

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS CAMPUS MANAUS CENTRO DEPARTAMENTO DE PROCESSOS
INDUSTRIAIS BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

VALTER JÚNIOR CARDOSO FELINTO

DISPOSITIVO FLEXÍVEL DE ADESIVAGEM PARA BICICLETAS

VALTER JÚNIOR CARDOSO FELINTO

DISPOSITIVO FLEXÍVEL DE ADESIVAGEM PARA BICICLETAS

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Processos Industriais do Instituto
Federal do Amazonas como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Mecânica.**

**Orientador(a): Michaella Socorro Bruce
Fialho**

**Manaus – AM
2025**

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

F315d Felinto, Valter Júnior Cardoso.
Dispositivo flexível de adesivagem para bicicletas / Valter Júnior
Cardoso Felinto. – Manaus: IFAM, 2023.
38 p. : il. color.

Monografia (Engenharia Mecânica). – Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus Manaus Centro*, 2023.
Orientadora: Profa. Dra. Michaela Socorro Bruce Fialho.

1. Engenharia mecânica. 2. Water slide. 3. Ergonomia. 4.
Produtividade. I. Fialho, Michaela Socorro Bruce. (Orient.) II. Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 621

Dedico este trabalho ao meu avô Osmar e à minha filha Louise, pessoas a quem admiro e tenho muito apreço.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade e pela força concedida ao longo deste caminho desafiador, que me sustentou nos momentos mais difíceis.

À minha família, que acompanhou toda a minha trajetória, sempre oferecendo apoio, incentivo e compreensão diante das mudanças necessárias para a realização deste trabalho.

E à minha noiva, Jainny Rossi, pelo carinho, paciência, incentivo e compreensão durante esta fase final do curso, sendo essencial para que eu pudesse concluir este trabalho com determinação.

Aos meus amigos e companheiros de trabalho, Matheus Afonso e Jonathan Moreira, pela colaboração nos desenhos, simulações e coleta de dados, que foram fundamentais para a execução deste projeto.

Aos colaboradores da Caloi, pela oportunidade de desenvolver meus potenciais e colocar em prática os conhecimentos adquiridos. Em especial, agradeço à Glaucia Oliveira, que me deu a primeira oportunidade ao ingressar como estagiário na empresa, ao ferramenteiro Jose Augusto pelas dicas de fabricação e movimentação das peças e ao meu gerente Marco Silva, pelo apoio constante, pelas orientações e pela confiança ao longo dessa caminhada.

"A imaginação é mais importante que o conhecimento."

Albert Einstein.

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um Dispositivo Flexível de Adesivagem para Bicicletas, utilizando a técnica *Water Slide* na aplicação de grafismos em quadros de alumínio. O objetivo principal é otimizar os processos de adesivagem manual, proporcionando maior padronização, redução de tempo, melhoria ergonômica e aumento da qualidade final do produto. A pesquisa justifica-se pelas limitações dos métodos antes presentes no processo e pela dificuldade de automatização total em ambientes produtivos de médio porte. A fundamentação teórica abrange conceitos de ergonomia industrial, como *Golden Zone* e *Strike Zone*, e apresenta normas técnicas relacionadas à segurança e à saúde ocupacional. O projeto do dispositivo flexível envolveu o uso de modelagem 3D em *Solidworks*, análise ergonômica e de levantamento dos tempos de processo com software *Kinovea*, além da implementação de princípios de *Poka-yoke*. Os resultados obtidos indicam uma significativa melhoria na eficiência do processo, maior conforto e segurança para o operador, e uma melhor uniformidade na aplicação dos adesivos, contribuindo diretamente para o aumento da competitividade e qualidade na linha de produção.

Palavras-chave: Water slide; ergonomia; aplicação de adesivo; quadro de bicicleta; produtividade.

ABSTRACT

This work presents the development of a Flexible Labeling Device for Bicycles, using the "Water Slide" technique to apply graphics onto aluminum frames. The main objective is to optimize the manual labeling processes, providing greater standardization, time reduction, ergonomic improvement, and increased final product quality. The research is justified by the limitations of previously used methods in the process and by the difficulty of full automation in medium-sized production environments. The theoretical framework covers concepts of industrial ergonomics, such as the *Golden Zone* and *Strike Zone*, and presents technical standards related to safety and occupational health. The device design involved 3D modeling using *Solidworks*, ergonomic analysis, and process time measurement using *Kinovea* software, as well as the implementation of *Poka-yoke* principles. The results obtained indicate a significant improvement in process efficiency, greater comfort and safety for the operator, and better uniformity in the application of the decals, directly contributing to increased competitiveness and quality on the production line.

Keywords: Water slide; ergonomics; adhesive application; bicycle frame; productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>Golden Zone</i> e <i>Strike Zone</i>	16
Figura 2 – Tabela das Normas e sua Utilização no Projeto	18
Figura 3 – Primeiros Dispositivos com a Simulação dos Quadros.....	22
Figura 4 – Protótipo 00	27
Figura 5 – Simulações de Melhorias e <i>Poka-yokes</i>	28
Figura 6 – Bancada Fixa e Dispositivo Flexível Protótipo 01	29
Figura 7 – Vista 2D do Dispositivo de Adesivagem	30
Figura 8 – Gráficos de Golden e Strike Zone do Dispositivo e da Bancada Fixa	32
Figura 9 – Adesivagem na Bancada Fixa e no Dispositivo Flexível.....	32
Figura 10 – Tabela de Tempos das Aplicação de Adesivos	33
Figura 11 – <i>Yamazumi: Bancada x Dispositivo</i>	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS	10
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 MÉTODOS DE ADESIVAGEM DE BICICLETAS NO BRASIL	12
2.2 TECNOLOGIAS APLICADAS NA ADESIVAGEM INDUSTRIAL	12
2.3 CONCEITO DA TÉCNICA DE ADESIVAGEM <i>WATER SLIDE</i>	13
2.3.1 Aplicação da Técnica <i>Water Slide</i>	14
2.4 CONCEITOS DE ERGONOMIA	15
2.5 CONCEITOS DE <i>LEAN MANUFACTURING</i>	16
2.6 NORMAS E PADRÕES RELEVANTES.....	17
3 METODOLOGIA	21
3.1 PROCESSO DE CONCEPÇÃO E DESENVOLVIMENTO	21
3.2 ETAPAS DE FABRICAÇÃO	22
3.3 MATERIAIS E COMPONENTES UTILIZADOS NO DISPOSITIVO	23
3.4 COLETA DE DADOS E <i>FEEDBACKS</i>	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 OBTENÇÃO DOS PROTÓTIPOS	27
4.2 APLICAÇÃO DO PROTÓTIPO NA LINHA DE ADESIVOS	28
4.3 MODIFICAÇÕES E VERSÕES	30
4.4 IMPACTO NA ERGONOMIA OPERACIONAL	31
4.5 REDUÇÃO DO TEMPO DE PROCESSO	33
4.6 MELHORIA NA PRECISÃO E DIMINUIÇÃO DE NVAA	34
4.7 LIMITAÇÕES E PRÓXIMOS PASSOS.....	35
5. CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

A adesivagem é um processo amplamente utilizado em diversas indústrias para a aplicação de etiquetas, rótulos, revestimentos e logotipos em produtos e embalagens, contribuindo diretamente para a identidade visual e a valorização da marca. No setor de bicicletas, esse processo é fundamental, especialmente para garantir um acabamento estético padronizado e de qualidade.

Entretanto, a adesivagem manual apresenta diversos desafios, tais como a falta de padronização, baixa eficiência produtiva e impactos negativos sobre a ergonomia dos operadores. Tais dificuldades tornam o processo suscetível a erros como bolhas de ar, enrugamentos e falhas de alinhamento, comprometendo o resultado.

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo principal desenvolver e implementar em uma linha de montagem um dispositivo flexível e adaptável que auxilie na aplicação da técnica de adesivagem Transfer Waterslide ou simplesmente chamada de Water Slide em quadros de bicicletas. Conforme Machado, Almeida e Rocha (2020), a técnica oferece "[...] a portabilidade, flexibilidade e adaptação a diferentes superfícies rígidas, assim como a objetos com curvaturas complexas, devido à natureza flexível do revestimento de cobertura."

Apesar da qualidade estética proporcionada, a técnica requer extrema habilidade durante sua aplicação manual, devido à complexidade geométrica dos quadros de bicicleta, geralmente fabricados em alumínio.

Dessa forma, justifica-se o desenvolvimento de um dispositivo que proporcione maior controle e repetibilidade ao processo, reduzindo falhas e aumentando a produtividade. Além disso, a adoção de soluções com melhor desempenho ergonômico contribui significativamente para a saúde ocupacional dos operadores.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento e validação de um dispositivo flexível para o processo de adesivagem em quadros de bicicletas, com foco na técnica *Water Slide*.

1.2 Objetivos Específicos

- Projetar um dispositivo adaptável à geometria de quadros de bicicletas utilizando ferramentas de CAD 3D (*SolidWorks*);
- Avaliar e comparar o desempenho do dispositivo em relação ao método tradicional quanto ao tempo de aplicação, esforço ergonômico e repetibilidade do processo;
- Implementar princípios de ergonomia industrial como *Golden Zone* e *Strike Zone* para reduzir esforço físico e riscos ocupacionais;
- Aplicar conceitos do *Lean Manufacturing*, como *Yamazumi*, para eliminar desperdícios e balancear o processo de adesivagem;
- Validar o dispositivo por meio de testes em linha de produção e medir os impactos por meios de *softwares* como *Kinovea* e *Excel*;
- Propor melhorias contínuas para futura replicação do dispositivo em outras etapas de produção.
- Reduzir falhas humanas, melhorar a ergonomia dos operadores e padronizar a aplicação dos adesivos, garantindo maior produtividade e qualidade no processo industrial.

1.3 Estrutura do Trabalho

A estrutura deste artigo contempla, após esta **Introdução**, a seção de **Referencial Teórico**, na qual são abordados os métodos tradicionais de adesivagem manual, o uso de tecnologias no processo, aspectos da técnica *Water Slide*, bem como conceitos de ergonomia, *Lean Manufacturing* e normas técnicas aplicáveis ao desenvolvimento de dispositivos industriais.

Em seguida, a seção de **Metodologia** apresenta o processo de concepção e desenvolvimento do dispositivo flexível e as alterações que precisaram ser realizadas ao longo dos testes.

A seção de **Resultados e Discussão** traz uma análise dos impactos observados na linha de produção após a implementação da solução proposta. Por fim, as **Conclusão** sintetizam os principais resultados e destaca as contribuições do dispositivo flexível para o processo de adesivagem, e apontam possibilidades de aprimoramento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Métodos de Adesivagem de Bicicletas no Brasil

A adesivagem em bicicletas é etapa essencial para personalização e proteção da superfície. Segundo a Aliança Bike (2022), órgão oficial do setor, mais de 70% das bicicletas nacionais são adesivadas com adesivos vinil.

Contudo, adesivos vinílicos, embora práticos, tendem a descolar com o tempo e são mais vulneráveis ao calor e a solventes. Já o *Water Slide*, quando envernizado adequadamente, apresenta durabilidade superior e melhor resistência a intempéries (SENAI-SP, 2015).

Além da questão técnica, a escolha do método de adesivagem também está ligada à estética e ao posicionamento da marca. Muitos fabricantes e ciclistas valorizam acabamentos que transmitam maior sofisticação, onde o *Water Slide* se destaca por oferecer um visual mais limpo e integrado à pintura, quase imperceptível ao toque. Isso agrega valor não apenas ao produto, mas também à experiência do usuário, que passa a perceber a bicicleta como um item de maior qualidade e exclusividade.

2.2 Tecnologias Aplicadas na Adesivagem Industrial

A automação industrial aumenta produtividade e reduz custos, mas seu alto investimento inicial limita a adoção no Brasil. Segundo estudos, empresas automatizadas têm ganhos de até 30% em eficiência (SENAI, 2022). Apesar dos benefícios, muitas indústrias ainda relutam em implementar essas tecnologias devido aos custos elevados.

Outro problema latente, é escassez de profissionais capacitados. Pesquisas indicam que 60% das indústrias enfrentam dificuldades para encontrar técnicos especializados (ABIMAQ, 2021). Essa carência retarda a modernização e aumenta a dependência de consultorias externas, encarecendo os processos.

Para a adesivagem em bicicletas que possuem um certo grau de complexidade geométrica e seria necessária uma máquina com vários sensores e sistemas automatizados diferentes o que encareceria ainda mais o projeto.

Nesse cenário, a adesivagem manual permanece uma alternativa atrativa devido ao baixo custo operacional, flexibilidade e adaptabilidade. Operadores treinados conseguem aplicar adesivos com precisão satisfatória, sendo ideal para lotes de pequeno e médio porte. Essa viabilidade econômica mantém o método manual relevante para empresas que buscam equilíbrio entre qualidade e custos.

A automação aplicada à adesivagem de bicicletas exigiria não apenas investimentos em equipamentos de alta complexidade, mas também em manutenção constante e atualizações tecnológicas, o que pode inviabilizar financeiramente pequenas e médias empresas do setor. Muitas vezes, o retorno desse investimento só seria viável em linhas de produção de larga escala, o que não corresponde à realidade da maioria dos fabricantes nacionais que operam com demanda variável e séries limitadas de modelos.

Outro ponto importante é que o processo manual, além de mais acessível, possibilita uma personalização maior e um controle mais detalhado durante a aplicação. Essa característica é especialmente valorizada em bicicletas de design diferenciado ou em edições especiais, onde o cuidado humano agrega exclusividade e valor ao produto. Assim, mesmo diante do avanço da automação, o trabalho manual continua ocupando um espaço estratégico na indústria, conciliando tradição, qualidade e viabilidade econômica.

2.3 Conceito da Técnica de Adesivagem *Water Slide*

A técnica de adesivagem *Water Slide*, de acordo com Machado, Almeida e Rocha (2020), consiste na “[...] impressão de uma imagem sobre um papel previamente preparado com um revestimento solúvel, que é posteriormente transferida [...]. A imagem é então fundida ao suporte por meio da ação do calor, o que requer o uso de tintas com resistência a altas temperaturas”.

É uma técnica que requer sofisticação no preparo e cuidado com o ambiente em que será utilizada, para evitar a contaminação da água ou da superfície que será adesivada. Caso a base seja pintada, a tinta deverá suportar a temperatura de secagem do adesivo.

Vale destacar que a aplicação do Water Slide também proporciona um acabamento diferenciado, já que o filme é extremamente fino e se adapta com facilidade a superfícies curvas ou de geometria complexa. Esse detalhe confere ao produto uma aparência uniforme e de alta qualidade, sem o relevo perceptível que outros tipos de adesivo podem deixar.

2.3.1 Aplicação da Técnica *Water Slide*

A aplicação da técnica *Water Slide* requer etapas específicas para garantir a aderência e durabilidade do decalque. A seguir, temos os principais passos do processo utilizando as instruções da TRANSART GRAPHICS CO., LTD, (2020).

A **Preparação da superfície**: Deve ser realizada a limpeza prévia da superfície com solventes apropriados (como álcool isopropílico) para remover contaminantes que comprometam a adesão.

1. **Corte do decalque**: O design deve ser recortado da película com uma pequena margem ao redor, para facilitar o manuseio e garantir melhor acabamento.
2. **Ativação em água**: O decalque é então imerso em água morna por aproximadamente 10 a 30 segundos, até que a película se desprenda do papel de suporte.
3. **Transferência**: Com o auxílio de uma pinça, o decalque é posicionado sobre a superfície desejada.
4. **Secagem**: A peça deve secar por, no mínimo, 24 horas antes de ser manuseada ou uma estufa para uma secagem mais rápida do adesivo em temperaturas em torno de 70° à 90° celsius.

Em síntese, a aplicação da técnica Water Slide exige não apenas a execução cuidadosa de cada etapa, mas também atenção às condições ambientais e aos materiais utilizados.

Quando bem conduzido, o processo resulta em um acabamento de alta qualidade, com excelente aderência e resistência, elevando o valor estético e funcional do produto.

2.4 Conceitos de Ergonomia

A ergonomia desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de ambientes de trabalho mais seguros, eficientes e confortáveis. Um ambiente ergonomicamente projetado contribui diretamente para o aumento da produtividade e do bem-estar dos operadores, ao considerar as necessidades humanas durante a execução das atividades. Conforme destaca Lida (2005, p. 25), a ergonomia “procura adaptar o trabalho ao homem, considerando suas características físicas e psicológicas”, reforçando a importância de ajustar tarefas, ferramentas e condições operacionais às capacidades e limitações humanas.

No contexto do processo de adesivagem de bicicletas que possuem movimentos repetitivos e movimentações das adesivistas, compreender os fundamentos ergonômicos torna-se essencial o estudo ergonômico de cada etapa, pois influencia diretamente a eficiência, segurança e qualidade do trabalho. Segundo Dul e Weerdmeester (2004, p. 88), “atividades manuais com posturas inadequadas ou força excessiva são fatores de risco comuns para distúrbios musculoesqueléticos”.

Os conceitos de Golden Zone e Strike Zone são essenciais para otimizar o esforço do operador. De acordo com Hirano (1995, p. 134), a Golden Zone refere-se à área de trabalho ideal, onde ferramentas e materiais estão posicionados para minimizar movimentos desnecessários.

Já a Strike Zone, conforme definido por Womack e Jones (2004, p. 212), é a área onde ocorre a aplicação dos adesivos no quadro, cujo design deve minimizar torções e movimentos excessivos. A combinação desses conceitos resulta em um fluxo de trabalho mais eficiente e seguro, reduzindo erros e lesões.

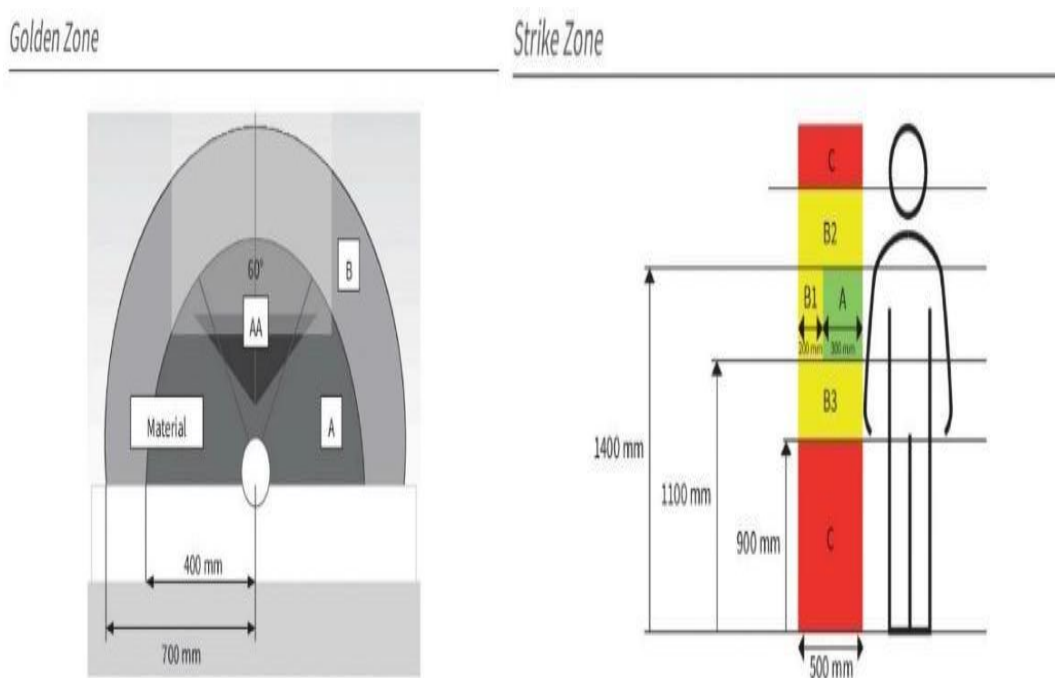
No que se refere ao ambiente de trabalho, a ergonomia também contempla fatores como iluminação adequada, ventilação e organização do espaço. Um operador que atua em um local bem iluminado, com temperatura agradável e sem excesso de ruídos, tende a manter maior concentração e precisão durante a adesivagem. Esses cuidados simples reduzem não apenas o risco de falhas no processo, mas também a fadiga mental e física, melhorando a qualidade final do produto.

Já em relação às ferramentas e equipamentos, é fundamental que sejam adaptados às características físicas do trabalhador. Bancadas ajustáveis em altura, suportes para os quadros e ferramentas leves são exemplos de recursos que reduzem o esforço repetitivo e evitam sobrecargas nos músculos e articulações.

Quando a ergonomia é aplicada de forma correta, cria-se um ambiente mais saudável e produtivo, em que o operador consegue desempenhar sua função com segurança e eficiência, mesmo em tarefas detalhadas como a adesivagem de bicicletas.

A seguir tem a figuras que representam a *Golden Zone* e *Strike Zone*, consecutivamente.

Figura 1. *Golden Zone* e *Strike Zone*



Fonte: BARLOTTI (2023)

2.5 Conceitos sobre *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia que busca eliminar desperdícios e aumentar a eficiência produtiva. Seus princípios são amplamente aplicáveis ao processo de adesivagem, especialmente por meio da análise de **movimentos de valor agregado (VAA)**, **movimentos semi-valor agregados (SVAA)** e **movimentos não agregados (NVAA)**.

- **VAA:** Atividades que efetivamente transformam o produto (ex.: aplicação do adesivo);
- **SVAA:** Atividades necessárias, mas que não agregam valor direto (ex.: posicionamento do quadro no dispositivo);

- **NVAA:** Atividades que poderiam ser eliminadas (ex.: ajustes repetitivos ou busca por ferramentas) (OHNO, 1988, p. 45).

O *Yamazumi* (também chamado de *Yamazumi Chart* ou Balanceamento de Linha) é uma ferramenta visual do *Lean Manufacturing* que, conforme Liker (2005, p. 138), "permite visualizar graficamente o tempo de ciclo de cada operação e o balanceamento entre os postos de trabalho, sendo essencial para identificar e eliminar desperdícios no fluxo produtivo". Essa ferramenta organiza as tarefas em blocos gráficos (geralmente barras empilhadas) para identificar os "3M" de desperdícios, que são:

1. **Muda:** Atividades que não agregam valor (ex.: retrabalho);
2. **Mura:** Desigualdades no fluxo de produção (ex.: variação no tempo de aplicação);
3. **Muri:** Sobrecarga de operadores ou equipamentos.

A aplicação conjunta desses conceitos de Ergonomia e *Lean Manufacturing*, resultou em um dispositivo que não apenas melhora a qualidade da adesivagem, mas também elimina desperdícios, cargas de trabalho e protege a saúde do operador, alinhando-se às normas técnicas e às demandas de produtividade industrial.

De forma simples, o *Lean Manufacturing* pode ser entendido como uma forma de "organizar melhor o trabalho", evitando esforços desnecessários, desperdícios e atrasos. No caso da adesivagem de bicicletas, isso significa aplicar o adesivo de maneira direta e eficiente, reduzir movimentos repetitivos que não trazem resultado e facilitar o acesso às ferramentas certas no momento certo. Combinado à ergonomia, esse método garante um processo mais rápido, com menos cansaço para o operador e maior qualidade no produto.

2.6 Normas e Padrões Relevantes

A adoção de normas técnicas constitui requisito fundamental para garantir segurança, ergonomia e eficiência na concepção de dispositivos de adesivagem manual. A estrutura regulatória abrange:

Normas Internacionais:

- ISO 12100:2010 (5.4.2): Exige integração de aspectos ergonômicos no projeto máquina-operador

- ISO 9241-5:1998 (6): Estabelece diretrizes para minimização de esforço físico e fadiga
- ISO 9001:2015 (8.5.1) e ISO 45001:2018 (8.1.2.1): Determinam controle de processos e gestão de riscos ocupacionais

Normas Nacionais:

- ABNT NBR ISO 11228-1:2013: Regulamenta prevenção de lesões por movimentos repetitivos
- ABNT NBR 9050:2020: Específica os parâmetros para posicionamento ergonômico de equipamentos.
- A integração sistemática dessas normas assegura não apenas conformidade regulatória, mas também ganhos operacionais mensuráveis:
 - Redução de 25% em ocorrências de LER/DORT (NR-17, 2019)
 - Padronização de processos conforme requisitos da indústria 4.0

Para a materialização conceitual e a fabricação precisa do dispositivo, as normas de Desenho Técnico são indispensáveis. A família de NBRs, como: NBR 10126, para cotação e as NBR 10068 e 10582 para Folhas de Desenhos e Legendas, definem os princípios gerais de representação, como tipos de linha, cortes e seções, garantindo que todos os componentes mecânicos do desenho que será enviado para fabricação interna e que sejam interpretados sem ambiguidades pelos ferramenteiros e serralheiros.

A seguir, apresenta-se uma tabela com as normas utilizadas neste trabalho de forma resumida em que norma agregou em cada etapa:

Figura 2. Tabela das Normas e sua Utilização no Projeto

Norma	Ano	Título	Objetivo
ABNT NBR 16148	2013	Adesivos – Determinação da vida útil de sistemas adesivos	Estabelece métodos para medir a durabilidade de adesivos industriais.
ABNT NBR 9050	2020	Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos	Define critérios para acessibilidade e usabilidade de equipamentos.
ASTM D3330	2022	Standard Test Method for Peel Adhesion of Pressure-Sensitive Tape	Determina a força necessária para remover adesivos de superfícies.

NR-17 (Ministério do Trabalho)	2019	Ergonomia	Estabelece parâmetros para adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas do trabalhador.
ISO 12100	2010	Safety of machinery – Risk assessment and reduction	Fornecer princípios para avaliação e minimização de riscos em projetos de máquinas.
ISO 9241-5	1998	Ergonomic requirements for office work – Workstation layout and postural requirements	Aponta diretrizes para postura adequada em estações de trabalho.
ISO 9001	2015	Quality management systems – Requirements	Estabelece padrões de gestão da qualidade em processos produtivos.
ISO 45001	2018	Occupational health and safety management systems	Especifica requisitos para prevenir lesões e problemas de saúde no trabalho.
ASTM D3363	s.d.	Standard Test Method for Film Hardness by Pencil Test	Define método para avaliar a dureza de revestimentos aplicados.
ABNT NBR ISO 11228-1	2013	Ergonomia – Movimentação manual – Parte 1: Levantamento e transporte	Estabelece limites de carga e técnicas para prevenir lesões em atividades repetitivas.
SENAI-SP (Publicação técnica)	2015	Revestimentos industriais: pintura e adesivagem de substratos metálicos	Apresenta técnicas industriais de adesivagem e pintura em metais.
NBR 10068	1987	Folha de desenho - Leiaute e dimensões	Define as dimensões, margens e leiaute das folhas de desenho técnico.
NBR 10582	1988	Apresentação da folha para desenho técnico	Regula a distribuição do espaço na folha, incluindo áreas para o desenho, textos e legenda.
NBR 8402	1994	Execução de caractere para escrita em desenho técnico	Determina as regras para a escrita em desenhos técnicos, garantindo legibilidade e uniformidade.
NBR 8403	1984	Aplicação de linhas em desenhos - Tipos de linhas - Larguras das linhas	Padroniza os diferentes tipos e larguras de linhas (contínuas, tracejadas etc.) utilizados nos desenhos.
NBR 8993	1985	Representação convencional de partes roscadas em desenhos técnicos	Trata da representação convencional de partes roscadas.

NBR 10126	1987	Cotagem em desenho técnico	Aborda a técnica de cotagem, ou seja, como indicar as dimensões de um objeto em um desenho.
NBR 8196	1999	Desenho técnico- Emprego de escalas	Estabelece como usar escalas (ampliação, redução ou natural) nos desenhos técnicos.
NBR 10647	1989	Desenho técnico	Norma geral que estabelece a nomenclatura e os princípios básicos do desenho técnico.

Fonte: Autoria própria.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento do Dispositivo Flexível de Adesivagem seguiu uma abordagem sistemática, dividida em: Concepção e Desenvolvimento, Seleção de Materiais, Utilização de Ferramentas de Apoio e Coleta de Dados e *Feedbacks* dos colaboradores.

3.1 Processo de Concepção e Desenvolvimento.

A concepção do Dispositivo Flexível de Adesivagem foi fundamentada na análise detalhada dos desafios operacionais. Durante o estudo do processo, identificou-se um elevado volume de movimentações desnecessárias, que, ao longo do fluxo, resultava em **128 pontos** classificados como atividades de **Não Agregação de Valor (NVAA)**. O intuito do desenvolvimento do dispositivo flexível é eliminar grande parte dessas movimentações que não agregam valor.

Outro problema latente era que os operadores realizavam esforços constantes e movimentos repetitivos, gerando sobrecarga física e desconforto laboral, o que foi confirmado por relatos frequentes de dores relacionadas ao trabalho.

Essas condições também evidenciaram problemas ergonômicos importantes, com **55 ocorrências** mapeadas nas zonas **Golden Zone e Strike Zone**, indicando que muitas atividades eram executadas fora das zonas ideais de alcance e postura. A diminuição desses pontos traz consigo uma maior sensação de conforto ao colaborador.

Tais pontos representavam desperdício de tempo, desgaste físico desnecessário e impactos diretos na produtividade, reforçando a necessidade de uma solução que reduzisse movimentos excessivos e mudasse o método que estava sendo realizado, com o desafio de no mínimo um acréscimo de 20% na produtividade e eficiência, aumentando de 20 bicicletas adesivadas por hora para 25 bicicletas adesivadas por hora.

Diante desses desafios, o dispositivo flexível foi desenvolvido para diminuir ou eliminar tais problemas, visando à otimização ergonômica e gerar maior produtividade do processo. E para embasar o projeto, foram realizadas:

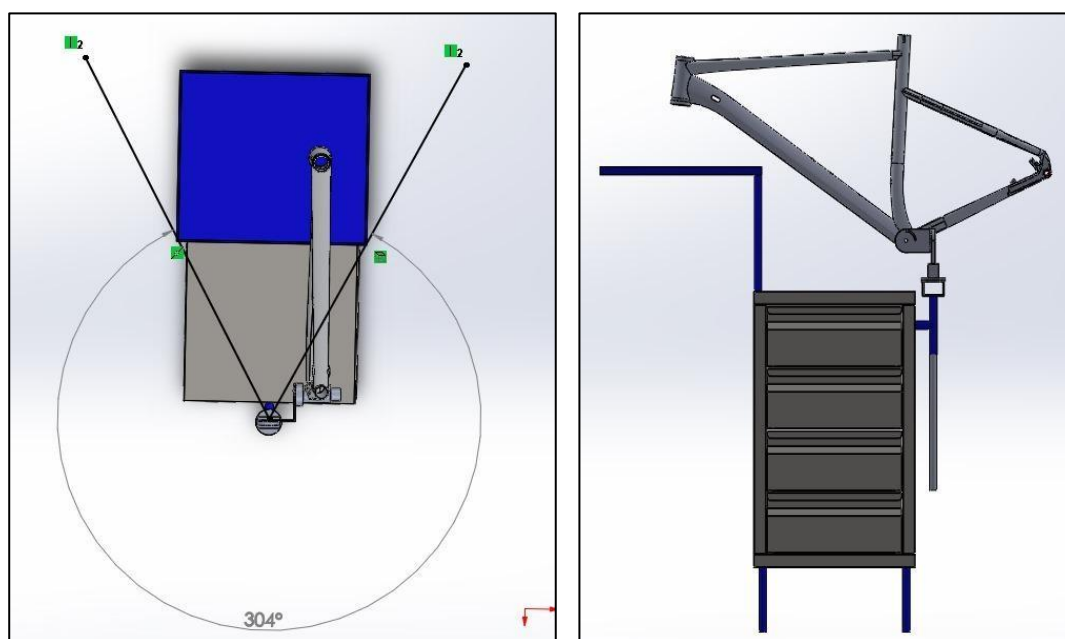
1. Pesquisas de campo em outras fabricas nacionais e internacionais que utilizam a adesivagem, a fim de identificar soluções aplicáveis;

2. Coleta de feedbacks dos operadores, essencial para definir requisitos de:
 - Fixação estável do quadro da bicicleta;
 - Movimentação ergonômica e altura do dispositivo;
 - *Poka-yokes* (mecanismos à prova de erros).

Posteriormente, os esboços iniciais evoluíram para modelos 3D modelados no **SolidWorks**, onde foram realizadas simulações de tensão (**Simulation**) e de movimento (**Motion Study**) para validar virtualmente os conceitos antes da prototipagem física.

Esta etapa foi crucial para identificar e corrigir pontos de fragilidade, interferências no movimento e otimizar o centro de gravidade do dispositivo, assegurando que o protótipo já nasceria com muita maturidade.

Figura 3. Primeiros Dispositivos com a Simulação dos Quadros



Fonte: Autoria própria.

3.2 Etapas de Fabricação

O processo de fabricação do Dispositivo Flexível de Adesivagem foi estruturado em etapas sequenciais que asseguraram organização e precisão desde a concepção até a fabricação do protótipo e ajustes finais.

Inicialmente, realizou-se a modelagem 3D, etapa essencial para simular o funcionamento do equipamento antes de iniciar a produção física, permitindo prever interferências, validar ajustes mecânicos e minimizar riscos de erros e retrabalho.

Após essa fase, foram elaborados os desenhos técnicos 2D de cada componente, garantindo o detalhamento dimensional e geométrico necessário para orientar a fabricação das peças.

Com os desenhos definidos, iniciou-se a usinagem das partes estruturais do dispositivo, seguida por testes de qualidade comparativos entre as peças produzidas e as representações técnicas em escala reduzida, assegurando conformidade e precisão dimensional.

Finalmente, procedeu-se à montagem dos mecanismos ajustáveis, etapa que consolidou toda a estrutura projetada e permitiu verificar sua funcionalidade e ergonomia em operação real. Essas fases integradas garantiram que o dispositivo fosse desenvolvido de forma eficiente, funcional e alinhada aos requisitos ergonômicos e produtivos estabelecidos no estudo.

3.3 Materiais e Componentes Utilizados no Dispositivo

Com base nas informações que foram fornecidas, iniciamos os esboços dos desenhos dos dispositivos e procuramos entender junto com a equipe de Ferramentaria como poderíamos prosseguir no mecanismo e nos materiais que seriam utilizados no dispositivo.

A fase de Seleção de Materiais foi diretamente influenciada pelos requisitos identificados na concepção. Priorizou-se a escolha de componentes que garantissem leveza para facilitar a manipulação pelo operador, resistência para suportar as cargas estáticas e dinâmicas dos quadros, e durabilidade para resistir ao ciclo contínuo de uso na linha de produção.

Materiais como aço para a armação principal e poliuretano de alta densidade para os pontos de contato e fixação foram selecionados para oferecer o equilíbrio ideal entre robustez e peso reduzido, atendendo simultaneamente às demandas de ergonomia e funcionalidade.

O dispositivo flexível foi projetado utilizando:

- Estruturas metálicas para suporte e estabilidade;
- Molas de compressão;
- Mecanismos ajustáveis para diferentes tamanhos de bicicletas;
- Partes de Poliuretano para melhor movimentação e fixação;
- Peças intercambiáveis;
- Parafusos Allen M8 e M6;
- Porcas M8 e M6 convencionais e de rosca invertida (para fixação);
- Ruelas.

3.4 Coleta de dados e *Feedbacks*

A coleta de dados foi realizada por meio de filmagens, primeiramente testes práticos em linha de adesivagem com alternância de adesivista utilizando o mesmo quadro de bicicleta e com o mesmo número de adesivos no primeiro protótipo fabricado, uma abordagem que visou a identificação da rampa de aprendizagem com o novo método e para coleta de feedbacks das adesivista para influenciar no desenvolvimento do dispositivo final.

Com o dispositivo ajustado, foram analisados os dois processos: **A Bancada Fixa e O Dispositivo de Adesivagem**, e com o apoio dos softwares ***Kinovea e Excel***, foi possível registrar as movimentações e os tempos de cada etapa, permitindo a mensuração dos ganhos, perdas e pontos de melhorias no processo nesses testes comparativos entre os métodos em estudo.

A percepção dos operadores mostrou-se essencial para uma avaliação mais completa. A integração entre análises técnicas, medições de tempo e alinhamento, associada ao *feedback* ergonômico, proporcionou uma visão detalhada acerca da eficiência dos processos avaliados.

Na sequência, o *software Kinovea* foi utilizado para analisar os vídeos dos testes. Essa ferramenta possibilitou mapear os movimentos dos operadores e identificar pontos de melhoria relacionados ao tempo de execução das atividades e à ergonomia durante a operação.

O ***Excel***, por sua vez, foi empregado para organizar os dados coletados, gerar gráficos e facilitar a interpretação dos resultados. Dessa forma, foi criada uma visão mais clara do desempenho geral do dispositivo em comparação com a bancada fixa.

Durante a análise, foram considerados aspectos técnicos e ergonômicos, de modo a integrar as informações quantitativas e qualitativas obtidas. Essa combinação de métodos permitiu identificar oportunidades de aprimoramento no processo e fundamentar sugestões para a redução de perdas e aumento da eficiência.

Como exemplo, destaca-se um dos feedbacks registrados pelos operadores:

“(sic) É preciso que se diminua as movimentações do carrinho para a bancada e da bancada para o carrinho.”

Esse apontamento evidenciou a necessidade de reorganização do fluxo de trabalho e a definição de um posto mais adaptável a movimentação da adesivagem dos quadros e isso reforça a importância do envolvimento dos colaboradores na avaliação dos processos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo de uma semana, foram realizados cinco testes com o Dispositivo Flexível de Adesivagem, aplicados em quadros de bicicletas de aço e alumínio. O objetivo principal desses ensaios foi avaliar a robustez do protótipo, identificar seus limites funcionais e verificar sua adaptabilidade para possíveis aplicações além do escopo inicialmente projetado.

Durante os testes, aspectos como o tempo de aplicação dos adesivos, a utilização do método *Work Organization* (WO), a precisão no alinhamento, a ergonomia e a eficiência geral foram analisadas por meio de registros em vídeo, cronometragem e feedback direto dos operadores.

Os resultados obtidos permitiram compreender, de maneira prática, o comportamento do dispositivo em diferentes condições de uso, aproximando os testes da realidade industrial.

A comparação entre os quadros de materiais distintos possibilitou observar os pontos fortes e as limitações do equipamento, fornecendo informações essenciais para aprimorar sua funcionalidade. Assim, foi possível construir uma base sólida de conhecimento que servirá não apenas para confirmar a viabilidade do dispositivo, mas também para orientar futuras modificações em seu design e ampliar sua aplicabilidade no processo produtivo.

Outros pontos que também foram avaliados:

- Tempo de aplicação dos adesivos;
- Utilização do *Work Organization* – WO (Para a organização dos resultados e os cálculos de *Golden Zone/Strike Zone* e *Yamazumi*);
- Precisão do alinhamento dos adesivos;
- Ergonomia (feedback dos operadores sobre ergonomia.);
- Eficiência geral (análise de vídeos com o software *Kinovea* para mapeamento de movimentos e cronometragem).

Esses testes possibilitaram compreender, de forma prática, como o dispositivo se comporta diante de diferentes condições de uso. Ao variar o tipo de material dos quadros, foi possível observar o desempenho em situações mais próximas da

realidade da produção, destacando tanto os pontos fortes quanto os aspectos que ainda podem ser melhorados.

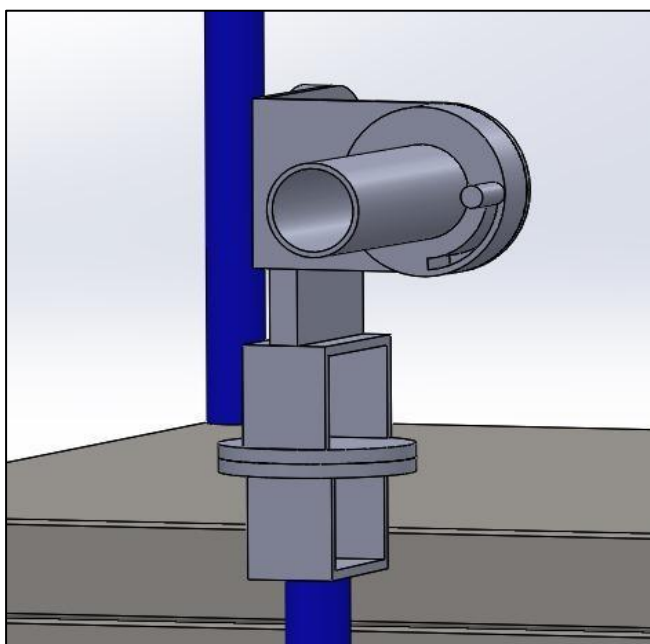
4.1 Obtenção dos Protótipos

Os protótipos foram os resultados de um processo que envolveu desde a concepção inicial até a montagem final. Após identificar os principais problemas ergonômicos e produtivos da linha de adesivagem, foram desenvolvidos esboços e modelos tridimensionais no software SolidWorks, que permitiram simulações de tensão e movimento. Essa etapa foi fundamental para antecipar fragilidades, ajustar o centro de gravidade e validar virtualmente o projeto antes da fabricação.

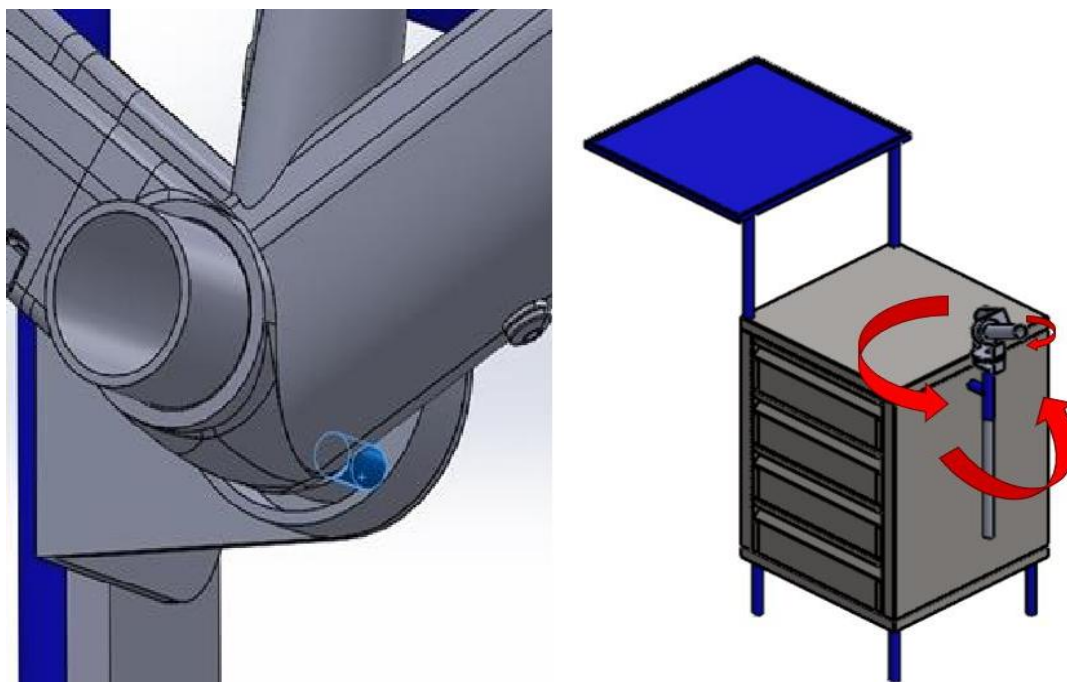
A montagem dos mecanismos ajustáveis consolidou todas as etapas anteriores, resultando em um protótipo funcional e pronto para avaliação prática em condições reais de uso. Esse processo evidenciou a importância da integração entre ferramentas digitais de projeto, normas técnicas e feedback dos operadores para alcançar um dispositivo ergonômico, seguro e eficiente.

A seguir figuras para ilustrar algumas das etapas e peças que foram desenvolvidas com a ajuda da simulação no *Solidworks*:

Figura 4. Protótipo 00



Fonte: Autoria própria.

Figura 5. Simulações de Melhorias e *Poka-yokes*

Fonte: Autoria própria.

Foi realizado um teste de qualidade que assegurou que as peças produzidas estivessem de acordo com as medidas e tolerâncias projetadas, utilizando o desenho técnico como referência. Por fim, a montagem dos mecanismos ajustáveis consolidou todo o processo, resultando em um dispositivo funcional e pronto para avaliação prática.

4.2 Aplicação do protótipo na Linha de Adesivos

Os testes comparativos entre o método tradicional (bancada fixa) e o protótipo do Dispositivo Flexível de Adesivagem, demonstraram avanços significativos em eficiência operacional, precisão e ergonomia. Os dados foram analisados com base em crono análises, métricas de ergonomia e produtividade (Golden Zone/Strike Zone).

Figura 6. Bancada Fixa e Dispositivo Flexível Protótipo 01



Fonte: Autoria própria.

Na prática, isso significa que o dispositivo permitiu aplicar os adesivos em menos tempo e com menor esforço físico por parte do operador. Enquanto a bancada fixa exigia movimentos repetitivos e, muitas vezes, desconfortáveis, o novo dispositivo se ajusta à posição do trabalhador, tornando o processo mais ágil e menos cansativo. Isso representa um ganho tanto para a qualidade do trabalho quanto para a saúde de quem executa a tarefa.

Com a bancada fixa, havia maior risco de desalinhamento, exigindo correções manuais e aumentando o tempo total de aplicação. Já com o dispositivo, os ajustes automáticos e pontos de apoio adicionais garantiram que os adesivos fossem aplicados corretamente já na primeira tentativa, reduzindo erros e desperdícios de material.

Esses resultados mostram que a introdução de novas ferramentas pode transformar um processo simples, como a aplicação de adesivos, em algo muito mais eficiente. Melhorou a produtividade, o dispositivo também contribuiu para a segurança,

para o conforto do operador e para a padronização do produto, o que gera benefícios diretos para a empresa e para os clientes.

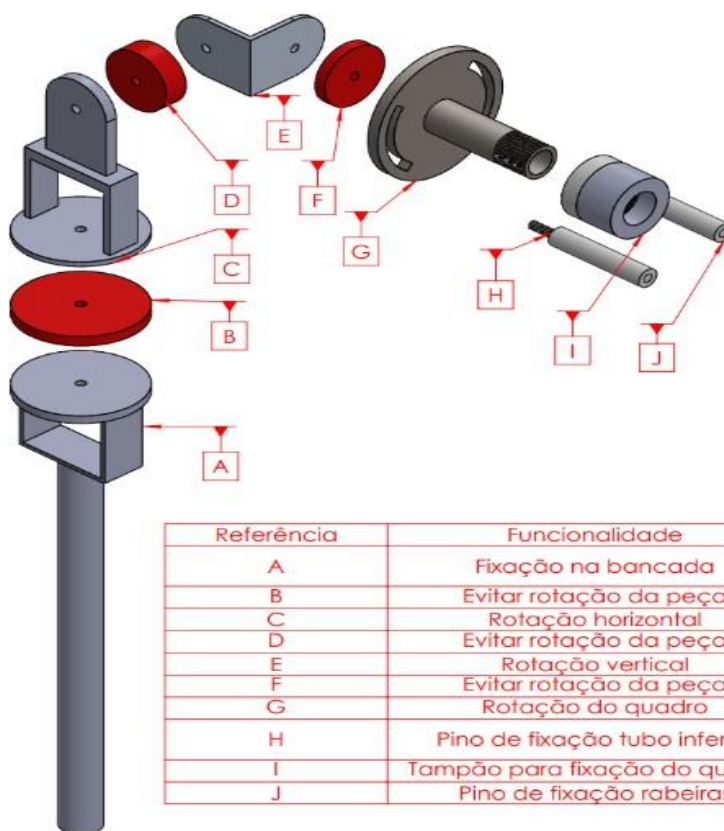
4.3 Modificações e Versões

O dispositivo sofreu diversas modificações e diversas versões após os testes, como por exemplo:

- Remoção das molas
- Adição de mais um ponto de apoio
- Adição de um suporte fixado para prender o quadro da bicicleta
- Adição de limitantes para o quadro não bater no próprio dispositivo
- Diminuição do eixo de suporte central

Figura de uma versão em desenho 2D da vista explodida a seguir para ilustração:

Figura 7. Vista 2D do Dispositivo de Adesivagem



Fonte: Autoria própria.

As modificações realizadas no dispositivo foram consequência direta das observações feitas durante os testes práticos. A remoção das molas, por exemplo, ocorreu porque elas não ofereciam a estabilidade esperada, o que poderia comprometer a precisão no alinhamento dos adesivos.

Da mesma forma, a adição de um ponto extra de apoio e de um suporte fixado trouxe maior firmeza ao conjunto, garantindo que o quadro da bicicleta permanecesse bem-posicionado durante toda a operação, reduzindo riscos de falhas ou movimentos indesejados.

Uma das mudanças importantes foi a inclusão de limitantes, que funcionam como barreiras de segurança para evitar que o quadro bata contra o dispositivo, aumentando a durabilidade do equipamento e protegendo a peça a ser adesivada.

Além disso, a diminuição do eixo de suporte central foi feita para tornar o manuseio mais prático e ergonômico, facilitando o ajuste e a adaptação a diferentes modelos de quadro. Essas alterações demonstram a busca constante por melhorias, visando maior eficiência, segurança e facilidade de uso no processo.

4.4 Impacto na Ergonomia Operacional

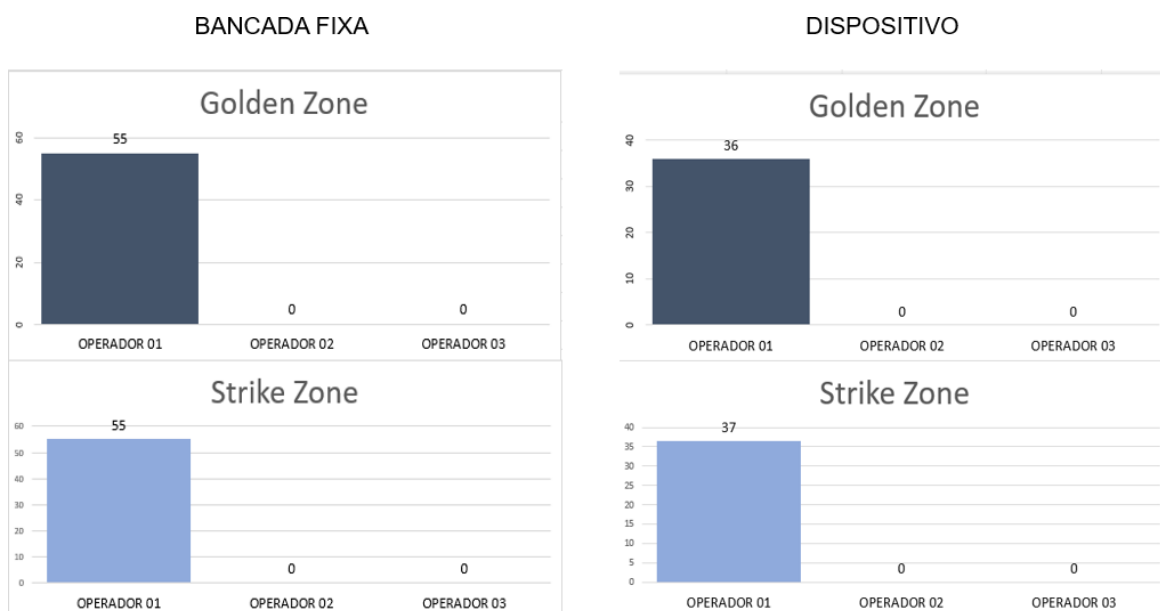
Os testes mostraram melhorias significativas na ergonomia, ou seja, no conforto e segurança do operador durante o trabalho. Na bancada fixa, o trabalhador precisava constantemente se inclinar, realizar movimentos repetitivos e até sustentar parte do peso do quadro em posições pouco favoráveis.

Com o Dispositivo Flexível, esses esforços foram reduzidos, permitindo que a adesivagem fosse feita em uma postura mais natural e confortável. Na prática, o esforço físico caiu de **55% para 36%**, no *Golden Zone* e de **55% para 37%** no *Strike Zone* uma redução expressiva em torno de **31%** que se refletiu no desempenho e na aceitação por parte dos operadores.

Os feedbacks coletados das adesivistas reforçou esses dados. Todos apontaram que o novo dispositivo tornou a atividade menos cansativa, pois eliminou a necessidade de movimentos repetitivos e de curvaturas que poderiam causar dores ou desconfortos ao longo do tempo.

Os gráficos de Golden Zone e Strike Zone ilustram os ganhos no processo:

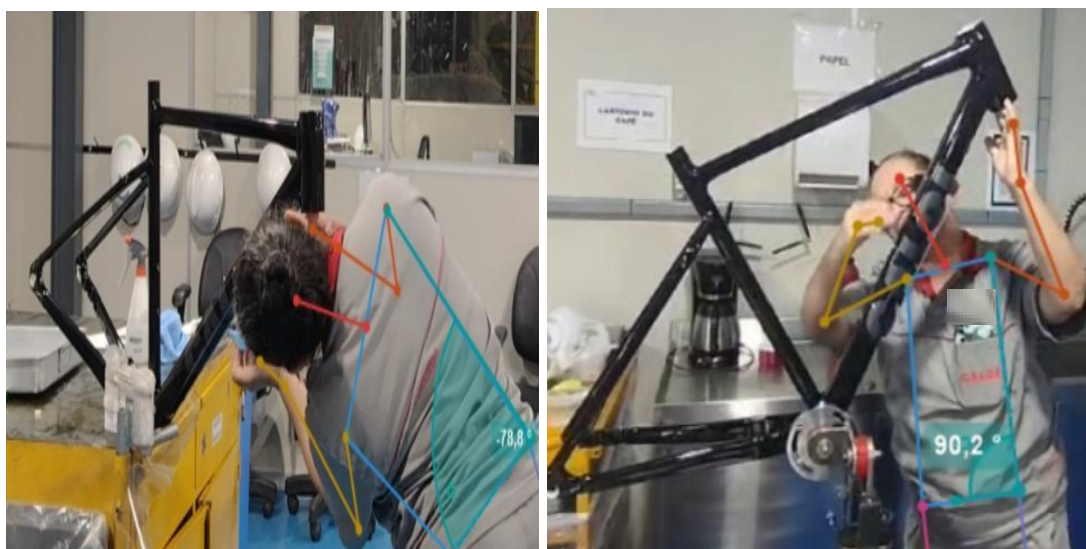
Figura 8. Gráficos de Golden e Strike Zone do Dispositivo e da Bancada Fixa



Fonte: Autoria própria.

As imagens comparativas registradas durante os testes evidenciam essa melhoria: a altura de trabalho ficou mais adequada, os movimentos se tornaram mais curtos e menos desgastantes, e a zona de esforço crítico foi reduzida.

Figura 9. Adesivagem na bancada Fixa e no Dispositivo Flexível



Fonte: Autoria própria.

4.5 Redução do Tempo de Processo

Um dos resultados mais evidentes ao comparar o método tradicional (bancada fixa) com o Dispositivo Flexível de Adesivagem foi a redução significativa no tempo necessário para concluir cada aplicação. Na bancada fixa, o operador precisava gastar em média **12 minutos e 34 segundos** para finalizar o processo, enquanto com o novo dispositivo esse tempo caiu para **7 minutos e 15 segundos**, representando uma economia de **42,4%**.

O tempo considerado padrão, que é uma média ajustada para medir a eficiência em condições normais de operação, também apresentou queda de **11 minutos e 86 segundos** para **6 minutos e 81 segundos**, mostrando que a melhora não foi um caso isolado, mas sim consistente.

Na prática, essa diferença traduz-se em maior produtividade, já que em um ambiente industrial cada minuto economizado representa a possibilidade de atender a uma demanda maior sem a necessidade de mais recursos.

Houve a redução do tempo que não ocorreu por meio de cortes no processo, mas sim pela eliminação de movimentos desnecessários e pela maior facilidade de ajuste oferecida pelo dispositivo. Dessa forma, o operador consegue realizar o mesmo trabalho com menos esforço e em menos tempo, sem comprometer a qualidade da aplicação.

Figura 10. Tabela de Tempos das Aplicação de Adesivos

Etapas	Elementos	Tempo na Bancada (s)	Tempo no Protótipo (s)	Diferença (s)
Adesivagem	Tubo inferior	92,31	94,74	-2,43
Adesivagem	Tubo inferior base	84,77	40,9	43,87
Adesivagem	Tubo inferior topo	109,92	38,41	71,51
Adesivagem	Cabeçote	52,73	36,06	16,67
Adesivagem	Selim	58,9	30,1	28,8
Adesivagem	Travessa	58,5	39,9	18,6
Adesivagem	Rabeiras	150,88	66,93	83,95
Adesivagem	Parte inferior (Rabeira e Tubo inferior)	44,22	0	44,22
Adesivagem	Tubo superior	59,44	61,41	-1,97
Total em minutos		11,86	6,81	5,05

Fonte: Autoria própria.

4.6 Melhoria na Precisão e Diminuição de NVAA

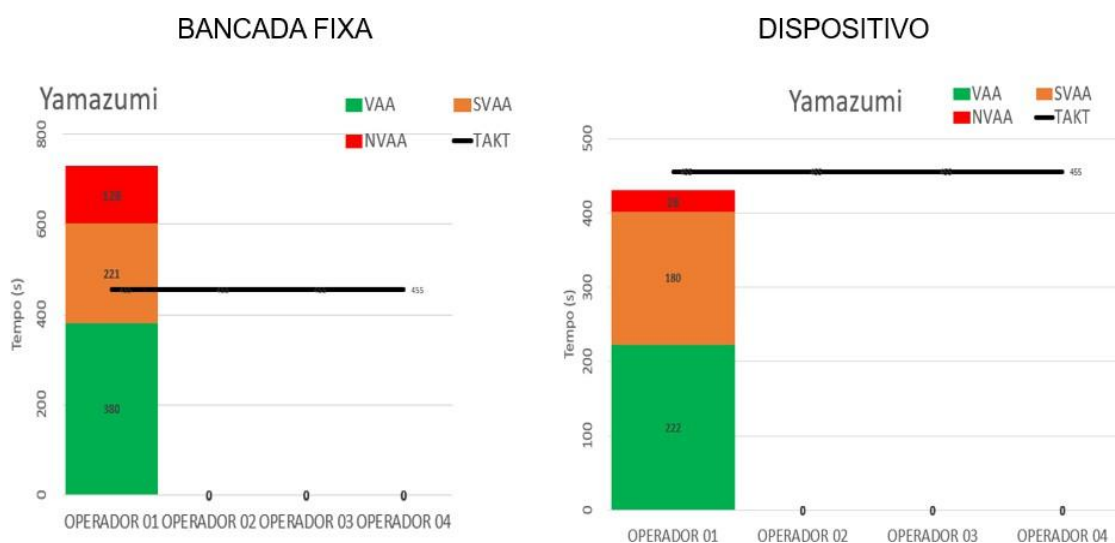
A precisão no alinhamento dos adesivos foi outro ponto em que o dispositivo trouxe melhorias relevantes. Na bancada fixa, como o posicionamento dependia quase que totalmente da habilidade manual do operador, era comum que pequenas variações ocorressem, exigindo correções posteriores ou até retrabalho.

O Dispositivo Flexível, por outro lado, praticamente eliminou essa margem de erro, oferecendo pontos de apoio, limitadores e ajustes que garantem repetibilidade no processo. Isso significa que, independentemente de quem esteja operando, o resultado será muito mais padronizado e consistente.

Um dos ganhos mais importantes foi a redução das chamadas **atividades não agregadas de valor (NVAA)**, que são movimentos ou esforços que não contribuem diretamente para o produto. Na bancada fixa, cerca de **14% do tempo do operador** era gasto em atividades desse tipo, enquanto com o dispositivo esse número caiu para **9%**, o que representa uma redução de **35,7%**.

Essa diferença está diretamente ligada ao design do dispositivo, que foi pensado para evitar deslocamentos desnecessários, minimizar a chance de erros e incluir mecanismos de segurança (poka-yokes), que impedem que o quadro bata no dispositivo ou fique mal posicionado. Dessa forma, além de melhorar a precisão, o equipamento também reduz desperdícios de tempo e material.

Figura 11. Yamazumi: Bancada x Dispositivo



Fonte: Autoria própria.

4.7 Limitações e Próximos Passos

Apesar dos avanços obtidos, o dispositivo ainda apresenta algumas limitações que precisam ser tratadas antes de sua implementação definitiva em larga escala. Uma delas é a **variabilidade dos modelos de quadros de bicicleta**, já que cada modelo pode ter dimensões, formatos e pontos de fixação diferentes.

Embora o dispositivo conte com peças intercambiáveis que permitem ajustes, esses ajustes ainda dependem de intervenção manual, o que pode reduzir a agilidade em linhas de produção com grande diversidade de modelos.

A validação também se torna essencial para os quadros que utilizam adesivos do tipo *Clear Coat*, cuja produção ocorre em volumes significativamente maiores quando comparada aos adesivos *Water Slide*. Nesse contexto, será necessário realizar novos testes em condições de produção contínua e em larga escala, assegurando que o dispositivo mantenha sua eficiência mesmo diante de uma demanda mais intensa.

Em relação aos pontos de movimentação do dispositivo, ainda há situações em que o funcionamento ocorre apenas pelo atrito entre materiais, como poliuretano e aço. Essa característica reduz a suavidade e a precisão dos ajustes, exigindo melhorias nos mecanismos. Com tais aprimoramentos, o equipamento poderá suportar longos períodos de operação sem perda de desempenho, garantindo maior durabilidade e confiabilidade.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do Dispositivo Flexível de Adesivagem demonstrou ser uma solução eficaz para os desafios identificados no processo manual, alcançando reduções significativas no tempo de aplicação (42,4%), atividades não agregadas (35,7%) e esforço físico (queda de 14% para 9% nas zonas críticas). Os resultados validaram sua capacidade de padronização, com alinhamento preciso de adesivos e incorporação de *poka-yokes*, além da melhoria ergonômica atestada pelos operadores.

As análises por meio de ferramentas como o software *Kinovea* e a organização do trabalho com base nos conceitos de *Golden Zone* e *Strike Zone* reforçaram a importância do foco ergonômico no processo produtivo.

A abordagem adotada também provou que é possível, com pequenos investimentos e participação ativa dos operadores, implementar soluções industriais de alto impacto sem depender exclusivamente da automação total ou de sistemas robotizados, que muitas vezes são economicamente inviáveis para pequenas e médias empresas.

Como possibilidades futuras, o projeto do dispositivo flexível pode ser aprimorado com a inclusão de ajustes mais rápidos, materiais mais leves e resistentes, ou até sensores para garantir ainda mais controle durante a aplicação. Além disso, há potencial para replicar e adaptar a solução para outras etapas de acabamento ou mesmo para outros segmentos industriais com processos similares.

Dessa forma, conclui-se que o dispositivo flexível desenvolvido alcançou os objetivos propostos, promovendo não apenas melhorias técnicas, mas também contribuindo diretamente para a saúde ocupacional dos operadores da adesivagem, para o aumento significativo da produtividade e para a qualidade final do produto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Apresentação da folha para desenho técnico. NBR 10582, 1988. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Aplicação de linhas em desenhos - Tipos de linhas - Larguras das linhas. NBR 8403, 1984. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cotagem em desenho técnico. NBR 10126, 1987. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Desenho técnico. NBR 10647, 1989. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Desenho técnico - Emprego de escalas. NBR 8196, 1999. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Execução de caractere para escrita em desenho técnico. NBR 8402, 1994. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Folha de desenho - Leiaute e dimensões. NBR 10068, 1987. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Representação convencional de partes roscadas em desenhos técnicos. NBR 8993, 1985. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

ABNT NBR 16148:2013. *Adesivos - Determinação da vida útil de sistemas adesivos*. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT NBR 9050:2020. *Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT NBR ISO 11228-1:2013. **Ergonomia - Movimentação manual - Parte 1: Levantamento e transporte**. Rio de Janeiro, 2013.

ABIMAQ. Anuário da indústria de máquinas e equipamentos 2021: desafios setoriais. São Paulo: Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos, 2021, 28 p. Disponível em: <https://www.abimaq.org.br/publicacoes>. Acesso em: 15 fev. 2025.

ALIANÇA BIKE. *Relatório Setorial da Indústria de Bicicletas*. São Paulo, 2022.

ASTM D3330-22. *Standard Test Method for Peel Adhesion of Pressure-Sensitive Tape*. West Conshohocken, 2022.

ASTM D3363. *Standard Test Method for Film Hardness by Pencil Test*. West Conshohocken, [s.d.].

BARLOTTI, Carmine. *Ergonomia nelle moderne aziende manifatturiere*. Bologna: Società Editrice Esculapio, 2023, 144 p.

BRASIL. NR-17 - Ergonomia. Ministério do Trabalho e Emprego, 2019.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. *Ergonomia prática*. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. 163 p.

EINSTEIN, A. *Como vejo o mundo*. 26. Ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.

HIRANO, H. *5 Pillars of the Visual Workplace*. Portland: Productivity Press, 1995. 353 p.

IIDA, I. *Ergonomia: projeto e produção*. São Paulo: Edgard Blücher, 2005, 850 p.

ISO 12100:2010. *Safety of machinery - General principles for design - Risk assessment and risk reduction*. Genebra, 2010.

ISO 9241-5:1998. *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 5: Workstation layout and postural requirements*. Genebra, 1998.

ISO 9001:2015. *Quality management systems - Requirements*. Genebra, 2015.

ISO 45001:2018. *Occupational health and safety management systems - Requirements with guidance for use*. Genebra, 2018.

LIKER, Jeffrey K. *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman, 2005. 316 p.

MACHADO, Graciela; ALMEIDA, Teresa; ROCHA, Ana Margarida. (2020). *Produção e Aplicação de Decalques em Vidro*.

OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção*. Porto Alegre: Bookman, 1988. 150 p.

SENAI. Relatório de competitividade industrial 2022: automação e produtividade. Brasília: Departamento Nacional do SENAI, 2022. 45 p. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/senai/publicacoes/>. Acesso em: 10 de fev. 2025

SENAI-SP. *Revestimentos industriais: pintura e adesivagem de substratos metálicos*. São Paulo: SENAI-SP, 2015.

SHINGO, S. *O Sistema de Produção Toyota*. São Paulo: IMAM, 1996. 291 p.

TRANSART GRAPHICS CO., LTD. *Manual de Aplicação Water Slide*. Taiwan, 2020. [s.p.].

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Free Press, 2004. 278 p.