



**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DA PRODUÇÃO
INDUSTRIAL**

**JESSYCA CAMILLY DE FREITAS REIS
ROBERTA GALVÃO DUARTE**

**INOVAÇÃO EM SEGURANÇA OPERACIONAL:
Desenvolvimento de Dispositivo de Apoio para Troca das Placas de Tornos
Mecânicos em Escolas de Aprendizagem**

GUARULHOS – SP

2025

**JESSYCA CAMILLY DE FREITAS REIS
ROBERTA GALVÃO DUARTE**

**INOVAÇÃO EM SEGURANÇA OPERACIONAL:
Desenvolvimento de Dispositivo de Apoio para Troca das Placas de Tornos
Mecânicos em Escolas de Aprendizagem**

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Produção Industrial, como requisito parcial para obtenção do Título de Tecnólogo em Gestão da Produção Industrial.

Orientador: Prof. Dr. José Martino Neto.

**GUARULHOS – SP
2025**

JESSYCA CAMILLY DE FREITAS REIS

ROBERTA GALVÃO DUARTE

INOVAÇÃO EM SEGURANÇA OPERACIONAL:

Desenvolvimento de Dispositivo de Apoio para Troca das Placas de Tornos

Mecânicos em Escolas de Aprendizagem

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Gestão da Produção Industrial como requisito parcial para obtenção do **Título de Tecnólogo em Gestão da Produção Industrial**.

Banca Examinadora

Orientador: _____

Prof. Dr. José Martino Neto

Fatec Guarulhos

Banca: _____

Prof. Me. Marco Aurélio Feriotti

Fatec Guarulhos

Banca: _____

Prof. Dr. Osmildo Sobral dos Santos

Fatec Guarulhos

Guarulhos, data (27/11/2025)

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente, a Deus, por nos conceder saúde, força, perseverança e sabedoria para superar os desafios ao longo desta jornada acadêmica, possibilitando que pudéssemos concluir este trabalho com dedicação e entusiasmo.

À nossa família, pelo apoio, incentivo e pela compreensão ao longo do curso, que permitiu conciliar os estudos, o desenvolvimento do projeto e outras responsabilidades de maneira equilibrada. O apoio de vocês foi fundamental para que chegássemos até aqui.

Aos nossos amigos, Henrique Cruz Marcondes Munhoz e Matheus Henrique Monte Pereira, agradecemos a amizade e os momentos juntos que tornaram a rotina do curso mais leve e divertida.

Ao nosso orientador, Prof. Dr. José Martino Neto, agradecemos pela paciência e orientação constante, pelos ensinamentos compartilhados, pela disponibilidade em esclarecer dúvidas e por nos guiar durante as etapas deste trabalho.

À Escola SENAI Frederico Jacob e ao Prof. Ricardo José de Souza, expressamos nossa sincera gratidão pelas contribuições que levaram ao sucesso deste trabalho. A colaboração foi essencial para viabilizar a aplicação prática do projeto, permitindo que pudéssemos transformar a ideia em realidade.

Por fim, registramos nosso reconhecimento a todos que, de alguma forma, participaram desta jornada, direta ou indiretamente, tornando possível a conclusão deste trabalho com dedicação, empenho e aprendizado contínuo.

*“A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original.”*

– Albert Einstein

RESUMO

DUARTE, Roberta Galvão.; REIS, Jessyca Camilly de Freitas. **INOVAÇÃO EM SEGURANÇA OPERACIONAL: Desenvolvimento de Dispositivo de Apoio para Troca das Placas de Tornos Mecânicos em Escolas de Aprendizagem.** 2025. [nº de páginas] p. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Tecnologia de Guarulhos, Guarulhos.

Este Trabalho de Conclusão de Curso aborda a identificação da necessidade de maior segurança na operação de troca das placas de tornos mecânicos em escolas de aprendizagem, considerando que a troca manual das placas representa riscos ergonômicos e operacionais para alunos e professores. O estudo apresenta a análise do processo atual, identificando falhas e perigos, e propõe a aplicação de um dispositivo de apoio que visa minimizar os riscos, garantindo maior segurança e eficiência na troca de placas. O trabalho descreve o planejamento, concepção e desenvolvimento do protótipo, destacando as etapas de estudo do processo, elaboração do projeto, avaliação de materiais e viabilidade, e aplicação prática. Os resultados indicam que a implementação do dispositivo pode reduzir significativamente os riscos de acidentes e otimizar o aprendizado prático dos alunos.

Palavras-chave: Tornos Mecânicos. Segurança Operacional. Ergonomia. Dispositivo. Placas.

ABSTRACT

This Course Completion Work addresses the need for enhanced safety in the operation of changing lathe chucks in vocational schools, considering that manual chuck replacement poses ergonomic and operational risks to students and instructors. The study analyzes the current process, identifying failures and hazards, and proposes the implementation of a support device aimed at minimizing risks, ensuring greater safety and efficiency during chuck replacement. The work outlines the planning, design, and development of the prototype, highlighting the stages of process analysis, project drafting, material evaluation and feasibility, and practical application. The results indicate that the implementation of the device can significantly reduce the risk of accidents and optimize students' hands-on learning experience.

Keywords: *Mechanical Lathes. Operational Safety. Ergonomics. Device. Chucks.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Percepção sobre a execução do procedimento pelos alunos (método).....	25
Figura 2 – Ocorrência de acidentes na operação de troca das placas	25
Figura 3 – Opinião sobre o uso do dispositivo proposto (Quanto a redução de riscos):.....	26
Figura 4 – Opinião sobre o uso do dispositivo proposto (Quanto a aprendizagem):	27
Figura 5 – Croqui inicial do dispositivo.....	28
Figura 6 – Vista lateral do dispositivo	29
Figura 7 – Desenho explodido em três partes do dispositivo (parte 1/3) .	29
Figura 8 – Desenho explodido em três partes do dispositivo (parte 2/3) .	29
Figura 9 – Desenho explodido em três partes do dispositivo (parte 3/3) .	30
Figura 10 – Vista posterior do dispositivo	30
Figura 11 – Vista superior do dispositivo.....	30
Figura 12 – Protótipo	31
Figura 13 – Distribuição dos participantes por categoria	46
Figura 14 – Distribuição dos participantes por unidade	47
Figura 15 – Faixa etária dos participantes	47
Figura 16 – Avaliação do método atual	48
Figura 17 – Avaliação do nível de segurança.....	49
Figura 18 – Percepção ergonômica do dispositivo	49
Figura 19 – Validação da proposta	49
Figura 20 – Avaliação da facilidade no aprendizado com a proposta	50
Figura 21 – Avaliação da possibilidade de implementação na indústria ..	50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. Justificativa	11
1.2. Objetivos.....	12
1.2.1. Objetivo Geral	12
1.2.2. Objetivos Específicos	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1. Tornos Mecânicos	14
2.2. Princípios de Usinagem e Operação em Tornos	15
2.3. Segurança em Máquinas-Ferramenta.....	16
2.4. Ergonomia e Riscos Ocupacionais em Operações com Tornos	17
2.5. Avaliação de Riscos e Medidas Preventivas	18
2.6. Dispositivos Auxiliares e Inovações Tecnológicas em Tornos.....	19
2.7. Aplicações Educacionais e Ensino Técnico	20
3. METODOLOGIA.....	22
4. DESENVOLVIMENTO	24
4.1. Fundamentação do Desenvolvimento	24
4.2. Apresentação do Protótipo.....	28
4.3. Desempenho do Protótipo	31
4.4. Avaliação Estrutural e Cálculos de Resistência.....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1. Análise dos Resultados Obtidos	35
5.2. Avaliação Qualitativa da Eficácia do Protótipo quanto à Segurança, Ergonomia e Eficiência Operacional	36
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
REFERÊNCIAS	40
ANEXO A – ENTREVISTA.....	43

1. INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial é compreendida por Dermeval Saviani (2007) não apenas como um marco econômico, mas como uma Revolução Educacional que alterou de forma permanente a relação entre o homem e o saber. Essa revolução se deu ao colocar a máquina no centro do processo produtivo, transformando as exigências de qualificação do trabalho. Se antes o cenário produtivo se apoiava em atividades manuais que requeriam uma qualificação específica, a introdução das máquinas promoveu a simplificação do trabalho pela transferência das funções manuais, e conseqüentemente dos elementos intelectuais antes indissociáveis do operário, para as máquinas.

Tal mudança impôs a necessidade de uma qualificação geral (intelectual) para que os trabalhadores pudessem operar os equipamentos com facilidade. Todavia, Saviani (2007) ressalta a dualidade dessa nova demanda, pois, paralelamente à qualificação geral para a operação, persistiu a exigência de qualificações específicas — obtidas por um preparo intelectual aprofundado — para as atividades de manutenção, reparos, ajustes e desenvolvimento das máquinas. Nesse sentido, o autor ratifica que a atividade prática e manual se mantém fundamental, pois é ela que articula a necessária relação entre ciência e produção no novo modelo social.

Nesse contexto, a execução dessas atividades, que demanda tanto a qualificação de natureza intelectual quanto o preparo prático e manual, expõe o operador diretamente aos riscos inerentes dos equipamentos do processo produtivo. Entre esses equipamentos, destaca-se o torno mecânico, amplamente utilizado nos processos de usinagem, que representa um exemplo claro da necessidade de equilibrar produtividade e segurança por meio de práticas adequadas e do desenvolvimento de dispositivos de apoio. Segundo Trump, Etherton e Jensen (1981), o aprimoramento dos controles de segurança é essencial para reduzir acidentes e preservar a eficiência operacional.

Conforme Obrzut (2019), a avaliação de riscos em tornos mecânicos exige a identificação, quantificação e classificação dos perigos, de modo a propor melhorias que reduzam a exposição do operador e garantam maior segurança durante a usinagem. Dessa forma, a adoção de medidas que promovam a

integridade física do trabalhador e a eficiência do processo produtivo torna-se indispensável.

No contexto educacional, especialmente em escolas técnicas e centros de formação profissional, a utilização de tornos mecânicos é parte fundamental do aprendizado prático. Contudo, estudantes em fase inicial de capacitação estão mais suscetíveis a erros de operação, o que potencializa os riscos de acidentes. Nesse cenário, o desenvolvimento de dispositivos de apoio voltados para a segurança surge como alternativa eficaz, ao mesmo tempo em que preserva a qualidade do ensino-aprendizagem. Além de atender às demandas pedagógicas, tais inovações possuem potencial de aplicação na indústria, reforçando a importância da integração entre práticas acadêmicas e necessidades produtivas.

Assim, este trabalho propõe o desenvolvimento de um dispositivo de apoio para troca das placas de tornos mecânicos, com foco em ambientes educacionais, mas com aplicabilidade também no setor industrial. A iniciativa busca aliar inovação tecnológica e segurança operacional, oferecendo uma contribuição tanto para a melhoria das práticas de ensino quanto para a consolidação de ambientes de trabalho mais seguros.

1.1. Justificativa

A operação de tornos mecânicos, embora essencial para a formação de profissionais da área de usinagem e para o desenvolvimento industrial, apresenta riscos significativos quando não acompanhada de medidas adequadas de segurança. No ambiente educacional, esse cenário torna-se ainda mais sensível, uma vez que os estudantes se encontram em fase inicial de aprendizado e carecem da experiência necessária para lidar com as complexidades da máquina. Dessa forma, situações que envolvem a troca das placas de fixação da peça se destacam como momentos críticos, nos quais a falta de dispositivos auxiliares pode resultar em acidentes, lesões e prejuízos ao processo de ensino-aprendizagem.

Além disso, a Norma Regulamentadora NR-12 (2019), que trata da segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, estabelece diretrizes

para prevenir acidentes e preservar a integridade física dos operadores. Isso evidencia a importância de desenvolver soluções que atendam tanto às exigências legais quanto às necessidades práticas do uso de tornos em instituições de ensino e no setor produtivo.

A relevância do estudo também se justifica pela possibilidade de inovação. O desenvolvimento de um dispositivo de apoio para a troca das placas de tornos mecânicos representa uma iniciativa que alia criatividade e aplicabilidade técnica, ao mesmo tempo em que amplia a segurança dos operadores. Assim, o projeto contribui não apenas para a formação qualificada e segura de futuros profissionais, mas também para a otimização dos processos industriais, fortalecendo o vínculo entre educação e mercado de trabalho.

Por fim, a pesquisa demonstra pertinência acadêmica ao agregar conhecimento científico e tecnológico na área de segurança em máquinas-ferramentas, reforçando a importância da integração entre teoria e prática e promovendo avanços alinhados às demandas contemporâneas da indústria e da educação profissional. Nesse contexto, o estudo se orienta pela seguinte questão de pesquisa: **De que forma um dispositivo de apoio pode tornar o processo de troca de placas em tornos mecânicos mais seguro e ergonômico em relação ao método tradicional?** A resposta a essa questão orienta o desenvolvimento do estudo, permitindo compreender os benefícios potenciais da solução proposta.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Desenvolver um dispositivo de apoio para troca das placas de tornos mecânicos, que promova maior segurança operacional em ambientes de ensino técnico, com possibilidade de aplicação no contexto industrial.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar os principais riscos associados ao uso tradicional de tornos mecânicos em escolas técnicas;

- Avaliar, por meio de entrevista, a eficácia do dispositivo no aumento da segurança e no apoio ao processo de ensino-aprendizagem;

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os principais conceitos que embasam o desenvolvimento do dispositivo de apoio para troca de placas em tornos mecânicos. São abordados temas relacionados à operação e segurança de máquinas-ferramenta, ergonomia, avaliação de riscos, inovação tecnológica e aplicações no ensino técnico, formando a base teórica necessária para a compreensão do projeto.

2.1. Tornos Mecânicos

O torno mecânico é uma máquina-ferramenta utilizada para a usinagem de peças com formas de revolução. De acordo com Tanaka (2009), o torno mecânico realiza a usinagem de peças fazendo com que um corpo sólido gire em torno de seu próprio eixo, enquanto uma ferramenta de corte remove o material necessário para conferir à peça a forma e as dimensões desejadas. Essa remoção de material pode ser feita tanto para desbaste quanto para acabamento, dependendo das exigências de geometria, tolerância e qualidade da superfície.

O torno permite realizar diversas operações, incluindo faceamento, rosqueamento externo e interno, furação, alargamento e usinagem de superfícies cônicas ou inclinadas. Ele é amplamente utilizado em indústrias de componentes, manutenção, ferramentas e prototipagem, onde precisão e repetibilidade são essenciais.

A estrutura de um torno mecânico é composta por um conjunto de sistemas que atuam de forma integrada para garantir a precisão e a estabilidade durante o processo de usinagem. Segundo Kalpakjian e Schmid (2023), os principais componentes de um torno incluem o cabeçote fixo, responsável pela rotação da peça; o cabeçote móvel, que oferece suporte e centralização; o carro principal, que movimenta a ferramenta de corte; e a base ou bancada, que assegura rigidez e absorção de vibrações. Esses elementos, combinados ao sistema de transmissão, aos comandos de avanço e aos dispositivos de fixação, permitem a execução de operações com elevada exatidão dimensional e excelente acabamento superficial.

De acordo com Tanaka (2009), o correto entendimento das partes constituintes do torno é essencial para o uso eficiente da máquina e para a realização segura das operações de usinagem. Corroborando essa visão, Kirk (2009) destaca que a arquitetura dos tornos modernos é resultado de avanços significativos em rigidez, balanceamento e precisão dos sistemas de acionamento, possibilitando operações com tolerâncias cada vez mais restritas e acabamento superficial aprimorado. Assim, compreender a função e a interdependência de cada componente é indispensável tanto para a otimização do processo quanto para o desenvolvimento das competências técnicas do operador.

Em resumo, o torno mecânico é uma máquina fundamental para transformar matéria-prima em peças usinadas com precisão, acabamento e conformidade com dimensões e tolerâncias especificadas, sendo uma ferramenta indispensável em diversos setores industriais. Sua importância vai além da produção seriada, estendendo-se também às atividades de manutenção, reparo e prototipagem, nas quais a eficiência e a confiabilidade do processo de usinagem são essenciais para garantir o desempenho e a durabilidade das peças produzidas.

2.2. Princípios de Usinagem e Operação em Tornos

O processo de usinagem consiste na retirada controlada de material de uma peça bruta, geralmente metálica, para obter uma forma final específica. Segundo Kalpakjian e Schmid (2023), o princípio fundamental do torneamento é a rotação da peça em torno de seu eixo principal, enquanto a ferramenta de corte se desloca linearmente, removendo o material em forma de cavaco. Essa interação entre a ferramenta e o material determina a geometria, a textura superficial e a precisão dimensional da peça.

Os parâmetros de corte — velocidade de corte, avanço e profundidade — são variáveis determinantes no desempenho do processo. A escolha incorreta desses parâmetros pode gerar defeitos na peça, desgaste prematuro da ferramenta e aumento dos riscos de acidentes (Groover, 2012). Além disso, o sistema de fixação, composto por mandril, placa autocentrante e castanhas, é responsável por garantir a estabilidade da peça. O manuseio

dessas placas durante as trocas, por envolver componentes pesados e rotação, requer cuidados específicos para evitar incidentes e esforços excessivos.

Dessa forma, compreender os princípios da usinagem e as variáveis envolvidas é indispensável não apenas para alcançar a qualidade dimensional das peças, mas também para garantir a segurança e a ergonomia do operador durante as operações de torneamento. Com isso, reforça-se a importância de treinamento contínuo, análise criteriosa dos procedimentos e adoção de medidas ergonômicas que favoreçam o bem-estar do operador, garantindo que a usinagem seja realizada de forma eficaz, com controle adequado das variáveis envolvidas e atenção total à segurança.

2.3. Segurança em Máquinas-Ferramenta

A segurança no trabalho com máquinas-ferramenta é um aspecto de extrema relevância, uma vez que a manipulação inadequada desses equipamentos pode resultar em acidentes graves. A Norma Regulamentadora NR-12 (BRASIL, 2019) estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e para a preservação da integridade física dos trabalhadores, abrangendo todas as fases de uso da máquina: operação, manutenção, transporte e limpeza.

Em relação aos tornos mecânicos, a ABNT NBR ISO 23125:2015 trata especificamente das exigências de segurança para esse tipo de equipamento, incluindo a obrigatoriedade de proteções fixas e móveis, dispositivos de parada de emergência, sinalizações visuais e enclausuramento parcial das áreas de risco. Tais medidas visam minimizar os riscos de aprisionamento, impacto, projeção de cavacos e contato com partes móveis.

Trump, Etherton e Jensen (1981) destacam que a melhoria dos controles de segurança é um fator determinante para a redução de acidentes e para o aumento da eficiência operacional. Complementarmente, Obrzut (2019) enfatiza a importância da identificação e avaliação dos riscos em tornos, de modo que sejam implementadas soluções preventivas e corretivas

adequadas. Entre os principais riscos estão a exposição do operador à rotação da placa, ao torque de fixação e ao peso das peças, elementos que reforçam a necessidade de dispositivos de apoio e métodos ergonômicos para operação segura.

Esse conjunto de riscos evidencia a necessidade de atenção contínua às práticas de segurança e ergonomia durante a operação de tornos mecânicos, reforçando a importância de abordagens que reduzam a exposição do operador a situações potencialmente perigosas.

2.4. Ergonomia e Riscos Ocupacionais em Operações com Tornos

A ergonomia, conforme Lida e Guimarães (2016), tem como objetivo adaptar as condições de trabalho às características físicas, cognitivas e psicossociais do ser humano, buscando eficiência e bem-estar. No contexto industrial, a ergonomia é essencial para prevenir lesões musculoesqueléticas, fadiga e acidentes, especialmente em tarefas que envolvem manipulação de peças pesadas ou posturas forçadas.

Durante a troca das placas do torno, o operador normalmente adota posições inclinadas e realiza esforços físicos intensos para soltar e fixar componentes. Esses fatores caracterizam uma atividade de alto risco ergonômico, principalmente quando repetida com frequência. A Norma Regulamentadora NR-17 (BRASIL, 2022) estabelece que os postos de trabalho devem ser projetados para reduzir o esforço físico e evitar posturas inadequadas, o que inclui a adoção de dispositivos auxiliares de manipulação.

Em escolas técnicas, os riscos associados à operação de tornos mecânicos tornam-se ainda mais significativos devido à falta de experiência prática dos alunos, que muitas vezes estão em processo de aprendizado sobre os princípios de usinagem e segurança. Segundo Kalpakjian e Schmid (2023), a usinagem exige não apenas conhecimento teórico, mas também habilidades práticas desenvolvidas gradualmente, uma vez que o domínio das operações depende da precisão e da atenção do operador.

A inexperiência pode levar à execução incorreta de procedimentos, ao uso inadequado de ferramentas ou ao descuido com dispositivos de proteção, aumentando as chances de acidentes e danos materiais. De acordo com Monteiro (2018), a formação técnica deve priorizar práticas seguras e supervisionadas, garantindo que o aluno compreenda os riscos envolvidos e adote posturas preventivas. Por essa razão, torna-se fundamental a adoção de recursos que auxiliem no manuseio das placas e na execução das atividades de forma controlada, permitindo que o aluno desenvolva suas habilidades com segurança e confiança.

Nesse contexto, o desenvolvimento de soluções ergonômicas adquire papel essencial, pois contribui para a redução do esforço físico e para a prevenção de lesões decorrentes de posturas inadequadas ou do levantamento de cargas excessivas.

2.5. Avaliação de Riscos e Medidas Preventivas

A avaliação de riscos é um processo sistemático que busca identificar, analisar e controlar os perigos presentes em máquinas e equipamentos. Segundo Obrzut (2019), essa avaliação deve considerar não apenas o potencial de ocorrência do acidente, mas também a gravidade das consequências e a frequência da exposição.

Segundo Lida e Guimarães (2016), as atividades que envolvem máquinas e ferramentas, como os tornos mecânicos, expõem o operador a diferentes tipos de riscos, que podem ser classificados em mecânicos, ergonômicos e ambientais. Os riscos mecânicos estão relacionados ao contato direto com partes móveis e à possibilidade de impacto, esmagamento ou aprisionamento durante a operação. Já os riscos ergonômicos decorrem de posturas inadequadas, esforço físico excessivo e movimentos repetitivos, que podem causar fadiga e distúrbios musculoesqueléticos. Por sua vez, os riscos ambientais envolvem fatores como ruído, vibração, iluminação deficiente e condições térmicas desfavoráveis, que comprometem o conforto e o desempenho do operador.

Os autores destacam ainda que a aplicação de princípios ergonômicos no projeto de máquinas e no ambiente de trabalho é essencial para minimizar esses riscos e garantir a integridade física e o bem-estar dos trabalhadores, além de contribuir para maior eficiência e qualidade no processo produtivo.

Nesse sentido, a gestão de riscos deve envolver a integração entre medidas administrativas, técnicas e comportamentais, assegurando que os operadores estejam devidamente treinados e que os equipamentos atendam às normas de segurança. Conforme a NR-12 (BRASIL, 2019), cabe ao empregador adotar dispositivos de proteção e implementar procedimentos que eliminem ou reduzam a probabilidade de acidentes, promovendo um ambiente de trabalho seguro e ergonomicamente adequado. Essa abordagem preventiva é fundamental para a redução de falhas humanas e para o fortalecimento da cultura de segurança nas instituições de ensino e nas indústrias.

O dispositivo de apoio proposto neste trabalho se enquadra como uma medida técnica de prevenção, uma vez que reduz a exposição direta do operador às partes móveis e ao esforço físico durante a troca de placas. A adoção desse tipo de solução contribui para a conformidade com a NR-12 e para a melhoria das condições ergonômicas do ambiente de trabalho.

2.6. Dispositivos Auxiliares e Inovações Tecnológicas em Tornos

Os dispositivos auxiliares são ferramentas desenvolvidas para otimizar o desempenho e a segurança das operações industriais. Lucio e Oliveira (2024) afirmam que a inovação aplicada à segurança deve priorizar soluções de baixo custo, alta eficiência e fácil adaptação, especialmente em ambientes educacionais e em pequenas empresas.

Na indústria existem mecanismos automáticos de troca de ferramentas (como os *Automatic Tool Changers – ATC*) e sistemas de travamento rápido de mandril, porém esses recursos são geralmente encontrados em máquinas CNC modernas e centros de usinagem de alto desempenho, cujo custo de aquisição e manutenção é elevado. Por isso, sua adoção em tornos

convencionais (de comando manual ou semi-automático) é limitada, especialmente em oficinas menores ou em contextos educacionais.

Nesse cenário, as inovações incrementais — que consistem em aperfeiçoamentos simples em máquinas já existentes — realmente têm grande valor prático. Segundo Tidd e Bessant (2015), a inovação incremental consiste em aprimorar gradualmente produtos, serviços ou processos, visando ganhos de eficiência e desempenho sem alterar sua estrutura essencial.

Sendo assim, o desenvolvimento de um dispositivo de apoio para troca de placas de torno representa uma dessas inovações incrementais. Ao oferecer suporte mecânico para o manuseio da placa, reduz-se o esforço físico do operador, aumenta-se a estabilidade durante a operação e minimiza-se a possibilidade de acidentes. Trata-se, portanto, de uma solução que alia ergonomia, segurança e inovação.

2.7. Aplicações Educacionais e Ensino Técnico

A formação técnica profissional é pautada pela integração entre o conhecimento teórico e a prática experimental. Saviani (2007) argumenta que a educação deve ser compreendida como um processo que articula a dimensão intelectual, técnica e ética do trabalho, promovendo o desenvolvimento omnilateral do indivíduo.

Nos cursos de mecânica e usinagem, o uso de tornos mecânicos em laboratório é fundamental para que os estudantes adquiram habilidades operacionais e compreendam o funcionamento das máquinas-ferramenta. No entanto, o ambiente educacional deve oferecer condições seguras e pedagógicas, especialmente para alunos em fase de aprendizado.

Nesse contexto, a utilização de recursos didáticos tecnológicos e metodologias ativas de ensino vem se destacando como uma estratégia complementar à prática tradicional. Segundo Moran (2015), a combinação entre teoria, prática e tecnologias interativas favorece a aprendizagem significativa, permitindo que o aluno assumira um papel mais participativo e reflexivo no processo formativo. Assim, a introdução de simuladores,

dispositivos experimentais e ferramentas de apoio didático em laboratórios de usinagem contribui para a consolidação do conhecimento técnico e para a redução de riscos durante o aprendizado.

Pacheco (2020) e Freire (1996) reforçam que o ensino técnico deve estimular a consciência crítica e a responsabilidade do futuro profissional, garantindo que o aprendizado ocorra de forma segura e contextualizada. Assim, o desenvolvimento de dispositivos auxiliares para o ensino de usinagem contribui não apenas para a segurança, mas também para a qualidade da formação técnica, estabelecendo um vínculo direto entre inovação, educação e práticas industriais.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de natureza aplicada de caráter exploratório, utilizando uma abordagem qualitativa e realizada por meio de procedimento técnico com um experimento. Segundo Gil (2019), a pesquisa aplicada tem como propósito gerar conhecimento voltado à solução de problemas concretos, utilizando fundamentos teóricos e técnicos para promover melhorias práticas. Já para Prodanov e Freitas (2013), esse tipo de pesquisa busca a aplicação imediata dos resultados obtidos, contribuindo para a inovação e o aprimoramento de processos e produtos.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica abrangendo os principais temas relacionados à segurança, ergonomia e operação de tornos mecânicos, além de obras de autores reconhecidos nas áreas de usinagem, educação profissional e segurança do trabalho. Essa etapa teve como objetivo embasar teoricamente o estudo e identificar lacunas que justificassem o desenvolvimento de um dispositivo de apoio à operação de tornos em ambientes educacionais.

Na sequência, foi elaborado e aplicado um questionário eletrônico direcionado a alunos, ex-alunos e professores de cursos técnicos em mecânica e usinagem para obtenção de dados relacionados ao desenvolvimento do protótipo. De acordo com Lakatos e Marconi (2021), a aplicação de questionários é uma técnica eficiente para coletar percepções e experiências de grupos específicos, permitindo compreender melhor o contexto estudado.

O questionário obteve um total de 16 respostas, sendo a amostra composta majoritariamente por professores e instrutores (50%), seguidos por ex-alunos (37,5%) e alunos (12,5%), todos com experiência direta no manuseio de tornos mecânicos. A predominância de profissionais com vivência prática reforça a confiabilidade das respostas obtidas. Em relação à faixa etária, 37,5% dos participantes estão entre 18 e 24 anos, e 31,2% possuem 45 anos ou mais, o que evidencia a presença de diferentes gerações e níveis de experiência técnica entre os respondentes.

Com base nas informações obtidas, foi desenvolvida a proposta de um dispositivo de apoio para a troca de placas em tornos mecânicos, projetado com dimensões e características compatíveis aos modelos mais comuns em escolas

técnicas, tomando como referencial principal o torno ROMI S-20 (modelo que estava disponível no momento da elaboração do projeto, não sendo, portanto, um padrão fixo, mas apenas uma base prática para definição das dimensões do protótipo). O projeto buscou integrar segurança, ergonomia e viabilidade técnica, priorizando soluções de baixo custo, fácil operação e aplicabilidade prática. Para o desenvolvimento e análise do protótipo, foram utilizados recursos computacionais e ferramentas de medição e simulação adequadas ao contexto educacional e industrial.

Por fim, o dispositivo foi avaliado em ambiente laboratorial por meio de uma entrevista com um professor de curso técnico, que utilizou o protótipo durante uma aula prática. Essa etapa teve como objetivo verificar a eficiência, aplicabilidade e potencial pedagógico do dispositivo proposto, validando sua funcionalidade e adequação às necessidades reais do ensino de usinagem. Conforme Yin (2015), a utilização de estudos empíricos e entrevistas qualitativas permite compreender em profundidade fenômenos complexos no contexto em que ocorrem, favorecendo uma análise mais consistente dos resultados obtidos.

Durante a execução do projeto, foram empregadas as seguintes ferramentas e recursos:

- Softwares: AutoCAD, para elaboração dos desenhos técnicos do protótipo; Microsoft Excel, para tabulação e análise dos dados coletados.
- Equipamentos: torno ROMI S-20, paquímetro e ferramentas manuais, utilizadas para medições e ensaios práticos.
- Técnicas: medições dimensionais, cálculos de resistência dos materiais, observação ergonômica direta e ensaios experimentais em ambiente controlado.

Essas etapas e ferramentas possibilitaram a integração entre teoria e prática, contribuindo para o desenvolvimento de uma solução tecnicamente viável, segura e alinhada às demandas do ensino técnico de usinagem.

4. DESENVOLVIMENTO

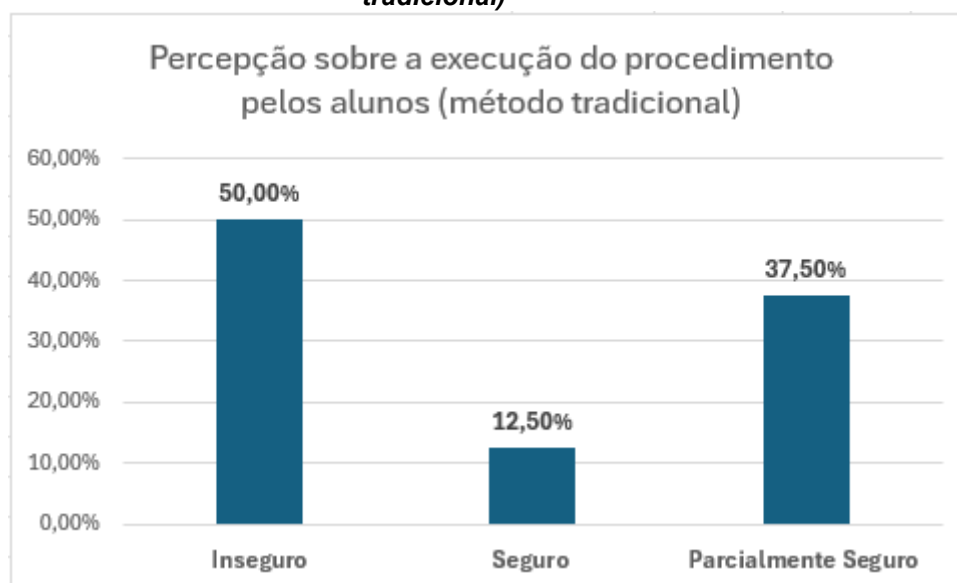
4.1. Fundamentação do Desenvolvimento

O desenvolvimento do dispositivo de apoio para troca de placas em tornos mecânicos teve início a partir da análise integrada das informações obtidas nas etapas de pesquisa bibliográfica e de campo. O objetivo principal foi identificar a percepção dos participantes quanto aos riscos associados à troca manual das placas dos tornos mecânicos, bem como avaliar a aceitação e aplicabilidade de um dispositivo auxiliar desenvolvido para essa finalidade.

Os resultados obtidos refletem a realidade vivenciada em ambientes educacionais que utilizam tornos mecânicos para fins de ensino. Considerando que o questionário foi composto por dez questões, optou-se por apresentar neste capítulo uma análise consolidada dos principais resultados, enquanto a representação gráfica detalhada de cada pergunta encontra-se no Anexo B – Resultado do Questionário Eletrônico. Essa opção visa proporcionar uma leitura mais objetiva, sem prejuízo da profundidade interpretativa, garantindo clareza na exposição e coerência com o propósito da pesquisa.

Quanto aos riscos associados ao método manual de troca das placas, observou-se consenso sobre o potencial de acidentes. Os participantes destacaram, de forma recorrente, o risco de esmagamento das mãos, queda da placa e esforço físico excessivo. Essa percepção demonstra uma consciência clara sobre os perigos ergonômicos e mecânicos envolvidos na atividade. Sobre a execução segura do procedimento pelos alunos, metade dos respondentes (50%) afirmaram que os alunos não conseguem realizar a troca de forma correta e segura (Figura 1). Isso reforça a necessidade de medidas didáticas e técnicas que tornem a operação mais acessível e segura durante o aprendizado.

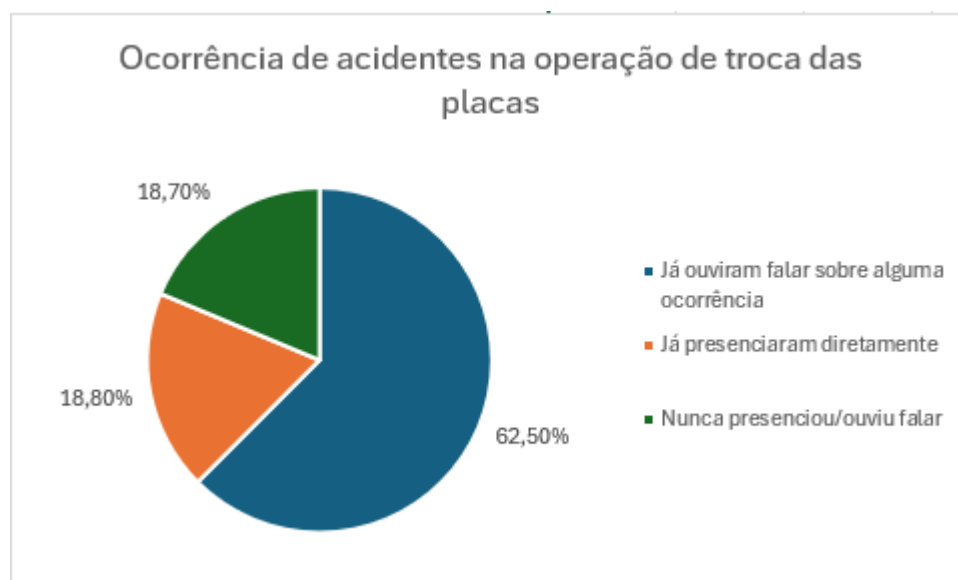
Figura 1 – Percepção sobre a execução do procedimento pelos alunos (método tradicional)



Fonte: autoria própria, 2025.

No que se refere à ocorrência de acidentes ou incidentes, 62,5% dos participantes relataram já ter ouvido falar de casos relacionados à troca manual das placas, e 18,8% afirmaram ter presenciado algum acidente diretamente (Figura 2). Esses dados confirmam que, embora nem sempre graves, os incidentes são uma realidade presente nos ambientes de ensino técnico.

Figura 2 – Ocorrência de acidentes na operação de troca das placas

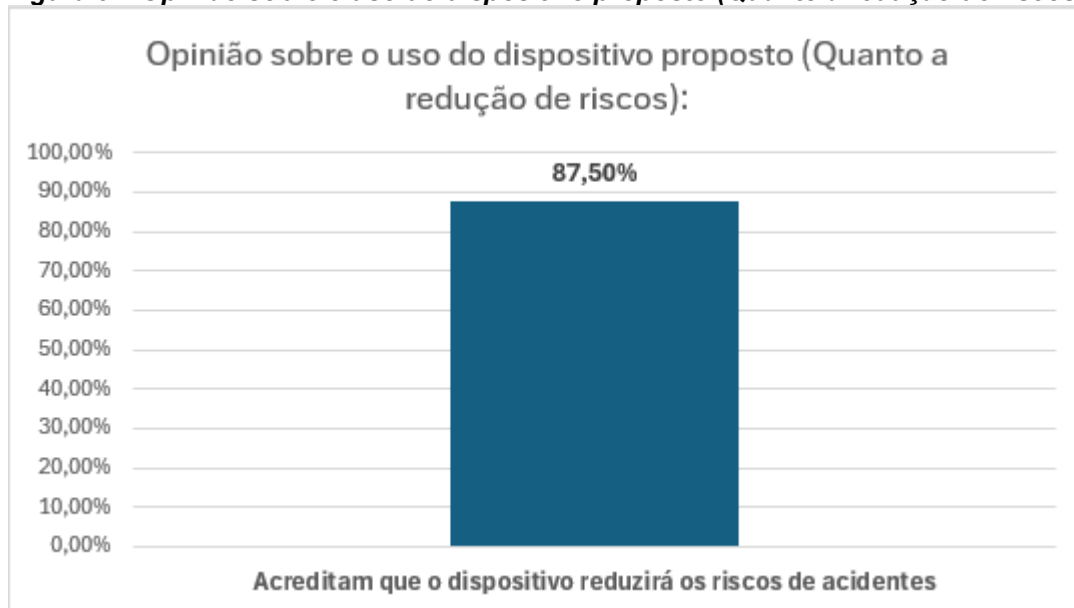


Fonte: autoria própria, 2025.

A percepção sobre a segurança e ergonomia do método atual também foi amplamente negativa: 68,8% consideram o processo inseguro e pouco ergonômico, e 25% apenas parcialmente adequado. Esse resultado evidencia a importância de soluções mecânicas que reduzam o esforço físico e o risco de lesões.

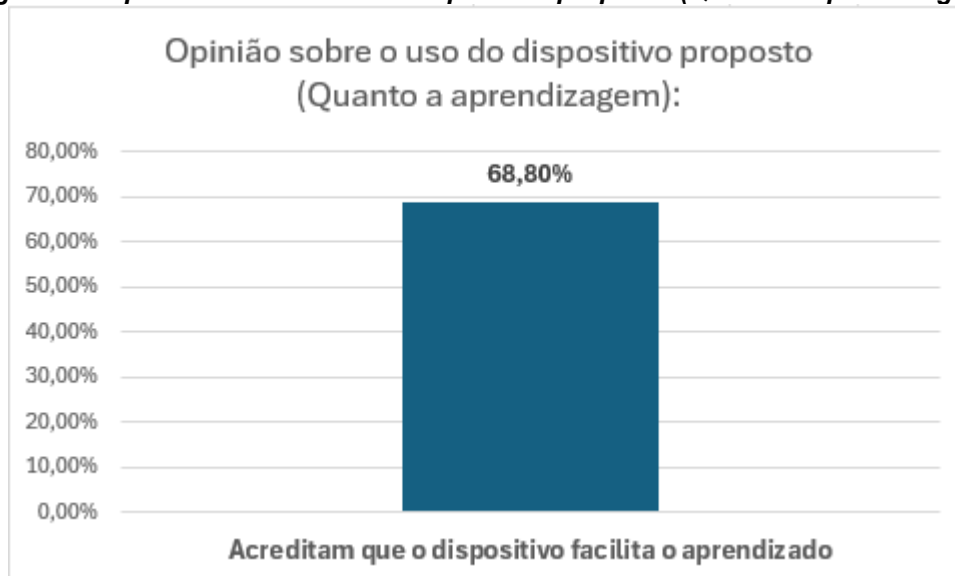
Por outro lado, há forte aceitação do dispositivo proposto: 87,5% acreditam que o uso do equipamento reduz significativamente os acidentes (Figura 3), e 68,8% afirmam que ele facilita o aprendizado e a execução da troca das placas (Figura 4). Essa receptividade demonstra que o projeto cumpre sua função preventiva e pedagógica, contribuindo para a melhoria das práticas de ensino.

Figura 3 – Opinião sobre o uso do dispositivo proposto (Quanto a redução de riscos):



Fonte: autoria própria, 2025.

Figura 4 – Opinião sobre o uso do dispositivo proposto (Quanto a aprendizagem):



Fonte: autoria própria, 2025.

Por fim, 75% dos respondentes consideram que o dispositivo pode ser implementado também em ambientes industriais, o que amplia seu potencial de aplicação e reforça o caráter inovador e funcional da proposta.

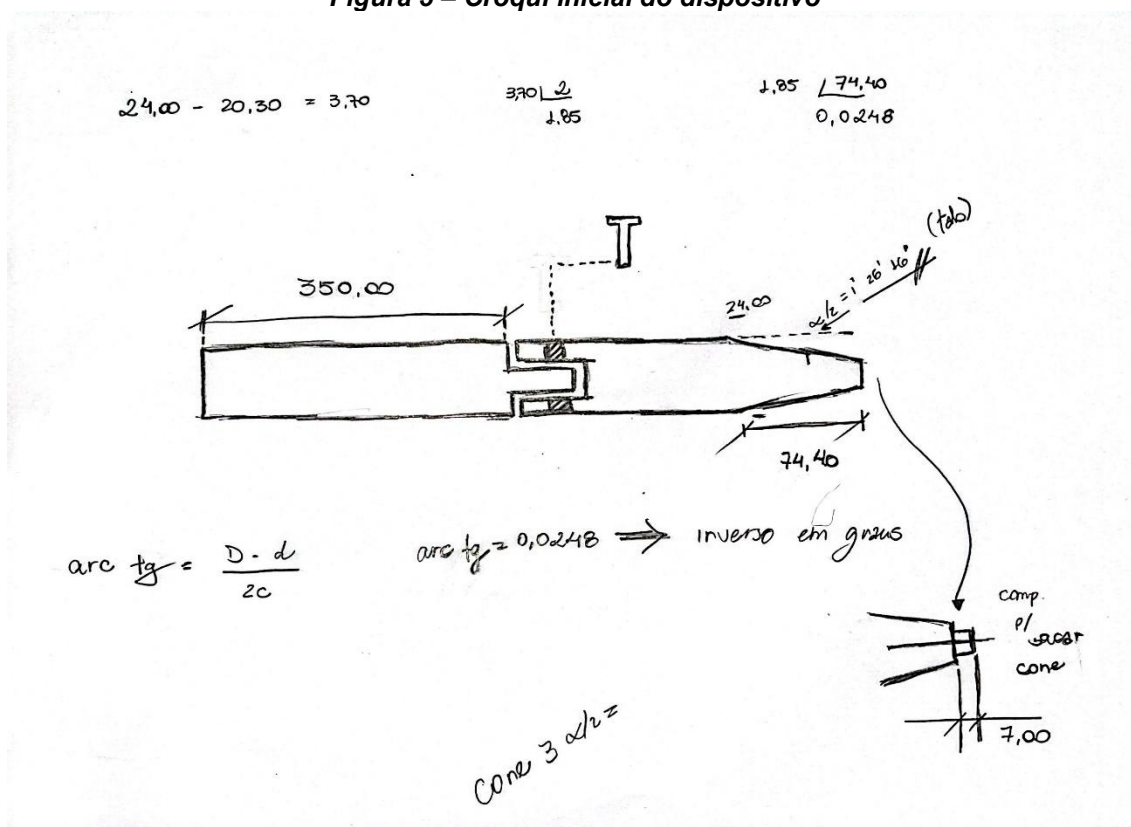
Com base nessas evidências, foram definidos os requisitos técnicos e ergonômicos do projeto, priorizando aspectos como segurança, facilidade de uso, baixo custo de fabricação e compatibilidade com os equipamentos disponíveis em escolas técnicas. Essa etapa foi fundamental para transformar as necessidades identificadas em especificações objetivas, que orientaram o processo de concepção e prototipagem do dispositivo.

A partir dessas especificações, foram elaborados esboços e modelos digitais do dispositivo utilizando o software AutoCAD, ferramenta que possibilitou avaliar sua viabilidade geométrica e estrutural antes da construção do protótipo. O processo resultou em um protótipo funcional, que reúne as características de estabilidade, praticidade e segurança requeridas para o ambiente educacional. Esse modelo está descrito em detalhes na seção 4.2, onde são apresentadas as etapas de montagem do dispositivo proposto.

4.2. Apresentação do Protótipo

O desenvolvimento do protótipo, realizado pelas autoras, teve início com a elaboração do croqui (Figura 5), etapa em que a ideia principal do dispositivo foi representada graficamente de forma simples, buscando traduzir o funcionamento pretendido e a interação com o torno mecânico. Essa representação inicial foi fundamental para visualizar a proposta e orientar as decisões de dimensionamento e montagem preliminar do sistema.

Figura 5 – Croqui inicial do dispositivo

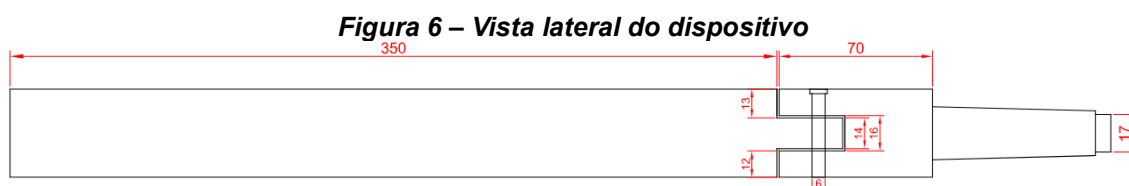


Fonte: autoria própria, 2025.

Após o esboço da ideia, o projeto foi levado ao laboratório de usinagem, onde foram realizadas observações práticas e medições diretas no equipamento. As medidas obtidas — como o diâmetro do mangote, o comprimento útil do eixo e o espaço disponível para rotação — serviram apenas como referência para avaliar a viabilidade do conceito proposto, não sendo utilizadas como dimensões definitivas. Essa etapa teve o objetivo de confirmar se o dispositivo poderia ser adaptado de forma segura e funcional ao torno em uso, sem comprometer a estrutura original da máquina.

Com base nas medições preliminares e no conceito validado em laboratório, foram elaborados os desenhos técnicos detalhados do dispositivo utilizando o software AutoCAD. O conjunto gráfico foi desenvolvido de forma a representar fielmente o funcionamento e a geometria do projeto, possibilitando a análise de suas dimensões, proporções e mecanismos de articulação, sendo todas as medidas apresentadas em milímetros (mm).

A Figura 6 apresenta a vista lateral completa do dispositivo, na qual estão indicadas as principais medidas lineares de todas as faces, evidenciando a conformidade dimensional entre o eixo e o cone Morse.



Fonte: autoria própria, 2025.

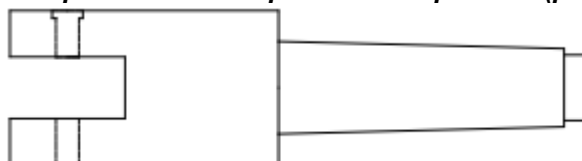
Em seguida, o desenho explodido (Figuras 7, 8 e 9) foi elaborado para permitir visualizar separadamente as três partes que compõem o conjunto, facilitando a compreensão da montagem e do princípio de funcionamento do eixo articulado.

Figura 7 – Desenho explodido em três partes do dispositivo (parte 1/3)



Fonte: autoria própria, 2025.

Figura 8 – Desenho explodido em três partes do dispositivo (parte 2/3)



Fonte: autoria própria, 2025.

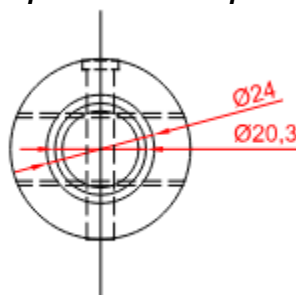
Figura 9 – Desenho explodido em três partes do dispositivo (parte 3/3)



Fonte: autoria própria, 2025.

A vista posterior (Figura 10) apresenta os diâmetros externos e internos, o furo de acoplamento e o encaixe do pino de união, fornecendo uma perspectiva técnica dos elementos responsáveis pela fixação e pela rotação de 90° durante o uso.

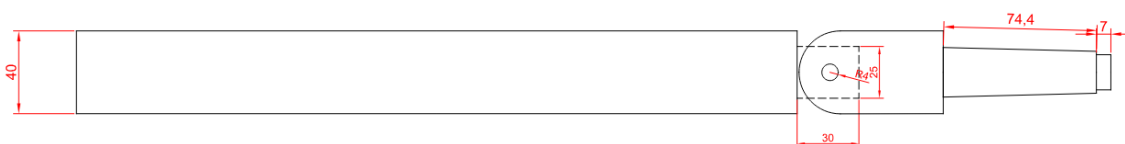
Figura 10 – Vista posterior do dispositivo



Fonte: autoria própria, 2025.

Por fim, a vista superior (Figura 11) oferece uma análise da geometria do conjunto em planta, permitindo observar a disposição das partes móveis e o alinhamento entre o eixo, a base de apoio e o cone Morse.

Figura 11 – Vista superior do dispositivo



Fonte: autoria própria, 2025.

Essas representações gráficas complementam a etapa de desenvolvimento, fornecendo uma visão completa do dispositivo proposto e servindo de referência para a fabricação e os testes de validação apresentados posteriormente.

4.3. Desempenho do Protótipo

O protótipo desenvolvido consiste em um eixo metálico articulado com duas extremidades distintas. A primeira extremidade, dotada de cone Morse, encaixa-se firmemente no mangote do torno, garantindo estabilidade e centralização durante o acoplamento. A segunda extremidade conecta-se à placa de três castanhas, permitindo sua remoção de forma segura, sem a necessidade de levantamento manual pelo operador. As duas partes são unidas por um pino articulado, que possibilita a rotação controlada de 90°, permitindo retirar a placa do interior do torno e apoiá-la sobre uma mesa hidráulica pantográfica. Esse movimento elimina o esforço físico de sustentação manual da peça, reduz o risco de esmagamento e melhora as condições ergonômicas da operação, conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12 – Protótipo



Fonte: autoria própria, 2025.

O material indicado para a fabricação do dispositivo é o aço 1045, escolhido em razão de suas propriedades mecânicas favoráveis, como elevada resistência à tração, boa usinabilidade e custo relativamente baixo em comparação a outros aços de mesma categoria. Essas características tornam o material adequado para componentes submetidos a esforços moderados e operações de usinagem, como o caso do dispositivo proposto.

Os testes experimentais foram conduzidos em ambiente de laboratório, utilizando um torno mecânico disponível na escola técnica. Nessa

etapa, buscou-se verificar o desempenho funcional do protótipo em condições reais de uso, avaliando aspectos como estabilidade durante o acoplamento, segurança na retirada da placa e adequação ergonômica do manuseio. Observou-se que o dispositivo proporcionou melhor postura corporal durante a operação, eliminando a necessidade de flexão acentuada da coluna e reduzindo o esforço físico exigido para o manuseio da placa.

Dessa forma, o protótipo desenvolvido representa uma solução viável, segura e acessível para o apoio à troca de placas em tornos mecânicos, sendo especialmente adequado para escolas técnicas e ambientes de aprendizado industrial.

4.4. Avaliação Estrutural e Cálculos de Resistência

Para assegurar a confiabilidade estrutural do dispositivo, foi realizada uma análise de resistência dos materiais baseada na metodologia proposta por Hibbeler (2010), considerando as dimensões reais do protótipo e as propriedades mecânicas do aço 1045. O objetivo desse cálculo foi verificar se o eixo principal seria capaz de suportar, com segurança, o peso da placa utilizada no torno mecânico sem ultrapassar os limites admissíveis de tensão do material.

O peso aplicado na extremidade do eixo corresponde a uma carga de aproximadamente 16 kg, equivalente a 156,8 N. O comprimento do braço de apoio considerado foi de 0,431 m (431 mm), conforme representado no desenho técnico. Assim, o momento fletor máximo (M_f) atuante no eixo foi obtido pela equação 1 clássica da flexão simples (em que P representa a força aplicada na extremidade do eixo e L corresponde ao comprimento do braço de apoio):

$$M_f = P \times L = 156,8 \text{ N} \times 0,431 \text{ m} = 67,6 \text{ N}\cdot\text{m} \quad \text{Eq. (1)}$$

Convertendo para milímetros, na equação 2 obtém-se:

$$M_f = 67,6 \times 10^3 \text{ N}\cdot\text{mm} \quad \text{Eq. (2)}$$

Em seguida, com base nas dimensões do tubo utilizadas no protótipo, foram determinados o momento de inércia (I) e o módulo de resistência (W) da seção transversal circular. Os valores calculados são apresentados na equação 3:

$$I = 1,307 \times 10^6 \text{ mm}^4 \quad \text{e} \quad W = 5,23 \times 10^4 \text{ mm}^3 \quad \text{Eq. (3)}$$

A partir desses valores, na equação 4, a tensão máxima de flexão (σ) foi obtida pela relação:

$$\sigma = \frac{M_f}{W} = \frac{67,6 \times 10^3}{5,23 \times 10^4} = 1,29 \text{ MPa} \quad \text{Eq. (4)}$$

O aço 1045 apresenta limite de escoamento médio de aproximadamente 310 MPa, sendo usual adotar um fator de segurança entre 2 e 3. Assim, a tensão admissível de projeto pode ser considerada próxima de 150 MPa. Comparando-se os valores, observa-se que a tensão de flexão atuante é muito inferior à admissível, o que confirma a segurança estrutural do dispositivo, mesmo sob condições de carga superiores às de projeto.

Com base nesses resultados, verificou-se que o eixo suporta com ampla margem cargas superiores a 20 kg, sem risco de deformação permanente ou falha mecânica. Dessa forma, o protótipo atendeu aos critérios de desempenho e segurança estabelecidos no planejamento inicial, demonstrando-se tecnicamente viável e confiável para o uso em operações de troca de placas em tornos mecânicos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O dispositivo desenvolvido demonstrou aplicabilidade significativa ao atender simultaneamente às dimensões de segurança, ergonomia e produtividade. No que se refere à segurança do trabalho, sua utilização reduz de forma expressiva o risco de acidentes durante a troca das placas do torno, eliminando a necessidade de levantamento manual e a exposição do operador a esforços inadequados. De acordo com a Norma Regulamentadora nº 12 (BRASIL, 2019), todas as máquinas e equipamentos devem possuir medidas de proteção que assegurem a integridade física dos trabalhadores, prevenindo situações de esmagamento, impacto e projeção de peças. Nesse contexto, o dispositivo proposto atua como uma medida preventiva eficaz, alinhando-se aos princípios da segurança industrial e da conformidade normativa.

Sob a ótica ergonômica, o projeto contribui diretamente para a adequação das condições de trabalho às características físicas e cognitivas do operador. Segundo Lida e Guimarães (2016), a ergonomia deve priorizar a adaptação das ferramentas ao ser humano, evitando posturas forçadas e esforços excessivos que possam comprometer a saúde ocupacional. Durante os testes práticos, verificou-se redução no esforço físico necessário para a troca da placa, além da eliminação da necessidade de flexão acentuada da coluna. Conforme destacam Grandjean e Kroemer (2011), o conforto e a eficiência nas tarefas manuais estão diretamente relacionados à prevenção de distúrbios musculoesqueléticos e ao aumento da produtividade.

Do ponto de vista da eficiência operacional, a aplicação do dispositivo possibilitou a redução do tempo médio de troca de cinco minutos para cerca de três minutos. Segundo Chiavenato (2014), a produtividade está diretamente associada à capacidade de otimizar processos e reduzir desperdícios de tempo e esforço. Dessa forma, a solução proposta demonstra potencial para aumentar o rendimento das atividades de usinagem, tanto em ambientes de ensino quanto em oficinas e pequenas indústrias.

Além dos ganhos práticos, o dispositivo apresenta relevância educacional expressiva. Sua utilização em aulas práticas de cursos técnicos de mecânica e usinagem contribui para o ensino dos princípios da NR-12, permitindo que os alunos compreendam a importância da segurança e da ergonomia na operação

de máquinas-ferramenta. Conforme Saviani (2007), o ensino técnico deve promover a integração entre o conhecimento teórico e a prática concreta, favorecendo a formação omnilateral do estudante. Nesse sentido, o dispositivo atua como um recurso didático e preventivo, fortalecendo a aprendizagem contextualizada e segura.

Embora tenha sido desenvolvido com foco no ambiente educacional, o dispositivo também apresenta potencial de aplicação industrial. Tidd e Bessant (2015) afirmam que inovações incrementais, mesmo de baixo custo, podem gerar impactos significativos na eficiência e na segurança dos processos produtivos. Assim, sua adoção em oficinas e pequenas empresas representa uma alternativa viável e acessível, capaz de aprimorar as condições de trabalho e contribuir para a cultura de prevenção de acidentes no setor metalmeccânico.

5.1. Análise dos Resultados Obtidos

Os testes realizados em ambiente laboratorial confirmaram que o dispositivo desenvolvido cumpre plenamente os objetivos propostos: reduzir o risco de acidentes durante a troca de placas do torno mecânico e melhorar as condições ergonômicas do operador.

Durante os experimentos, observou-se que a operação de troca, anteriormente realizada de forma manual e arriscada, passou a ocorrer com maior controle e segurança. O operador não precisa mais sustentar o peso da placa, eliminando o esforço físico excessivo e as posturas inclinadas.

A estabilidade do eixo e a precisão do mecanismo de rotação contribuíram para a fluidez da operação, garantindo que o acoplamento e desacoplamento da placa ocorressem sem desalinhamentos ou folgas perceptíveis. Essa característica reforça a viabilidade do uso do dispositivo em oficinas e escolas técnicas, sem necessidade de modificações estruturais no torno.

5.2. Avaliação Qualitativa da Eficácia do Protótipo quanto à Segurança, Ergonomia e Eficiência Operacional

Com o intuito de avaliar a aplicabilidade prática do protótipo desenvolvido, foi realizada uma entrevista com um professor de uma escola técnica, responsável pelas aulas de usinagem em torno mecânico, cuja íntegra está apresentada no Anexo A – Entrevista. O docente testou o dispositivo em ambiente de ensino, juntamente com os alunos, e emitiu uma avaliação qualitativa quanto aos aspectos de ergonomia, segurança e contribuição ao processo de ensino-aprendizagem.

Segundo o professor entrevistado, a utilização do dispositivo representou uma melhoria significativa nas condições ergonômicas durante a troca das placas do torno. Antes da introdução do protótipo, o procedimento exigia que o operador inclinasse o tronco e erguesse manualmente uma placa de aproximadamente 16 kg, postura associada a riscos de distensão muscular e compressão lombar. Com o novo equipamento, a tarefa passou a ser executada com o corpo em posição neutra, sem flexão acentuada da coluna ou esforço excessivo nos membros superiores. Essa mudança, conforme ressaltado pelo docente, está alinhada aos princípios da Norma Regulamentadora nº 17 (NR-17), que preconiza a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas do trabalhador, visando à redução da carga física e da fadiga.

No âmbito da segurança, o professor ressaltou os principais aspectos relacionados ao dispositivo e ao projeto, entre os quais se destacam:

- O dispositivo atende aos preceitos da NR-12, uma vez que reduz a exposição direta a partes móveis da máquina e elimina a necessidade de contato manual com a placa durante o acoplamento.
- O dispositivo apresentou ganhos em termos de eficiência operacional.
- O tempo necessário para a substituição da placa foi reduzido de forma perceptível, sem comprometer a segurança ou exigir treinamento adicional.
- O equipamento demonstrou potencial para otimizar o fluxo das atividades práticas em laboratório.

- O uso do dispositivo contribuiu para o processo de ensino-aprendizagem, pois permitiu aos alunos compreenderem, de maneira aplicada, conceitos relacionados à ergonomia, segurança em máquinas e inovação tecnológica.
- O projeto é relevante como recurso didático, especialmente em ambientes onde o tempo de aula prática é limitado e o compartilhamento de máquinas entre os estudantes é constante.

Assim, a avaliação docente confirmou que o protótipo desenvolvido constitui uma solução válida, segura e pedagogicamente útil, com potencial para integrar as práticas laboratoriais de cursos técnicos voltados à área de mecânica e manufatura.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise global do protótipo evidenciou resultados técnicos, econômicos e pedagógicos satisfatórios, consolidando-o como uma solução funcional e de alta aplicabilidade em contextos educacionais e industriais visando tornar a operação de troca de placas em tornos mecânicos mais segura, ergonômica e eficiente, respondendo à questão de pesquisa.

Do ponto de vista técnico, o eixo metálico e o sistema de rotação demonstraram resistência estrutural adequada, suportando cargas superiores às previstas no projeto. O material empregado — aço 1045 — apresentou excelente desempenho mecânico, combinando durabilidade, facilidade de usinagem e custo acessível.

No campo educacional, o protótipo se destaca por aliar segurança e valor pedagógico. Além de reduzir significativamente os riscos de acidentes durante as práticas de usinagem, ele possibilita que os alunos compreendam de forma aplicada conceitos de ergonomia, segurança do trabalho e projeto de dispositivos mecânicos.

Sob a perspectiva industrial, o dispositivo apresenta potencial de aplicação em oficinas de manutenção, ferramentarias e empresas de pequeno porte, oferecendo ganhos diretos em segurança e produtividade, sem demandar investimentos elevados. Sua estrutura simples facilita adaptações para diferentes modelos de tornos, ampliando o alcance e a versatilidade do projeto no setor metalmeccânico.

Apesar dos resultados positivos, foram identificadas limitações que nos orientam e recomendam para trabalhos futuros:

1. a adaptação do dispositivo a múltiplos modelos de torno, aumentando sua aplicabilidade industrial;
2. a incorporação de mecanismos de travamento automático ou acionamento assistido, elevando a segurança e a usabilidade;
3. a aplicação de simulações de elementos finitos para otimização estrutural e redução de peso.

Em síntese, verifica-se que o dispositivo desenvolvido representa uma solução técnica inovadora e aplicável, que alia ergonomia, segurança e

eficiência de forma equilibrada. Ele demonstra como a integração entre conhecimento técnico, normas de segurança e formação profissional pode gerar impacto efetivo no ambiente produtivo e educacional.

REFERÊNCIAS

ABNT. *NBR ISO 23125: Máquinas-Ferramentas — Segurança em Tornos*. Rio de Janeiro, 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acao-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/nr-12-atualizada-2025.pdf>. Acesso em: 12 out. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **Norma Regulamentadora nº 17 – Ergonomia**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acao-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/nr-17-atualizada-2023.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2025.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.

GROOVER, M. P. **Fundamentos da manufatura moderna**. New York: Wiley, 2012.

IIDA, I.; GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

KALPAKJIAN, S.; SCHMID, S. R. **Engenharia e Tecnologia de Manufatura**. 7th ed. London: Pearson, 2023.

KIRK, T. E. **Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2009.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

LÚCIO, F.; OLIVEIRA, M. **Processos de Usinagem: Princípios e Aplicações Industriais**. São Paulo: Érica, 2024.

LÚCIO, Gilberto da Silva; OLIVEIRA, Fabrícia Nascimento de. **Análise de adequação à NR-12 de um torno mecânico universal utilizado no Laboratório de Usinagem da UFERSA**. 2024. Artigo (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2024.

MONTEIRO, J. A. **Segurança em Máquinas e Equipamentos: Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Érica, 2018.

OBRZUT, Lucas Quadros. **Quantificação de riscos em torno mecânico horizontal**. 2019. 33 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

PACHECO, E. M. **Educação Profissional e Tecnológica: Políticas, Saberes e Práticas**. Brasília: MEC, 2020.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SAVIANI, D. **Educação: Do Senso Comum à Consciência Filosófica**. 12. ed. Campinas: Autores Associados, 2007.

SAVIANI, D. Trabalho e educação: fundamentos ontológicos e históricos. **Revista Brasileira de Educação**, v. 12, n. 34, p. 152-165, jan./abr. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/wBnPGNkvstzMTLYkmXdrkWP/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 set. 2025.

TANAKA, Marcelo Costa. **Avaliação de um Dispositivo utilizado em Máquina de Medir por Coordenadas**. Monografia, UFRN, Departamento de Engenharia Mecânica, Programa de Recursos Humanos – PRH 14/ANP. Áreas de Concentração: Engenharia de Petróleo, Natal/RN, Brasil, 2009.

TANAKA, W. T. **Processos de Usinagem**. São Paulo: Érica, 2009.

TIDD, J.; BESSANT, J. **Gestão da Inovação**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

TRUMP, T. R.; ETHERTON, J. R.; JENSEN, R. C. **The determination of effective injury controls for metal-cutting lathe operators**. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, v. 7, suppl. 4, p. 115-119, 1981.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ANEXO A – ENTREVISTA

O presente anexo reúne as 15 perguntas que compuseram a entrevista realizada com o docente de uma escola técnica responsável pelas aulas de usinagem em torno mecânico. A entrevista foi conduzida de forma on-line, por meio de uma ligação comum, com o propósito de compreender a aplicabilidade do protótipo desenvolvido, bem como obter percepções sobre sua segurança, funcionalidade e potencial de uso em atividades didáticas. O docente, inclusive, utilizou o protótipo em uma de suas aulas práticas, a fim de validar sua aplicabilidade e observar o desempenho do dispositivo em ambiente real de ensino.

- Data da Entrevista: 06/11/2025.
- Experiência Profissional: 8 anos.
- Local: online.

Bloco 1 – Experiência e Contexto de Uso

1. Há quanto tempo você trabalha com o torno mecânico e com o ensino prático de usinagem?
2. Em sua opinião, quais são as maiores dificuldades ou riscos que os alunos enfrentam ao operar o torno, especialmente durante a troca das placas?
3. Antes da aplicação deste dispositivo, como era realizado esse procedimento em suas aulas práticas?

Bloco 2 – Avaliação Do Dispositivo Em Uso

4. Como você descreveria a experiência de utilização do dispositivo durante a aula prática?
5. O equipamento apresentou estabilidade e segurança durante a troca das placas?

6. O uso do dispositivo influenciou o tempo total de execução da troca de placas? Se sim, de que forma?

7. Na sua percepção, o dispositivo facilita a operação para alunos em fase inicial de aprendizado?

Bloco 3 – Segurança e Ergonomia

8. O dispositivo contribuiu para reduzir o esforço físico ou as posturas inadequadas dos alunos durante a troca das placas?

9. Em termos de segurança, você percebeu redução de riscos relacionados a quedas, esmagamentos ou esforços excessivos?

10. O equipamento atende às boas práticas previstas na NR-12 (Segurança no Trabalho Em Máquinas E Equipamentos) e na NR-17 (Ergonomia), conforme sua observação prática?

Bloco 4 – Impacto Pedagógico e Aplicabilidade

11. Na sua visão, o dispositivo pode ser incorporado de forma permanente às aulas práticas de usinagem?

12. Acredita que o uso desse dispositivo contribui para a conscientização dos alunos sobre segurança e boas práticas operacionais?

13. O equipamento pode ser utilizado como um recurso pedagógico para discutir conceitos de ergonomia e prevenção de acidentes?

14. Considera que essa solução também teria utilidade em ambientes industriais?

15. Gostaria de acrescentar algum comentário sobre a importância de projetos como este no contexto da formação técnica?

As informações coletadas durante a entrevista com o docente proporcionaram uma visão prática sobre o uso do protótipo em sala de aula, especialmente a partir de sua aplicação em uma atividade real de usinagem. O

entendimento das respostas e observações apresentadas foi incorporado ao longo da descrição do projeto, reforçando a análise sobre a funcionalidade, segurança e potencial pedagógico do dispositivo.

ANEXO B – RESULTADO DO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

O presente anexo reúne os resultados do questionário eletrônico elaborado com o objetivo de avaliar a percepção de alunos, ex-alunos e professores/instrutores de escolas técnicas a respeito da eficácia, segurança e aplicabilidade didática do dispositivo desenvolvido. O instrumento foi aplicado de forma on-line, de modo a alcançar diferentes públicos vinculados ao ensino técnico em mecânica e usinagem.

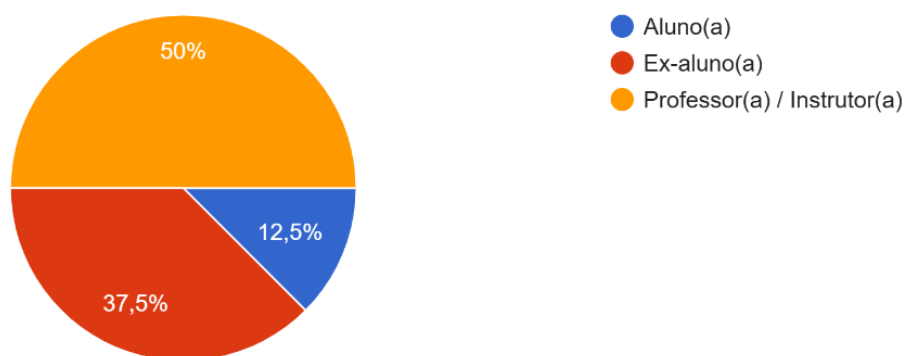
A coleta de dados buscou compreender como o protótipo contribui para o aprimoramento das condições ergonômicas, a prevenção de riscos durante o manuseio de peças e a facilitação do processo de ensino-aprendizagem em ambientes de laboratório. As respostas obtidas foram organizadas em gráficos e tabelas, permitindo uma análise comparativa entre os grupos de participantes.

As imagens a seguir apresentam os principais resultados consolidados do questionário, servindo como base empírica para a discussão dos impactos pedagógicos e operacionais do dispositivo proposto.

Figura 13 – Distribuição dos participantes por categoria

1 - Qual é o seu vínculo com o SENAI?

16 respostas

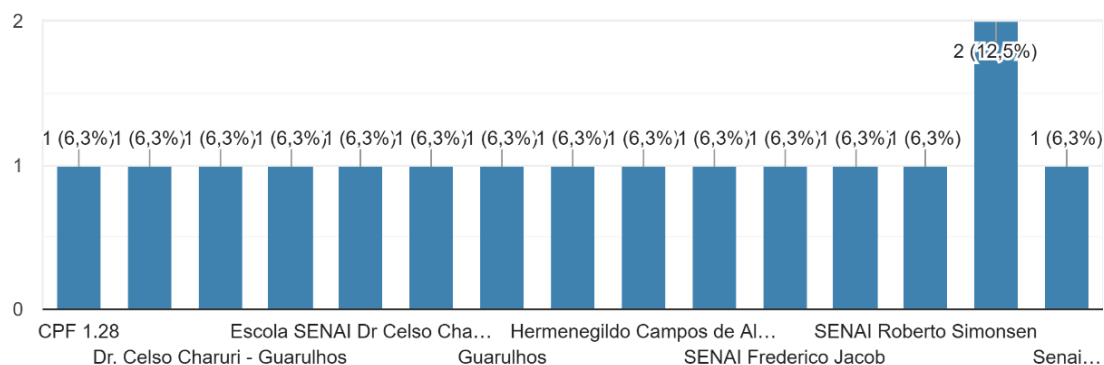


Fonte: autoria própria, 2025.

Figura 14 – Distribuição dos participantes por unidade

2 - Em qual unidade do SENAI você estuda, estudou ou trabalha?

16 respostas

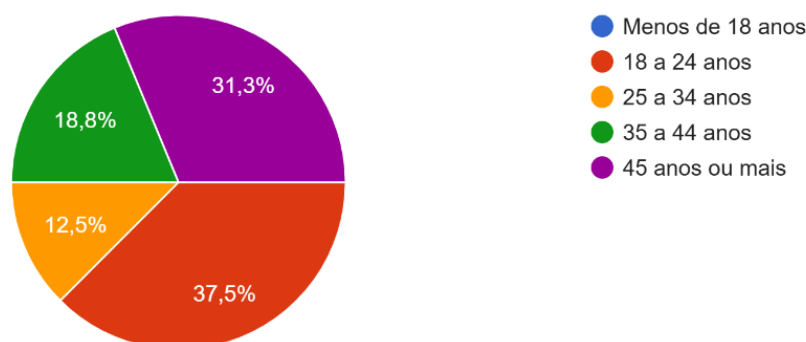


Fonte: autoria própria, 2025.

Figura 15 – Faixa etária dos participantes

3 - Qual é a sua faixa de idade?

16 respostas



Fonte: autoria própria, 2025.

4 - Na sua opinião, qual é o maior risco envolvido na troca das placas do torno, utilizando o método atual (forma totalmente manual)?

16 respostas:

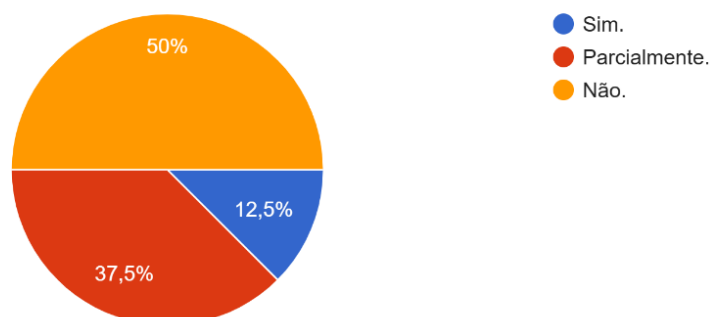
- “Risco de esmagamento da mão junto ao barramento da máquina.”
- “O peso da placa trás grande risco. Pode apertar os dedos e danificar o barramento.”
- “Se todo procedimento for respeitado, o maior risco é uma prensagem de dedo pela placa ao retirar ela do eixo-árvore.”
- “Nenhum dispositivo de segurança para garantir quando a placa está literalmente solta, não deslize a caiu no operador. O ideal é ter um eixo robusto de segurança que passe dentro do eixo e retirar a placa com talha ou ponte rolante.”

- “O maior risco é a queda da placa sobre o operador da máquina e sobre o barramento da máquina no momento de se soltar, movimentar e fixar as placas.”
- “O principal risco é o esmagamento das mãos no momento de rosquear ou travar a placa, devido ao peso e à falta de apoio.”
- “A placa cair sobre a mão ou o barramento do torno.”
- “A queda da castanha na máquina ou no operador.”
- “Esmagamento dos dedos e danos no barramento.”
- “O maior risco é o esforço físico excessivo ao manusear a placa pesada, o que pode causar lesões lombares ou torções, principalmente quando o aluno não utiliza a postura correta.”
- “Pelo fato de placas de torno serem pesadas, o risco de esmagamento ou lesão nas mãos pode ser grande.”
- “O maior risco é o impacto da placa ao cair no barramento, podendo causar danos à máquina e ao operador.”
- “Esmagar os dedos por falta de atenção.”
- “O peso da placa, podendo causar lesões ao cair na mão do operador, ou até mesmo pela má postura para a troca, gerar uma lesão a longo prazo.”
- “No momento da remoção, vejo alguns riscos devido ao peso do acessório. 1) O usuário pode não aguentar o peso ou aguentar com dificuldade causando lesão na região da lombar ou nos braços e/ou ombros. 2) Danificar o barramento do torno. 3) Esmagamento da mão entre a placa e barramento. 4) Derrubar no pé/pés.”
- “Risco de esmagamento da/s mão/s e risco acidente ao soltar ou travar a placa.”

Figura 16 – Avaliação do método atual

5 - Durante o aprendizado, você acredita que todos os alunos conseguem realizar a troca das placas de forma correta e segura com o método atual?

16 respostas

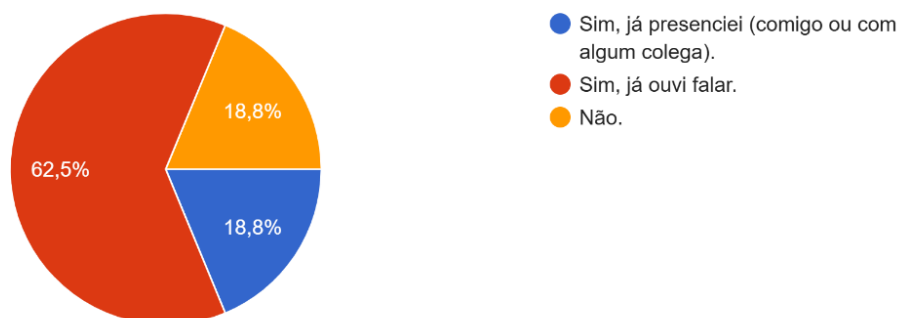


Fonte: autoria própria, 2025.

Figura 17 – Avaliação do nível de segurança

6 - Você já presenciou ou soube de algum acidente/ incidente relacionado à troca manual das placas do torno?

16 respostas

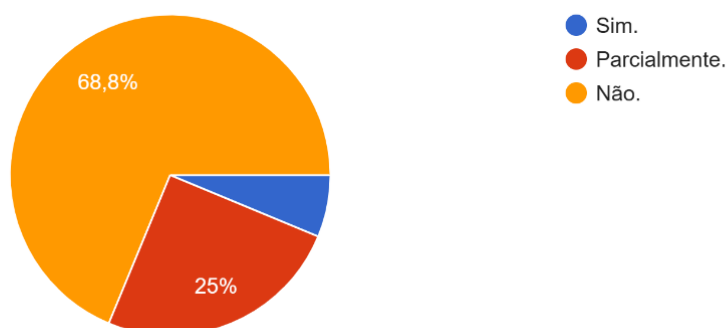


Fonte: autoria própria, 2025.

Figura 18 – Percepção ergonômica do dispositivo

7 - Você considera que o método atual de troca das placas é seguro e ergonômico?

16 respostas

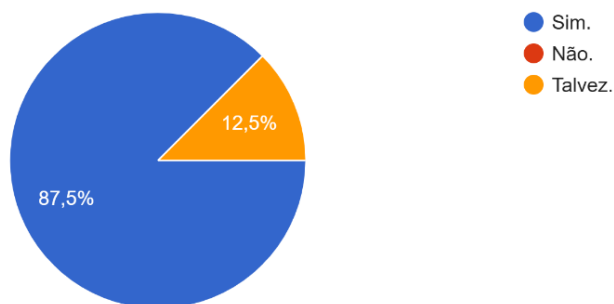


Fonte: autoria própria, 2025.

Figura 19 – Validação da proposta

8 - Você acredita que o uso de um dispositivo de apoio pode contribuir para a redução de acidentes durante a troca das placas do torno?

16 respostas

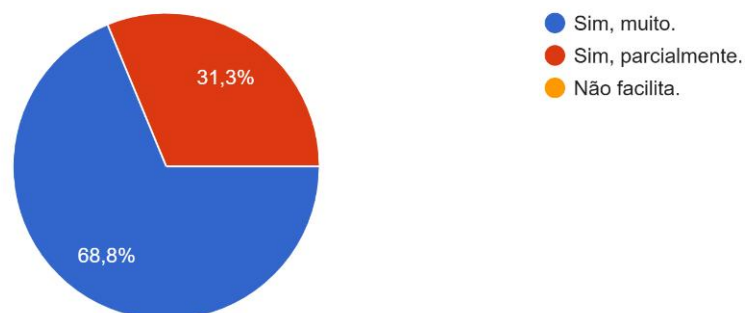


Fonte: autoria própria, 2025.

Figura 20 – Avaliação da facilidade no aprendizado com a proposta

9 - Na sua opinião, o uso do dispositivo facilita o aprendizado e a execução da troca das placas?

16 respostas

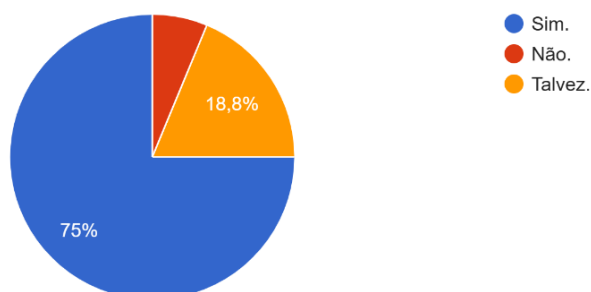


Fonte: autoria própria, 2025.

Figura 21 – Avaliação da possibilidade de implementação na indústria

10 - Você acredita que o dispositivo proposto poderia ser implementado em ambientes industriais, além das escolas técnicas?

16 respostas



Fonte: autoria própria, 2025.

As respostas obtidas por meio do questionário eletrônico possibilitaram uma análise mais ampla sobre a percepção dos participantes em relação à eficácia, segurança e aplicabilidade didática do dispositivo proposto. A interpretação desses resultados foi integrada à descrição do projeto, contribuindo para a construção de uma avaliação mais consistente acerca do desempenho e da utilidade do protótipo em contextos educacionais.