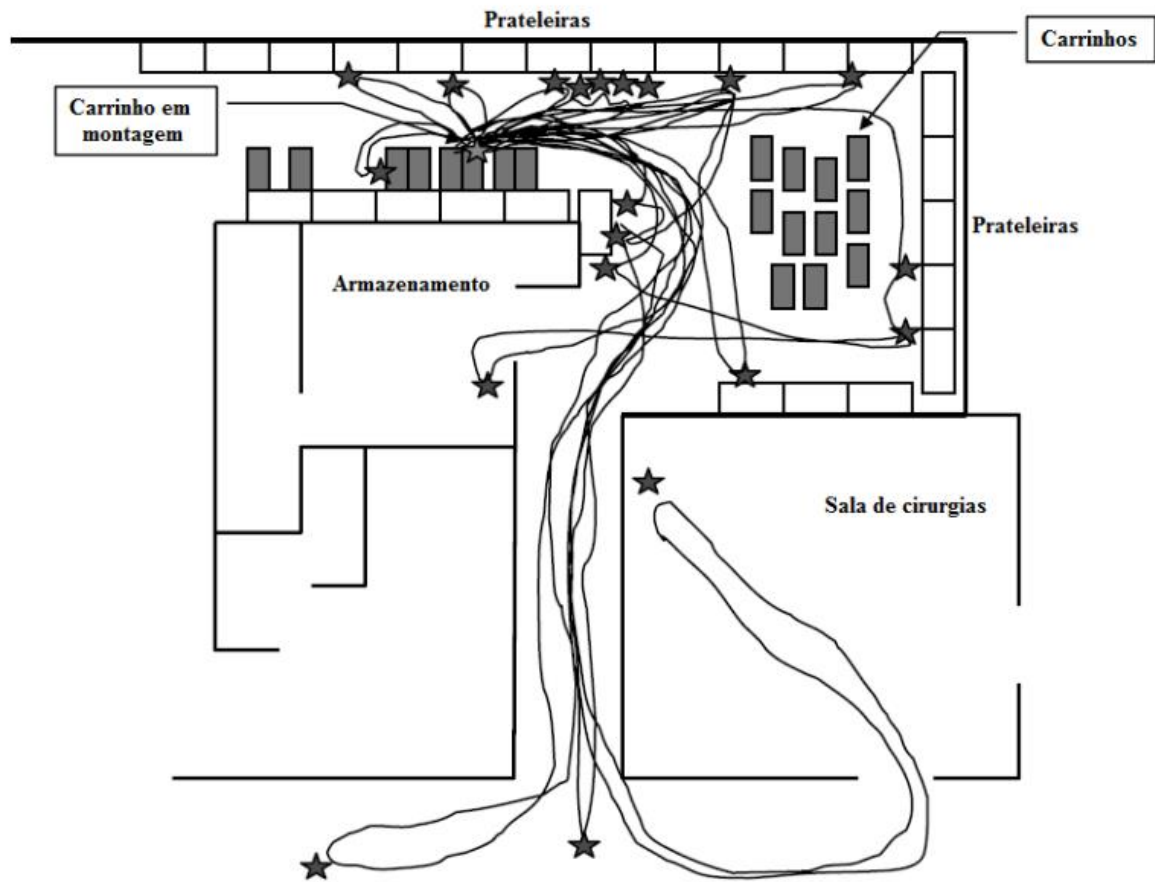
A nomenclatura "espaguete" deriva de sua analogia com a configuração da rota desenhada, que se assemelha à disposição de macarrão do tipo espaguete em um prato. O objetivo fundamental do diagrama é possibilitar a visualização da circulação e transporte ao longo de um fluxo durante a execução de processos. Através dessa representação, torna-se possível determinar se a rota percorrida é, de fato, essencial para a fabricação de um produto específico ou para a consecução de um determinado processo em uma unidade fabril (LEXICO LEAN, 2003).

Segundo Freitas (2013), o diagrama de espaguete é um método empregado para a análise e visualização da movimentação em um contexto de processo de produção. Este método compreende diversas etapas fundamentais, a saber: a delimitação da área em questão, a observação minuciosa da movimentação dos elementos envolvidos, a representação gráfica do fluxo identificado, a posterior definição do fluxo ideal e a identificação de oportunidades de aprimoramento. O propósito subjacente a este diagrama reside na representação do percurso efetuado pelos operadores ao longo do processo produtivo, tanto antes quanto após a implementação de modificações no *layout*.

Dessa forma, diagramas de espaguete oferecem uma representação visual e esclarecedora dos desperdícios relacionados ao transporte e à movimentação, cuja eliminação é essencial para tornar a operação mais eficiente e enxuta (GASTINEAU, 2009).

Além disso, possibilita a identificação dos pontos em que ocorre perda de tempo em atividades ou processos, e serve como um instrumento auxiliar na tomada de decisões sobre as medidas a serem adotadas para aprimorar a eficiência dos fluxos operacionais (FREITAS, 2013). Um exemplo de diagrama de espaguete está ilustrado na Figura 12.

Figura 12 – Exemplo de diagrama de espaguete



Fonte: Graban (2013)

2.2.3. *Lean* e Ergonomia

A ergonomia busca maximizar a eficiência dos recursos humanos. De forma que a segurança dos envolvidos seja garantida, e que seja reduzida as exposições a riscos decorrentes de inadequações ergonômicas (SMYTH, 2003).

Por outro lado, Nunes e Machado (2007) explicam que ao adotar a filosofia *Lean*, que visa reduzir os tempos de ciclo de trabalho e simplificar as tarefas, é provável que a tensão física e mental dos funcionários aumente. Os processos *Lean* podem tornar os trabalhos altamente repetitivos, à medida que se eliminam períodos de descanso críticos dos colaboradores. Os trabalhos repetitivos manifestam-se nos trabalhadores através de posturas estressantes e esforços elevados, repetidos constantemente ao longo do dia de trabalho (KESTER, 2013).

Durante a implementação de princípios *Lean* nos processos, é imperativo assegurar que os limites físicos dos colaboradores não sejam ultrapassados. Não basta apenas visar o

aumento da produtividade e a eliminação de desperdícios, mas também estar alinhado com a preocupação pela segurança e o bem-estar dos colaboradores. Deve-se adotar uma abordagem que busca otimizar a eficiência operacional, respeitando simultaneamente os aspectos ergonômicos e as capacidades físicas dos colaboradores.

Continuando nessa perspectiva, os postos de trabalho devem ser configurados de maneira a maximizar a produtividade, garantindo, ao mesmo tempo, condições ergonômicas adequadas para os colaboradores. Essa abordagem transcende os postos de trabalho propriamente ditos, abrangendo também o ambiente laboral como um todo, enfatizando a importância de um espaço limpo e higiênico, bem como a manutenção de temperaturas adequadas. Esse enfoque visa criar condições de trabalho que respeitem as necessidades ergonômicas dos funcionários e promovam um ambiente de trabalho seguro e saudável, fatores fundamentais tanto para o desempenho produtivo quanto para o bem-estar dos colaboradores.

Kester (2013) reforça que para assegurar que a ergonomia é um elemento chave no contexto do *Lean*, é essencial que a equipe atribua à ergonomia e à segurança o mesmo grau de importância que concede à redução de desperdício e à criação de valor.

Alves *et al.* (2011) publicaram um artigo em que foi realizada uma revisão bibliográfica sobre aspectos ergonômicos que estão envolvidos nas técnicas de Produção *Lean*. Técnicas como o 5S e *setup* rápido foram analisadas. A implementação do 5S gera impacto ergonômico nos colaboradores, uma vez que eles obtêm maior responsabilidade, há a redução de acidentes acarretados pela confusão no posto de trabalho. Além da redução do esforço, fadiga e estresse.

A implementação do *setup* rápido também tem influência direta na ergonomia, uma vez que a sua redução pode conduzir a menos esforço gerado pelo não carregamento contínuo das peças acumuladas, redução do número de lotes de trabalhos junto às máquinas. Além disso, há a redução do estresse, o atendimento às tarefas prescritas referentes aos procedimentos para troca rápida está definido, o que facilita o entendimento dos operadores.

Sendo assim, Alves *et al.* (2011) concluíram que há uma forte sinergia entre estas técnicas e a ergonomia, e que a suas implementações podem contribuir para uma melhor ergonomia dos postos de trabalho e para o aumento da produtividade. Além disso, também há a contribuição para o aumento do engajamento dos colaboradores e da equipe.

Pacheco (2022) realizou uma pesquisa em uma empresa, cujo principal objetivo foi mostrar que a implementação combinada de ferramentas *Lean* e de Ergonomia permite

melhorar o desempenho da empresa, melhorando a qualidade dos postos de trabalho, e reduzir desperdícios associados aos mesmos e aos processos.

Após entendimento do problema e aplicação de ferramentas do *lean*, houve a economia de 7636,00 €/ano considerando o custo do tempo reduzido, devido à redução do *lead time*, e 2095,00 €/ano considerando os materiais não gastos. Também foi reduzido o tempo de procura de informações no arquivo entre 78% (considerando uma pessoa que o utiliza regularmente) a 86% (considerando uma pessoa que não o utiliza regularmente).

Desta forma, Pacheco (2022) concluiu que a aplicação combinada das ferramentas *Lean* e de Ergonomia torna possível a redução dos desperdícios e a melhoria da qualidade dos postos de trabalho, o que possibilita o aumento do desempenho dos colaboradores.

Assim como os trabalhos citados, a presente pesquisa aplica os conceitos de *lean* e ergonomia de forma integrada, visando reduzir problemas ergonômicos e desperdícios em um posto de trabalho. No capítulo 3 será detalhado o método utilizado para isto.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo, são delineados os métodos e recursos empregados na elaboração deste trabalho. A seguir são apresentadas a classificação da pesquisa, bem como o procedimento de pesquisa-ação e suas etapas.

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Menezes e Silva (2005) explicam que existem várias maneiras de categorizar as pesquisas, no entanto, as clássicas organizam a pesquisa a partir de sua natureza (básica ou aplicada), da abordagem do problema (quantitativa ou qualitativa), dos objetivos (exploratórios, descritivos ou explicativos) e dos procedimentos técnicos (bibliográfica, documental, experimental, levantamento, estudo de caso, pesquisa *expost-facto*, pesquisa-ação e pesquisa participante).

Do ponto de vista da natureza, essa pesquisa se classifica como aplicada, visto que busca uma aplicação prática e destinados a abordar problemas específicos e suas soluções (MENEZES; SILVA, 2005). A presente pesquisa se enquadra como aplicada, pois busca resolver problemas ergonômicos, de movimentação desnecessária dos colaboradores e de desorganização do estoque, aplicando conhecimentos em ergonomia e práticas do *Lean* em um posto de trabalho.

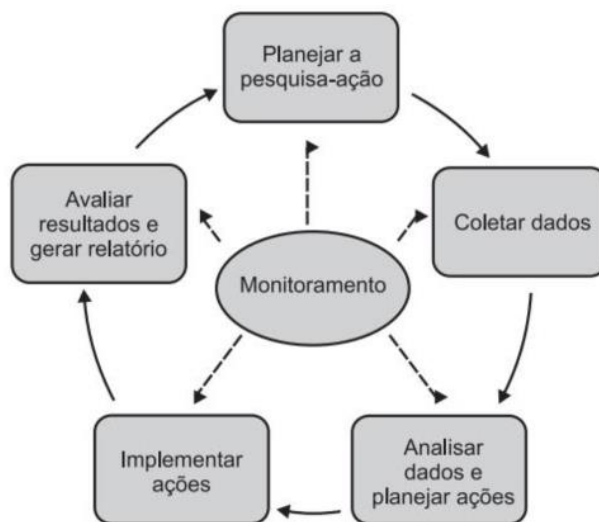
O estudo tem uma abordagem qualitativa, objetivos exploratórios, visto que procura conhecer as características do posto de trabalho de montagem de portas, identificar os problemas e desperdícios, por meio de observação do posto de trabalho, *brainstorming* e aplicação de ferramentas, como a metodologia ergonômica RULA e o diagrama de espaguete. Sendo então possível propor soluções e melhorias.

Fleury *et al.* (2012) explicam que na abordagem de pesquisa-ação, o investigador emprega a técnica de observação participante para colaborativamente intervir no tema de estudo junto aos participantes, visando a resolução de um problema e o enriquecimento do acervo de conhecimentos. A presente pesquisa se enquadra em pesquisa-ação, uma vez que houve interação direta da autora com os participantes, visando identificar problemas e solucioná-los de forma prática. No tópico seguinte há explicações mais detalhadas desse procedimento metodológico.

3.2. PESQUISA-AÇÃO

Fleury *et al.* (2012) explicam que a pesquisa-ação ocorre em ciclos, sendo que cada ciclo do processo ocorre em cinco fases, que estão representadas na Figura 13.

Figura 13 – Ciclos do processo de pesquisa-ação.



Fonte: Fleury *et al.* (2012)

A seguir será detalhado cada uma de cada uma das cinco fases do processo de pesquisa-ação e como a presente pesquisa se aplica em cada uma delas.

3.2.1. Planejar a pesquisa-ação

Para Fleury *et al.* (2012) essa fase é composta de três etapas: definir contexto e propósito; definir estrutura conceitual-teórica; selecionar unidade de análise e técnicas de coleta de dados.

Para Thiollent (2007), essa fase é considerada exploratória, envolvendo a descoberta do escopo da pesquisa, a identificação das partes interessadas e suas expectativas, além de estabelecer um diagnóstico inicial da situação, dos problemas prioritários e de possíveis ações. Além disso, é nessa etapa que são definidos os objetivos e tema da pesquisa, que é a fusão do *lean* e ergonomia visando o aumento da produtividade.

A etapa de definir estrutura conceitual-teórica refere-se à realização da revisão de literatura. Rowley e Slack (2004) explicam que a fundamentação teórica tem como propósito identificar e estruturar os conceitos presentes em trabalhos relevantes. Seu objetivo é capturar o estado da arte de um determinado domínio do conhecimento. Através dessa revisão de estudos tanto clássicos quanto recentes, torna-se viável identificar áreas nas quais uma pesquisa mais aprofundada poderia ser vantajosa. A fundamentação teórica do presente estudo foi realizada no capítulo dois, em que foi abordado temas sobre a melhoria da ergonomia e da aplicação de ferramentas do *Lean*.

A última etapa da fase do planejamento da pesquisa-ação é a seleção da unidade e técnicas de coleta de dados. A pesquisa foi desenvolvida em uma empresa, localizada na França, fabricante de reboque de toda Europa e está no mercado há mais de 20 anos, fabricando e comercializando reboques de grande, médio e pequeno porte.

A empresa segue um padrão sazonal, caracterizado pelo aumento significativo da carga de trabalho durante um período do ano devido à demanda elevada. Isso requer a contratação temporária de mais colaboradores para lidar com essa demanda intensa, e implica em ampliar as horas de trabalho dos funcionários permanentes. No entanto, em outras épocas do ano, a demanda é substancialmente menor, resultando em uma redução das horas de trabalho para os funcionários permanentes, o que compensa o esforço extra despendido durante o período de alta demanda.

A empresa possui três sedes localizada nas seguintes cidades: Reuilly, Brinon sur Sauldre e Vierzon. A sede situada na cidade de Reuilly tem como principais atividades a fabricação de componentes de reboques e, durante os períodos de alta demanda, também realiza a montagem de reboques utilitários. O sítio situado Vierzon é responsável pela montagem de reboques utilitários e alguns reboques de grande porte. Já a sede localizada em Brinon sur Sauldre é responsável pela montagem de reboques de pequeno e médio porte.

A execução do projeto ocorreu exclusivamente na sede localizada em Brinon sur Sauldre. Nessa filial, estão empregados 52 funcionários efetivos, dos quais 38 desempenham funções na área operacional. Durante os períodos de demanda intensa, o contingente de operários na parte operacional experimenta um substancial crescimento, chegando a um total de 73 trabalhadores.

A usina de Brinon sur Sauldre apresenta 6 diferentes postos de trabalho: pré-montagem para componentes laterais da porta; marcação de identificação do chassi; pré-montagem de

parafusos; montagem do eixo do reboque; montagem das portas do reboque; montagem completa do reboque.

Com um conjunto de 16 postos de montagem de reboques e uma variedade de 67 modelos de reboques, a sede de Brinon sur Sauldre alcança uma média de 43 reboques produzidos por hora durante um turno de 7 horas. Essa produtividade é resultado exclusivamente do trabalho dos funcionários efetivos.

O posto de trabalho analisado foi o de montagem de portas. A usina estudada conta com três postos de montagem de portas, sendo cada um deles operado por apenas uma colaboradora. Nos períodos de alta demanda, os três postos funcionam simultaneamente. Enquanto nos períodos de baixa demanda algum dos postos pode ficar inutilizado.

Basicamente, o posto de montagem de portas consiste em três etapas: coletar a matéria prima; montar todos os componentes das portas com o auxílio de uma pistola pneumática; estocagem das portas prontas em um suporte, que também é chamado de *rack*.

As matérias primas de pequeno porte, tais como parafusos, roscas e rebites, ficam sobre a mesa de trabalho dentro de contenedores. Já a matéria prima de maior dimensão, tais como a porta bruta e as laterais da porta, ficam ao lado da mesa de trabalho. Ao longo da jornada de trabalho, as funcionárias devem realizar a reposição das matérias primas de pequeno porte, como rebites e parafusos, por exemplo. A reposição do estoque das matérias de grande porte é realizada por um operador de empilhadeiras.

Uma vez que a montagem das portas esteja encerrada, os operários devem estocá-las em um suporte até que ele esteja completo. A quantidade de portas que podem ser condicionadas no suporte variam de 90 a 26 unidades, dependendo do diferente modelo de porta. Quando um *rack* está completo, os operários devem colocá-lo em estoque com a ajuda de uma transpaletadeira elétrica.

Na seleção do posto de trabalho para a pesquisa, foram considerados como principais impulsores as problemáticas associadas à ergonomia e à desorganização do armazenamento de matéria prima e produtos acabados em estoque.

3.2.2. Coletar dados

Fleury *et al.* (2012) explicam que para o pesquisador, a geração de dados ocorre por meio de seu envolvimento ativo na rotina dos processos organizacionais relacionados ao projeto

de pesquisa-ação. Os dados não são apenas fruto da participação e observação das equipes no trabalho, da solução de problemas e das decisões tomadas, mas também das intervenções realizadas para impulsionar o progresso do projeto. Algumas dessas observações e intervenções seguem uma abordagem formal, envolvendo reuniões e entrevistas, enquanto muitas outras ocorrem informalmente, durante momentos como pausas para o café, jantares ou atividades recreativas.

Antes de iniciar a coleta de dados, a autora realizou a sensibilização dos envolvidos, em que foi explicado a importância do projeto, se assegurando que eles entendam todo o processo, os seus benefícios e a sua importância. No presente estudo, a sensibilização ocorreu com as três funcionárias que trabalham no posto de montagem de portas. Tal etapa foi de extrema importância, principalmente porque a contribuição dos funcionários é um fator crítico para o sucesso do projeto.

Em seguida, pode-se começar a observação do posto de trabalho para ter uma compreensão das atividades realizadas, e identificar potenciais problemas. Além de observações, foi realizado um *brainstorm* das possíveis causas que geram desperdícios, gargalos, ineficiência, problemas ergonômicos e defeitos, assim como possíveis melhorias. Dessa forma, foram identificados problemas relacionados ao posto de trabalho analisado, tais como problemas ergonômicos, mesa de trabalho inadequada, movimentação desnecessária e desorganização de estoque.

O problema ergonômico relacionado a mesa de trabalho, pôde ser avaliado a partir da aplicação do método RULA. Foram realizadas observações e avaliações das posturas enquanto os trabalhadores trabalhavam, obtendo então um *score* final da ergonomia da mesa de trabalho utilizada.

Com o intuito de identificar e mensurar as atividades que não agregam valor e que mais consomem tempo dos trabalhadores, desenvolveu-se um formulário para que os colaboradores apontassem os tempos que despendiam nas atividades que não agregam valor no processo. A este formulário deu-se o nome de registro de produção.

Visando calcular o *lead time*, foi cronometrado ou extraído do ERP os tempos despendidos pela matéria em cada etapas do processo produtivo, começando desde a chegada da matéria prima na empresa até o consumo do produto semiacabado. Por fim, para averiguar a eficiência do *layout* e potenciais desperdícios, foi realizada a análise do fluxo de materiais a partir do diagrama de espaguete.

3.2.3. Analisar dados e planejar ações

Segundo Fleury *et al.* (2012) é relevante realizar a comparação dos dados tabulados com a teoria relacionada ao tema da pesquisa no decorrer da análise de dados. Algumas questões que podem orientar o pesquisador na análise dos dados incluem: os resultados estão em concordância com os princípios teóricos estabelecidos? Há dados que contradizem as expectativas teóricas? Os dados convergem entre si?

Para o posto de montagem de portas, foi realizada a aplicação da metodologia RULA, cujo enfoque é a identificação da sobrecarga e movimentos inadequados. A partir de sua análise, pode-se identificar que era necessário a realização de mudanças. Como plano de ação, foi criado um *croqui* de uma mesa mais adaptada para o posto de trabalho, que deveria eliminar ou reduzir todos os problemas existentes na mesa atual.

Além disso, a partir das observações e da análise diagrama de espaguete, buscou-se analisar os desperdícios de movimentação de pessoas e o transporte de materiais em virtude da disposição de um *layout* inadequado.

A partir da aplicação da ferramenta chamada de registro de produção, foi possível identificar as atividades que não agregavam valor que mais consomem tempo dos colaboradores. Sendo então possível reduzi-las ou eliminá-las.

Com base na cronometragem e extração dos tempos do sistema ERP, pode-se analisar qual das matérias primas passavam mais tempo em estoque, além de mostrar o tempo de deslocamento gasto para cada uma delas. Além disso, precisou-se quanto tempo o semiacabado fica estocado até ser finalmente consumido para montagem do produto final. Por fim, pode-se calcular o *lead time* do processo.

3.2.4. Implementar ações

Essa etapa consiste em implementar o plano de ações estabelecido anteriormente. Para Coughlan e Coughlan (2002), essa etapa implica em implementar as alterações desejadas e seguir os planos em conjunto com os principais membros da organização de maneira colaborativa.

Alguns problemas identificados durante a análise do posto de trabalho foram resolvidos com mudanças de baixo custo. Outras mudanças apresentam um nível de

investimento mais elevado, que visam a priorização da ergonomia dos operários, facilitar a gestão do estoque e reduzir os desperdícios identificados anteriormente. Tais mudanças não puderam ser medidas, devido à limitação de tempo e financeiras.

3.2.5. Avaliar resultados e gerar relatório

Segundo Coughlan e Coughlan (2002), a avaliação é vista como uma reflexão sobre os resultados da ação, incluindo tanto os resultados intencionais quanto os não intencionais. Envolve também uma revisão do processo, com o objetivo de que o próximo ciclo de planejamento e execução possa se beneficiar das lições aprendidas no ciclo anterior. A avaliação desempenha um papel fundamental no processo de aprendizado. Sem ela, as ações são implementadas de forma aleatória, independentemente do sucesso ou fracasso, e os erros tendem a se multiplicar, resultando em maior ineficácia e frustração.

Os resultados práticos não puderam ser medidos, devido à limitação de tempo para a implementação do *layout* proposto e da mesa ergonômica. Entretanto, foram projetados resultados com base nos dados coletados. Quanto às melhorias no aspecto ergonômico, pode-se medir os resultados a partir das pontuações projetadas para a nova mesa de trabalho a partir da aplicação do método RULA.

A redução da movimentação das colaboradoras e da manutenção pode ser realizada através da aplicação do diagrama de espaguete nas propostas de alterações de *layout*. No capítulo 4 são apresentados os resultados e discussões das fases descritas no capítulo 3.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados e discussões dos métodos aplicados durante as pesquisas. Ele está dividido em três partes: estado atual, proposta de melhorias e análise de resultados.

4.1. ANÁLISE DO ESTADO ATUAL DA EMPRESA

Neste tópico são apresentados os resultados obtidos durante a análise atual da empresa. Primeiramente é discutido a ergonomia do posto de trabalho, em seguida a análise de agregação de valor e desperdícios no processo de montagem de portas, o *lead time* para a fabricação do modelo de porta NFB H 400 e, por fim, o fluxo de materiais.

4.1.1. Análise ergonômica do posto de trabalho

A avaliação ergonômica da mesa de trabalho foi conduzida por meio de observações e a aplicação da metodologia RULA. Seguindo a metodologia, primeiramente foi analisado os membros dispostos no Grupo A: Braço, antebraço e pulso. As pontuações de cada um dos membros estão representadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Análise dos braços, antebraços e punhos

Grupo A: Braços, Antebraços e Punhos				
Membro	Pontuação	Adicionais	Pontuação adicionais	Pontuação total dos membros
Braço	3	Ombro elevado	1	4
Antebraço	2	-	-	2
Pulso	2	-	-	1
Torção pulso	1	-	-	1

Fonte: Autora (2023).

A pontuação relacionada ao braço se dá uma vez que as trabalhadoras trabalham com o membro posicionado entre 45° e 90°, como pode ser visualizado na Figura 14. A razão que explica essa angulação é a limitação da inclinação da mesa de trabalho, que se deve à ausência

de suporte na parte inferior dela. Notou-se que a tentativa de inclinação da mesa resultaria na queda da porta ao chão.

Figura 14 – Posicionamento do braço durante execução da tarefa



Fonte: Autora (2023).

Também foi atribuído ao posicionamento do braço o adicional de mais um ponto devido à elevação do ombro, que é explicado pela impossibilidade de aceder aos dois lados da porta ao mesmo tempo. Logo, ao efetuarem a fixação simultânea dos dois lados da porta, as trabalhadoras adotam uma postura não ergonômica uma vez que há a necessidade de trabalhar com o braço flexionado à 90 graus, como pode ser identificado na Figura 15.

Figura 15 – Elevação do ombro durante execução da tarefa



Fonte: Autora (2023).

O posicionamento do antebraço teve a pontuação atribuída de dois pontos, uma vez que trabalha com ângulo maior que 100° . Já pulso obteve uma pontuação igual a 2, visto que ele compreende um ângulo que varia entre 15° e 15° . Visto que o punho tem torção média, foi atribuída a pontuação equivalente a 1. O cruzamento de todas as pontuações gerou uma nota equivalente à 4 para a pontuação total do Grupo A, como está representado na Figura 16.

Figura 16 – Pontuação do Grupo A (Braços, Antebraços e Punhos)

Braço	Antebraço	Total da Postura do Pulso							
		1		2		3		4	
		Torção Pulso		Torção Pulso		Torção Pulso		Torção Pulso	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Fonte: McAtamney e Corlett (1993)

Uma vez finalizada a análise dos membros do Grupo A, pode-se iniciar a análise do Grupo B, que abrange o pescoço, tronco e pernas. A pontuação atribuída a cada um desses membros está disponível no Tabela 3.

Tabela 3 – Análise do pescoço, tronco e pernas

Grupo B: Pescoço, Tronco e Pernas				
Membro	Pontuação	Adicionais	Pontuação adicionais	Pontuação total dos membros
Pescoço	2	-	-	2
Tronco	2	-	-	2
Pernas	1	-	-	1

Fonte: Autora (2023).

O posicionamento do pescoço teve a pontuação atribuída de dois pontos, uma vez que trabalha com ângulo entre 10° e 20°. O troco recebeu pontuação equivalente a dois pontos, visto que para desempenhar a tarefa, ele compreende um ângulo entre 0° e 20°. Visto que as pernas e pés ficam apoiados, a pontuação atribuída é de 1 ponto. Visto que não há inclinação lateral e nem rotação do pescoço e do tronco, não há pontuações adicionais.

A partir da avaliação dos membros do Grupo B, foi identificada uma outra problemática em relação ao ajuste de altura da mesa. Embora ela apresente a capacidade de

ajuste de altura, sua operacionalidade revelou-se limitada para uma variedade de modelos de portas.

Isso se deve ao fato de que o mecanismo de regulagem de altura está localizado exclusivamente na porção central da mesa, não abrangendo dimensões adequadas para acomodar todos os tipos de portas existentes. Essa limitação do ajuste de altura faz com as trabalhadoras fiquem com o pescoço e tronco mais inclinados.

Uma vez finalizada a análise do posicionamento e angulações dos membros do Grupo B, pode-se realizar o cruzamento de todas as pontuações visando obter a pontuação total do Grupo B, que é equivalente à 2, como está representado na Figura 17.

Figura 17 – Pontuação do Grupo B (Pescoço, Tronco e Pernas)

Score da Postura do Pescoço	Score da Postura do Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas		Pernas		Pernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9

Fonte: Autora (2023).

A próxima etapa do método RULA é analisar o uso dos músculos, que está relacionada a uma postura estática ou ação repetitiva, e a carga suportada, que corresponde ao peso portado pelo trabalhador para desempenho da tarefa. Essas pontuações estão disponíveis na Tabela 4, assim como a somatória final de cada um dos Grupos.

Após a obtenção das pontuações dos Grupos A e B, avalia-se o uso dos músculos e a carga suportada. Para o fator uso do músculo, considera-se que se existir postura predominantemente estática (maior do que 1 minuto) ou ação repetitiva de até 4 vezes por minuto, acrescenta-se 1 ao valor do grupo A ou B. Para o fator carga, os valores são calculados em função dos dados descritos no Tabela 4.

Tabela 4 – Pontuação total do Grupo A e Grupo B

	Pontuação total de cada Grupo	Músculo	Força	Pontuação total C e D
Grupo A	4	1	1	6
Grupo B	2	1	1	4

Fonte: Autora (2023).

A pontuação atribuída aos músculos foi de um ponto, devido a ação repetitiva durante a montagem da porta, ou seja, o mesmo movimento se repete mais de quatro vezes por minuto. O fator recebeu nota igual a um devido ao peso de determinados modelos de portas, que podem pesar até 6 quilogramas. Somando esses valores, obtêm-se uma pontuação final C equivalente a 6, e pontuação final D equivalente a 4. O cruzamento desses valores para obtenção da pontuação ergonômica do posto de trabalho pode ser visto na Figura 18.

Figura 18 – Pontuação do posto de trabalho

		Total D (Pescoço, Tronco e Pernas)						
		1	2	3	4	5	6	7+
Total C (Membros Superiores)	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	7	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8	5	5	6	7	7	7	7

Fonte: McAtamney e Corlett (1993)

Ao cruzar as pontuações total C (braço, antebraço e pulsos) e as pontuações totais D (pescoço, tronco e pernas) obtêm-se a pontuação do posto de trabalho em quesitos ergonômicos equivalente a seis pontos. Dessa forma, o posto de trabalho se encaixa dentro do nível de ação 3: “Investigação e mudanças devem ocorrer brevemente”.

Além dos problemas ergonômicos elencados durante a aplicação do método RULA, também foi observado a ausência de um espaço designado para a disposição dos componentes laterais das portas. Como alternativa, os trabalhadores optam por armazená-los em um carrinho de dimensões limitadas posicionado ao lado da estação de trabalho. Contudo, a capacidade deste

carrinho revela-se insuficiente para acomodar simultaneamente os componentes laterais direito e esquerdo das portas, resultando na necessidade de realizar duas reposições distintas a fim de completar a montagem delas.

Outro problema observado se refere à segurança, uma vez que foi identificado a presença de cabos de alimentação de ar na frente das operárias, podendo ocasionar em um acidente de trabalho caso alguma das trabalhadoras tropeçassem. A proposta de melhoria do posto de trabalho está apresentada no tópico 4.2.1.

4.1.2. Análise dos desperdícios

Com o intuito de mensurar as atividades que não agregam valor e que mais consomem tempo dos trabalhadores foi elaborado o registro de produção. As atividades que não agregam valor foram identificadas durante a observação do posto de trabalho, conversas com as colaboradoras e *brainstorming*. Um modelo de registro de produção está disponível no Apêndice A.

O registro de produção foi dividido em seis categorias: Recursos; Organização; Qualidade; Segurança; Limpeza + Manutenção Preventiva; Outros.

A categoria Recursos refere-se a problemas ou atividades que não são essenciais para o processo, como problemas com a pistola pneumática, utilização da furadeira para solucionar decalagem entre furos de dois componentes, espera pelo auxiliar logístico para trazer a matéria prima quando há mudança no modelo de porta a ser montado; espera pela manutenção ou reposição de estoques.

Já a categoria Organização se refere a atividades que não agregam valor ao cliente final, mas que são obrigatórias para continuar a produção de portas ou por políticas da empresa, como buscar suportes vazios para armazenar portas prontas, abastecer estoque de peças, reunião, treinamentos.

A categoria Qualidade abrange todas as atividades em que é não se pode continuar com a operação de montagem devido a um problema de qualidade, principalmente relacionado à matéria prima. A categoria Segurança refere-se a pausas na produção devido a qualquer problema de segurança que ocorra na empresa.

A quinta categoria “Limpeza + Manutenção Preventiva” refere-se a pausas para limpar ou organizar o posto de trabalho ou referentes a alguma manutenção preventiva em alguma ferramenta.

O documento foi impresso diariamente e deixado em cada mesa de trabalho. A colaboradora devia indicar a data, o nome, o número do posto de trabalho que ela ocupava e o tempo que ela trabalhou nesse posto. Além disso, caso ocorresse algum dos problemas mencionados no registro de produção, ela deveria indicar o tempo gasto em cada uma das atividades. Se o tempo para realizar essas atividades fosse inferior a 5 minutos, elas deveriam marcar um “X” no horário que aconteceu. Caso o tempo gasto nessas atividades fosse superior a 5 minutos, as colaboradoras deveriam escrever em minutos o tempo gasto. Além disso, no fim de cada jornada de trabalho, era necessário indicar quantas portas foram montadas.

No Quadro 3 apresenta as atividades descritas em cada categoria do registro de produção e, quando possível, as suas associações com desperdícios do *lean*.

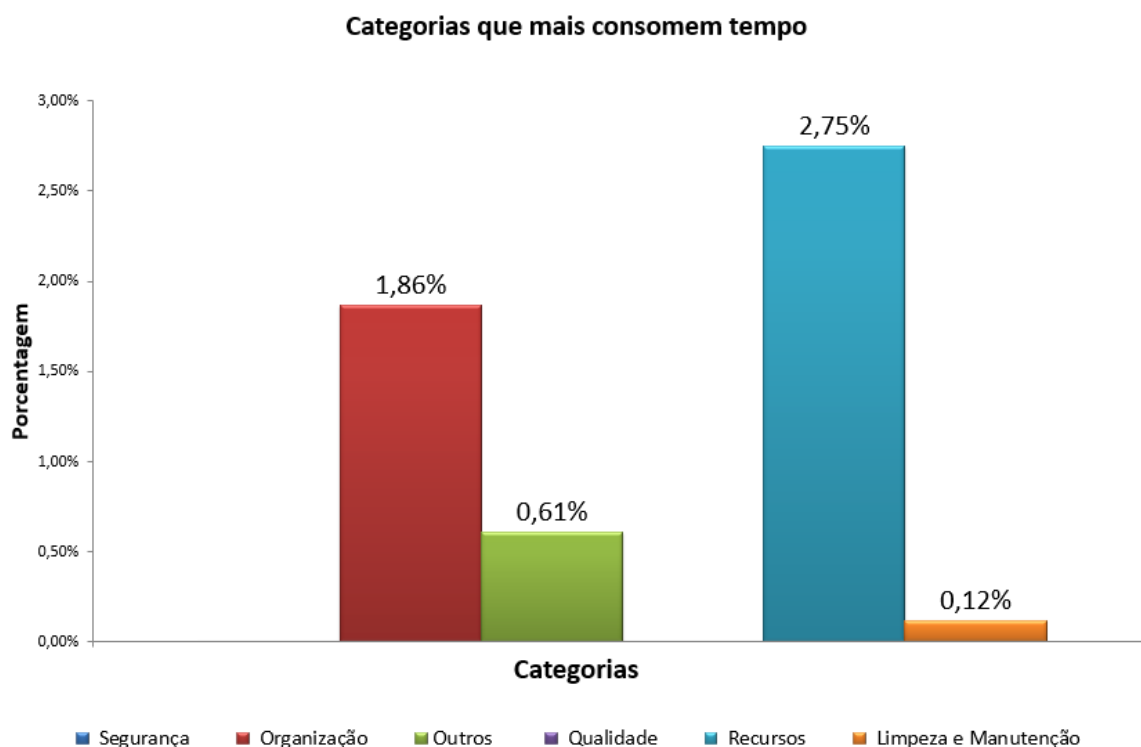
Quadro 3 – Atividades o registro de produção

Categoria	Atividade	Desperdício <i>Lean</i>
Organização	Reposição de estoques nos contenedores	Movimentação
	Colocar em estoque portas montadas e recuperar um novo rack vazio para portas	Movimentação
	Retirar rebites da rebitadeira	-
	Mudança de posto de trabalho	-
	Início/fim de turno (administrativo)	-
	Treinamento	-
	Organização do posto de trabalho	-
	Reunião	-
Recursos	Reparar a pistola pneumática	-
	Mudar a pistola pneumática	Defeito
	Utilizar a furadeira	Defeito
	Falta de peças no estoque	Espera
	Esperar a manutenção	Espera
	Mudança do modelo de porta	-
	Cortar caixa	-
	Colocar mousse	-
Qualidade	Problema de qualidade	Defeito
Segurança	Problema de segurança	-
Limpeza do posto de trabalho		-
Manutenção preventiva		-
Outros		-

Fonte: Autora (2023).

Após preenchimento do registro de produção pelas colaboradoras, os dados foram tratados visando identificar as categorias que mais consumiam tempo das colaboradoras. Na Figura 19, têm-se a porcentagem do tempo gasto em cada uma das categorias.

Figura 19 – Porcentagem do tempo consumido em cada uma das categorias

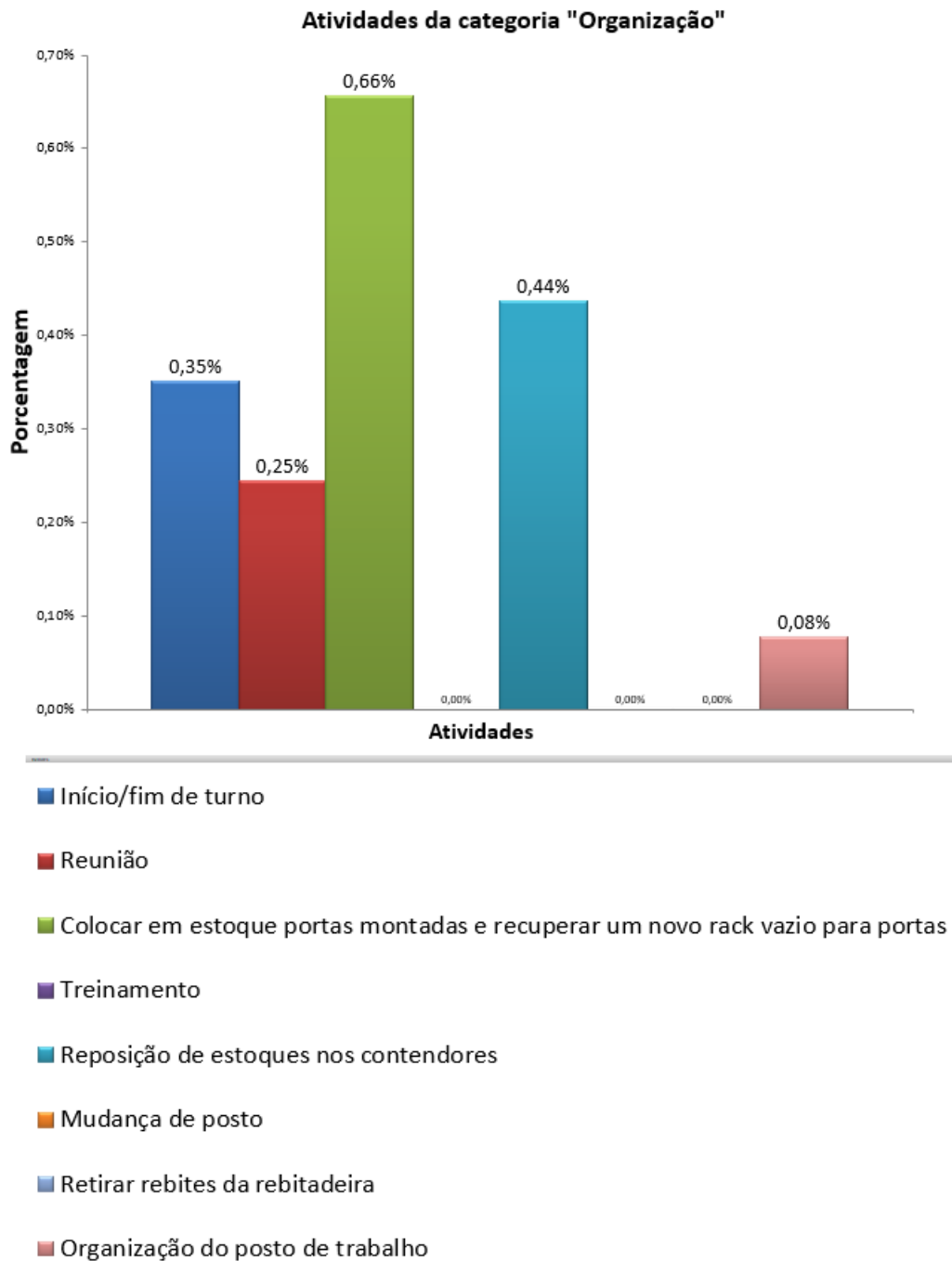


Fonte: Autora (2023).

A partir da análise da Figura 19, pode-se identificar que 2,75% da jornada de trabalho foi consumida com atividades da categoria “Recurso”, 1,87% com atividades da categoria “Organização”, 0,61% com a categoria “Outros” e 0,12% com a categoria “Segurança”. Na presente pesquisa não será analisado à categoria “Outros” e “Segurança”, uma vez que foram acontecimentos pontuais, não recorrentes e foram prontamente resolvidos.

Os maiores percentuais eram relativos as duas primeiras categorias citadas, sendo assim, foi analisado mais atenciosamente as atividades que mais consumiam tempo em cada uma delas. A porcentagem do tempo gasto em “Organização” está disponível na Figura 20.

Figura 20 – Porcentagem do tempo gasto em “Organização”



Fonte: Autora (2023).

Ao se analisar a Figura 20, nota-se que cinco atividades consumiram tempo na categoria “Organização”: “Início/fim de turno”, “Reunião”, “Colocar em estoque as portas montadas e recuperar um novo *rack* vazio para as portas”, “Reposição de estoque nos contenedores” e “Organização do posto de trabalho”.

Apesar das do “Início/fim de turno”, “Reuniões” e “Organização do posto de trabalho” não serem atividades que agregam valor, elas são necessárias para o bom funcionamento da

empresa. Logo, o objetivo não é eliminá-las, mas sim fazer um controle do tempo verificando se o tempo despendido em cada uma delas não é maior do que o necessário. Os tempos declarados eram estavam de acordo com o planejado para cada uma dessas atividades, não sendo necessário realizar uma análise mais profunda.

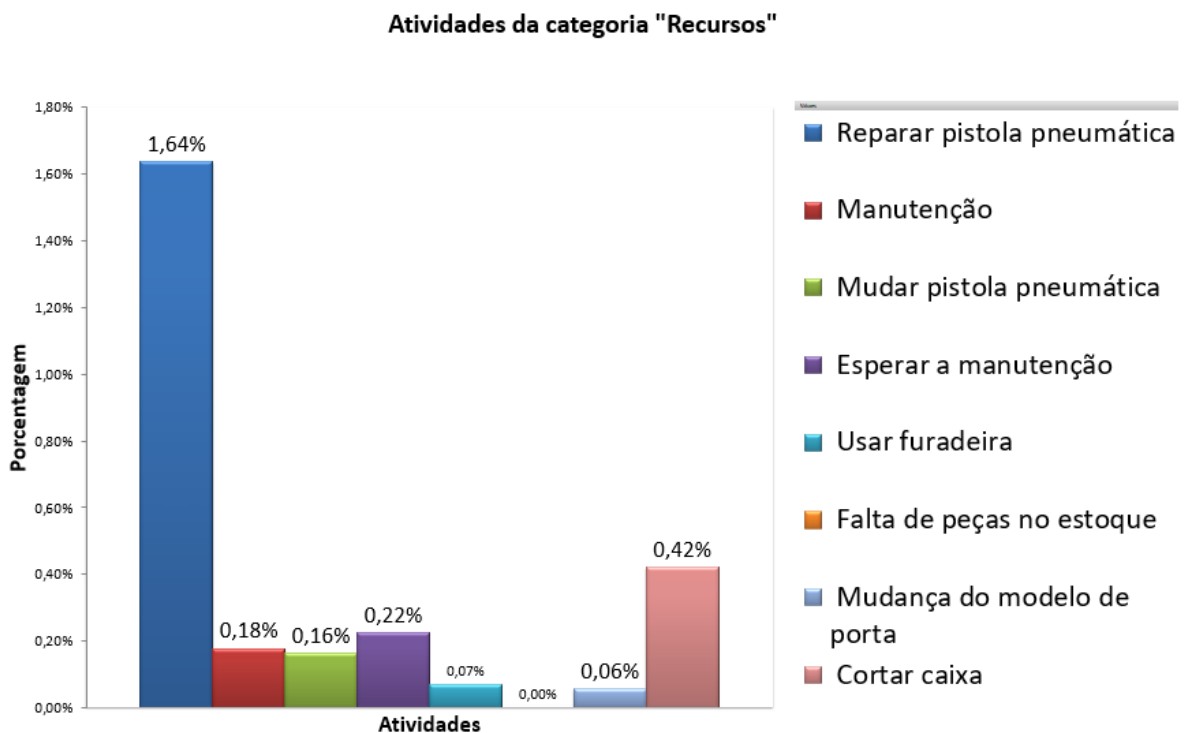
No que se refere a atividade de “Colocar a porta em estoque e recuperar um novo *rack*” foi identificado um problema, já que mais tempo que o necessário era gasto pelas operárias para encontrar um local disponível para guardar as portas montadas.

O problema se agrava devido ao fato de nem sempre ter a disponibilidade de *racks* vazios no galpão onde há o posto de trabalho analisado. Dessa forma, as colaboradoras necessitavam de movimentar até outros setores para conseguir um *rack* vazio.

A atividade “Reposição de estoque nos contenedores” também indica um problema, uma vez que as colaboradoras passavam tempo procurando as peças, já que não havia um local específico em estoque condicioná-las.

Ainda mais impactante do que a categoria “Organização”, tem-se a categoria “Recursos” que representa a categoria com maior porcentagem de atividades realizadas pelas colaboradoras que não agregam valor. A descrição de cada uma dessas atividades, assim como a de suas porcentagens estão disponíveis na Figura 21.

Figura 21 – Porcentagem do tempo gasto em “Recursos”



Fonte: Autora (2019).

A partir da Figura 21, nota-se que há duas atividades que mais consomem tempo dentro da categoria “Recursos”: “Reparar a pistola pneumática” e “Cortar caixas”. O tempo utilizado para reparação da pistola pneumática se deve, pois, a ferramenta é feita para trabalhar na posição vertical. Devido a impossibilidade de inclinar a mesa, a posição de trabalho é horizontal, comprometendo a eficiência da pistola pneumática e fazendo com que os rebites fiquem presos no interior da mesma.

A atividade “Cortar caixas” acontece, pois, diariamente as colaboradoras precisam cortar caixas de papelão para colocar entre as portas montadas, evitando o atrito entre elas. Sendo assim, essa é uma atividade indispensável para assegurar a qualidade das portas durante o período de estocagem. Entretanto, ela pode ser feita pelo operador logístico, uma vez que não é necessário o conhecimento técnico para realizá-la.

4.1.3. Análise do *lead time* da produção das portas

Após observações do ambiente de trabalho, evidenciou-se a ausência de um sistema de armazenamento estruturado. O estoque apresentava desordem, não havendo alocação específica para os diferentes tipos de produtos. Este cenário resultava na manutenção prolongada de peças no estoque, sujeitas à acumulação de sujeira e, em alguns casos, à oxidação.

Para calcular exatamente o tempo de estocagem de cada peça, considerou-se o momento em que a peça é descarregada do caminhão, até o consumo da porta no posto de trabalho para montar o reboque, levando em consideração o tempo de deslocamento, de estocagem e de operação.

Para determinar o tempo de armazenagem de cada peça, realizou-se o cálculo a partir do instante em que a peça é descarregada do caminhão até o momento de seu consumo no posto de trabalho destinado à montagem do reboque. Nesse cálculo, levaram-se em consideração os intervalos de tempo relacionados ao transporte, armazenamento e operação de montagem da porta. Os valores referentes a cada item para montagem da porta de modelo NFB H 400 podem ser visualizados no Quadro 4.

Quadro 4 – Tempos dos itens

Etapa	Referência	Contendor	Peça/ contendor	Total de peças	Tempo total [s]	Tempo/peça	
Descarregar caminhão	TR013388	2 racks	150	300	42,60	0,142	s
	TR013384D	1 rack	250	250	42,60	0,170	s
	TR013384G	1 rack	250	250	42,60	0,170	s
	TR000824	24 caixas	120	2880	42,60	0,015	s
	TR001477	1 rack	9660	9660	42,60	0,004	s
	TR001478	1 rack	9660	9660	42,60	0,004	s
	TR000498	24 caixas	2000	48000	42,60	0,001	s
	TR00155	24 caixas	2000	48000	42,60	0,001	s
	TR000171	24 caixas	2500	60000	42,60	0,001	s
	T8175601	24 caixas	2000	48000	42,60	0,001	s
	TR000209	24 caixas	1000	24000	42,60	0,002	s
Deslocamento zona de descarregamento até estoque 1	TR013388	2 racks	150	300	110,00	0,367	s
	TR013384D	1 rack	250	250	50,90	0,204	s
	TR013384G	1 rack	250	250	50,90	0,204	s
	TR000824	24 caixas	120	2880	103,41	0,036	s
	TR001477	1 rack	9660	9660	121,56	0,013	s
	TR001478	1 rack	9660	9660	121,56	0,013	s
	TR000498	24 caixas	2000	48000	103,41	0,002	s
	TR00155	24 caixas	2000	48000	110,30	0,002	s
	TR000171	24 caixas	2500	60000	110,30	0,002	s
	T8175601	24 caixas	2000	48000	110,30	0,002	s
	TR000209	24 caixas	1000	24000	110,30	0,005	s
Estoque 1	TR013388	-	-	-	-	0	dias
	TR013384D	-	-	-	-	0	dias
	TR013384G	-	-	-	-	18	dias
	TR000824	-	-	-	-	210	dias
	TR001477	-	-	-	-	18	dias
	TR001478	-	-	-	-	19	dias
	TR000498	-	-	-	-	18	dias
	TR00155	-	-	-	-	0	dias
	TR000171	-	-	-	-	0	dias
	T8175601	-	-	-	-	0	dias
Deslocamento Estoque 1 ao Estoque 2	TR013388	1 rack	150	150	232	1,547	s
	TR013384D	1 rack	250	250	107,6	0,430	s
	TR013384G	1 rack	250	250	107,6	0,430	s
	TR000824	8 caixas	120	960	334	0,348	s
	TR001477	1 palette	9660	9660	133	0,014	s
	TR001478	1 palette	9660	9660	133	0,014	s

Etapa	Referência	Contendor	Peça/ contendor	Total de peças	Tempo total [s]	Tempo/peça	
	TR000498	4 caixas	2000	8000	184,4	0,023	s
	TR00155	3 caixas	2500	7500	184,4	0,025	s
	TR000171	5 caixas	2000	10000	230,6	0,023	s
	T8175601	4 caixas	2000	8000	230,6	0,029	s
Estoque 2	TR013388	-	-	-	-	0,0	dias
	TR013384D	-	-	-	-	5,8	dias
	TR013384G	-	-	-	-	6,5	dias
	TR000824	-	-	-	-	20,0	dias
	TR001477	-	-	-	-	17,5	dias
	TR001478	-	-	-	-	19,4	dias
	TR000498	-	-	-	-	20,1	dias
	TR00155	-	-	-	-	25,5	dias
	TR000171	-	-	-	-	22,5	dias
	T8175601	-	-	-	-	35,5	dias
TR000209	-	-	-	-	21,7	dias	
Deslocamento Estoque 2 ao Posto de Trabalho	TR013388	-	-	1	8	8,000	s
	TR013384D	1 caixa	27	27	32,16	1,191	s
	TR013384G	1 caixa	27	27	32,16	1,191	s
	TR000824	1 rack	28	28	64,39	2,300	s
	TR001477	1 rack	40	40	40	1,000	s
	TR001478	1 rack	40	40	40	1,000	s
	TR000498	1 rack	180	180	38	0,211	s
	TR00155	1 caixa	400	400	10	0,025	s
	TR000171	1 rack	400	400	28,75	0,072	s
T8175601	1 saco	500	500	25	0,050	s	
TR000209	1 caixa	1000	1000	106	0,106	s	
Montagem da porta	-	-	-	-	-	114,00	s
Deslocamento Posto de Trabalho ao Estoque de Portas Acabadas	-	1 rack	54	54	122	2,259	s
Estoque de Portas Acabadas	-	-	-	-	-	2,8	dias
Deslocamento Estoque de Portas Acabadas ao Posto de Montagem de Reboque	-	1 rack	54	54	54	226,340	s

Etapa	Referência	Contendor	Peça/ contendor	Total de peças	Tempo total [s]	Tempo/peça
Posto de Montagem de Reboque	-	1 rack	54	54	54	113,330 s

Fonte: Autora (2023).

Com esses dados, obteve-se o tempo total de cada item necessário para fabricar uma porta de modelo NFB H 400, que está presente no Quadro 5.

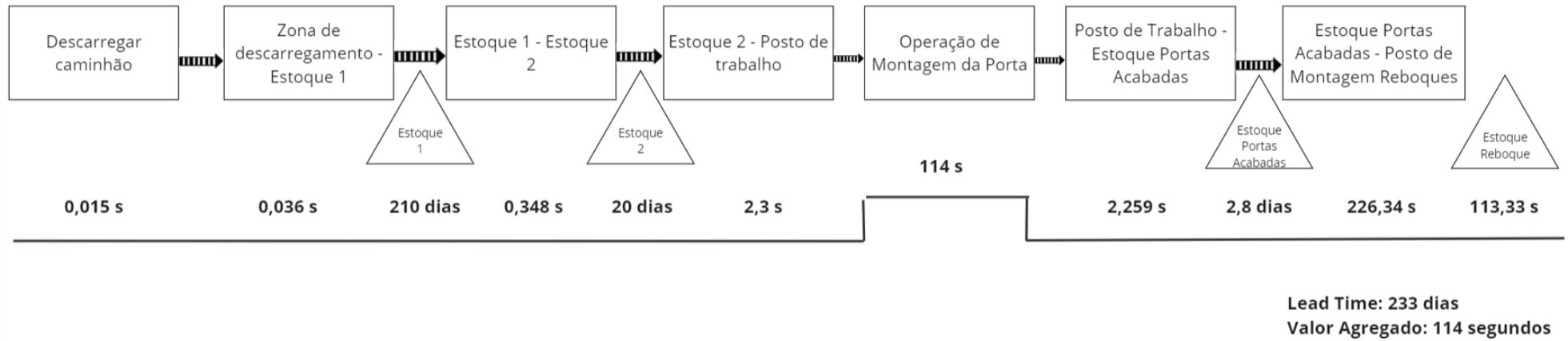
Quadro 5 – Tempos total de cada um dos itens

Referência	Tempo Total [s]	Tempo Total [dias]
TR013388	242.386	3
TR013384D	743.498	9
TR013384G	2.359.178	27
TR000824	20.114.379	233
TR001477	3.266.377	38
TR001478	3.594.697	42
TR000498	3.516.936	41
TR00155	2.445.576	28
TR000171	2.186.376	25
T8175601	3.309.576	38
TR000209	2.117.258	25

Fonte: Autora (2023).

A partir da análise Quadro 4, constata-se que o item de referência TR000824 permanece 210 dias no Estoque 1 e 20 dias no estoque 2 antes de finalmente ser utilizado para a montagem das portas. Sendo assim, esse é o item que tem mais impacto no *lead time*, que é de 233 dias. O valor agregado do processo é de 114 segundos. O *lead time* para montagem das portas, assim como o tempo que os componentes ficam em cada uma das etapas, desde a chegada da matéria prima até o consumo do produto semiacabado, pode ser visualizado na Figura 22.

Figura 22 – Lead time do processo de montagem de portas



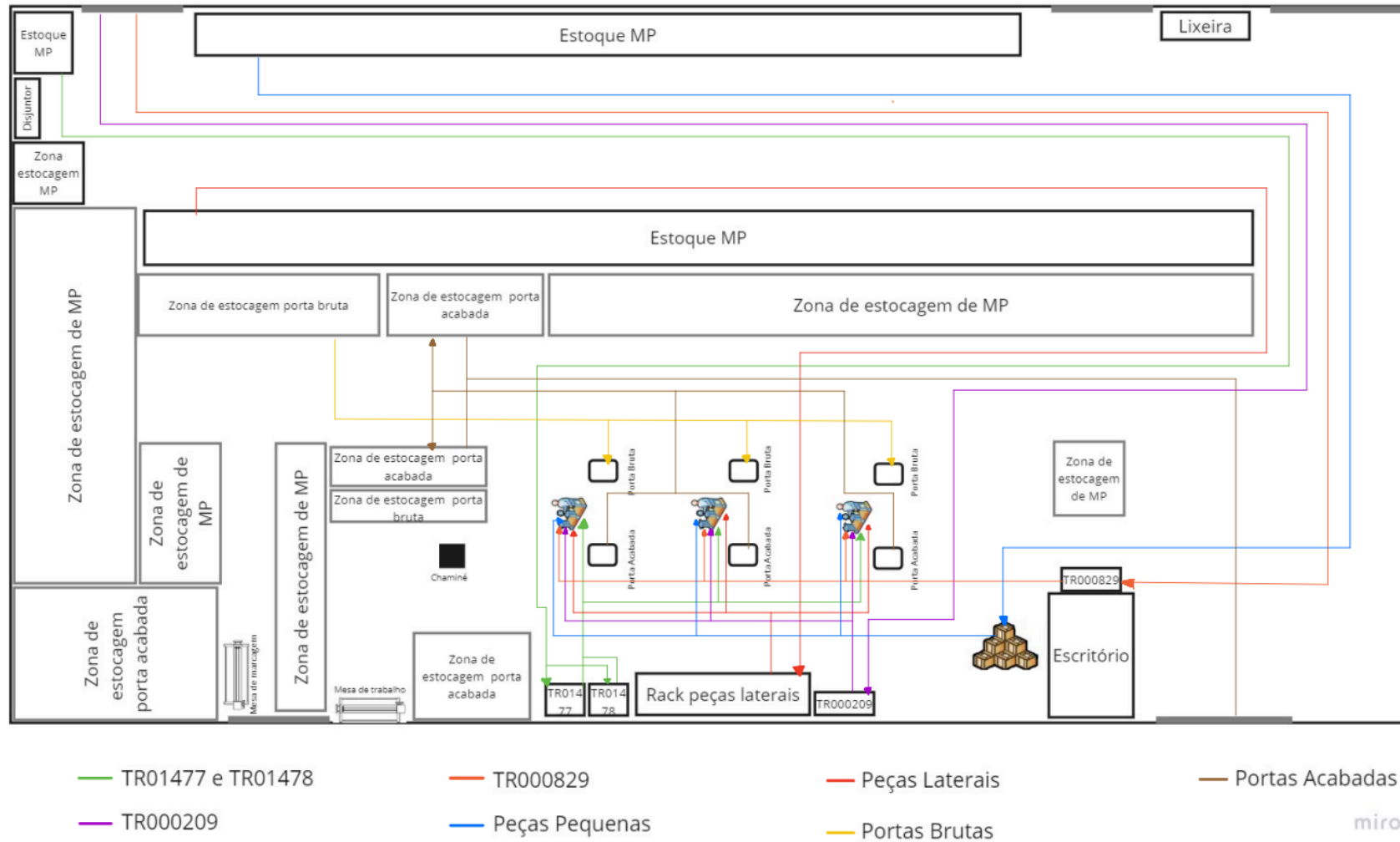
Fonte: Autora (2023)

4.1.4. Fluxo de materiais

Visando averiguar a eficiência do *layout* e potenciais desperdícios, foi realizada a análise do fluxo de materiais a partir do diagrama de espaguete. A partir de uma reunião realizada com a diretoria da empresa, foi decidido que devido à grande variedade dos modelos de portas, o diagrama de espaguete seria realizado apenas para as matérias primas utilizadas para o modelo de porta mais montado: NFB H 400. Como suporte para a aprovação da decisão, foi levado em consideração que o fluxo de materiais do modelo de porta escolhido é suficiente para representar os outros fluxos dos demais modelos, uma vez que mudam apenas alguns acessórios e os tamanhos de cada porta.

Logo, foi analisado o fluxo de materiais de todas as peças necessárias para a montagem do modelo de porta NFB H 400, desde a chegada das peças na empresa até o consumo do produto semiacabado (porta). Uma vez finalizado o diagrama, pode-se avaliar o fluxo e identificar onde havia desperdícios e ineficiências no processo. Na Figura 23 pode-se visualizar o fluxo materiais dos itens necessários para montagem de portas da família NFB H 400.

Figura 23 – Diagrama de espagete e legenda dos componentes



As linhas representam cada uma das matérias primas necessárias para a montagem da porta de modelo NFB H 400. A porta bruta é armazenada em uma zona de estocagem e, quando necessário, é levada ao lado do posto de trabalho.

Os outros componentes são inicialmente armazenados em um primeiro estoque no canto superior direito da Figura 23. Os itens são levados desse primeiro estoque para o segundo estoque, localizado próximo as mesas de trabalho. Quando necessário, os itens são utilizados para o abastecimento de caixas (KLTs) sobre a mesa de trabalho.

Uma vez realizada a operação de montagem das portas no posto de trabalho, esta é estocada em dois locais diferentes. Quando solicitada por outro posto de trabalho que se localiza em outro setor (que não está ilustrado na Figura 23), ela é retirada de estoque e levada até o outro posto de trabalho, onde ela é utilizada para montagem do reboque.

Mediante a análise do fluxo de materiais, torna-se evidente a presença de múltiplas interseções de linhas em repetidas ocasiões, o que denota perturbações no fluxo. Isso, por sua vez, acarreta a execução de tarefas que não agregam valor agregado ao cliente.

Outro problema revelado pelo diagrama de espaguete é a existência de dois níveis de estocagem que precedem a chegada dos componentes ao posto de trabalho. A ampliação do estoque acarreta maior desperdício, uma vez que resulta em maior acumulação de matéria-prima ociosa. Além disso, esses dois níveis de estoque induzem a necessidade de movimentações adicionais, o que perturba o fluxo operacional, aumenta a demanda de recursos de mão de obra e exige uma maior extensão de espaço físico. A distância percorrida, assim como a frequência estão presentes no Quadro 6.

Quadro 6 – Frequências e Deslocamentos percorridos no *layout* atual

Deslocamento do <i>layout</i> atual				
Quem realiza o deslocamento	Referência Componente ou Trajeto	Quantidade de movimentações por dia	Distância	Total
Operador	Peças Laterais	6	7 m/dia	40 m/dia
	TR000824	4	11 m/dia	45 m/dia
	TR000209	2	16 m/dia	33 m/dia
	TR001477/78	4	7 m/dia	28 m/dia
	Peças Pequenas	1	76 m/dia	76 m/dia
	Rack Portas Acabadas	2	43 m/dia	86 m/dia
				308 m/dia

	Recepção - Estoque 1 de MP	-	-	-	234 m/dia
	Estoque 1 de MP - Estoque 2 de MP	-	-	-	362 m/dia
Manutenção	Portas Brutas - Posto de Trabalho	-	-	-	26 m/dia
	Estoque de Portas Acabadas - Posto de Montagem de Reboques	-	-	-	47 m/dia
		-	-	-	669 m/dia

Fonte: Autora (2023)

A partir da análise do Quadro 6, nota-se que as colaboradoras devem realizar alguns deslocamentos para reabastecer os estoques das caixas KLTs. Ao todo, esse deslocamento é de 308 metros por dia para cada operadora. Já a manutenção, realiza o deslocamento da matéria-prima da recepção até o estoque, e também entre os estoques, realizando ao todo um deslocamento de 669 metros por dia.

Durante as observações realizadas em chão de fábrica, foi possível constatar a ausência de locais de armazenamento claramente designados para matérias-primas e portas acabadas. Tal situação resulta em repercussões que incluem o desperdício de tempo na busca pelo produto desejado e, em determinadas ocasiões, até mesmo a perda de itens no estoque. A falta de áreas de armazenamento apropriadas também conduz à disposição de determinados produtos em locais inadequados, os quais se revelam ergonomicamente desvantajosos, como ilustrado na Figura 24.

Figura 24 – Estoques de matéria prima no chão



Fonte: Autora (2023)

Durante as observações realizadas, também se constatou a existência de um problema relacionado à segurança devido ao deslocamento da equipe de manutenção utilizando uma empilhadeira entre os postos de trabalho, com o propósito de reabastecer o *rack* com as peças laterais das portas. Esta abordagem se revela inviável em diversos aspectos: em primeiro lugar, representa um risco à segurança dos colaboradores que se encontram em atividade; adicionalmente, do ponto de vista da produção, implica na interrupção das operações sempre que ocorre a necessidade de reabastecimento de estoque. A passagem utilizada pela equipe de manutenção é ilustrada na Figura 25.

Figura 25 – Espaço entre os postos de trabalho em que a manutenção passa com a empilhadeira



Fonte: Autora (2023)

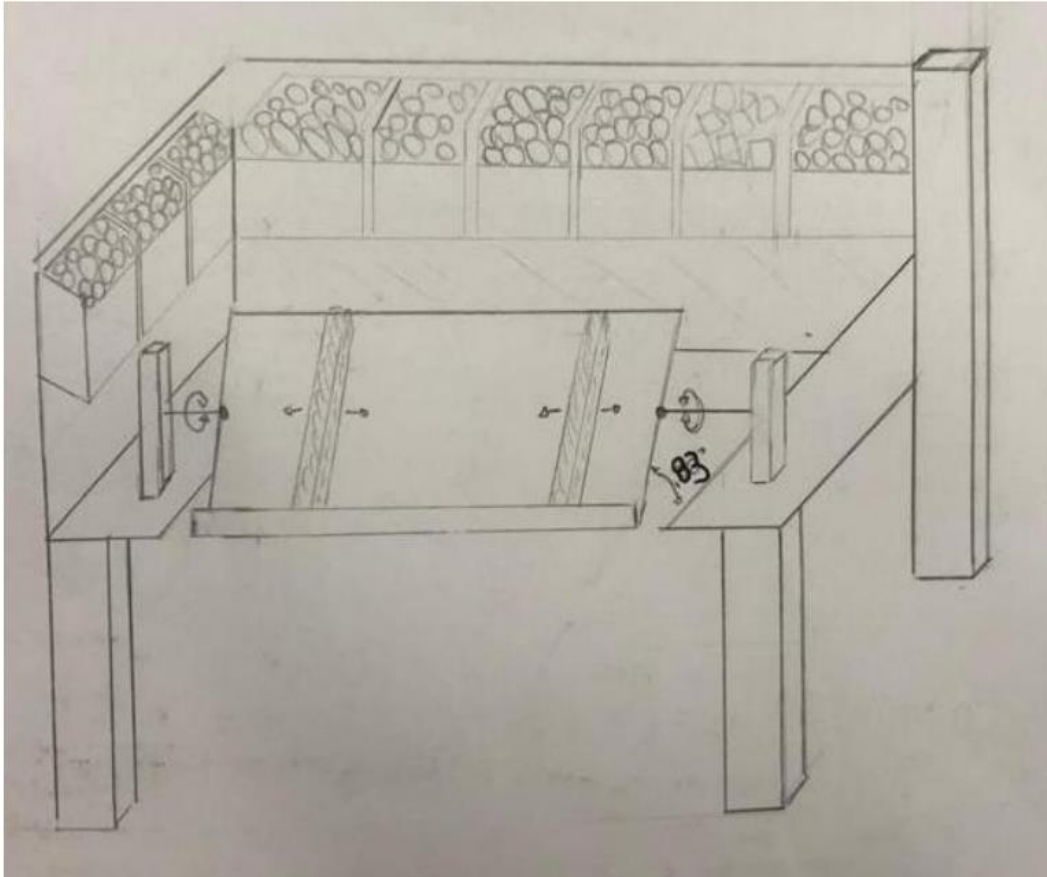
4.2. PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste tópico são apresentadas propostas de melhorias sugeridas após a análise do estado atual da empresa. Primeiramente será discutido o desenvolvimento de um novo posto de trabalho, em seguida a proposta de um *re-layout* e os investimentos necessários para realizar as melhorias.

4.2.1. Novo posto de trabalho proposto

Para reduzir as problemáticas relacionadas à mesa de trabalho que foram abordadas no tópico 4.1.1, consideraram-se alguns requisitos essenciais para a criação de uma mesa com características ergonômicas. Dessa forma foi realizado um *croqui* para esquematizar a proposta de uma mesa mais ergonômica e mais adequada às atividades realizadas no posto de trabalho, como pode ser visualizada na Figura 26.

Figura 26 – Croqui da mesa de trabalho proposta



Fonte: Autora (2023)

O primeiro requisito para a mesa é uma inclinação de 83° , visando a melhoria da operação da pistola pneumática que trabalhará na vertical, e a ergonomia das funcionárias, já que evita que os ombros fiquem inclinados e a torção dos punhos.

Identificou-se a necessidade de incorporar um suporte inferior com a finalidade de evitar a queda da porta quando a mesa se encontra em posição inclinada. Adicionalmente, constatou-se a importância da implementação de um suporte lateral de ajuste variável, a fim de prevenir a queda do componente lateral da porta e viabilizar a montagem de portas de diferentes dimensões. Além disso, considerou-se a implementação de um suporte intermediário, posicionado entre a mesa e a porta, para viabilizar a disposição dos componentes laterais da porta sem a necessidade de erguê-la, facilitando, assim, o processo de rebitar determinadas peças.

Utilizando a mesa inclinada, faz-se necessário a criação de mais espaço com uma altura ergonomicamente adequada para o estoque de peças nas caixas KLTs sobre a mesa, visto que a inclinação inutiliza a parte de trás dela para o armazenamento desses contenedores. Por fim, seria

ideal implementar um sistema de rotação, visando simplificar a montagem de portas que precisam ser montadas dos dois lados.

Em seguida, foi realizada a aplicação do método RULA, visando projetar as melhores ergonômicas do novo posto de trabalho. Primeiramente foi analisado os membros dispostos no Grupo A: Braço, antebraço e pulso. As pontuações de cada um dos membros estão representadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Nova análise dos braços, antebraços e punhos

Grupo A: Braços, Antebraços e Punhos				
Membro	Pontuação	Adicionais	Pontuação adicionais	Pontuação total dos membros
Braço	2	-	-	2
Antebraço	1	-	-	1
Pulso	1	-	-	1
Torção pulso	1	-	-	1

Fonte: Autora (2023).

A pontuação igual a dois atribuída ao braço se dá uma vez que as trabalhadoras trabalham com o membro posicionado entre 20° e 20° , não há pontuações adicionais uma vez que o ombro não está elevado ou abdução do braço.

O posicionamento do antebraço teve a pontuação atribuída de um ponto, uma vez que trabalha com ângulo entre 0° e 60° . Já pulso obteve uma pontuação igual a um, visto que ele compreende um ângulo de 0° . Visto que o punho tem torção média, foi atribuída a pontuação equivalente a um. O cruzamento de todas as pontuações gerou uma nota equivalente à 2 para a pontuação total do Grupo A, como está representado na Figura 27.

Figura 27 – Nova pontuação de Grupo A (Braços, Antebraços e Punhos)

Braço	Antebraço	Total da Postura do Pulso							
		1		2		3		4	
		Torção Pulso		Torção Pulso		Torção Pulso		Torção Pulso	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Fonte: Mc Atamney & Corlett (1993)

Uma vez finalizada a análise dos membros do Grupo A, pode-se iniciar a análise projetada do Grupo B, que abrange o pescoço, tronco e pernas. A pontuação atribuída a cada um desses membros está disponível na Tabela 6.

Tabela 6 – Nova análise do pescoço, tronco e punhos

Grupo B: Pescoço, Tronco e Pernas				
Membro	Pontuação	Adicionais	Pontuação adicionais	Pontuação total dos membros
Pescoço	2	-	-	2
Tronco	1	-	-	1
Pernas	1	-	-	1

Fonte: Autora (2023).

O posicionamento do pescoço teve a pontuação atribuída de dois pontos, uma vez que trabalha com ângulo entre 10° e 20°. A pontuação projetada para o pescoço é equivalente à da mesa de trabalho atual. Nesse caso, torna-se inviável mudanças, pois para reduzir a angulação do pescoço, seria necessário elevar a mesa de trabalho, sendo então necessário trabalhar com angulações maiores do braço e antebraço.

O troco recebeu pontuação equivalente a um ponto, uma vez que se projeta uma angulação de 0°. Visto que as pernas e pés continuam apoiados como no cenário atual, a pontuação atribuída é um. Como não há inclinação lateral e nem rotação do pescoço e do tronco, não há pontuações adicionais.

Uma vez finalizada a análise do posicionamento e angulações dos membros do Grupo B, pode-se realizar o cruzamento de todas as pontuações visando obter a pontuação total do Grupo B, que é equivalente à 2, como está representado na Figura 28.

Figura 28 – Nova pontuação de Grupo B (Pescoço, Tronco e Pernas)

Score da Postura do Pescoço	Score da Postura do Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas		Pernas		Pernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9

Fonte: Autora (2023).

A próxima etapa do método RULA é analisar o uso dos músculos, que está relacionada a uma postura estática ou ação repetitiva, e a carga suportada, que corresponde ao peso portado pelo trabalhador para desempenho da tarefa. Essas pontuações estão disponíveis na Tabela 7, assim como a somatória final de cada um dos Grupos.

Após a obtenção das pontuações dos Grupos A e B, avalia-se o uso dos músculos e a carga suportada. Para o fator uso do músculo, considera-se que se existir postura predominantemente estática (maior do que 1 minuto) ou ação repetitiva de até 4 vezes por minuto, acrescenta-se 1 ao valor do grupo A ou B. Para o fator carga, os valores são calculados em função dos dados descritos na Tabela 7.

Tabela 7 – Nova pontuação total do Grupo A e B

	Pontuação total de cada Grupo	Músculo	Força	Pontuação total C e D
Grupo A	2	1	1	4
Grupo B	2	1	1	4

Fonte: Autora (2023)

Assim como no cenário atual, a pontuação atribuída aos músculos foi de um ponto, devido a ação repetitiva durante a montagem da porta, ou seja, o mesmo movimento se repete mais de quatro vezes por minuto. O fator recebeu nota igual a um devido ao peso de determinados modelos de portas, que podem pesar até 6 quilogramas. A redução da pontuação atribuída a esses fatores se torna irrealizável, uma vez que o trabalho em questão é repetitivo e os seis quilogramas de peso se referem ao peso da porta.

Somando esses valores, obtêm-se uma pontuação final C equivalente a 4, e pontuação final D equivalente a 4. O cruzamento desses valores para obtenção da pontuação ergonômica do posto de trabalho pode ser visto na Figura 29.

Figura 29 – Nova pontuação do posto de trabalho

		Total D (Pescoço, Tronco e Pernas)						
		1	2	3	4	5	6	7+
Total C (Membros Superiores)	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	7	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8	5	5	6	7	7	7	7

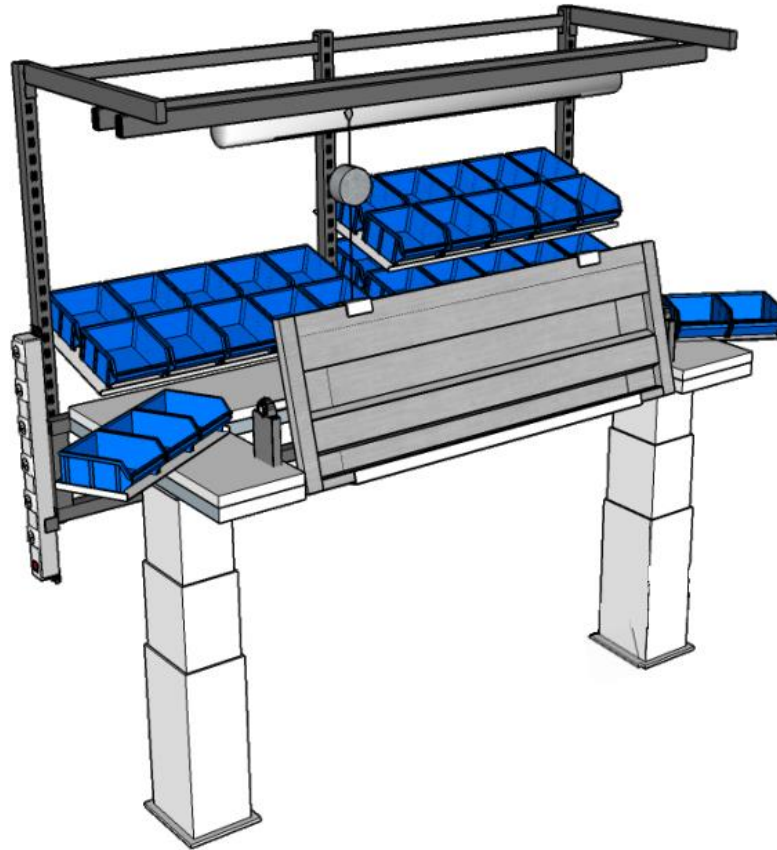
Fonte: Mc Atamney & Corlett (1993)

Ao cruzar as pontuações total C (braço, antebraço e pulsos) e as pontuações totais D (pescoço, tronco e pernas) obtemos a pontuação do posto de trabalho em quesitos ergonômicos equivalente a quatro pontos. Dessa forma, o posto de trabalho se encaixa dentro do nível de ação 3: “Necessidade de investigação mais detalhada e mudanças podem ser necessárias”.

Uma vez finalizada a análise projetada do método RULA e comprovada a efetividade da mesa de trabalho proposta, pôde-se apresentar o *croqui* para validação da alta direção da empresa. Em seguida, procedeu-se ao contato com uma empresa especializada na comercialização de mesas e bancadas. Foram realizadas reuniões com a equipe a fim de explicitar os detalhes e especificidades da nova mesa. A mencionada empresa respondeu por meio de representações tridimensionais (desenhos em 3D) que foram elaboradas na tentativa de atender aos requisitos delineados no *croqui* elaborado pela autora. Decorreram três reuniões

adicionais, nas quais foram fornecidas orientações para efetuar ajustes necessários. A mesa, depois de sujeita a modificações e validada tanto pela autora quanto pela direção da empresa, encontra-se disponível na Figura 30.

Figura 30 – Mesa proposta em 3D



Fonte: Empresa Actiwork (2019)

4.2.2. Re-layout

Após discutir todos os problemas relacionados ao fluxo de materiais abordado no tópico 4.1.4, faz-se necessário realizar uma proposta de re-layout. Para isso, primeiramente foi medido o espaço disponível, assim como das distâncias percorridas pelas matérias primas em estoque. Para tal, foram utilizados um dispositivo de medida em *laser* e fita métrica. Em seguida, foram medidas as dimensões das embalagens que condicionavam as matérias-primas, pois era obrigatório que elas fossem condicionadas no estoque em suas embalagens originais.

Em seguida, dados sobre as datas de entrada de matérias-primas foram extraídos do sistema ERP, visando obter a média de consumo de cada uma delas, possibilitando então o dimensionamento do estoque. Além disso, foi feita uma análise ABC para classificar os modelos de portas e dimensionar o estoque para cada uma delas. A análise da ABC pode ser visualizada na Tabela 8.

Tabela 8 – Classificação ABC dos modelos de porta

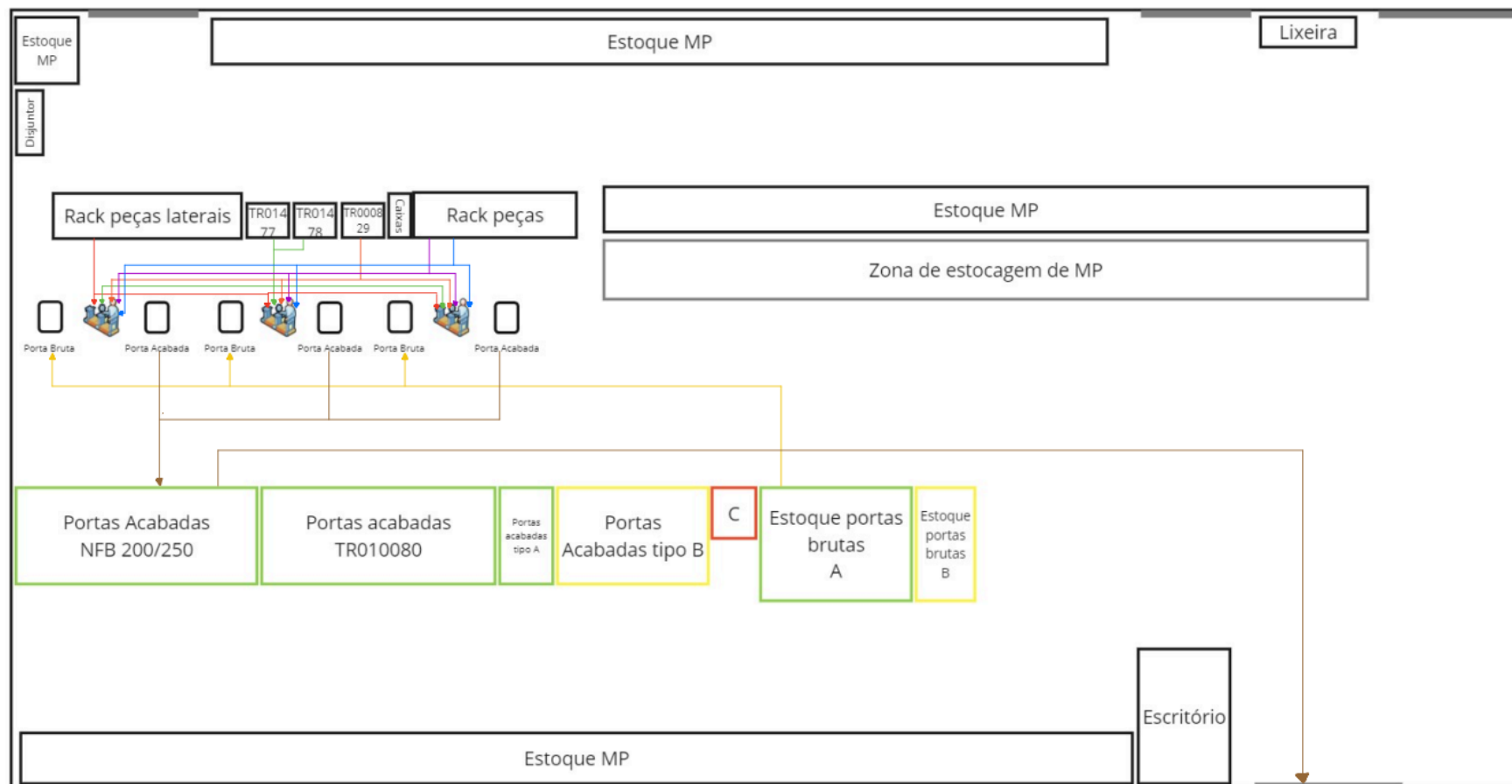
Modelo de porta	Entradas	%	Classificação
TR013387	10869	19,74%	A
TR013514	10620	19,28%	A
TR013333	6497	11,80%	A
TR010080	6394	11,61%	A
TR013330	4650	8,44%	A
TR013335	1948	3,54%	A
TR013212	1806	3,28%	A
TR013215	1768	3,21%	A
TR013237	1554	2,82%	B
TR013803	1538	2,79%	B
TR012976	1518	2,76%	B
TR013512	979	1,78%	B
TR013382	954	1,73%	B
TR013977	530	0,96%	B
TR013513	526	0,96%	B
TR013993	512	0,93%	B
TR013992	504	0,92%	B
TR013976	494	0,90%	C
TR013385	493	0,90%	C
TR013375	149	0,27%	C
TR013387DL	145	0,26%	C
TR013380	139	0,25%	C
TR013979	112	0,20%	C
TR013978	85	0,15%	C
TR013975	67	0,12%	C
TR013110	60	0,11%	C
TR013114	59	0,11%	C
TR013974	51	0,09%	C
TR013382DL	34	0,06%	C
TR013385DL	10	0,02%	C
TR013378	8	0,01%	C

Fonte: Autora (2023).

A partir da Tabela 8, foram identificadas oito portas com classificação A, nove portas com classificação B e quatorze portas com classificação C.

Uma vez medidos todas as dimensões de espaço disponíveis, assim como o espaço necessário para estocagem de todos os modelos de porta durante o período de alta temporada, pode-se fazer duas diferentes propostas para apresentar para a diretoria da empresa. Cada uma delas está disponível nas Figuras 31 e 32.

Figura 31 – Proposta 1 de re-layout validada



— TR01477 e TR01478

— TR000829

— Peças Laterais

— Portas Acabadas

— TR000209

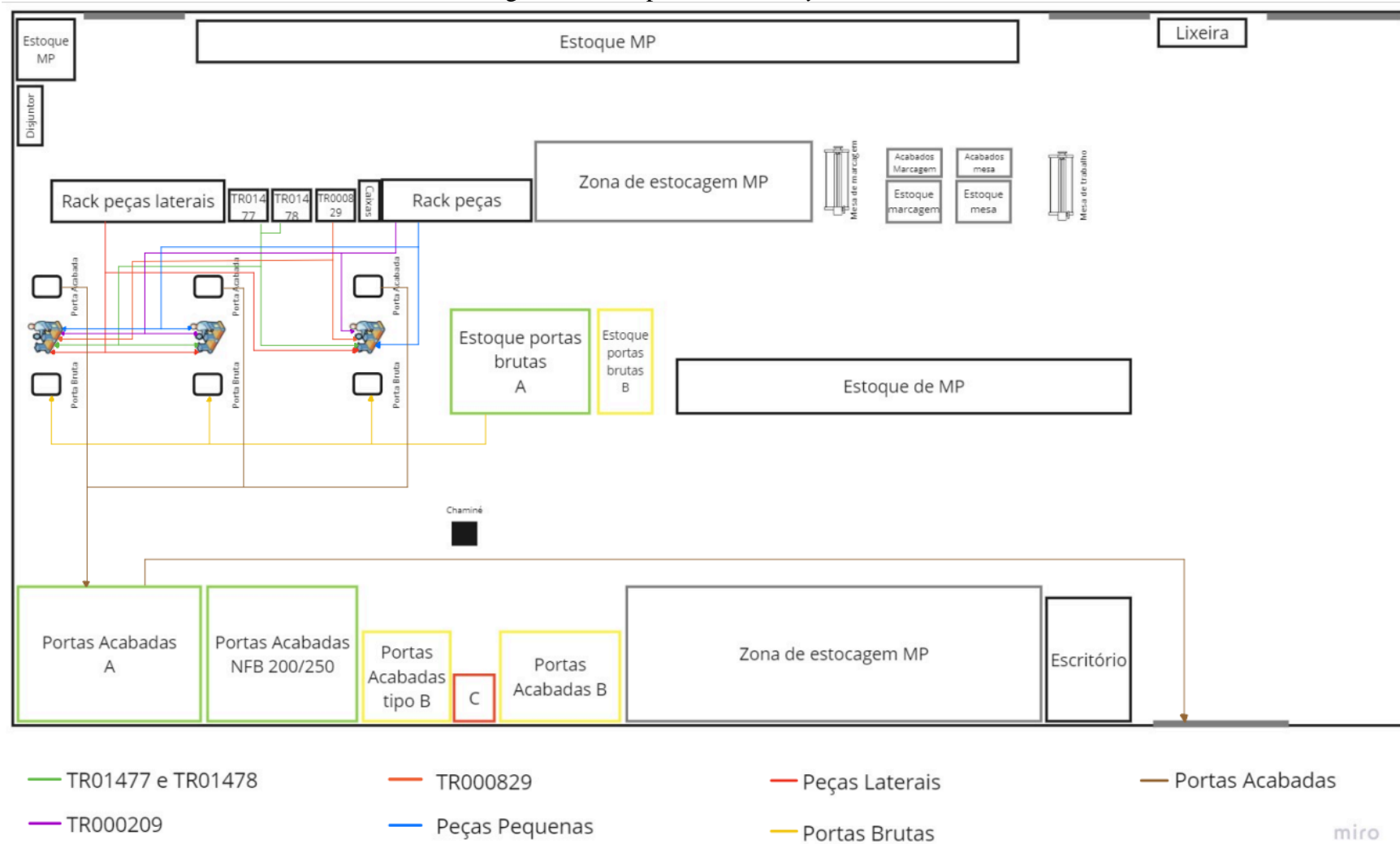
— Peças Pequenas

— Portas Brutas

miro

Fonte: Autora (2023).

Figura 32 – Proposta 2 de re-layout



Fonte: Autora (2023).

Nas duas propostas apresentadas, as matérias primas são estocadas próximas ao posto de trabalho. Quando necessário, elas são recuperadas para reabastecer as caixas KLTs que ficam sobre a mesa de trabalho.

Há um local definido para as portas brutas e acabadas de acordo com a classificação ABC de cada uma delas. Quando solicitado pelo posto de montagem de reboque, que é situado em outro setor e não está ilustrado nas Propostas, a porta acabada é levada até ele.

No Quadro 7 está a comparação da frequência diária e da distância percorrida pelas colaboradoras para reabastecimento do estoque de matéria prima das caixas KLTs que se localizam sobre a mesa de trabalho.

Quadro 7 – Frequência e distância percorridas pelas colaboradoras

Colaboradoras				
	Referência	Quantidade de movimentações por dia	Distância	Total
Proposta 1	Peças Laterais	6	7 m/dia	39 m/dia
	TR000824	4	8 m/dia	31 m/dia
	TR000209	2	3 m/dia	6 m/dia
	TR001477/78	4	2 m/dia	9 m/dia
	Peças Pequenas	1	8 m/dia	8 m/dia
				93 m/dia
Proposta 2	Peças Laterais	6	7 m/dia	39 m/dia
	TR000824	4	8 m/dia	31 m/dia
	TR000209	2	3 m/dia	6 m/dia
	TR001477/78	4	3 m/dia	10 m/dia
	Peças Pequenas	1	8 m/dia	8 m/dia
				94 m/dia
Atual	Peças Laterais	6	7 m/dia	40 m/dia
	TR000824	4	11 m/dia	45 m/dia
	TR000209	2	16 m/dia	33 m/dia
	TR001477/78	4	7 m/dia	28 m/dia
	Peças Pequenas	1	76 m/dia	76 m/dia
	Rack Portas Acabadas	2	43 m/dia	86 m/dia
				308 m/dia

Fonte: Autora (2023).

No cenário atual, as colaboradoras se deslocam 308 metros por dia para reabastecer o estoque das matérias primas para realizarem a montagem das portas. Na Proposta 1 essa

distância se reduziria à 93 metros por dia. A Proposta 2 é similar: 94 metros por dia. A distância percorrida pela manutenção para estocar a matéria-prima e armazenamento de portas acabadas está presente no Tabela 9.

Tabela 9 – Distância diária percorrida pela manutenção

Manutenção			
	Distância Proposta 1	Distância Proposta 2	Distância Atual
Recepção - <i>Rack</i> de MP	190	190	234
Posto de trabalho - Estoque de Portas Acabadas	26	40	362
Portas Brutas - Posto de Trabalho	30	40	26
Estoque de Portas Acabadas - Posto de Montagem de Reboques	36	42	47
Total (m/dia)	282	312	669

Fonte: Autora (2023).

Na situação atual, a manutenção percorre o total de 669 metros por dia, enquanto a Proposta 1 projeta 282 metros por dia, e a Proposta 2 projeta 312 metros por dia.

As Proposta de reconfiguração do *layout* tiveram como objetivo a minimização da necessidade de deslocamentos, sugerindo a eliminação de um dos estoques que se encontra presente no *layout* atual. Nestas Propostas, a matéria-prima é recebida e imediatamente armazenada em proximidade às funcionárias, eliminando a necessidade de um deslocamento adicional realizado pela equipe de manutenção.

Além das reduções de deslocamento, e conseqüentemente de tempo e melhoras ergonômicas, as Propostas de *layout* sugeridas apresentam outras vantagens quando comparadas com a situação atual. Uma delas é a definição da zona de estocagem para cada tipo de componentes, o que não é definido atualmente. Além disso, as peças com classificação A e B estão estocadas mais próximas dos operários, com o intuito de reduzir os deslocamentos. Além disso, todo o armazenamento de matéria prima prevê a utilização do sistema FIFO de estocagem.

A segurança dos colaboradores é uma prioridade das Propostas, logo não há movimentação de empilhadeira entre os postos de trabalho, como acontece atualmente. Assim

como a segurança, a ergonomia também foi priorizada ao longo do desenvolvimento do re-*layout*, sendo assim todas as peças estão situadas sobre *racks* com gavetas e sistema de rolamento. Logo, torna-se estritamente proibido haver caixas no chão como é visualizado no sistema atual.

No quesito armazenamento, a reconfiguração tem capacidade de estocar até 169 *racks* com portas acabadas, o que equivale em média a 7018 portas, e 24 *racks* de portas brutas, representando cerca de 3600 portas. Essa quantidade é suficiente para atender a necessidade de armazenamento no período de alta sazonalidade da empresa.

As Propostas apresentam algumas diferenças entre elas. Na proposta 1, é necessário a retirada da chaminé e a retirada de dois postos de trabalho que atualmente são situadas no mesmo galpão: posto de marcagem e mesa de trabalho para acoplar pequenas peças. Em contrapartida, a liberação desse espaço permite haver uma zona de estocagem maior que a atual. Além de melhorar o posicionamento dos *racks* de portas brutas e acabadas, que podem ser acedidos por dois lados.

Na Proposta 2 não há a necessidade da retirada dos dois postos de trabalho e da chaminé. Em contrapartida, a zona de estocagem de matérias primas utilizadas para os reboques será menor do que a atual. Ademais, o acesso às portas acabadas será unilateral. Diante das vantagens e desvantagens de cada uma das propostas, a direção da empresa decidiu optar pela Proposta de re-*layout* 1.

Para o armazenamento das peças, foram sugeridos dois modelos de *racks* diferentes. O primeiro é para armazenar as peças das laterais das portas, e tem quatro andares, sendo somente o primeiro acessível para os colaboradores sem a utilização da empilhadeira. A alimentação é feita pela parte de trás do *rack* pela manutenção, e a retirada de peças é feita de forma manual pela frente do *rack*.

As peças laterais das portas são condicionadas em caixotes de 120 centímetros de profundidade, para evitar que os colaboradores se inclinem sobre o *rack* para alcançar as peças mais profundas, o primeiro andar tem gavetas. A imagem ilustrativa do *rack* está disponível na Figura 33.

Figura 33 – Proposta de rack para as peças laterais das portas



Fonte: Autora (2023).

O segundo modelo de *rack* é para estocar os outros componentes necessários para montagem das peças. Utilizando a mesma lógica do primeiro *rack*, somente o primeiro andar é acessível para os colaboradores sem empilhadeira, e a manutenção também ocorre pela parte de trás do *rack*. Ele tem três andares, sendo que o primeiro andar apresenta duas diferentes alturas, sendo a mais alta para as caixas menores e a mais baixa para as caixas maiores.

Além disso, ele apresenta uma inclinação e um sistema com rolos, para facilitar o acesso às caixas de trás quando as caixas da frente forem retiradas. Os outros dois andares são usados para estocagem, com objetivo de eliminar outras zonas de estocagem e o reduzir o deslocamento da manutenção. A imagem esquematiza o rack de peças pode ser visto na Figura 34.

Figura 34 – Proposta de *rack* com sistema de rolamento



Fonte: Autora (2023).

Para verificar a capacidade de armazenamento dos racks, principalmente no primeiro andar, que é mais facilmente acessível, foram obtidos registros de saídas de todos os itens do sistema ERP da empresa ao longo do mês de março, que corresponde ao período de maior demanda da empresa. Além disso, foram coletadas informações sobre as dimensões das caixas para cada uma das referências, juntamente com a quantidade de peças que cada uma continha. Com base nesses dados, as Tabelas 10 e 11 apresentam os números relativos à capacidade de armazenamento mensal do rack e à capacidade diária do primeiro andar.

Tabela 10 – Dimensionamento do *rack* para as laterais das portas

Peças para as laterais das laterais das portas						
Referências	TR013994	TR013332	TR013384	TR013805	TR012819	TR012975
Nº de caixas no estoque	1	2	11	1	4	2

Autonomia rack [mês]	3,2	2,4	1	3	2	4
Autonomia do 1º andar [dia]	96	36	3	90	15	60

Fonte: Autora (2023).

Tabela 11 – Dimensionamento do *rack* com sistema de rolamento

Peças gerais			
Referência	Quantidade (1º andar)	Autonomia mensal 1º andar	Autonomia diária 1º andar
T8175001	2000	1,40	42
TR000499	2638	2,91	87
TR001667	16000	2,12	64
TR000498	6000	0,08	2
TR000794	4000	2,23	67
TR000209	9000	0,30	9
TR000155	7500	0,11	3
T8970003	18000	0,12	4
T8970001	22000	3,35	101
TR000171	8000	0,07	2
T8175601	8000	1,23	37

Fonte: Autora (2023).

A demanda da empresa era que os *racks* tivessem pelo menos autonomia de um dia no primeiro andar, evitando que a manutenção precisasse intervir várias vezes ao dia para a reposição de peças. Como pode ser conferido nas Tabelas 10 e 11, essa demanda foi atendida. Além disso, um terceiro *rack* é necessário para outras referências de peças em estoque, que atualmente são estocadas no chão.

4.3. ANÁLISE DE RESULTADOS PROJETADOS

Problemas ergonômicos relacionados a mesa atual de trabalho foram identificados a partir da aplicação da metodologia RULA. Visando reduzir tais problemas, foi realizada a concepção de um novo posto de trabalho. A projeção dos resultados foi realizada a partir do método RULA, que comprovaram melhoras significativas na ergonomia. A comparação entre os dois postos de trabalho está disponível no Quadro 8.

Quadro 8 – Comparação entre as mesas de trabalho

Posto Atual	Posto Proposto
Mesa de trabalho opera exclusivamente na horizontal	Possibilidade de trabalhar com a mesa tanto na horizontal quanto vertical
Necessidade de elevar o ombro durante a realização da tarefa	Não há necessidade de elevar o ombro durante a realização da tarefa
Impossibilidade de aceder os dois lados da porta ao mesmo tempo	Possibilidade de aceder os dois lados da porta ao mesmo tempo
Impossibilidade de ajuste de altura da mesa para todos os modelos de porta	Possibilidade de ajuste de altura da mesa para todos os modelos de porta
Peças laterais das portas estocados em um carrinho ao lado da mesa	Peças laterais das portas estocadas sobre a mesa de trabalho
Cabos de alimentação de ar em frente as colaboradoras	Cabos de alimentação de ar fora do alcance das colaboradoras
Nível de ação 3: “Investigação e mudanças devem ocorrer brevemente”.	Nível de ação 2: “Necessidade de investigação mais detalhada e mudanças podem ser necessárias”

Fonte: Autora (2023).

Na sugestão do *layout* apresentado na Proposta 1 há uma redução nos deslocamentos dos colaboradores que operam o posto de trabalho de montagem de portas. De forma similar, essa configuração resulta em vantagens significativas para a equipe de manutenção, encarregada tanto do recebimento e armazenamento das peças na área de recepção quanto do abastecimento dos estoques nas estações de trabalho. Vale ressaltar que a redução na movimentação também é um fator importante para melhoria das condições ergonômicas do trabalho. A comparação entre o cenário atual e a Proposta 1 está disponível no Quadro 9.

Quadro 9 – Comparação entre o estado atual e a Proposta 1

Estado Atual	Proposta 1
Vantagens da Proposta –	Zona de estocagem para MP maior que a atual; Acesso de dois lados das portas brutas e acabadas.
Desvantagens da Proposta –	Retirar a chaminé; Retirar a mesa de marcagem e a mesa de trabalho do setor.

Distâncias	Operador: 308 m/dia Manutenção: 669 m/dia	Operador: 93 m/dia Manutenção: 282 m/dia
Segurança	Há movimentação da empilhadeira entre os postos de trabalho	Não há movimentação da empilhadeira entre os postos de trabalho
Organização	Não há local definido para cada tipo de peças	Local definido para cada uma das peças; Peças com classificação A e B mais próximas dos operários; Sistema FIFO de estocagem.
Ergonomia	Caixas no chão	Peças sobre <i>racks</i> com gavetas e sistema de rolamento

Fonte: Autora (2023).

5. CONCLUSÃO

A adoção de novos modelos de produção, como o *Lean*, está sendo implementada pelas empresas visando se manterem mais competitivas no mercado de trabalho. Entretanto, este modelo pode gerar transtornos caso as mudanças sejam implementadas sem uma perspectiva ergonômica. Deve-se adotar uma abordagem que busca otimizar a eficiência operacional, respeitando simultaneamente os aspectos ergonômicos e as capacidades físicas dos colaboradores.

O principal objetivo da presente pesquisa foi aplicar conceitos de *Lean* e Ergonomia para melhoria do processo e aumento do conforto para os colaboradores em uma empresa do ramo automotivo situada na França. A pesquisa permitiu avaliar os desperdícios dos postos de montagem de portas, assim como avaliar os esforços ergonômicos realizados pelos colaboradores.

Em seguida, pode-se propor melhorias que visavam o aumento da ergonomia no posto de trabalho, assim como a eliminação ou redução dos desperdícios mais significativos ligados ao processo. Contudo, não foi possível a implementação das melhorias propostas devido às limitações temporais de realização da dissertação e ao capital disponível para que as mesmas fossem executadas.

Inicialmente, foi realizada a observação do posto de trabalho, além de conversas com as colaboradoras para identificar as principais queixas em problemas. Em seguida, a pesquisa se dividiu em dois grandes focos: análise ergonômica do posto de trabalho e identificação de desperdícios. Para o primeiro, utilizou-se a aplicação da metodologia RULA, obtendo a pontuação ergonômica do posto de trabalho.

Para o segundo, utilizou-se o diagrama de espaguete para identificar desperdícios ligados ao fluxo de material da porta NFB H 400. Além disso, com o intuito de identificar e mensurar as atividades que não agregam valor e que mais consomem tempo dos trabalhadores, desenvolveu-se o registro de produção, para que os colaboradores apontassem os tempos que despendiam nas atividades que não agregam valor no processo.

A partir das análises realizadas, pôde-se criar um novo posto de trabalho, que prioriza a ergonomia dos colaborados. Com esse novo posto, a partir da classificação fornecida pela metodologia RULA, a mesa de trabalho passa do nível de ação 3: “Investigação e mudanças devem ocorrer brevemente”, para o nível de ação 2: “Necessidade de investigação mais

detalhada e mudanças podem ser necessárias”. Apresentando, então, uma melhora significativa na ergonomia do posto de trabalho.

Para redução de desperdícios e melhora do fluxo de material do posto de montagem de portas, foi proposto e validado um *re-layout*. Nessa proposta, o deslocamento das colaboradoras passa de 308 metros por dia para 93 metros por dia, enquanto o deslocamento da manutenção passa de 669 metros por dia para 282 metros por dia.

Além disso, a proposta apresenta local definido para cada uma das peças, visando a aproximação de peças com classificação A e B dos operários. Para o estoque, é proposto *racks* com sistema de rolamento e gavetas, visando assegurar a ergonomia dos operários e respeitar o sistema FIFO de estocagem.

Conclui-se a partir desta pesquisa que a aplicação do *lean* e da ergonomia de forma integrada possibilitam a eliminação consciente de atividades que não agregam valor. Ou seja, a eliminação de desperdícios dos processos, mas que não vão gerar transtornos para os colaboradores. Os postos de trabalho, assim como o ambiente laboral como um todo, quando configurados de maneira ergonômica, promovem um ambiente de trabalho seguro e saudável, o que é fundamental para o desempenho produtivo.

Ao longo da pesquisa foram encontrados alguns desafios. O primeiro deles foi a resistência à mudança e dificuldade de engajamento demonstrada pelos colaboradores. Assim como a indisponibilidade de capital da empresa para implementação imediata das propostas de melhoria sugeridas.

Os trabalhos futuros passam pela implementação das propostas sugeridas e validadas pela diretoria da empresa. Em seguida, a avaliação dos resultados obtidos com as mudanças e verificação se eles correspondem com os resultados projetados que foram calculados na pesquisa. Adicionalmente, sugere-se que a análise de desperdícios e avaliação ergonômica seja estendida para os outros postos de trabalho da empresa, principalmente o posto de montagem de reboque.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A.; AREZES, A.; BITTENCOURT, B. **Revisão bibliográfica sobre a sinergia entre Lean Production e Ergonomia.** Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Produção e Sistemas. 2011.
- COSTA, L; BARROSO M. **Introdução à Fisiologia Ocupacional.** Guimarães, Grupo de Engenharia Humana do Departamento de Produção e Sistemas, 2004.
- COSTA, L; BARROSO M. **Introdução à Biomecânica Ocupacional.** Guimarães, Grupo de Engenharia Humana do Departamento de Produção e Sistemas, 2004.
- COUTINHO, T. **O diagrama de espaguete atua como grande aliado nos projetos de otimização de layout.** Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-espaguete>. Acesso em: 15 out. 2023.
- COUTO, H. A. **Como Instituir a Ergonomia na Empresa.** Belo Horizonte: Ergo, 2011
- COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. **Action research for operations management.** International Journal of Operations & Production Management, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.
- ERGOLÂNDIA. 8.0. Disponível em: <https://www.fbfsistemas.com/ergonomia.html>. Acesso em: 31 out. 2023.
- FLEURY, A. et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** 2. ed. Elsevier, 2012.
- FREITAS, E. B. **Diagrama de Espaguete.** Engenharia de Produção, v 5, 2013.
- GASTINEAU, D. A.; DIETZ A. B.; PADLEY, D. J. **Human Cell Therapy Laboratory: Improvement Project.** EUA: Mayo Clinic, 2009.
- GRABAN, M. **Hospitais Lean: melhorando a qualidade, a segurança dos pacientes e o envolvimento dos funcionários.** Tradução Raul Rubenich. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- GREEN, J. C.; LEE, J.; KOZMAN, T. A. **Managing Lean Manufacturing in material handling operations.** International Journal of Production Research, v. 48, n. 10, p.2975-2993, 2010.
- HICKS, B.J. **Lean information management: Understanding and eliminating waste.** International Journal of Information Management, Vol.27, pp.233-249, Science Direct, 2007.
- HINES, P.; HOLWE, M.; RICH, N. **Learning to evolve - A review of contemporary lean thinking.** International Journal of Operations & Production Management, 24(10), 994– 1011, 2004.

IEA – International Ergonomics Association. Disponível em <http://www.iea.cc>. Acesso em 31 de out. 2023.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: Projeto e Produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005

KESTER, J. **A lean look at ergonomics: Healthier continuous improvement processes can limit musculoskeletal disorders**. Industrial Engineer Magazine, 45(28-32), 2013.

LEXICO LEAN. **Glossário Ilustrado para praticantes do Pensamento Lean**. 4. ed. Lean Enterprise Institute, 2003.

MCATAMNEY, L; CORLETT, E. N. **RULA: A survey method for the investigation of world-related upper limb disorders**. Nottingham: Applied Ergonomics, 1993.

MENEZES, E.M.; SILVA, E.L. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

NUNES, I.L.; MACHADO, V.C. **Merging Ergonomic Principles Into Lean Manufacturing**. Nashville: Industrial Engineering Research Conference, 2007.

Observatório de Saúde e Segurança no Trabalho. **Áreas Prioritárias e Análise Comparativa**. <https://smartlabbr.org/sst/localidade/0?dimensao=prioritarias>. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst/localidade/0?dimensao=prioritarias>. Acesso em: 30 de out. 2023.

Observatório de Saúde e Segurança no Trabalho. **Despesa INSS**. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst/localidade/0?dimensao=despesa>. Acesso em: 5 de nov. 2023

PACHECO, M. I. S. **Melhoria do desempenho numa empresa de serviços através da aplicação de ferramentas Lean e de Ergonomia**. Universidade do Minho, Escola de Engenharia. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão da Qualidade, 2022.

PANERO, J; ZELNIK, M. **Las dimensiones humanas en los espacios interiores**. Estándares antropométricos. 5 ed. México : G. Gili, 1991.

PINTO, A. G.; TERESO, M. J. A.; ABRAHÃO, R. F. **Práticas ergonômicas em um grupo de indústrias da região metropolitana de Campinas: natureza, gestão e atores envolvidos**. Revista Gestão & Produção, São Carlos, v. 25, n. 2, p. 398-409, 2018.

PRZYSIEZNY, W. **Distúrbios Osteomusculares relacionados ao trabalho: um enfoque ergonômico**. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção, 2005.

REBELO, Francisco. **Ergonomia no dia a dia**. Lisboa. Edições Sílabo, Lda, 2004

RENO, G. W. S.; TRUZZI, O. R. S.; TOLEDO, J. C.; COELHO, F. B.; DINIZ, C. P. **Melhoria da produtividade por meio da divisão uniforme das atividades dos operadores aplicando o método Kaizen no chão de fábrica numa fabricante de bens de consumo**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 31, 2011, Belo Horizonte, Anais..., Belo Horizonte: Universidade Federal de São Carlos, 2011.

- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003. 102 p. ISBN: 8588874024.
- ROWLEY, J.; SLACK, F. **Conducting a literature review**. Management Research News, v. 27, n. 6, p. 31-39, 2004.
- SANTOS, N; *et al.* **Antropotecnologia: a ergonomia dos sistemas de produção**. Curitiba: Genesis, 1997.
- SILVA, A. P. **Ergonomia: interpretando a NR – 17**. São Paulo: LTr, 2016.
- SMYTH, J. **Corporate ergonomics programme at BCM Airdrie**. Appl.Ergon. 34(1), 39-43, 2003.
- THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 15. ed. São Paulo: Cortez, 2007.
- VIANA, J. J. **Administração de materiais: um enfoque prático**. São Paulo: Atlas, 2010.
- WALDER, J.; KARLIN, J.; KERRK, C. **Integrated Lean Thinking & Ergonomics: Utilizing Material Handling Assist Device Solutions for a Productive Workplace**. South Dakota School of Mines, 2007
- WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma**. Rio De Janeiro: Elsevier, 2011.
- WILSON, L. **How to Implement Lean Manufacturing**. McGraw-Hill Companies, 2010.
- WOMACK, J.P; JONES, D.T. **Lean Thinking: banish waste and create wealth in your organization**. Simon and Shuster, Inc, 2003.
- WOMACK, J.P.; JONES, D.T; Ross, D. **The machine that changed the world**. Macmilan Publishing Company, 1990.

