

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**ESTUDO DE IMPLEMENTAÇÃO DE DISPOSITIVO PARA
ACIONAMENTO DO ROLO**

Melhoria da ergonomia no ambiente de trabalho

João Vitor Resende Miranda da Silva

**Pindamonhangaba - SP
2025**

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**ESTUDO DE IMPLEMENTAÇÃO DE DISPOSITIVO PARA
ACIONAMENTO DO ROLO**

Melhoria da ergonomia no ambiente de trabalho

João Vitor Resende Miranda da Silva

Monografia apresentada à Faculdade de
Tecnologia de Pindamonhangaba para
graduação no Curso Superior de Tecnologia
em Manutenção Industrial.

Orientador(a): Profa Ma Lúcia de A.Ribeiro.

**Pindamonhangaba - SP
2025**

S586e Silva, João Vitor Resende Miranda da.
Estudo de implementação de dispositivo para acionamento do rolo: melhoria da ergonomia no ambiente de trabalho/ João Vitor Resende Miranda da Silva / FATEC Pindamonhangaba, 2025.
33f.; il.

Orientadora: Professora Me. Lucia de Almeida Ribeiro
Monografia (Graduação) – FATEC – Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. 2025

1. Segurança do trabalho. 2. Qualidade. 3. ergonomia.
4. Otimização. 5. Dispositivo de acionamento. I. Silva, João Vitor Resende Miranda da. II. Ribeiro, Lucia de Almeida. IV. Título.

CDD 613

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

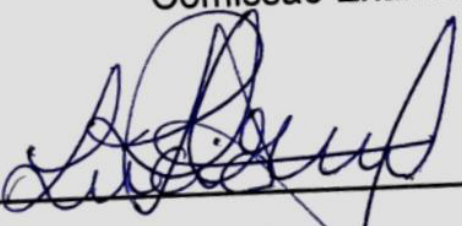
**ESTUDO DE IMPLEMENTAÇÃO DE DISPOSITIVO PARA
ACIONAMENTO DO ROLO**

Melhoria da ergonomia no ambiente de trabalho

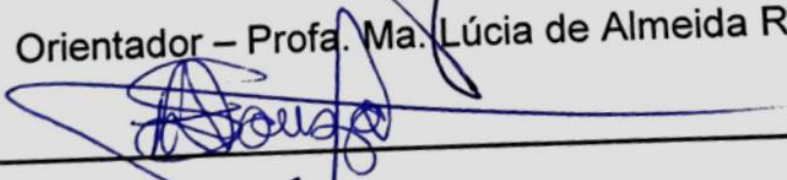
João Vitor Resende Miranda da Silva

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba para graduação, no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial.

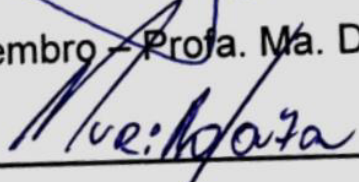
Comissão Examinadora



Orientador – Prof. Ma. Lúcia de Almeida Ribeiro



Membro – Prof. Ma. Daniela Araújo Souza



Membro – Sr. Murillo de Souza Pereira

Pindamonhangaba, 11 de Dezembro de 2025.

DEDICATÓRIA

JOÃO VÍTOR RESENDE MIRANDA DA SILVA

Dedico este trabalho, com todo o meu amor e reconhecimento, aos meus pais Thiago Miranda da Silva e Carla Marcondes Resende Miranda da Silva, exemplos de vida e de perseverança. A vocês, que me proporcionaram as condições e o apoio incondicional para que eu pudesse trilhar o caminho da educação e alcançar este grande objetivo.

A você, minha namorada Paloma Silva Rezende, pelo amor, pela compreensão e por ser a fonte de inspiração e motivação em todos os momentos, especialmente nos mais desafiadores desta jornada.

AGRADECIMENTO

JOÃO VÍTOR RESENDE MIRANDA DA SILVA

Com imensa gratidão, gostaria de agradecer por este trabalho a pessoas que foram com pilares essenciais para que a concretização do trabalho fosse possível.

Em primeiro lugar, à professora Mestra Lúcia de Almeida Ribeiro, pela inestimável dedicação, orientação e paciência, que foram fundamentais para a estruturação e o desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso. Sua experiência e sabedoria me guiaram em cada etapa, tornando este projeto possível.

Agradeço também ao meu supervisor Murillo de Souza Pereira, pelo apoio constante, pelas ideias inovadoras e pela motivação que me impulsionaram a seguir em frente e aprimorar este estudo. Sua contribuição foi crucial para o sucesso desta pesquisa.

“[...] Na hora do regresso, lá de baixo, as árvores com seus galhos parecem braços e, em cada braço, uma mão verde; são como milhares de assistentes aplaudindo o valor da coragem daquele que desafiou o abismo.

E o viajante, com os olhos marejados de lágrimas de emoção, agradece a proteção de Deus”.

Marcos Marcondes

Silva, J. V. R. M. **Estudo de implementação de dispositivo para acionamento do rolo: Melhoria da ergonomia no ambiente de trabalho.** 2025. 34p. Trabalho de Graduação (Curso de Manutenção Industrial). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2025.

RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo para a implementação de um dispositivo mecânico destinado ao acionamento de uma polia para a transmissão de movimento de rotação para o rolo que é revestido manualmente, com o objetivo de reduzir esforços físicos repetitivos e melhorar a ergonomia no ambiente de trabalho, já que atualmente o operador rotacional o rolo com o auxílio da própria mão e na outra mão segura um secador para manter a temperatura do recobrimento que é depositado na superfície do rolo. A proposta surgiu a partir de uma sugestão feita por um colaborador da área de manutenção, que identificou que o acionamento manual do rolo, além de gerar sobrecarga física aos operadores, também ocasionava variações no processo que impactavam a qualidade do produto. A pesquisa contemplou análise ergonômica da atividade, definição de requisitos técnicos, desenvolvimento de protótipo e testes em ambiente real. Os resultados esperados são: uma redução significativa do esforço físico, melhoria na postura dos operadores e diminuição da variabilidade do processo, resultando em maior uniformidade e qualidade do produto final. Conclui-se que o dispositivo proposto representa uma solução eficiente tanto para otimização ergonômica quanto para aprimoramento do desempenho produtivo.

Palavras-chave: ergonomia; otimização; dispositivo de acionamento; segurança do trabalho; qualidade.

Silva, J. V. R. M **Study on the implementation of a device for activating the roller: Improvement of ergonomics in the workplace.** 2025. 34p. Graduation Project (Industrial Maintenance course). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2025.

ABSTRACT

This paper presents a study for the implementation of a mechanical device designed to drive a pulley for transmitting rotational movement to the roller, which is coated manually, with the aim of reducing repetitive physical effort and improving ergonomics in the workplace, since currently the operator rotates the roller with one hand and holds a dryer in the other hand to maintain the temperature of the coating that is deposited on the roller surface. The proposal arose from a suggestion made by a maintenance employee, who identified that manual operation of the roller not only generated physical overload for operators, but also caused variations in the process that impacted product quality. The research included ergonomic analysis of the activity, definition of technical requirements, prototype development, and testing in a real environment. The expected results are: a significant reduction in physical effort, improved operator posture, and reduced process variability, resulting in greater uniformity and quality of the final product. It is concluded that the proposed device represents an efficient solution for both ergonomic optimization and improved production performance.

Keywords: ergonomics; optimization; drive device; occupational safety; quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de RULA.	15
Figura 2 - Exemplo de RULA.	17
Figura 3 - Exemplo de rolo pressor.	21
Figura 4 - Fluxograma do processo do rolo.	22
Figura 5 - Exemplo de sistema de Scotch Yoke.	23
Figura 6 - Processo antigo.	24
Figura 7 - Processo sugerido.	25
Figura 8 – Rolo Pressor de vista ortogonal.	27
Figura 9 – Bancada de Revestimento.	28
Figura 10 – Pedal Acionador.	29
Figura 11 – Polia Maior.	30
Figura 12 – Polia Menor.	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABERGO	Associação Brasileira de Ergonomia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AET	Análise Ergonômica do Trabalho
DORT	Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho
LER	Lesão por Esforços Repetitivos
NR	Norma Regulamentadora
NBR.....	Norma Brasileira Regulamentadora
RULA.....	Rapid Upper Limb Assessment

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMA	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 JUSTIFICATIVA	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 ERGONOMIA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.2 ESTUDO DA ERGONOMIA E A SAÚDE OCUPACIONAL ...	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.2.1. DEFINIÇÕES E ESCOPO DA ERGONOMIA	16
2.2.2. A INTERFACE ENTRE ERGONOMIA E ENGENHARIA DE SEGURANÇA/MEDICINA DO TRABALHO	16
2.3. O INSTRUMENTO RULA (RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT)	17
2.3.1. ORIGEM E PROPÓSITO DO RULA	17
2.3.2. ESTRUTURA E APLICAÇÃO DO RULA	18
2.4. O ENQUADRAMENTO LEGAL NO BRASIL: NR-17	18
2.4.1. NR-17: HISTÓRICO E OBJETIVO	18
2.4.2. Os PRINCÍPIOS DA NR-17 E SUAS EXIGÊNCIAS	18
2.4.3. A EXIGÊNCIA DA AET (ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO)	19
2.5. DOENÇAS DO TRABALHO E AS LER/DORT	19
2.5.1. DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS DOENÇAS DO TRABALHO	19
2.5.2. LESÕES POR ESFORÇOS REPETITIVOS (LER) E DISTÚRBIOS OSTEOMUSCULARES RELACIONADOS AO TRABALHO (DORT)	20
2.5.3. CORRELAÇÃO ENTRE RISCO ERGONÔMICO E INCIDÊNCIA DE DORT	20
2.6 ROLO PRESSOR	20
2.7 FLUXOGRAMA	21
2.7.1 PROCESSO ATUAL	21
2.8 MECANISMO SCOTCH YOKE	22
3 METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)	24
3.1 ANÁLISE ERGONÔMICA	23
3.2 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS	25
3.3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	25
3.4 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

A ergonomia tem como finalidade adaptar as condições laborais às características humanas, visando segurança, conforto e eficiência (IIDA; BUARQUE, 2016). Em ambientes industriais, a falta de adequação ergonômica pode levar ao desenvolvimento de distúrbios osteomusculares e queda da produtividade. A NR-17 estabelece parâmetros para garantir que as operações não imponham sobrecarga física excessiva aos trabalhadores (BRASIL, 2022).

O acionamento manual de rolos é um exemplo de atividade crítica, pois exige força considerável e favorece posturas inadequadas, aumentando o risco de DORT. Durante análise do processo, um colaborador da manutenção identificou que esse esforço manual não apenas prejudicava a ergonomia, como também afetava a padronização e a qualidade do produto final, reforçando a necessidade de desenvolver um dispositivo automatizado (IIDA; BUARQUE, 2016).

Assim, este trabalho descreve o desenvolvimento de um sistema de acionamento destinado a melhorar a ergonomia e garantir maior uniformidade no processo produtivo.

1.1 PROBLEMA

O processo de acionamento manual dos rolos na linha produtiva exige força elevada, favorece posturas inadequadas e expõe os trabalhadores a riscos ergonômicos, como o desenvolvimento de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho. Além disso, tal atividade compromete a padronização e a uniformidade do produto final, evidenciando uma lacuna no processo que impacta tanto a saúde do colaborador quanto a qualidade da produção.

Diante disso, surge o seguinte problema de pesquisa: Como desenvolver um sistema de acionamento que reduza o esforço físico do operador, melhore as condições ergonômicas e aumente a uniformidade do processo produtivo?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver e implementar um dispositivo para acionamento de rolo que reduza esforços físicos e melhore tanto a ergonomia quanto a qualidade do produto final.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar análise ergonômica da atividade conforme NR-17 (BRASIL, 2022);
- Identificar riscos ergonômicos, especialmente DORT (IIDA; BUARQUE, 2016);
- Integrar a sugestão técnica feita pelo colaborador da manutenção;
- Projetar mecanismo seguro com base em princípios de automação (NBR 5410 — ABNT, 2008);
- Desenvolver protótipo;
- Avaliar impacto ergonômico e qualitativo após implantação.

1.3 JUSTIFICATIVA

A escolha deste tema se justifica pela necessidade de melhorar as condições ergonômicas em processos industriais que ainda dependem de esforço físico elevado. O acionamento manual dos rolos representa uma atividade que expõe os trabalhadores a riscos de distúrbios osteomusculares e posturas inadequadas, tornando essencial a busca por soluções que reduzam esses impactos e atendam às recomendações da NR-17.

Além do aspecto da saúde ocupacional, a automatização desse acionamento também se mostra relevante para o processo produtivo, pois a execução manual compromete a padronização e a uniformidade do produto final. Assim, o desenvolvimento de um sistema automatizado pode proporcionar melhora na qualidade, maior consistência operacional e redução de variabilidades.

Dessa forma, esta pesquisa é importante por propor uma solução que integra ergonomia e eficiência, oferecendo benefícios tanto aos colaboradores quanto à empresa. O estudo contribui para a adoção de práticas mais seguras e produtivas,

justificando plenamente sua realização.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ERGONOMIA

A ergonomia busca ajustar o trabalho ao ser humano, prevenindo riscos e aumentando eficiência (IIDA; BUARQUE, 2016). A NR-17 estabelece diretrizes obrigatórias que visam minimizar desconforto e fadiga (BRASIL, 2022).

Figura 1 – Ergonomia no Ambiente de Trabalho



Fonte: Scribd (2021).

2.2. O ESTUDO DA ERGONOMIA E A SAÚDE OCUPACIONAL

A Ergonomia atua como um pilar estruturante da Saúde Ocupacional ao promover a adequação das condições laborais às capacidades psicofisiológicas e biomecânicas do trabalhador. Trata-se, portanto, de uma abordagem sistêmica que correlaciona

diretamente o conforto e a segurança do indivíduo com a eficiência e a produtividade organizacional.

2.2.1. Definições e Escopo da Ergonomia

Conceitos de Ergonomia de Concepção e de Correção. A Ergonomia Física, Cognitiva e Organizacional.

A Ergonomia é a disciplina que estuda as interações entre os seres humanos e os elementos de um sistema, buscando otimizar o bem-estar e o desempenho geral (ABERGO, 2021). Seu estudo abrange três domínios principais: a Ergonomia Física (relacionada à postura e biomecânica), a Ergonomia Cognitiva (focada em processos mentais e carga de trabalho) e a Ergonomia Organizacional (voltada a estruturas e políticas de trabalho). A aplicação da Ergonomia ocorre tanto na Concepção, atuando preventivamente no projeto de novos sistemas, quanto na Correção de processos já estabelecidos, modificando-os para eliminar riscos e desconforto (VIDAL; SOUZA, 2018).

2.2.2. A Interface entre Ergonomia e Engenharia de Segurança/Medicina do Trabalho

A importância da Análise Ergonômica do Trabalho (AET) como ferramenta de diagnóstico e intervenção.

A Ergonomia possui uma forte interface com a Engenharia de Segurança e a Medicina do Trabalho, pois todas compartilham o objetivo de proteger a saúde e prevenir doenças ocupacionais. Enquanto a segurança e a medicina focam no controle de riscos físicos e biológicos, a Ergonomia atua na adaptação do ambiente ao trabalhador, abordando fatores biomecânicos e psicossociais. O principal elo entre essas áreas é a Análise Ergonômica do Trabalho (AET), que serve como ferramenta essencial de diagnóstico. A AET analisa o trabalho real e identifica as causas dos problemas, permitindo propor intervenções eficazes que aprimoram as condições e o desempenho do trabalho (IIDA; BUARQUE, 2016).

que indica a necessidade e a urgência de intervenção para mitigar o risco de desenvolvimento de DORT/LER.

2.3.2. Estrutura e Aplicação do RULA

Descrição detalhada dos grupos de pontuação (Grupo A: Braço, Antebraço e Punho; Grupo B: Pescoço, Tronco e Pernas). Explicação sobre o cálculo dos Scores Finais e o Nível de Ação (Action Level).

2.4. O ENQUADRAMENTO LEGAL NO BRASIL: NR-17

A Norma Regulamentadora nº 17 (NR-17) estabelece o marco legal obrigatório primário para a aplicação da Ergonomia no território nacional, sendo compulsória para todas as organizações regidas pela CLT. Seu escopo técnico-jurídico é garantir a adaptação integral das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores. A NR-17, portanto, não é apenas um guia de boas práticas, mas um instrumento normativo que exige a conformidade de aspectos como o mobiliário, equipamentos, condições ambientais e a própria organização do trabalho, visando a prevenção de agravos à saúde e a promoção do conforto laboral.

2.4.1. NR-17: Histórico e Objetivo

A NR-17 desempenha o papel de instrumento legal mandatário que vincula diretamente a ergonomia à saúde, segurança e conforto do trabalhador. Ela exige a adequação integral do sistema de trabalho às características psicofisiológicas dos indivíduos, atuando na prevenção primária de doenças e acidentes ao gerenciar os riscos ergonômicos (físicos, cognitivos e organizacionais). Ao determinar padrões mínimos para mobiliário, equipamentos e organização, a norma transforma o conforto em um requisito legal para a preservação da integridade física e mental.

2.4.2. Os Princípios da NR-17 e suas Exigências

Foco nos critérios de avaliação e adaptação das condições de trabalho:

- Levantamento, Transporte e Descarga de Materiais.
- Mobiliário (Cadeiras e Mesas de Trabalho).

- Equipamentos dos Postos de Trabalho.
- Condições Ambientais de Trabalho (Temperatura, Ruído, Iluminação).
- Organização do Trabalho (Ritmo, Conteúdo das Tarefas).

2.4.3. A Exigência da AET (Análise Ergonômica do Trabalho)

A Análise Ergonômica do Trabalho (AET) é uma exigência legal formalmente estabelecida pela Norma Regulamentadora n. 17 (NR-17), que torna obrigatória a avaliação ergonômica da situação de trabalho no Brasil (BRASIL, 2022). A AET é uma metodologia aprofundada que analisa o trabalho real e suas demandas. Ferramentas de avaliação rápida, como o RULA (Rapid Upper Limb Assessment), são utilizadas como parte do diagnóstico inicial. O RULA quantifica os riscos posturais e de esforço, principalmente dos membros superiores, fornecendo dados objetivos que subsidiam a intervenção e as conclusões da AET (VIDAL; SOUZA, 2018).

2.5. DOENÇAS DO TRABALHO E AS LER/DORT

A exposição contínua a riscos ergonômicos, como posturas inadequadas, repetitividade e esforço físico excessivo, é a causa direta de diversas Doenças do Trabalho e, em particular, das Lesões por Esforços Repetitivos (LER) e dos Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT). As LER/DORT representam um grupo heterogêneo de condições que afetam músculos, tendões, nervos e articulações, sendo as principais responsáveis pelo afastamento de trabalhadores no Brasil. Ferramentas de avaliação como o RULA (Rapid Upper Limb Assessment) são cruciais, pois fornecem uma quantificação objetiva da exposição ao risco postural, estabelecendo a ligação técnica entre a exigência biomecânica da tarefa e a probabilidade de desenvolvimento dessas patologias (VIDAL; SOUZA, 2018).

2.5.1. Definição e Classificação das Doenças do Trabalho

As Doenças do Trabalho são classificadas legalmente no Brasil em duas categorias distintas, conforme o Anexo II do Decreto nº 3.048/99: a Doença Profissional e a

Doença do Trabalho propriamente dita. A Doença Profissional é aquela peculiar a determinada atividade ou profissão, sendo diretamente produzida e caracterizada pelo exercício de uma ocupação específica, como listada na Lista A do Anexo. Já a Doença do Trabalho (ou mesopatia) é aquela adquirida ou desencadeada em função das condições especiais em que o trabalho é realizado, ou seja, é decorrente do ambiente em si e não da profissão em si, conforme a Lista B. Ambas, contudo, são juridicamente equiparadas a Acidente do Trabalho para fins previdenciários. Esta classificação legal visa estabelecer o nexo causal entre o agravo à saúde e a atividade laboral, sendo a Lista B o instrumento que permite o enquadramento de doenças como LER/DORT, causadas pela inadequação ergonômica (BRASIL, 1999).

2.5.2. Lesões por Esforços Repetitivos (LER) e Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT)

As LER/DORT são condições que afetam o sistema musculoesquelético e têm o trabalho como causa, incluindo quadros como tendinites e bursites (IIDA; BUARQUE, 2016). Sua etiologia é multifatorial e está ligada à exposição prolongada a fatores de risco biomecânicos. Os principais fatores de risco são: repetitividade de movimentos, aplicação de força excessiva, manutenção de posturas inadequadas e a ausência de pausas restauradoras. Essa sobrecarga contínua excede a capacidade de recuperação dos tecidos, resultando no desenvolvimento dessas patologias ocupacionais (VIDAL; SOUZA, 2018).

2.5.3. Correlação entre Risco Ergonômico e Incidência de DORT

Existe uma forte correlação entre a exposição a alto risco ergonômico no trabalho e a prevalência de LER/DORT, principalmente em membros superiores (VIDAL; SOUZA, 2018). Ferramentas como o RULA (Rapid Upper Limb Assessment) são essenciais para quantificar essa relação. Scores altos no RULA indicam que o trabalhador está sob sobrecarga biomecânica devido a posturas críticas ou esforço excessivo. Este alto nível de risco, quando contínuo, está diretamente ligado ao aumento da incidência de patologias ocupacionais, confirmando o RULA como um indicador preditivo de necessidade de intervenção (IIDA; BUARQUE, 2016).

2.6 ROLO PRESSOR

O rolo pressor é um componente mecânico utilizado para aplicar pressão controlada sobre uma superfície ou material em movimento, garantindo contato uniforme e estabilidade durante o processo. No sistema desenvolvido, o rolo pressor atua como elemento de guia e compressão.

Figura 3 - Exemplo de rolo pressor.



Fonte: Creative Cópias (s.d.).

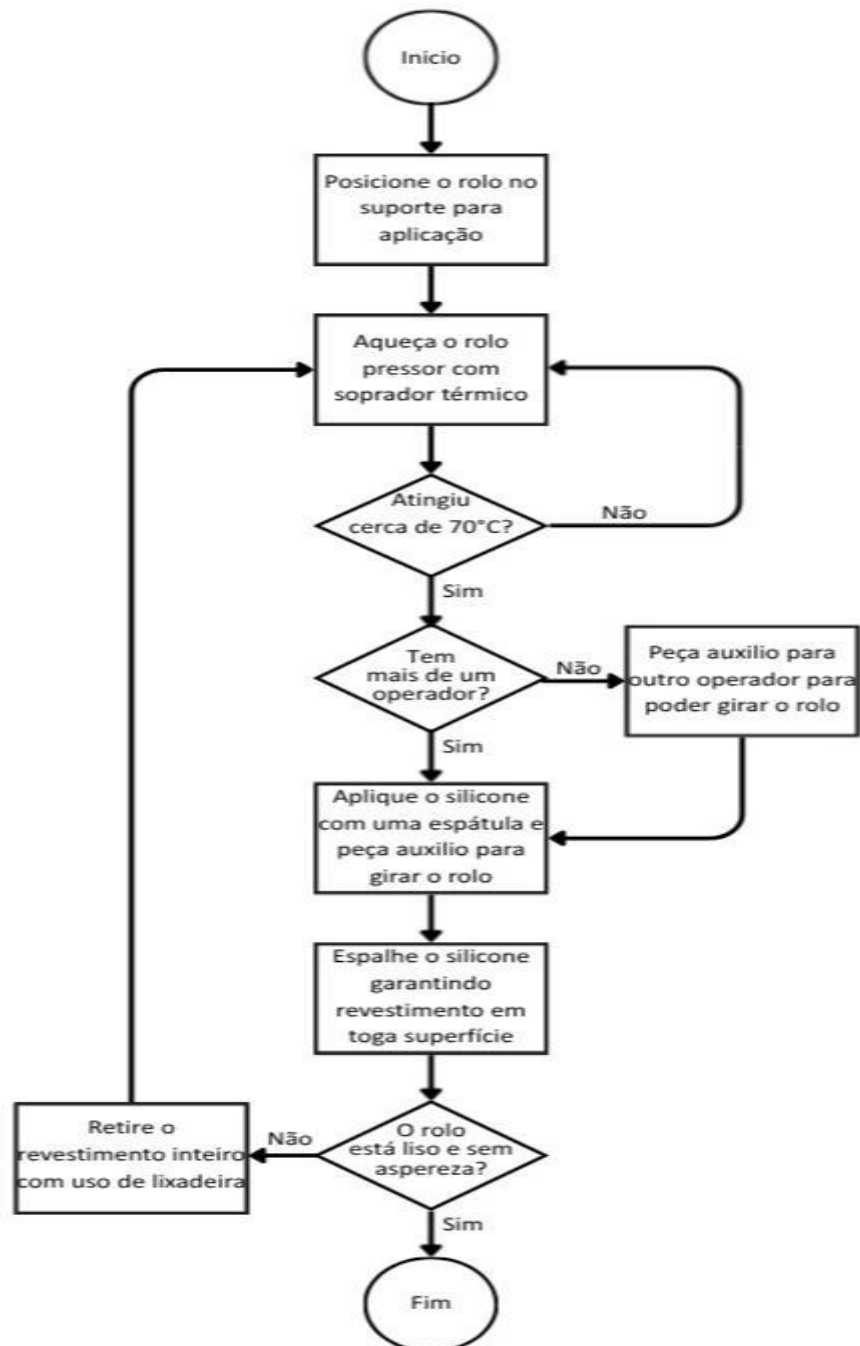
2.7 FLUXOGRAMA.

O fluxograma constitui uma ferramenta de diagramação que emprega símbolos gráficos universalmente padronizados (retângulos, losangos, setas) para representar o fluxo sequencial de um processo, sistema ou método (GIL, 2018). Esta notação visual serve para descrever a sequência lógica das atividades e identificar os pontos de decisão que direcionam o percurso. Sua aplicação facilita a compreensão imediata do processo, promovendo clareza e transparência no trabalho

2.7.1 Processo atual

Na Figura 4, podemos observar o fluxograma de todo o processo do rolo.

Figura 4 - Fluxograma do processo do rolo.



Fonte: O próprio autor.

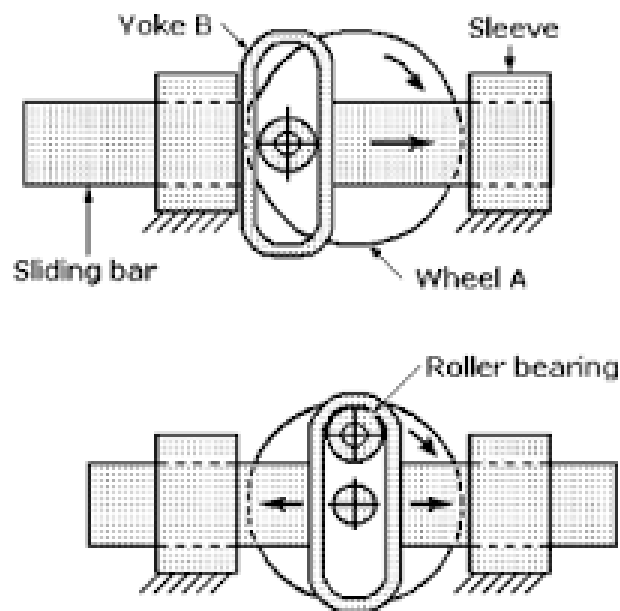
2.8 MECANISMO SCOTCH YOKE

O Mecanismo Scotch Yoke, é um dispositivo cinemático que converte o movimento rotativo de uma manivela em um movimento linear alternativo e simétrico. Ele opera

com uma manivela que desliza dentro de uma ranhura (yoke), forçando o garfo a se mover em linha reta para frente e para trás. Sua principal vantagem é gerar um movimento harmônico simples (senoidal puro), o que o torna útil em compressores e atuadores de válvula. Sua desvantagem é o alto desgaste por atrito na ranhura, o que frequentemente leva à preferência por mecanismos de manivela e biela (SHIGLEY; UICKER, 2017).

Como demonstrado na imagem a seguir, o funcionamento de um sistema Scotch Yoke.

Figura 5 - Exemplo de sistema de Scotch Yoke.



Fonte: Fonte: ResearchGate (2020).

3 METODOLOGIA

A execução envolveu as etapas descritas a seguir:

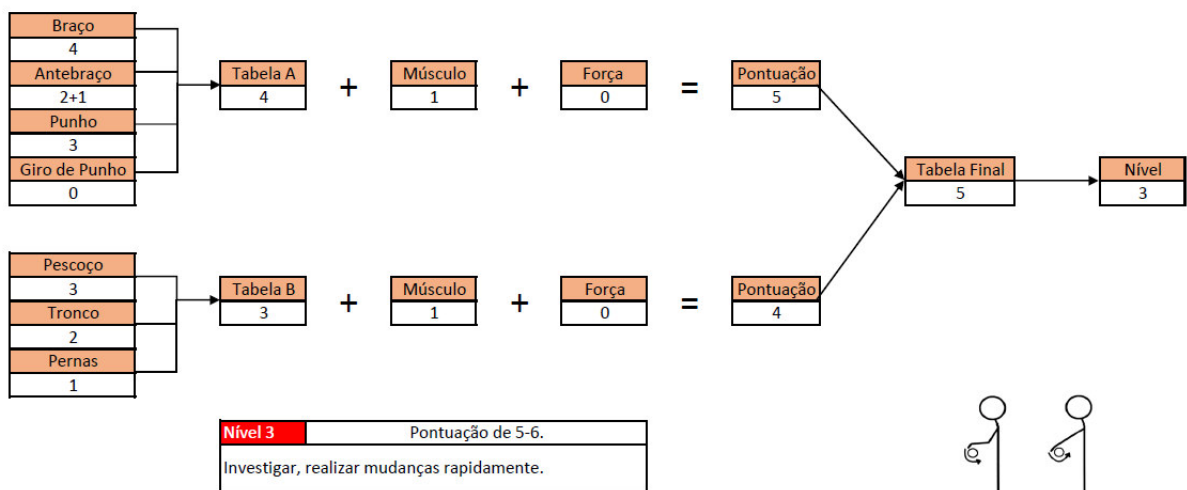
3.1 Análise ergonômica

A atividade foi estudada conforme os parâmetros definidos na NR-17 (BRASIL, 2022), utilizando observação direta, registro fotográfico das posturas adotadas pelos operadores e avaliação do esforço físico envolvido no acionamento manual dos rolos. A análise seguiu como referência a ferramenta RULA (Rapid Upper Limb Assessment), utilizada para avaliar carga postural e identificar possíveis riscos ergonômicos relacionados aos membros superiores.

A pesquisa realizada foi do tipo qualitativa onde, foram consideradas as condições do ambiente de trabalho, o tempo de execução da tarefa, a repetitividade do movimento e o nível de força exigido. Com base nesses dados, foi possível identificar os principais pontos críticos da atividade e estabelecer os requisitos necessários para o desenvolvimento de um sistema de acionamento automatizado que reduzisse o esforço físico e melhorasse as condições ergonômicas dos operadores.

Na Figura 6, podemos observar o processo atual.

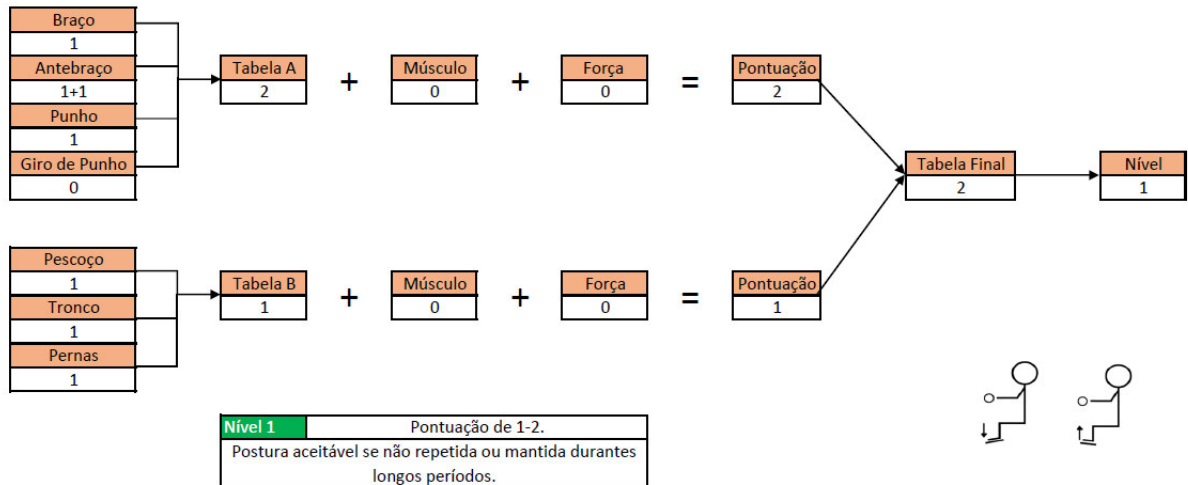
Figura 6 - Processo antigo.



Fonte: O próprio autor.

Na Figura 7, podemos observar o processo sugerido.

Figura 7 - Processo sugerido.



Fonte: O próprio autor.

3.2 Levantamento de requisitos

A observação do colaborador da manutenção sobre variações no processo foi incorporada ao projeto. Foram definidos os requisitos do sistema considerando aspectos técnicos, de segurança e compatibilidade com a máquina existente. Entre os principais pontos, destacam-se o tipo de transmissão a ser utilizado, a integração com os mecanismos já instalados e a implementação de dispositivos de proteção para garantir a segurança do operador.

Além disso, as observações do colaborador da manutenção sobre variações no processo produtivo foram incorporadas ao projeto, permitindo que o sistema atendesse às necessidades reais da operação. Essa abordagem assegurou que os requisitos contemplassem não apenas as especificações técnicas, mas também aspectos práticos do dia a dia da linha de produção, contribuindo para um desenvolvimento mais eficiente e seguro do dispositivo.

3.3 Desenvolvimento do projeto

Foi elaborado um estudo detalhado para o desenvolvimento de um sistema composto por polia, pedal e proteção mecânica, garantindo que todas as etapas atendessem aos requisitos definidos na NR-17 (BRASIL, 2022) e às necessidades ergonômicas identificadas na análise prévia.

No pedal, em sua ponta, foi proposto utilizar para acionar o conjunto de polias, o mecanismo Scotch Yoke para realizar a transmissão do movimento. Quando o pedal é pressionado, gera um deslocamento linear que é convertido em movimento rotativo pelo Scotch Yoke. Esse movimento é então transferido para as polias, permitindo seu funcionamento de forma simples e eficiente.

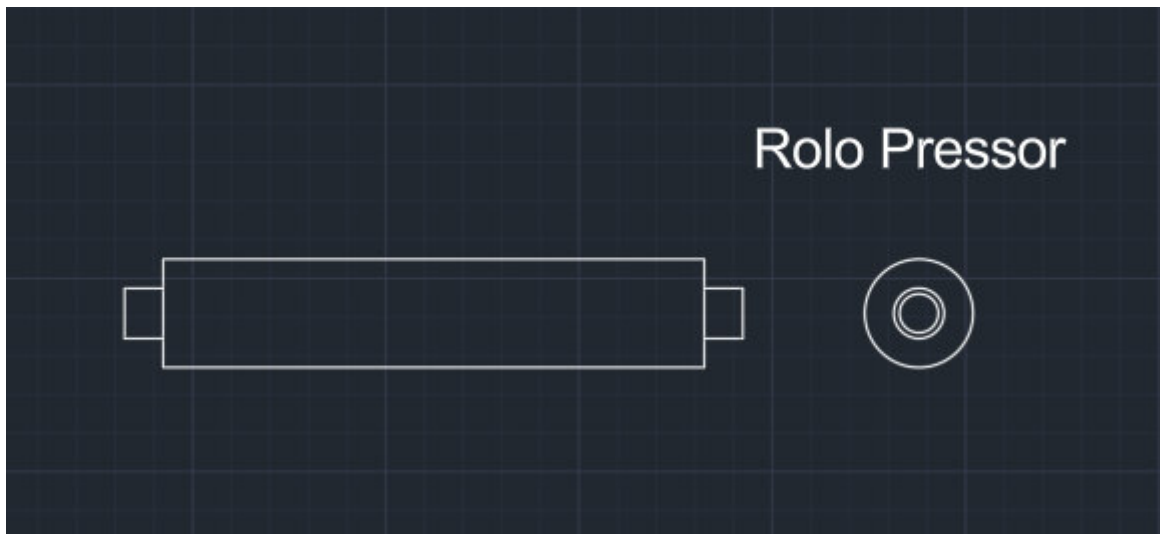
A escolha do Scotch Yoke deve-se à sua transmissão direta, com poucas perdas mecânicas, além da simplicidade. Assim, o mecanismo atende ao objetivo do projeto ao oferecer uma solução prática e eficaz para o acionamento das polias por meio do pedal.

Na polia superior foi incorporado um acoplamento, projetado para envolver e estabilizar a base do rolo a ser girado durante o acionamento do sistema. Esse componente funciona como um acoplamento de contenção, garantindo que o objeto permaneça alinhado ao eixo de rotação, mantendo o arraste e evitando deslocamentos laterais.

O projeto buscou integrar segurança, funcionalidade e facilidade de operação, considerando a redução do esforço físico do operador e a padronização do processo produtivo. Foram avaliadas alternativas de dimensões e posicionamento dos componentes para assegurar eficiência, durabilidade e compatibilidade com a máquina existente. O resultado do desenvolvimento permite que o sistema automatizado contribua simultaneamente para a melhoria das condições ergonômicas e para a uniformidade do produto final.

Conforme é demonstrado na figura abaixo, o rolo pressor separado da bancada.

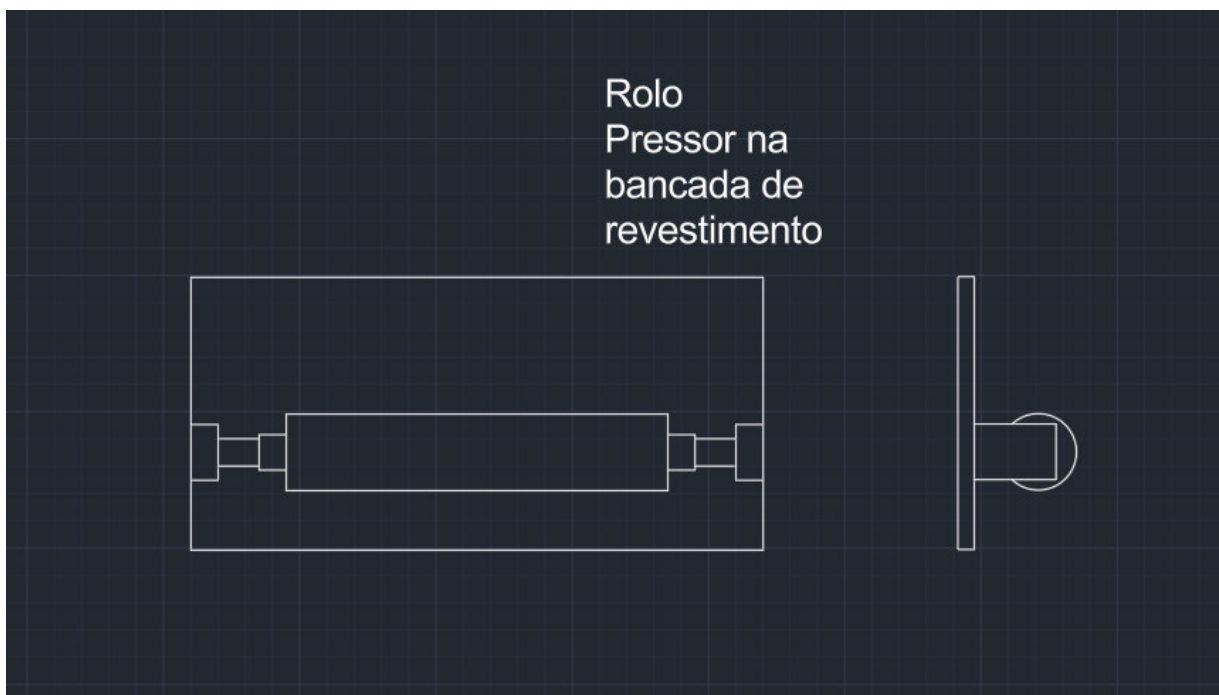
Figura 8 – Rolo Pressor de vista ortogonal.



Fonte: Próprio autor.

Já na figura em seguida, é representado o rolo já posicionado na bancada de revestimento

Figura 9 – Bancada de Revestimento.

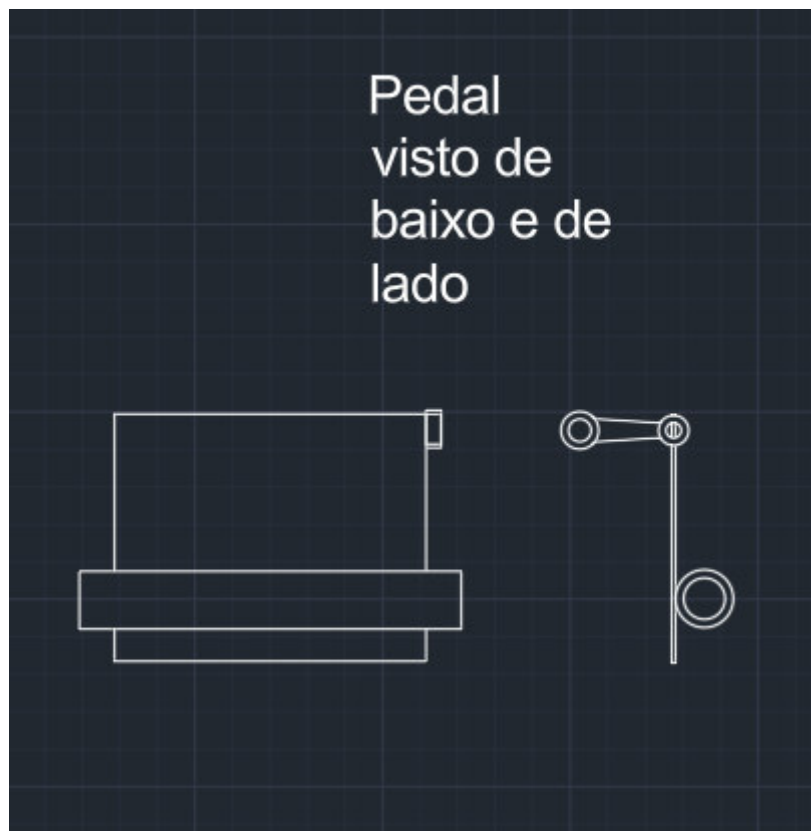


Fonte: Próprio autor.

3.4 Apresentação da proposta

Conforme este modelo, o pedal de acionamento foi pensado para o projeto desta forma.

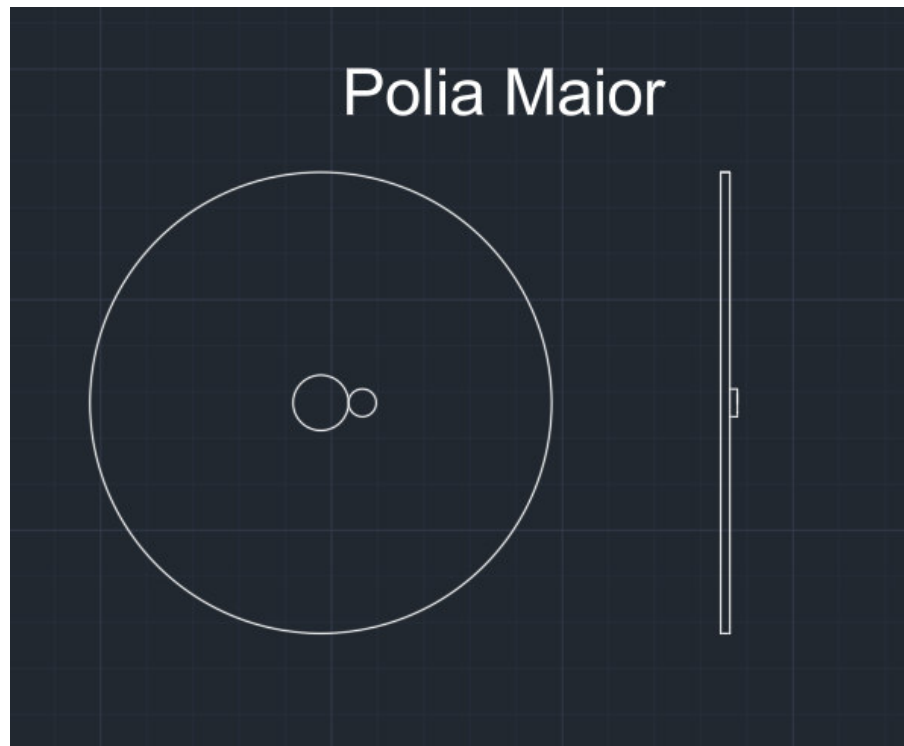
Figura 10 – Pedal Acionador.



Fonte: Próprio autor.

Já na ilustração abaixo temos a polia maior do sistema onde temos o furo central e um pino excêntrico para acionamento.

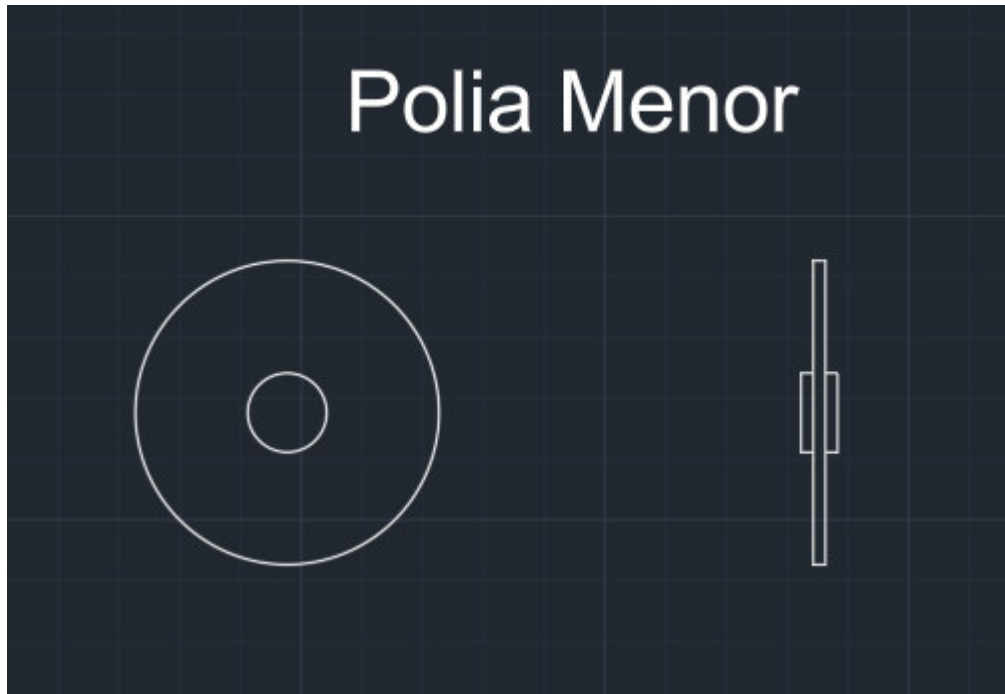
Figura 11 – Polia Maior.



Fonte: Próprio autor.

Na figura 12, vemos a polia menor do conjunto e no seu centro o acoplamento que garante movimento ao rolo.

Figura 12 – Polia Menor.



Fonte: Próprio autor.

A proposta será apresentada à liderança e a gerência da área, destacando os benefícios esperados tanto para a qualidade do ambiente laboral quanto para a saúde do operador atuante do processo. Durante a apresentação, serão enfatizados os ganhos ergonômicos proporcionados pela redução do esforço físico e pela adoção de posturas mais seguras pelos operadores, bem como os impactos positivos no desempenho produtivo.

Além disso, a exposição da proposta incluirá os critérios técnicos do projeto, a compatibilidade com os processos existentes e as medidas de segurança implementadas, permitindo que a liderança compreenda de forma clara os objetivos e os resultados esperados da intervenção. Essa etapa visa não apenas validar a solução desenvolvida, mas também demonstrar a relevância e a viabilidade da implementação do sistema no ambiente industrial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espera-se que a implementação do novo dispositivo irá promover uma mitigação significativa da sobrecarga biomecânica, resultando na redução expressiva do esforço físico estático e na eliminação completa das posturas inadequadas que comprometem o operador. Este alinhamento postural e de esforço garantirá a estrita conformidade normativa com as diretrizes da NR-17.

O mecanismo revisado, que incorpora o uso da polia e o pedal, deverá estabelecer um movimento de acionamento uniforme e preciso, superando a variabilidade anterior. Essa padronização garantirá a consistência operacional, conforme antecipado pela expertise técnica do colaborador.

Adicionalmente, o novo sistema projeta-se para neutralizar o impacto da fadiga severa atualmente relatada pelos operadores. A análise dos dados de controle de qualidade, que atualmente identifica uma queda mensurável nos índices de aceitação entre o início e o término do turno, deverá ser estabilizada, confirmando que a eliminação da sobrecarga psicofisiológica é um fator determinante para a manutenção da qualidade constante ao longo de toda a jornada de trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta sugerida foi bem aceita pela gestão, uma vez que sua solução propõe simultaneamente aos objetivos estratégicos de aprimorar a conformidade ergonômica e elevar a eficiência operacional do processo produtivo.

O novo dispositivo atua diretamente na mitigação da sobrecarga biomecânica, reduzindo o esforço físico e prevenindo riscos de DORT/LER (Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho), em total conformidade com as recomendações ergonômicas de referência (IIDA; BUARQUE, 2016) e com as exigências da legislação nacional (BRASIL, 2022 [NR-17]).

Além do benefício à saúde, a intervenção aumenta a uniformidade e a qualidade intrínseca do produto final, resultado direto da padronização e da redução da variabilidade do processo. A contribuição técnica do colaborador da manutenção foi fundamental, evidenciando o valor do conhecimento tácito e do engajamento multifuncional para o sucesso e a melhoria contínua em ambientes industriais.

Como próxima etapa, o escopo de trabalho será direcionado ao estudo e desenvolvimento de um novo dispositivo focado na uniformização da aplicação do recobrimento do rolo e na otimização do sistema de fixação do secador, visando garantir a repetibilidade e a consistência em fases subsequentes do processo.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **NR-17 – Ergonomia**. Brasília, 2022.

IIDA, Itiro; BUARQUE, Luís Carlos. **Ergonomia: projeto e produção**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2016.

NORTON, Robert L. Projeto de Máquinas: Uma Abordagem Integrada. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

VIDAL, Mario Cesar R.; SOUZA, Fernando B. C. de. Ergonomia: fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2018.

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

Kumar, A.; Kamath, S. Avaliação rápida de membros superiores (RULA): evidências de validade e confiabilidade na identificação da ergonomia do local de trabalho entre funcionários de bancos que usam computadores. *Rev. Pesqui. Fisioter.*, v. 9, n. 2, p. 194-203, 2019.

Documento de revisão: Avaliação rápida de membro superior (RULA) na investigação ergonômica: uma revisão abrangente. *Rev. Pesq. Fisio*, v. 9, n. 3, 2019.

SCRIBD. Instrução de Segurança do Trabalho: Ergonomia. 2021. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/538888872/5-Area-Administrativa-Instrucao-de-Seguranca-Do-Trabalho-Ergonomia-RINNAI>. Acesso em: 18 dez. 2025.

UNIVERSIDADE DO MINHO. Escola de Engenharia. Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho: Método RULA. [s.d.]. Disponível em: <https://www.scribd.com/document/399924699/RULA-Form-Portugues>. Acesso em: 18 dez. 2025.

RESEARCHGATE. Diagram of a sliding bar and yoke mechanism. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Diagram-of-a-sliding-bar-and-yoke-mechanism_fig3_341526741. Acesso em 18 dez. 2025.

CREATIVE CÓPIAS. Rolo de Pressão para Unidade Fusora. [s.d.]. Disponível em: <https://www.creativecopias.com.br/peças-para-unidade-fusora>. Acesso em: 18 dez. 2025.