**CENTRO PAULA SOUZA**

**ETEC PROFESSOR JOSÉ SANT’ANA DE CASTRO**

**Curso Técnico em Mecânica**

**ALINE CRISTINA PEDROSO**

**ERIVELTO MENDES DE BARROS**

**GHIMEL ALEXANDRE CAMILO VENÂNCIO**

**IVAN RODRIGUES DE OLIVEIRA**

**JOÃO GABRIEL DOS SANTOS SABINO**

**PEDRO ANTÔNIO FELIPE DA SILVA**

**PROJETO**

**ESMERIL**

**Cruzeiro - SP**

**2025**

**ALINE CRISTINA PEDROSO**

**ERIVELTO MENDES DE BARROS**

**GHIMEL ALEXANDRE CAMILO VENÂNCIO**

**IVAN RODRIGUES DE OLIVEIRA**

**JOÃO GABRIEL DOS SANTOS SABINO**

**PEDRO ANTÔNIO FELIPE DA SILVA**

**PROJETO**

**ESMERIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Mecânica da ETEC Professor José Sant’Ana de Castro, orientado pelo Professor José Sávio Jardim e Maria Leonor Reis Vianna como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Mecânica

**Cruzeiro - SP**

**2025**

Dedicamos este trabalho a nossos familiares,

Amigos e companheiros que compartilham do sonho comum de mudar o mundo e a nós mesmos, implantando a paz, a justiça e o progresso, por meio da educação e do amor pelo conhecimento.

**AGRADECIMENTOS**

A Deus, que sempre nos guia os passos e nos dá forças e proteção.

À ETEC Prof. José Sant’Ana de Castro, ao Diretor Prof. Leonardo Meirelles Alves e ao Coordenador Prof. José Sávio Jardim pela excelência dos serviços educacionais prestados e pelas oportunidades a nós concedidas.

Ao nosso orientador Prof. José Sávio Jardim Prof.ª Maria Leonor Reis Vianna, pela competência e carinho com que nos conduziu pelos caminhos da iniciação científica.

Aos demais professores:

Luiz Carlos pereira, João Bosco melo dos santos; Caroline Sampaio de lima santos, por terem contribuído para a nossa formação moral e intelectual.

Aos nossos familiares e a todos aqueles que contribuíram para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso.

As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos”.

PAULO BELEKI

**RESUMO**

# 

O presente trabalho descreve o desenvolvimento de um esmeril de construção artesanal, projetado para uso em diversos ambientes, com ênfase na resistência mecânica e operacional frente a condições climáticas adversas. A proposta visa atender principalmente demandas da zona rural, proporcionando uma ferramenta portátil, prática, de baixo custo e fácil manutenção.

O projeto surgiu da necessidade prática de um dos integrantes da equipe, aliado ao objetivo de aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo da formação técnica em mecânica. A construção do equipamento priorizou o reuso de materiais descartados em manutenções preventivas e corretivas, como peças provenientes de equipamentos industriais inutilizados, coletadas de acervos pessoais e ferro-velho. Essa abordagem favorece a sustentabilidade ao reduzir a geração de resíduos industriais.

A metodologia adotada compreendeu reuniões em ambiente escolar para planejamento e execução, com acompanhamento e orientação de professores da área técnica. A iniciativa demonstra a viabilidade de desenvolver ferramentas úteis e robustas utilizando recursos acessíveis, promovendo a aprendizagem prática e a valorização do reaproveitamento de materiais

**Palavras-chave: Esmeril** Artesanal, Reaproveitamento de Materiais, Sustentabilidade, baixo custo, manutenção.

**ABSTRACT**

# 

This paper presents the development of a handcrafted bench grinder designed for use in various environments, with na emphasis on mechanical resistance and operational durability under adverse weather conditions. The project targets rural applications by offering a portable, practical, low-cost tool with easy maintenance.

The initiative arose from the practical need of one of the team members and aimed to apply the theoretical knowledge acquired during a technical mechanical training course. The grinder was built primarily using recycled materials sourced from preventive and corrective maintenance processes, including disused industrial equipment parts obtained from personal collections and scrapyards. This approach contributes to environmental sustainability by reducing industrial waste.

The methodology involved planning and construction meetings held in the classroom, under the guidance and supervision of technical instructors. The project demonstrates the feasibility of developing functional and durable tools using accessible resources, promoting hands-on learning and the reuse of discarded materials.

Keywords: Artisanal Emery, Material Reuse, Sustainability, low cost, maintenance.

**Sumário**

[1 INTRODUÇÃO 10](#__RefHeading___Toc2968_173975640)

[2.OBJETIVOS 12](#__RefHeading___Toc2970_173975640)

[3. METODOLOGIA 12](#__RefHeading___Toc2972_173975640)

[4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 15](#__RefHeading___Toc2974_173975640)

[4.1 Bancada de Esmeril 15](#__RefHeading___Toc8283_173975640)

[4.2 Funcionalidade e Aplicações do Esmeril de Bancada 16](#__RefHeading___Toc2976_173975640)

[4.3 Afiação de Ferramentas 17](#__RefHeading___Toc2978_173975640)

[4.4 Lixamento e Acabamento 18](#__RefHeading___Toc2982_173975640)

[4.5 Corte de Materiais 18](#__RefHeading___Toc2984_173975640)

[4.6 Polimento de Superfícies 18](#__RefHeading___Toc2986_173975640)

[4.7 Remoção de Ferrugem e Rebarbas 18](#__RefHeading___Toc2988_173975640)

[4.8 Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) para Uso do Esmeril de Bancada 19](#__RefHeading___Toc2990_173975640)

[4.9 Luvas de Raspa 19](#__RefHeading___Toc8285_173975640)

[4.10 Avental de Raspa 19](#__RefHeading___Toc2994_173975640)

[4.11 Óculos de Proteção 20](#__RefHeading___Toc2996_173975640)

[4.12 Protetor Facial 20](#__RefHeading___Toc2998_173975640)

[4.13 Protetor Auricular 20](#__RefHeading___Toc3000_173975640)

[4.14 Considerações Finais sobre Segurança 20](#__RefHeading___Toc3002_173975640)

[4.15Construção do Projeto do Esmeril de Bancada 21](#__RefHeading___Toc3006_173975640)

[5 DESENVOLVIMENTO 23](#__RefHeading___Toc8287_173975640)

[Tabela de gastos 5.1 23](#__RefHeading___Toc3008_173975640)

[5.2 Construção e Montagem do Protótipo de Esmeril de Bancada 24](#__RefHeading___Toc3010_173975640)

[5.3 Preparação Inicial e Materiais Utilizados 24](#__RefHeading___Toc8289_173975640)

[5.4 Processos de Usinagem e Fabricação 25](#__RefHeading___Toc3014_173975640)

[5.5 Torneamento do Eixo e Rosqueamento 25](#__RefHeading___Toc3016_173975640)

[5.6 Furação e usinagem interna 26](#__RefHeading___Toc3018_173975640)

[5.7 Ajustes da Polia 27](#__RefHeading___Toc3020_173975640)

[5.8 Montagem Estrutural e Fixação 27](#__RefHeading___Toc3022_173975640)

[5.9 Pintura e Acabamento 28](#__RefHeading___Toc3024_173975640)

[5.10 Caixa 29](#__RefHeading___Toc5728_173975640)

[5.11 MOTOR 29](#__RefHeading___Toc5730_173975640)

[5.12 Conclusão Parcial 30](#__RefHeading___Toc3026_173975640)

[5.13 Validação do Protótipo e Testes Funcionais 31](#__RefHeading___Toc3028_173975640)

[5.14 Procedimentos de Teste 31](#__RefHeading___Toc3030_173975640)

[5.15 Resultados Obtidos 32](#__RefHeading___Toc3032_173975640)

[5.16 Considerações Finais sobre a Validação 32](#__RefHeading___Toc3034_173975640)

[5.17 Análise dos Resultados 33](#__RefHeading___Toc3036_173975640)

[5.18 Desempenho Abrasivo e Versatilidade 33](#__RefHeading___Toc3038_173975640)

[5.19 Estabilidade Operacional 34](#__RefHeading___Toc3040_173975640)

[5.20 Avaliação da Segurança 34](#__RefHeading___Toc3042_173975640)

[5.21 Comparação com Parâmetros Técnicos 35](#__RefHeading___Toc5732_173975640)

[6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 36](#__RefHeading___Toc3046_173975640)

[APÊNDICE 1 - CORPO DO MANCAL 38](#__RefHeading___Toc5736_173975640)

[APÊNDICE 2 - EIXO PRINCIPAL 39](#__RefHeading___Toc5738_173975640)

[APÊNDICE 3 - MANCAL E BASE 40](#__RefHeading___Toc5740_173975640)

[APÊNDICE 4 - MONTAGEM FINAL 41](#__RefHeading___Toc5742_173975640)

[APÊNDICE 5- MOTOR 42](#__RefHeading___Toc5744_173975640)

[APÊNDICE 6 - PERSPECTIVA MONTAGEM 43](#__RefHeading___Toc5746_173975640)

[APÊNDICE 7 - POLIA DO MOTOR 44](#__RefHeading___Toc5748_173975640)

[APÊNDICE 8 - PROTEÇÃO CORREIA 45](#__RefHeading___Toc5750_173975640)

[APÊNDICE 9 - VISTA DA MONTAGEM 1 46](#__RefHeading___Toc5752_173975640)

[APÊNDICE 10 - VISTA DA MONTAGEM 2 47](#__RefHeading___Toc5754_173975640)

[REFERÊNCIAS 48](#__RefHeading___Toc5756_173975640)

# 1 INTRODUÇÃO

A utilização de ferramentas abrasivas remonta à pré-história, quando o ser humano começou a modificar a forma de objetos com o intuito de criar utensílios mais eficientes para caça, defesa e construção. Já naquela época, era comum o uso de pedras para afiar armas e ferramentas, como machados e lanças, por meio da fricção entre superfícies ásperas (SINGER et al., 2009). Os primeiros registros do uso sistematizado de abrasivos datam do período paleolítico e neolítico, revelando um conhecimento empírico sobre desgaste e acabamento superficial.

Por volta de 4.000 a.C., os egípcios empregavam técnicas rudimentares de corte de blocos de pedra utilizando areia e outras substâncias abrasivas, prática considerada precursora do processo moderno de lapidação e usinagem (KEMP, 2006). Já na Grécia Antiga, a ilha de Nexos destacou-se pela extração de esmeril natural, mineral abrasivo cuja dureza o tornava ideal para processos de polimento e afiação (FERREIRA, 2011). Com a Revolução Industrial, o avanço das máquinas-ferramentas e a necessidade de peças intercambiáveis intensificaram o uso de abrasivos industriais, especialmente durante o século XX, com o crescimento da indústria automotiva e bélica (CALLISTER, 2007).

O esmeril, enquanto ferramenta abrasiva, possui uma ampla gama de aplicações: é utilizado para afiar ferramentas, realizar polimento, lixar, escovar e cortar peças. Dentre os tipos existentes, o esmeril de bancada destaca-se por sua importância fundamental em oficinas mecânicas e escolares, sendo empregado principalmente na remoção de rebarbas, no arredondamento de cantos de materiais metálicos e no acabamento de peças automotivas (SILVA, 2013). O moto esmeril, versão motorizada do equipamento, proporciona um acabamento mais preciso e eleva a qualidade e eficiência do serviço executado.

O componente central do esmeril é o rebolo, uma pedra abrasiva extremamente dura composta majoritariamente por corindo (óxido de alumínio) e minerais do grupo das espinelas, como magnetita e hercinita. Rebolos industriais podem também conter compostos sintéticos como magnésia, mulita e sílica (USGS, 1987). A Turquia e a Grécia são historicamente os principais produtores mundiais de rebolo, destacando-se os depósitos de esmeril da ilha de Naxos, explorados desde a Antiguidade. Ainda hoje, toneladas desse mineral são exportadas para países asiáticos, onde são utilizadas, por exemplo, na moagem de grãos como o arroz (USGS, 1987).

Diante dessa evolução histórica e tecnológica, o presente trabalho tem como objetivo geral desenvolver um protótipo funcional de esmeril de bancada, com foco na acessibilidade, segurança e eficiência do equipamento, voltado para uso didático e profissional. Os objetivos específicos incluem: selecionar materiais viáveis para a construção da base e do suporte do motor, realizar a análise estrutural dos componentes, implementar um sistema de proteção para o operador e validar o desempenho do esmeril por meio de testes práticos com diferentes tipos de materiais.

A metodologia adotada será composta por pesquisa bibliográfica, levantamento de requisitos técnicos, elaboração de projeto mecânico em software INVENTOR, construção do protótipo em oficina mecânica com materiais disponíveis no mercado local, bem como em sucateiros da região e testes experimentais controlados para avaliação da eficiência e segurança do equipamento. Também serão consideradas normas técnicas pertinentes, como a NR-12 e a ABNT NBR 15530:2007, relacionadas à segurança em máquinas abrasivas.

A escolha por desenvolver um esmeril de bancada justifica-se pela sua ampla aplicação no ambiente industrial e educacional, sendo essencial para operações de desbaste, afiação e acabamento de peças metálicas. Além disso, trata-se de um equipamento de baixo custo e alta versatilidade, cuja presença em laboratórios técnicos é fundamental para o aprendizado prático de processos de usinagem e manutenção mecânica (ABNT, 2007). A construção deste protótipo visa, portanto, contribuir para a formação de profissionais mais qualificados e conscientes da importância dos cuidados com segurança e qualidade no manuseio de ferramentas abrasivas.

# 2.OBJETIVOS

Com base na proposta de desenvolvimento de um protótipo funcional de esmeril de bancada, este projeto contempla a construção de uma ferramenta abrasiva de baixo custo, prática e de manutenção simplificada, adequada para uso em ambientes internos ou protegidos, como oficinas e laboratórios técnicos. Devido à escolha da madeira como material principal para a base de sustentação, o equipamento não foi projetado para exposição contínua a condições climáticas adversas, restringindo sua aplicação a espaços cobertos. O projeto atende ao objetivo geral de desenvolver um esmeril acessível e funcional para fins didáticos e profissionais, integrando os objetivos específicos por meio da seleção criteriosa de materiais, da análise estrutural dos componentes e da implementação de sistemas de proteção ao operador. A escolha por um esmeril de bancada se justifica pela necessidade de uma ferramenta abrasiva eficaz para operações de lixamento, afiação e corte de materiais como madeira, alumínio e aço, de forma prática e segura.

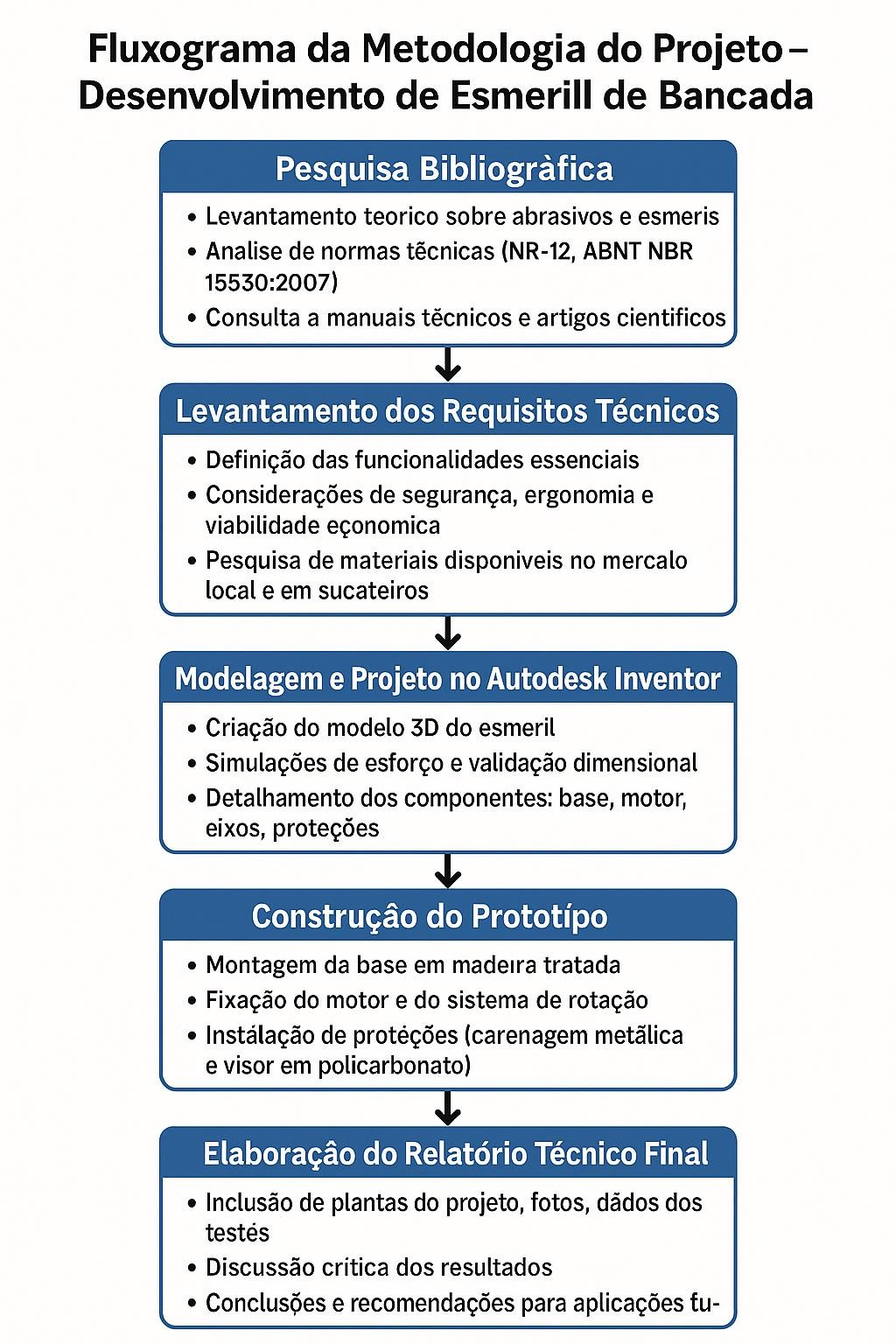
# 3. METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento do protótipo de esmeril de bancada será dividida em etapas sequenciais, garantindo a exequibilidade do projeto e a conformidade com os requisitos de segurança e eficiência. Inicialmente, será realizada uma pesquisa bibliográficaexploratória sobre ferramentas abrasivas, com foco em esmeris de bancada, por meio de artigos científicos, manuais técnicos, normas da ABNT e regulamentos de segurança, como a NR-12 (Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos) e a ABNT NBR 15530:2007 (Segurança em máquinas abrasivas com rebolos). Esta fase tem como objetivo embasar tecnicamente a concepção do equipamento e garantir que o projeto esteja de acordo com as diretrizes legais e funcionais estabelecidas.

Em seguida, será feito o levantamento dos requisitos técnicos, levando em conta fatores como funcionalidade, ergonomia, segurança, disponibilidade de materiais no mercado local e viabilidade econômica. A etapa de projeto será conduzida no software Autodesk Inventor, onde será elaborado um modelo tridimensional do esmeril, incluindo detalhamento de cada componente (base, suporte, motor, eixo e sistema de proteção). O uso do Inventor permitirá simulações estruturais e ajustes dimensionais antes da execução prática.

A fase de construção do protótipo ocorrerá em oficina mecânica, utilizando-se predominantemente materiais acessíveis, com destaque para o reaproveitamento de peças oriundas de sucateiros da região, priorizando a sustentabilidade e a redução de custos. A base do esmeril será construída em madeira de alta densidade, selecionada por sua resistência mecânica e facilidade de manuseio, sendo tratada com vernizes específicos para prolongar sua durabilidade. O motor elétrico será montado com suporte metálico, garantindo firmeza e estabilidade durante a operação. O sistema de proteção do operador incluirá carenagens metálicas e visor transparente de policarbonato, conforme orientações da NR-12.

Após a montagem do protótipo, serão conduzidos testes experimentais controlados com diferentes tipos de materiais (madeira, alumínio e aço), para validar a eficiência do equipamento nas operações de lixamento, afiação e corte. Serão avaliados critérios como vibração, aquecimento, ruído, estabilidade da base e desgaste do rebolo. Os resultados obtidos serão comparados com parâmetros técnicos presentes na literatura e nas normas técnicas, permitindo identificar eventuais necessidades de ajustes. Por fim, será elaborado um relatório técnico detalhado contendo os desenhos do projeto, registros fotográficos do processo de construção, dados dos testes e análise crítica da performance do protótipo, contribuindo para a consolidação de conhecimentos práticos e teóricos sobre ferramentas abrasivas.



# 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### **4.1 Bancada de Esmeril**

O esmeril de bancada é uma ferramenta abrasiva estacionária amplamente utilizada em oficinas mecânicas, laboratórios técnicos e ambientes industriais para a realização de processos como desbaste, afiação, polimento e acabamento superficial de peças metálicas. Seu funcionamento baseia-se na rotação de um ou dois rebolos — discos abrasivos compostos por materiais de alta dureza — acoplados a um motor elétrico, que proporciona a energia mecânica necessária para o desgaste controlado de superfícies (CALLISTER, 2007).

Ao contrário das ferramentas portáteis, os esmeris de bancada são fixados a estruturas estáveis, geralmente mesas ou bancadas de trabalho, o que lhes confere maior estabilidade e precisão durante o uso. Essa característica é fundamental para garantir segurança e qualidade nos procedimentos, especialmente na afiação de ferramentas cortantes, na remoção de rebarbas e no preparo de superfícies para soldagem ou pintura (FERREIRA, 2011). A estabilidade do equipamento reduz significativamente a ocorrência de vibrações excessivas, fator crítico tanto para o controle do operador quanto para a durabilidade do rebolo (ABNT NBR 15530:2007).

Segundo Silva (2013), o esmeril de bancada é essencial em ambientes onde se realizam atividades repetitivas de manutenção e usinagem, pois proporciona não apenas eficiência no processo abrasivo, mas também ergonomia ao operador, visto que seu design favorece o posicionamento adequado das mãos e da peça trabalhada. Além disso, por estar fixo em uma posição estável, o esmeril de bancada permite maior controle das forças aplicadas, diminuindo o risco de acidentes e falhas operacionais.

Embora ferramentas portáteis ofereçam versatilidade em campo, é nos equipamentos estacionários que se encontra a maior capacidade de controle dimensional e acabamento técnico, o que justifica sua presença obrigatória em oficinas com infraestrutura fixa (SINGER et al., 2009). De fato, o uso de esmeris fixos é altamente recomendado em processos que exigem repetibilidade, padronização e segurança, critérios fundamentais em ambientes de ensino técnico e produção seriada.

Adicionalmente, a fixação do equipamento à bancada facilita a integração de dispositivos de proteção, como carenagens metálicas, suportes de peça ajustáveis e visores de segurança em policarbonato, todos exigidos pela NR-12**,** norma regulamentadora que estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças no trabalho com máquinas e equipamentos (BRASIL, 2010). Esses dispositivos são mais facilmente implementados e eficazes em ferramentas estacionárias, onde o posicionamento das partes móveis é conhecido e constante.

Portanto, o esmeril de bancada se apresenta como uma solução técnica eficaz e segura para atividades abrasivas em ambientes fixos, especialmente em oficinas educacionais e industriais. Sua construção robusta, a possibilidade de personalização de acordo com as normas de segurança e sua aplicabilidade em múltiplos processos justificam o desenvolvimento de protótipos acessíveis e funcionais, como o proposto neste projeto.

#### 4.2 Funcionalidade e Aplicações do Esmeril de Bancada

O esmeril de bancada é uma ferramenta abrasiva versátil e essencial em oficinas e ambientes técnicos, sendo amplamente utilizado em tarefas que exigem precisão, estabilidade e controle. Equipado com rebolos rotativos de alta dureza — popularmente conhecidos como "rodelas" —, o esmeril opera por meio do movimento circular gerado por um motor elétrico, que confere força suficiente para atuar sobre diferentes superfícies com eficiência (CALLISTER, 2007).

Além da tradicional função de afiação, o esmeril permite a adaptação de diversos acessórios, como discos de corte, escovas de aço, rebolos de polimento e discos de lixa, ampliando significativamente seu leque de aplicações. Essa capacidade multifuncional justifica sua presença em ambientes de manutenção, fabricação e aprendizado técnico.

#### 4.3 Afiação de Ferramentas

O rebolo é especialmente eficaz na afiação de ferramentas metálicas, como facas, enxadas, alicates e brocas. Seu uso possibilita a recuperação do fio de corte com rapidez e precisão, especialmente quando operado por usuários experientes. A posição fixa do equipamento permite maior controle, contribuindo para a segurança durante o processo.

**Figura 1: Esmerilhadora**



Fonte:data:image/jpeg;base64,/9j/4AAQSkZJRgABAQAAAQABAAD/2wCEAAkGBxMTEhUT

ExMWFRUXGBgYGBgXFiAaGBkaGB0YHxoYFxcYHSggGh8lGxcYITEhJSkrLi4uGB8zODMt

NygtLisBCgoKDg0OGhAQGy8mHyUtLS0tLS0tLS0tLS0tNS0tLS0tLy0tLS0tLS0tLi0tLS0tLS0t LS0tLS0tLS0tLS0tLf/AABEIALcBEwMBIgACEQE

**Figura 2 : Rebolo**



Fonte:https://www.google.com/url?sa=i&url=http 1

#### 4.4 Lixamento e Acabamento

Com a instalação de discos abrasivos apropriados, o esmeril é utilizado para dar acabamento a peças metálicas, plásticas e de madeira. Também é eficiente na remoção de rebarbas, arredondamento de cantos e preparação de superfícies. A fixação do equipamento à bancada libera as mãos do operador, permitindo manobras precisas e seguras.

#### 4.5 Corte de Materiais

Ao acoplar ponteiras serrilhadas ou discos de corte, o esmeril pode realizar cortes precisos em madeira, metais leves e até em materiais de construção civil, como porcelanato e tijolos. Sua estabilidade e controle com duas mãos garantem cortes delicados, ideais para encaixes e acabamentos em obras.

#### 4.6 Polimento de Superfícies

Utilizando rodas de tecido ou feltro com pasta de polir, o esmeril é aplicado em processos de polimento fino, especialmente em trabalhos de ourivesaria, relojoaria e artesanato. Essa aplicação requer menor abrasividade e confere alto brilho a superfícies metálicas, plásticas ou de vidro.

#### 4.7 Remoção de Ferrugem e Rebarbas

O esmeril é eficaz na limpeza de peças oxidadas, utilizando escovas de aço para a remoção de ferrugem e crostas. Esse tipo de aplicação é comum na recuperação de ferramentas antigas ou no preparo de superfícies para pintura e soldagem.

Observação importante: O uso seguro do esmeril de bancada exige a aplicação rigorosa de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), como luvas, óculos, máscaras e botas de segurança, conforme previsto nas diretrizes da NR-12 (BRASIL, 2010).

Essas funcionalidades reforçam a importância do esmeril de bancada não apenas como equipamento de manutenção, mas também como ferramenta de apoio essencial em processos de produção, restauração e prototipagem. Sua multifuncionalidade e adaptabilidade justificam o investimento em seu desenvolvimento, como proposto neste trabalho.

#### 4.8 Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) para Uso do Esmeril de Bancada

O uso do esmeril de bancada, por envolver alta rotação de componentes abrasivos e geração de partículas metálicas e faíscas, exige cuidados rigorosos com a segurança do operador. Conforme estabelece a Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12), todo equipamento com partes móveis e risco de projeção de materiais deve ser operado com o uso de Equipamentos de ProteçãoIndividual (EPIs) adequados (BRASIL, 2010). Esses dispositivos são fundamentais para a prevenção de acidentes e devem ser utilizados de forma obrigatória sempre que o equipamento estiver em operação.

Abaixo, são descritos os principais EPIs recomendados para o uso seguro do esmeril de bancada:

#### 4.9 Luvas de Raspa

As luvas de raspa são utilizadas para proteger as mãos e os punhos contra escoriações, cortes, abrasões e até mesmo pequenas faíscas provenientes do processo de desbaste e corte. Confeccionadas em couro curtido, oferecem resistência térmica e mecânica, sendo ideais para manuseio de peças metálicas ou em alta temperatura. Devem ser escolhidas em tamanhos adequados para garantir mobilidade aliada à proteção (NR-6, BRASIL, 2023).

#### 4.10 Avental de Raspa

O avental de raspa é indicado para proteger o tronco e a região abdominal do operador. É especialmente útil em operações onde há risco de respingos de partículas incandescentes ou contato com superfícies abrasivas. Seu uso é recomendado em atividades com esmeril, soldagem ou lixamento, conforme especificações da norma ABNT NBR 16360:2015 para vestimentas de proteção térmica.

#### 4.11 Óculos de Proteção

Os óculos de segurança são indispensáveis em qualquer operação com esmeril. Eles protegem os olhos contra partículas volantes, fragmentos metálicos e faíscas. Devem possuir lentes resistentes a impacto (poliestireno ou policarbonato), ser transparentes e ajustáveis, conforme normas da ABNT NBR ISO 16321-1:2021, que regula dispositivos oculares de proteção industrial.

#### 4.12 Protetor Facial

O protetor facial complementa os óculos de segurança, formando uma barreira contra impactos frontais. É indicado especialmente para trabalhos com rebolos expostos, pois protege não apenas os olhos, mas também o rosto e o pescoço contra faíscas, limalhas e poeiras abrasivas. Seu uso é fortemente recomendado por fabricantes e pelas normas de segurança em máquinas rotativas (NR-12, BRASIL, 2010).

#### 4.13 Protetor Auricular

Operações com esmeril geram ruídos que frequentemente ultrapassam os 85 dB, limite de exposição segura de acordo com a NR-15 (Atividades e Operações Insalubres). O uso de protetores auriculares — tipo plug ou concha — é essencial para preservar a saúde auditiva do trabalhador, especialmente em exposições prolongadas. Esses dispositivos devem atender aos requisitos da ABNT NBR 16076:2021, garantindo eficácia na atenuação sonora.

#### 4.14 Considerações Finais sobre Segurança

A adoção rigorosa dos EPIs descritos neste capítulo não apenas atende às exigências legais, mas também promove uma cultura de segurança no ambiente de trabalho e de ensino. Ao longo da execução e teste do protótipo desenvolvido neste trabalho, todos os operadores utilizaram os EPIs recomendados, o que contribuiu para a realização segura das atividades práticas.

**Figura 3: EPIs**



Fonte- source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved

#### 4.15Construção do Projeto do Esmeril de Bancada

A construção do projeto do esmeril de bancada teve como principal motivação o desenvolvimento de uma ferramenta abrasiva acessível, funcional e segura, voltada para aplicações em ambientes didáticos e oficinas de pequeno porte. O projeto buscou aliar viabilidade técnica e econômica, sem abrir mão da robustez e da precisão necessárias para operações de desbaste, afiação e acabamento de metais e outros materiais.

A estrutura do equipamento foi projetada com base em estudos de ergonomia, estabilidade e resistência mecânica, respeitando os parâmetros estabelecidos por normas técnicas como a ABNT NBR 15530:2007, que define requisitos para segurança em máquinas com rebolos abrasivos, e a NR-12, que estabelece os critérios de proteção ao operador durante o uso de equipamentos rotativos (BRASIL, 2010). Para a base do esmeril, optou-se pelo uso de madeira de alta densidade, material escolhido por sua disponibilidade, fácil usinagem e custo reduzido. Embora apresente limitações quanto à exposição a ambientes úmidos ou externos, a madeira foi tratada com vernizes e seladores para aumentar sua durabilidade e resistência.

O suporte do motor foi confeccionado com chapas metálicas reaproveitadas, garantindo rigidez estrutural e baixo custo. A utilização de componentes reciclados de sucateiros locais não apenas viabilizou economicamente o projeto, mas também incorporou uma abordagem sustentável à proposta. O motor elétrico foi acoplado ao eixo com polias e correias, permitindo ajustes na rotação do rebolo e proporcionando maior controle durante as operações.

O sistema de proteção do operador incluiu a instalação de carenagens metálicas sobre os rebolos, com aberturas específicas para o trabalho da peça e proteção visual confeccionada em policarbonato transparente, material resistente a impactos e amplamente utilizado em dispositivos de segurança industrial (FERREIRA, 2011). Também foram incorporados apoios reguláveis para as peças em trabalho, aumentando a precisão e a estabilidade durante o uso.

Ao longo da construção, o projeto foi modelado previamente em ambiente digital utilizando o software Autodesk Inventor, permitindo a verificação dimensional, simulações mecânicas e ajustes antes da fase prática de montagem. Essa etapa foi fundamental para garantir a compatibilidade entre os componentes e a integridade estrutural do protótipo.

Assim, a construção do esmeril de bancada combinou conceitos fundamentais de engenharia mecânica com soluções práticas e econômicas, visando à produção de um equipamento funcional, seguro e com aplicação direta no ensino técnico e em processos de manutenção mecânica básica.

# **5 DESENVOLVIMENTO**

#### Tabela de gastos 5.1

|  |  |
| --- | --- |
| **Tabela de gastos de materiais** |  |
| Flanges de alumínio | 42,46 |
| Motor | 00,00 |
| Botões liga | 11,90 |
| Tarugo | 3,00 |
| Luminária | 31,21 |
| Eixo | 3,00 |
| Rolamento | 26 |
| Madeira | 00,00 |
| Tinta | 34,00 |
| Correia | 24,00 |
| Rebolo: | 26,90 |
| Proteção do rebolo | 00,00 |
| Cola do rolamento 13,90 | 13,90 |
| Parafuso | 4,00 |
| Porcas | 3,00 |
| Tomada | 2,00 |
| Fios | 5,00 |
| **TOTAL** | 230,37 |

#### 5.2 Construção e Montagem do Protótipo de Esmeril de Bancada

A construção do protótipo do esmeril de bancada foi realizada com base nos princípios de usinagem, segurança e acessibilidade descritos na metodologia. A montagem envolveu uma série de processos mecânicos e de acabamento que garantiram funcionalidade e estabilidade ao equipamento, utilizando materiais disponíveis no mercado local e aplicando normas técnicas da ABNT (2007) e da NR-12 (BRASIL, 2010).

#### 5.3 Preparação Inicial e Materiais Utilizados

O projeto teve início com a seleção e preparação dos materiais descritos na Tabela 1. Os principais componentes foram:

* Barra cilíndrica maciça (tarugo de aço)
* Madeira MDF para a base estrutural
* Motor elétrico de corrente alternada
* Correia para transmissão de força
* Par de rolamentos auto compensadores
* Parafusos de fixação com porcas e arruelas
* Rebolo abrasivo com especificação compatível ao uso didático



A madeira MDF foi escolhida por apresentar boa resistência mecânica, facilidade de usinagem e baixo custo, sendo adequada para ambientes educacionais com menor exposição à umidade.

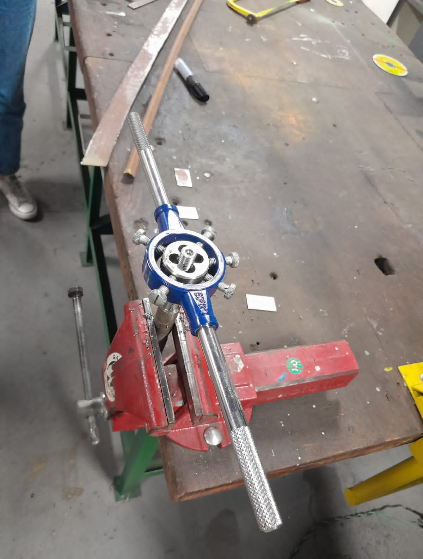
#### 5.4 Processos de Usinagem e Fabricação

#### 5.5 Torneamento do Eixo e Rosqueamento

A confecção do eixo começou com um tarugo de 302mm de comprimento e 30 de diâmetro, com o auxílio do torno convencional foi realizado a operação de faceamento onde deixamos o tarugo com 300mm, após fizemos a usinagem onde diâmetro original de 30 mm foi reduzido progressivamente até 20 mm, com rebaixos de 15 mm de diâmetro e 50mm de comprimento em ambas as extremidades para alojamento dos rolamentos.







#### 5.6 Furação e usinagem interna

A confecção do mancal iniciou-se com o corte de um tarugo de aço de 300 mm. Após a realização do corte a peça foi reduzida 200 mm. Com o auxilio do torno convencional foram realizados furos axiais utilizando brocas de 10 mm ,15 mm e 22mm . Posteriormente realizamos rebaixos de 35 mm para alojamento dos rolamentos.

Máquina de metal

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

#### 5.7 Ajustes da Polia

A polia, adquirida comercialmente, teve seu diâmetro interno reaberto para 16,2 mm com ferramentas de usinagem interna equipadas com pastilhas de metal duro. A polia foi posteriormente instalada no eixo do motor, assegurando o alinhamento com o eixo do esmeril por meio da correia.



Fonte: Arquivo pessoal

#### 5.8 Montagem Estrutural e Fixação

Dois suportes metálicos foram soldados e fixados no mancal logo após foi foram feitos furos previamente abertos na furadeira de bancada. Esses suportes garantiram a estabilidade do mancal e facilitaram o acoplamento do eixo e do motor.



Fonte: Arquivo pessoal

Ademais, desenvolveu- se uma caixa de fixação para suportar o mancal



Fonte: Arquivo pessoal

#### 5.9 Pintura e Acabamento

Para aumentar a durabilidade e visibilidade dos componentes, aplicou-se pintura conforme os padrões da ABNT NBR 6493:1994 para identificação de segurança:

* Corpo do mancal: pintado em laranja, com tinta spray sobre lixa de acabamento fino;
* Proteção da correia: pintada em amarelo, sinalizando área de risco de movimentação;
* Suporte do mancal: pintado em branco, destacando-se como componente estrutural.

Todas as tintas utilizadas foram de secagem rápida, apropriadas para superfícies metálicas e compatíveis com o ambiente de oficina.



Fonte: Arquivo pessoal



Fonte: Arquivo pessoal

#### 5.10 Caixa

Desenvolvemos uma caixa para fixação do mancal, onde os materiais utilizados na fabricação da foram retirados da reciclagem. Medidas no desenho



#### 5.11 MOTOR

É um motor monofásico é alimentado por uma única fase de corrente alternada e é adequado para aplicações residenciais, comerciais e pequenas indústrias.

Marca: EBERLE

Tensão: 110/220V (pode variar)

Potência: 1/4 CV a 1 CV (pode variar)

Frequência: 60 Hz

Rotação: 1750 RPM ou 3500 RPM (pode variar)

Classe de isolamento: B ou F (pode variar)

#### 5.12 Conclusão Parcial

A construção do protótipo foi concluída com sucesso, respeitando critérios técnicos e ergonômicos. As etapas foram realizadas com precisão e controle dimensional, utilizando ferramentas adequadas e seguindo um cronograma viável, o que assegurou a funcionalidade básica do equipamento e sua segurança para os testes subsequentes.





Fonte: arquivo pessoal

#### 5.13 Validação do Protótipo e Testes Funcionais

A etapa de validação do protótipo é fundamental para verificar se o esmeril de bancada desenvolvido atende aos requisitos de segurança, desempenho e funcionalidade propostos nos objetivos deste trabalho. Após a finalização da montagem, foram realizados testesexperimentais controlados com foco na análise do comportamento estrutural do equipamento, eficiência abrasiva, estabilidade operacional e conformidade com os padrões de segurança técnica previstos na NR-12 e na ABNT NBR 15530:2007.

#### 5.14 Procedimentos de Teste

Os testes foram realizados em ambiente de oficina, sob supervisão técnica, utilizando materiais distintos — madeira, alumínio e aço —, com o intuito de avaliar a versatilidade do equipamento e seu desempenho em diferentes aplicações. Os ensaios envolveram:

* Teste de desbaste e afiação: foi utilizado o rebolo para afiar ferramentas metálicas como formões, limas e lâminas, analisando o controle de remoção de material, regularidade do acabamento e desgaste do abrasivo.
* Teste de corte e acabamento: foi submetido ao esmeril o trabalho em cantos de perfis metálicos e superfícies de madeira, observando a precisão da operação e a facilidade de manuseio do equipamento.
* Teste de estabilidade e vibração: avaliou-se a estabilidade da base de madeira sob carga, com o equipamento em funcionamento contínuo por ciclos de 15 minutos, sendo verificada a presença de vibrações excessivas, ruído estrutural e movimentação da bancada.

Durante os testes, o comportamento do motor elétrico foi monitorado quanto à temperatura, torque gerado e resposta às cargas aplicadas, utilizando-se um multímetro digital e um termômetro infravermelho para garantir que não ocorressem sobreaquecimentos ou quedas de desempenho significativas.

#### 5.15 Resultados Obtidos

Os resultados demonstraram que o protótipo apresentou bom desempenho funcional, com capacidade adequada de remoção de material e acabamento superficial satisfatório nas três categorias de materiais testadas. O rebolo manteve estabilidade dimensional durante os ciclos de uso, e não foram observadas trincas, desgastes prematuros ou falhas de fixação.

A base de madeira, apesar de não recomendada para ambientes úmidos, mostrou-se estável e resistente durante os testes, principalmente devido ao tratamento prévio com seladores e à montagem bem fixada na estrutura da bancada. Não foram identificadas vibrações excessivas, o que indica um bom equilíbrio dinâmico entre motor, eixo e rebolo.

No aspecto de segurança, o protótipo atendeu aos critérios mínimos exigidos: as proteções metálicas impediram a projeção de partículas durante o desbaste, e o visor de policarbonato manteve boa visibilidade sem comprometer a integridade do operador. O posicionamento dos apoios de peça também contribuiu para a precisão e estabilidade no uso contínuo.

#### 5.16 Considerações Finais sobre a Validação

A validação experimental confirmou a viabilidade técnica do projeto, demonstrando que o esmeril de bancada desenvolvido cumpre os objetivos estabelecidos: é funcional, seguro, de fácil operação e construído com materiais acessíveis. Ressalta-se que melhorias futuras podem incluir a substituição da base de madeira por metal para aplicações em ambientes industriais ou externos, bem como a instalação de um sistema de parada automática em caso de superaquecimento do motor.

Os dados coletados nos testes serão utilizados para a elaboração do relatório técnico e servirão como base para refinamentos no projeto, especialmente em contextos de aplicação profissional e educacional. A construção desse protótipo representa, portanto, uma contribuição prática e efetiva para o ensino técnico e para o desenvolvimento de soluções abrasivas de baixo custo e alto valor funcional.

#### 5.17 Análise dos Resultados

A análise dos resultados obtidos nos testes do protótipo do esmeril de bancada permite avaliar, de forma crítica e técnica, o desempenho do equipamento frente aos objetivos previamente estabelecidos. Os ensaios realizados demonstraram a funcionalidade do sistema em condições reais de operação e permitiram identificar pontos fortes e oportunidades de melhoria.

#### 5.18 Desempenho Abrasivo e Versatilidade

Durante os testes de desbaste e afiação, o rebolo apresentou bom desempenho na remoção de material, com acabamento satisfatório nas ferramentas e nas superfícies metálicas utilizadas. A ação abrasiva mostrou-se eficiente tanto em metais mais macios, como o alumínio, quanto em aços de maior dureza, evidenciando a compatibilidade do equipamento com diferentes aplicações práticas. No caso da madeira, o rebolo se mostrou menos eficaz, o que já era esperado, uma vez que materiais orgânicos tendem a sofrer desgaste irregular com abrasivos rígidos.

A versatilidade do esmeril foi comprovada pela sua capacidade de se adaptar a diferentes perfis de peças e operações, como arredondamento de cantos, remoção de rebarbas e preparação de arestas para soldagem. O controle do operador foi favorecido pela presença dos apoios reguláveis, que garantiram um posicionamento estável da peça e permitiram operações mais precisas.

#### 5.19 Estabilidade Operacional

A estrutura do protótipo apresentou excelente estabilidade durante o funcionamento contínuo, sem ocorrência de deslocamentos da base ou vibrações críticas. A fixação do motor e do eixo ao suporte metálico mostrou-se adequada, permitindo uma rotação constante e uniforme dos rebolos, mesmo sob cargas moderadas.

A base em madeira, tratada e fixada adequadamente, foi eficaz para uso em ambiente controlado (oficina coberta), confirmando a viabilidade do material para aplicações internas. No entanto, a análise sugere que, para uso prolongado em ambientes industriais ou com alta umidade, a substituição por aço carbono ou alumínio estrutural seria recomendada, a fim de garantir maior durabilidade e resistência à deformação.

#### 5.20 Avaliação da Segurança

Os dispositivos de segurança instalados — carenagens metálicas e visor em policarbonato — atuaram de forma eficaz durante todos os testes. Não houve registro de projeção de partículas que ultrapassassem os limites das proteções, tampouco contato direto do operador com as partes móveis. Isso demonstra a conformidade do protótipo com os princípios básicos da NR-12, o que é essencial para seu uso em ambientes didáticos e profissionais (BRASIL, 2010).

A ergonomia da máquina também foi avaliada positivamente. A altura da bancada, o posicionamento dos apoios e a visibilidade durante o uso foram considerados adequados, contribuindo para a segurança e o conforto do operador.

#### 5.21 Comparação com Parâmetros Técnicos

Ao comparar os resultados obtidos com os parâmetros estabelecidos em normas técnicas e literatura especializada, observa-se que o protótipo atendeu satisfatoriamente aos critérios de funcionalidade, segurança e acessibilidade. O equipamento não apenas desempenhou as funções esperadas, como também demonstrou potencial de aplicação prática em oficinas de manutenção, escolas técnicas e espaços de aprendizado profissional.

A análise também revelou que a abordagem adotada na escolha de materiais recicláveis e acessíveis, aliada ao uso de ferramentas de projeto como o Autodesk Inventor, foi eficaz para alcançar um resultado final tecnicamente viável e economicamente competitivo.

# 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo geral desenvolver um protótipo funcional de esmeril de bancada, priorizando aspectos de acessibilidade, segurança e eficiência, com foco em aplicações didáticas e profissionais. A partir da fundamentação teórica sobre a evolução e o papel das ferramentas abrasivas — em especial do esmeril de bancada — e mediante um processo metodológico criterioso, foi possível conceber, projetar, construir e testar um equipamento que atendeu de forma satisfatória às expectativas inicialmente propostas.

Os objetivos específicos foram plenamente alcançados: foram selecionados materiais viáveis e acessíveis para a construção da base (como a madeira de alta densidade), realizado o projeto estrutural em ambiente CAD (Autodesk Inventor), implementado um sistema de proteção eficiente para o operador (com carenagens metálicas e visor em policarbonato) e conduzidos testes experimentais com diferentes materiais, cujos resultados validaram a eficiência do protótipo. A escolha de componentes reaproveitados reforçou a viabilidade econômica e sustentável do projeto, sem comprometer o desempenho técnico.

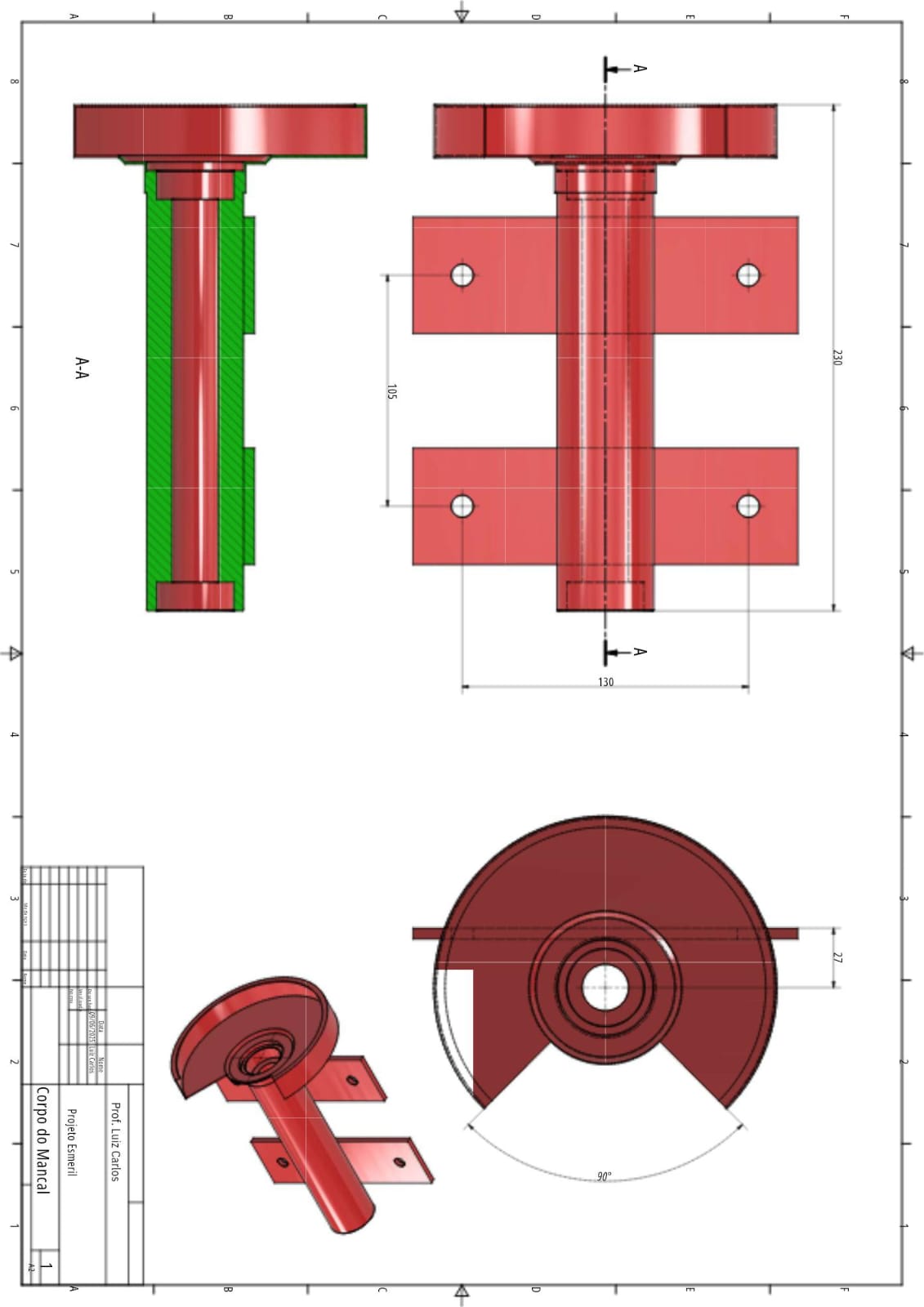
Os testes funcionais demonstraram que o esmeril opera de forma estável, com bom desempenho abrasivo e segurança durante a utilização. As análises confirmaram a robustez do projeto, a estabilidade da base e a eficácia dos dispositivos de proteção. Além disso, a ergonomia do equipamento e a facilidade de operação o tornam adequado para ambientes educacionais, permitindo o aprendizado prático de processos de usinagem e manutenção.

Entretanto, algumas melhorias futuras são recomendadas para aprimorar ainda mais o projeto:

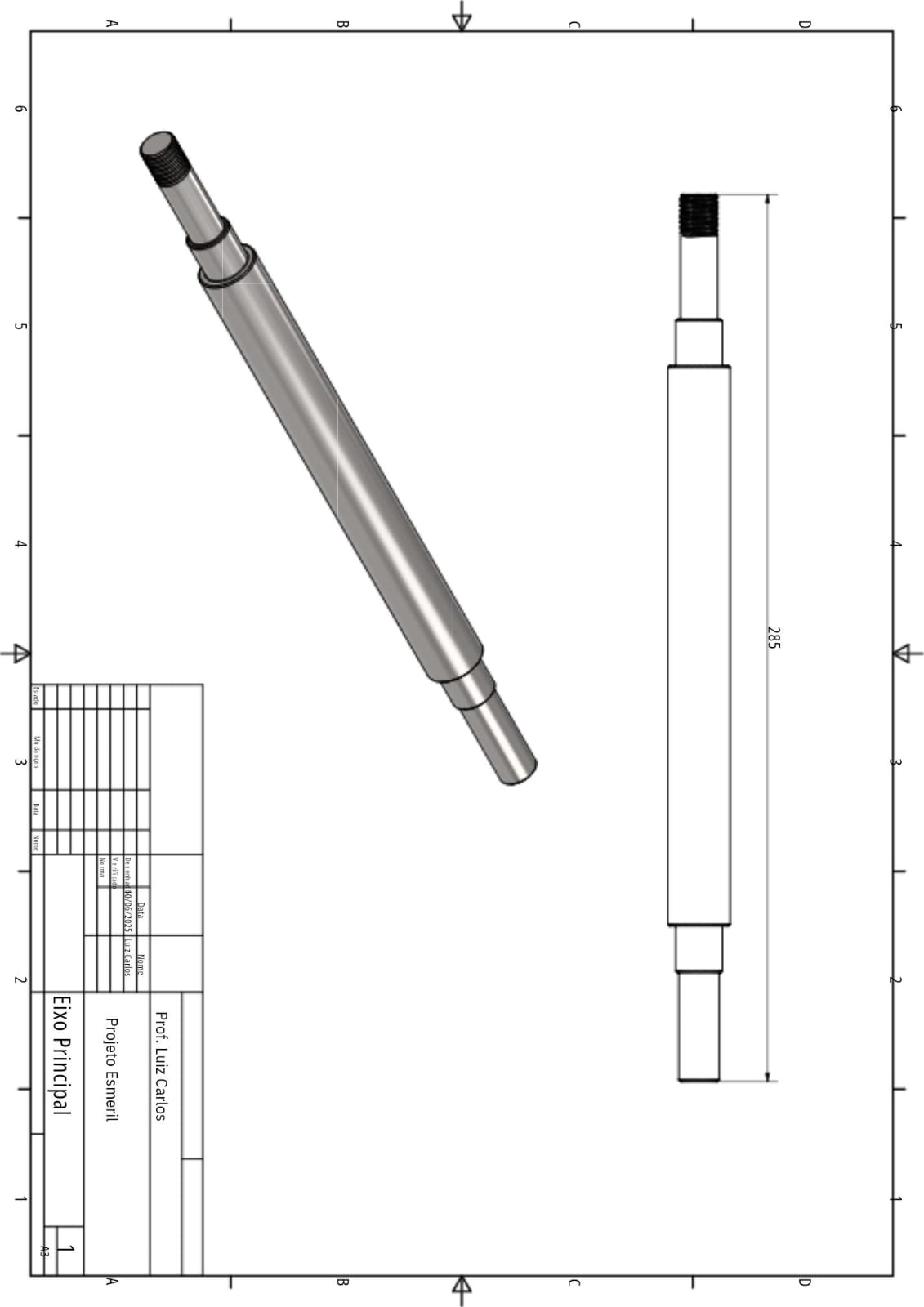
* Substituição da base de madeira por estrutura metálica, como aço carbono ou alumínio, especialmente para aplicações em ambientes industriais ou sujeitos à umidade, aumentando a durabilidade e resistência do equipamento.
* Implementação de um sistema de parada automática em caso de superaquecimento do motor, o que agregaria um nível adicional de segurança operacional.
* Adoção de sensores de vibração e temperatura, para monitoramento contínuo durante o uso prolongado.
* Desenvolvimento de versões compactas e portáteis do esmeril, mantendo os princípios de segurança, mas ampliando o alcance do equipamento para atividades externas ou de campo.

Conclui-se, portanto, que o protótipo desenvolvido representa uma solução técnica e educacional viável, com alto potencial de aplicação em oficinas, escolas técnicas e pequenos empreendimentos. O projeto cumpre seu papel de aliar conhecimento teórico à prática construtiva, contribuindo para a formação de profissionais mais qualificados e conscientes da importância da segurança e da eficiência no uso de ferramentas abrasivas.

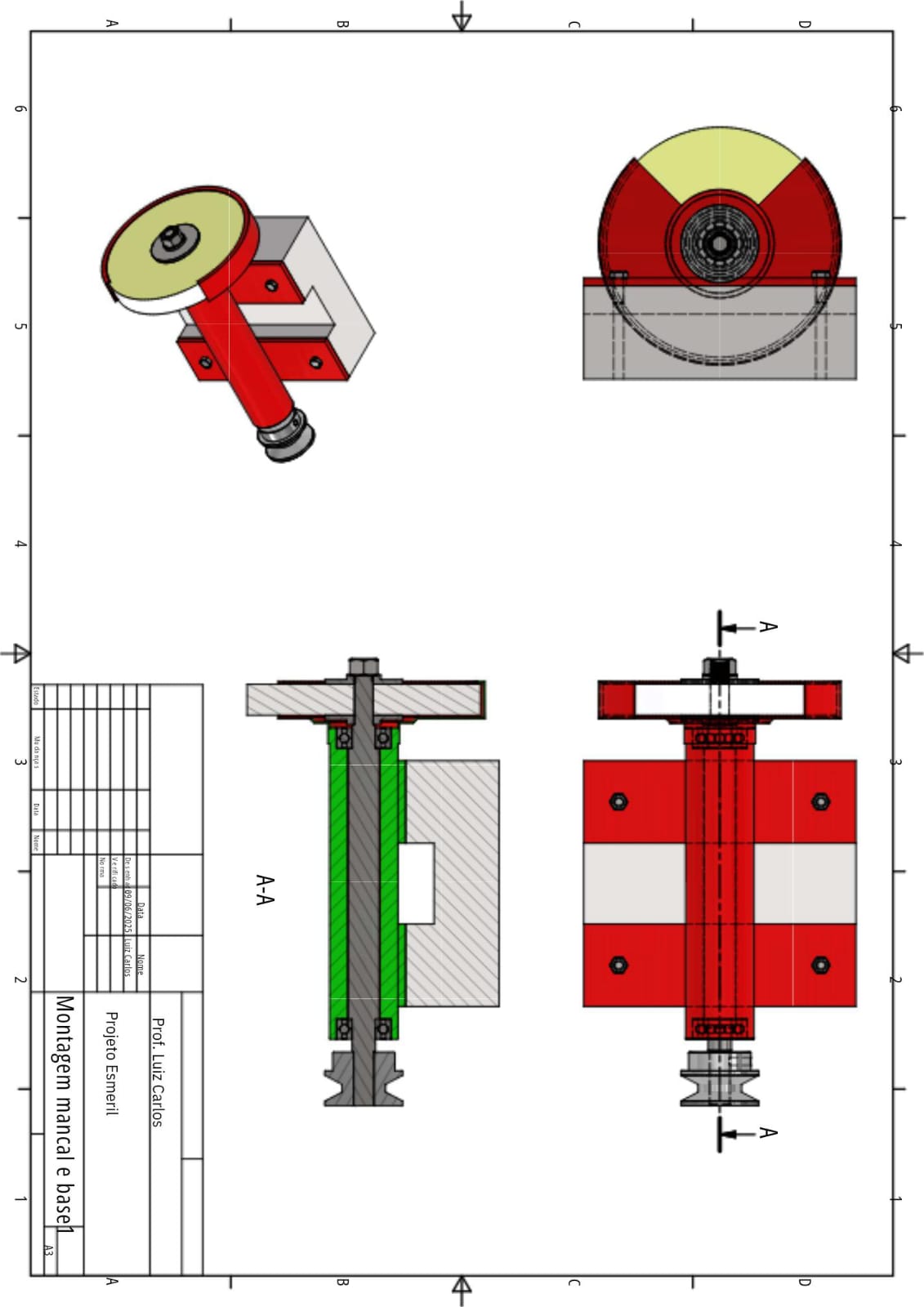
# **APÊNDICE 1 - CORPO DO MANCAL**



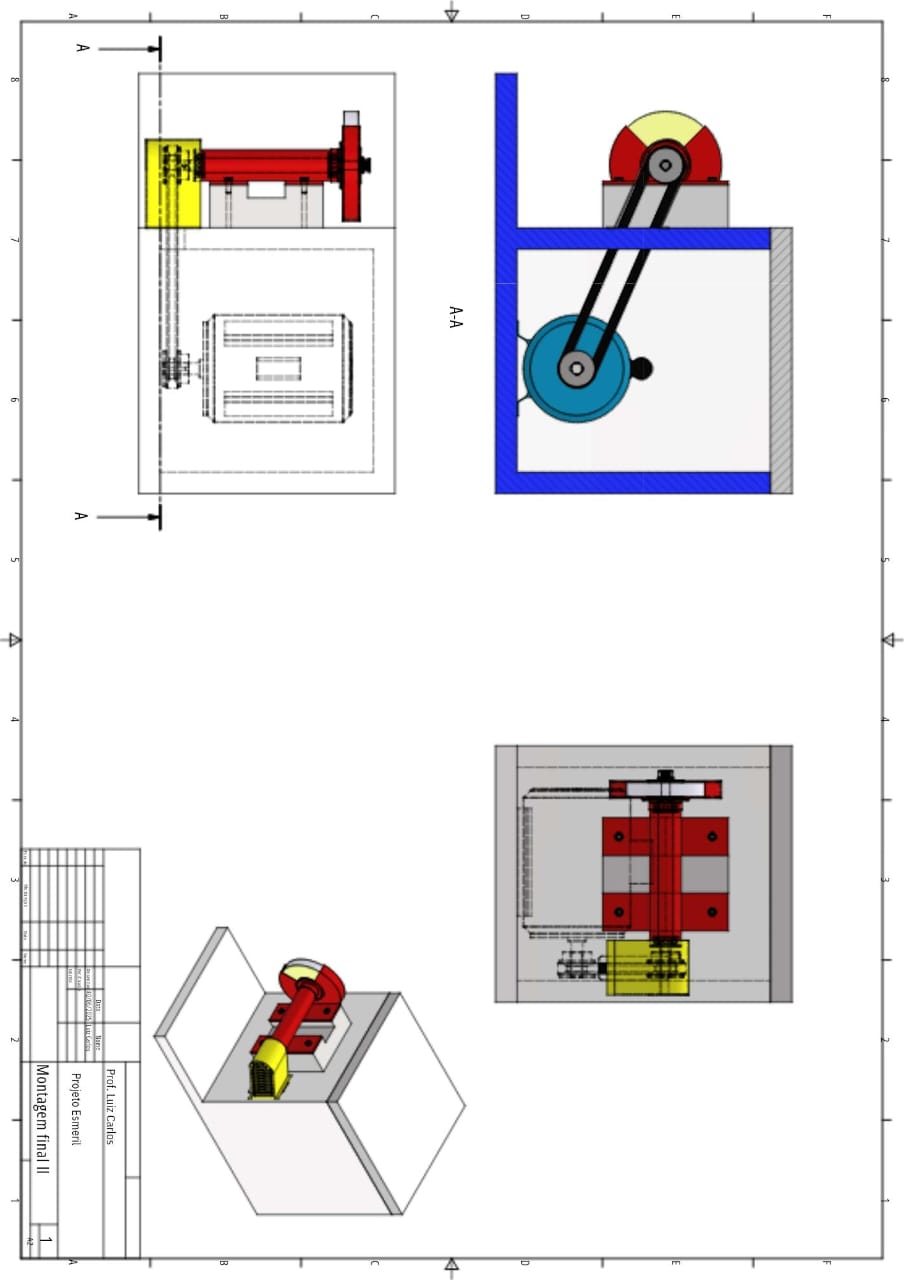
# **APÊNDICE 2 - EIXO PRINCIPAL**



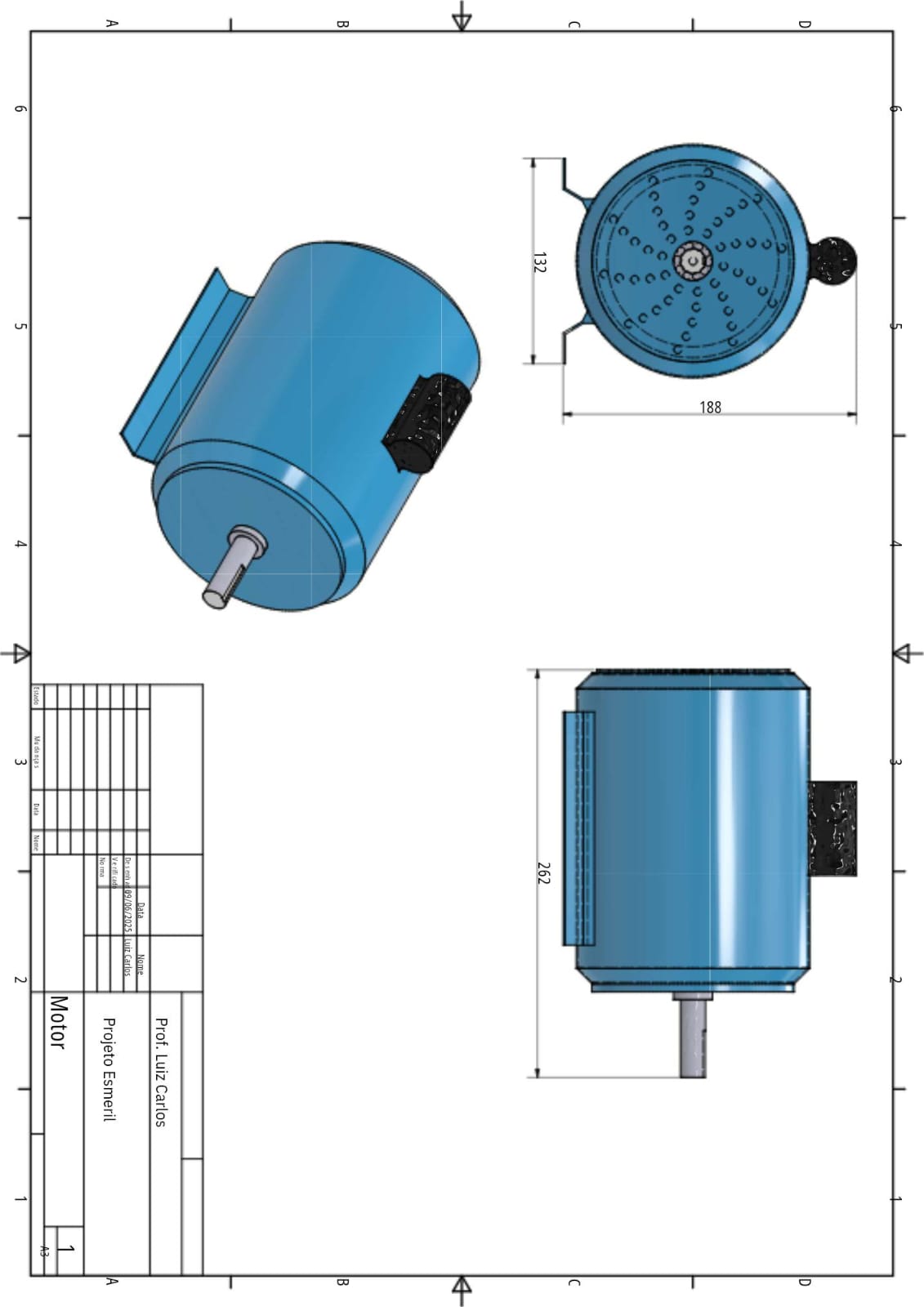
# **APÊNDICE 3 - MANCAL E BASE**



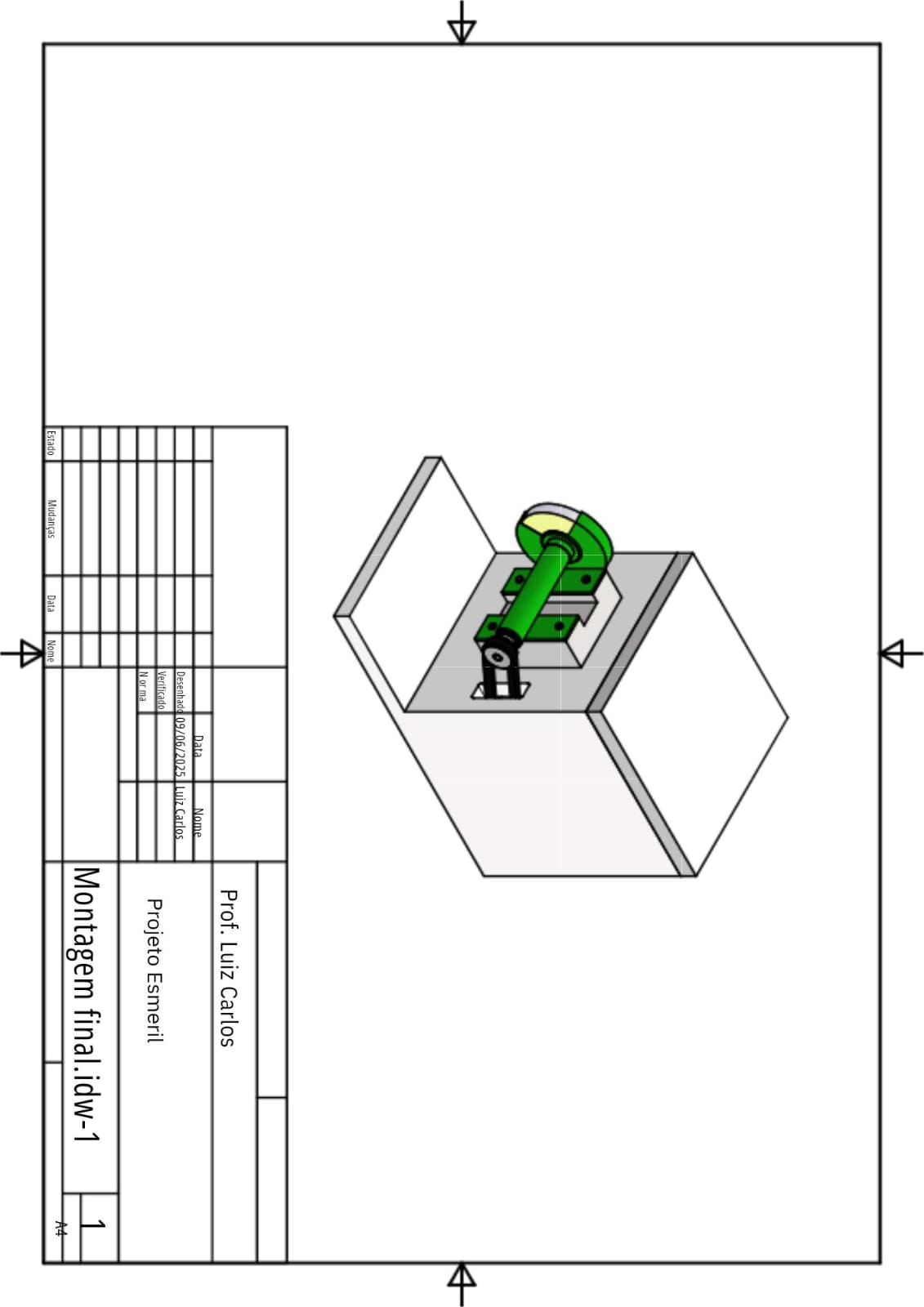
# **APÊNDICE 4 - MONTAGEM FINAL**



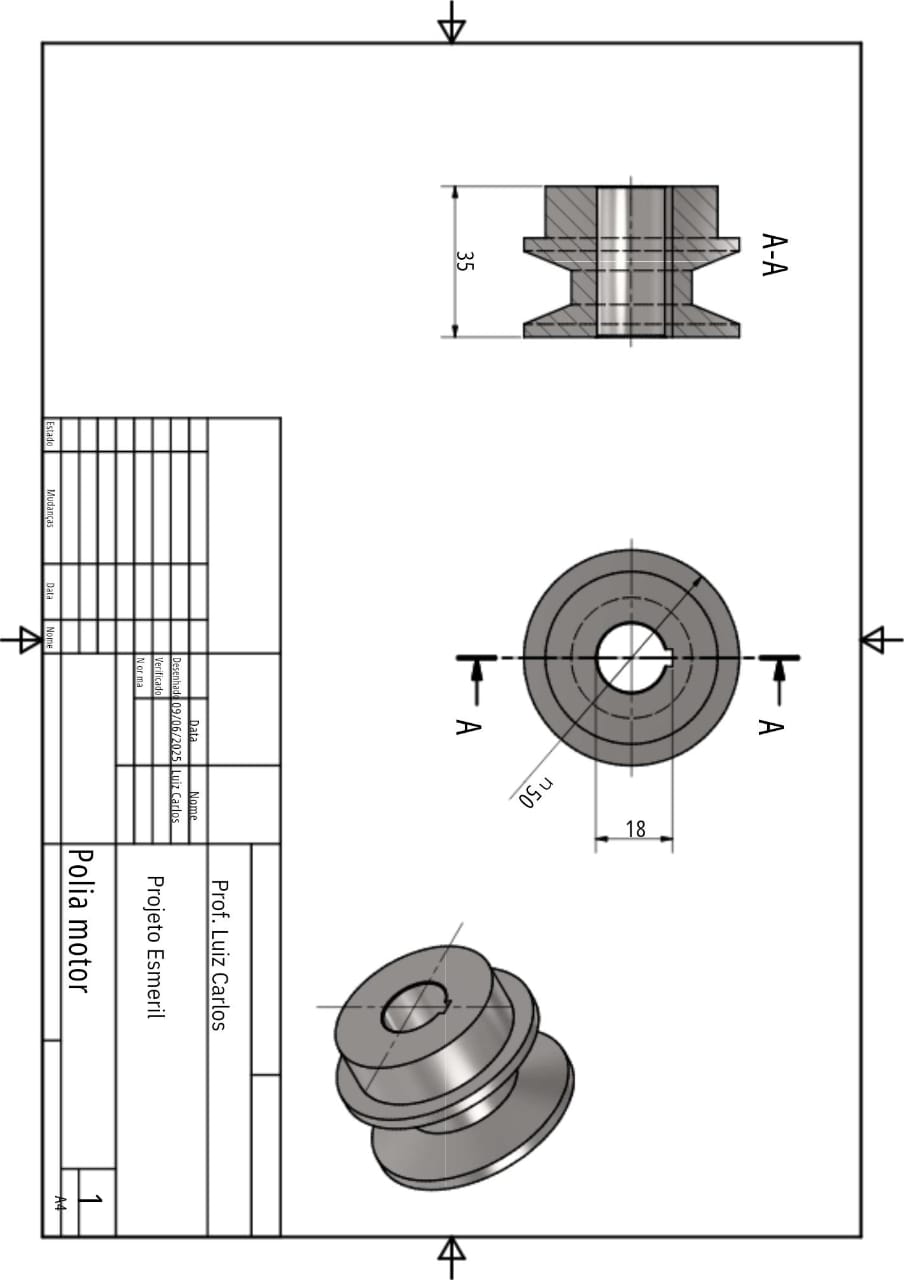
# **APÊNDICE 5- MOTOR**



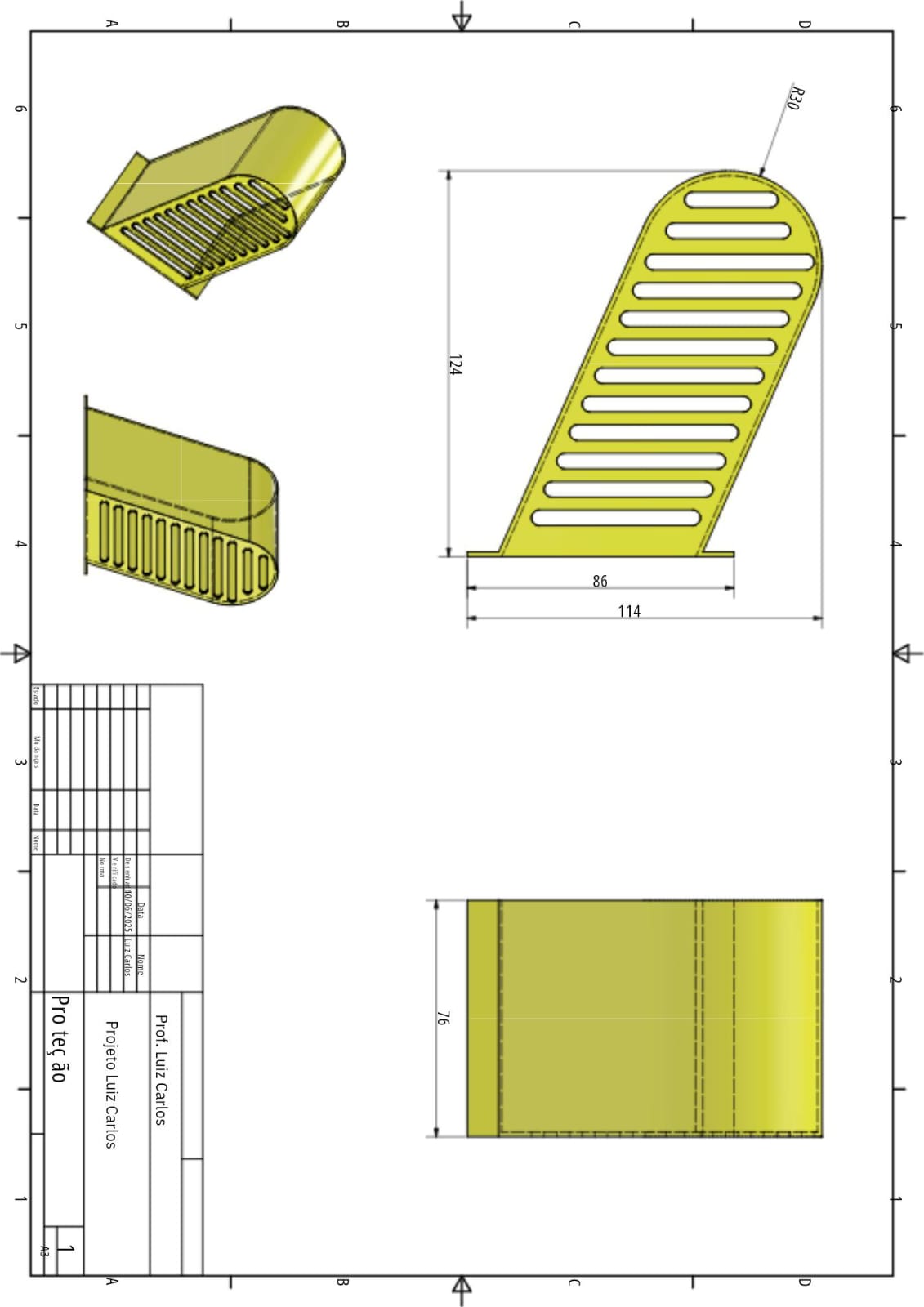
# **APÊNDICE 6 - PERSPECTIVA MONTAGEM**



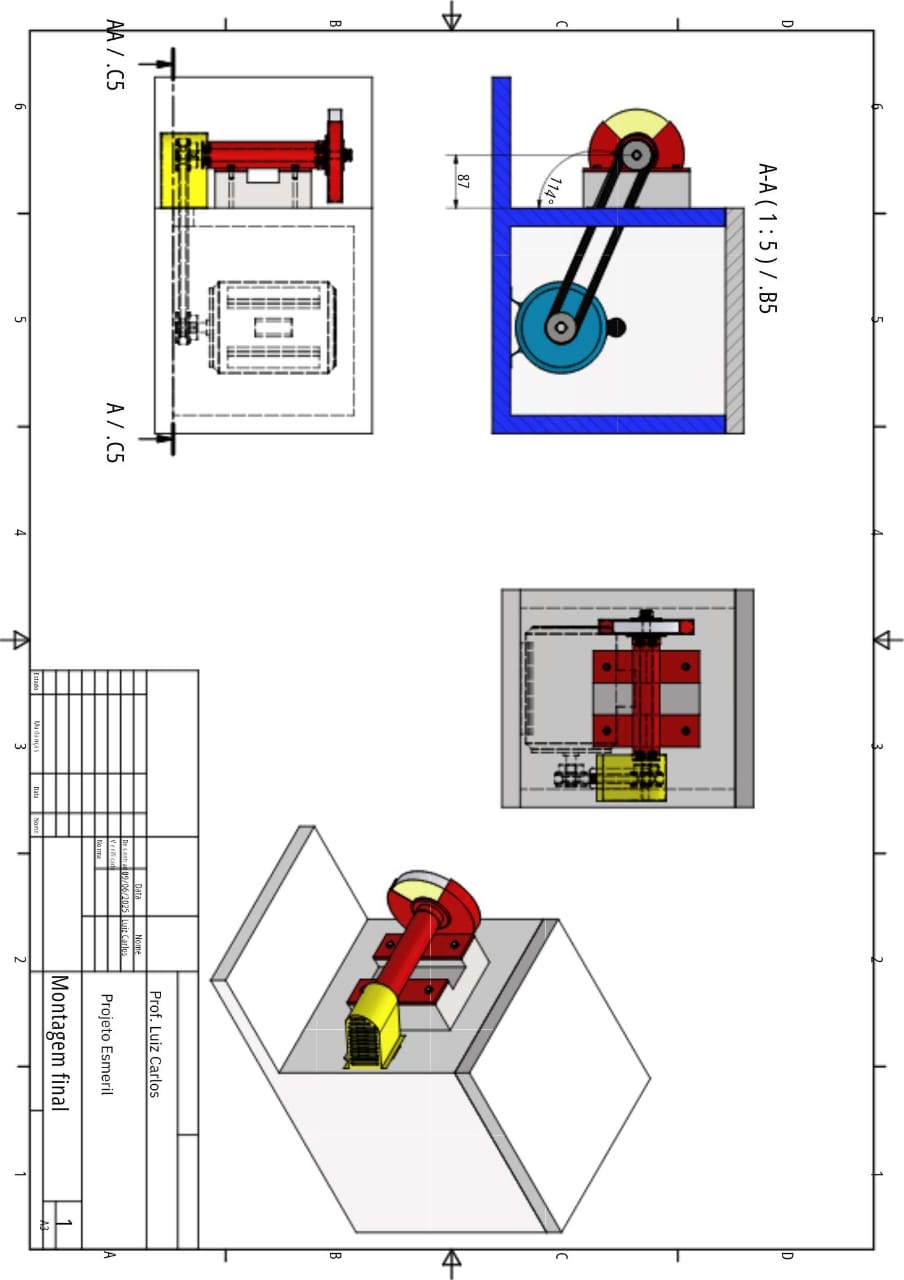
# **APÊNDICE 7 - POLIA DO MOTOR**



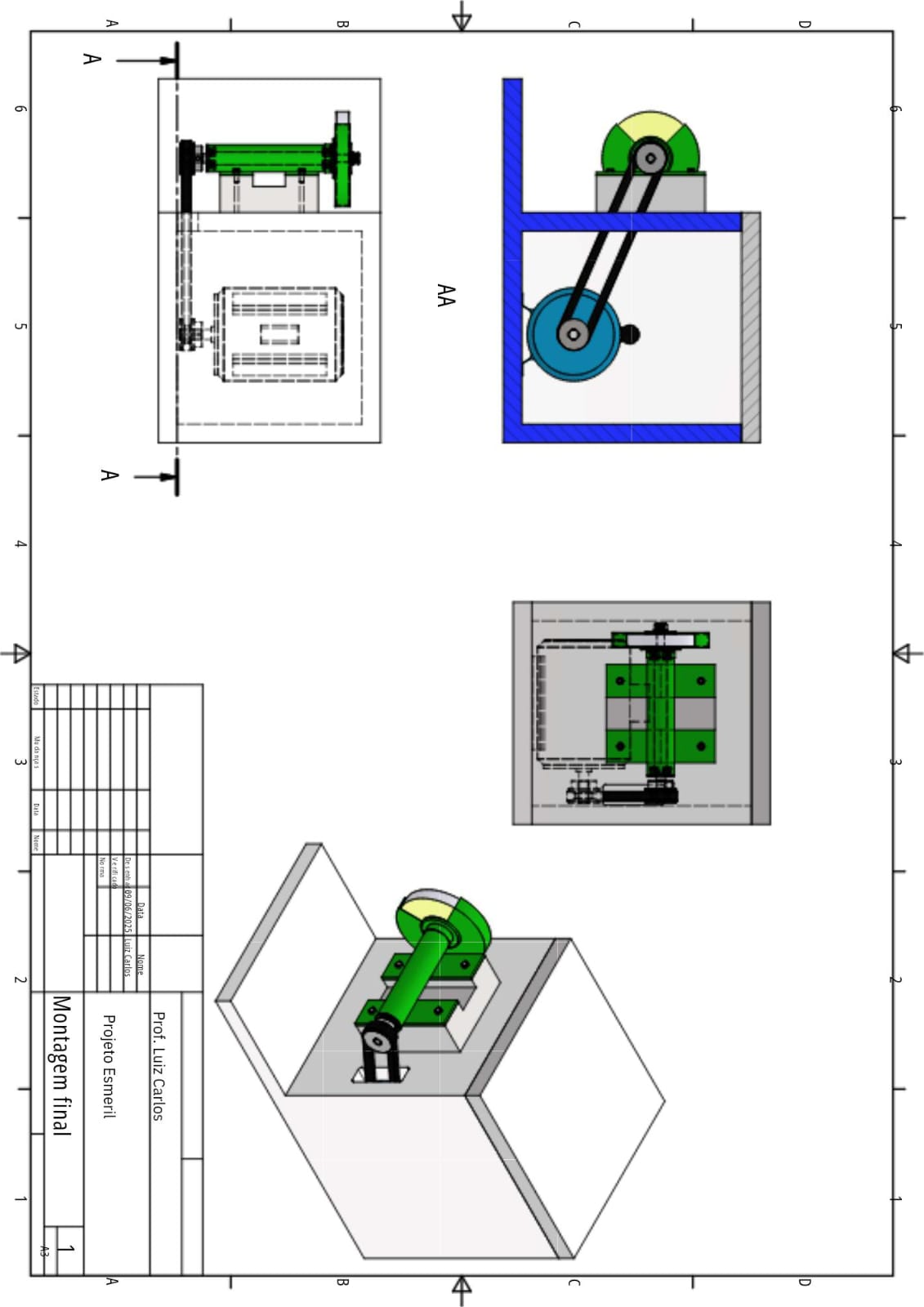
# **APÊNDICE 8 - PROTEÇÃO CORREIA**



# **APÊNDICE 9 - VISTA DA MONTAGEM 1**



# **APÊNDICE 10 - VISTA DA MONTAGEM 2**



# REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15530:2007 – Máquinasferramenta – Esmeriladoras – Requisitos de segurança. Rio de Janeiro, 2007.

CALLISTER, William D. Fundamentos da ciência e engenharia dos materiais. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

FERREIRA, Newton. História dos materiais abrasivos: do esmeril natural à cerâmica abrasiva. São Paulo: Editora Técnica Industrial, 2011.

KEMP, Barry J. O Egito Antigo: uma introdução à sua história e cultura. São Paulo: Artmed, 2006.

SILVA, João Carlos da. Operações com ferramentas abrasivas: fundamentos e aplicações. São Paulo: Mecatrônica Editora, 2013.

SINGER, Charles; HOLMYARD, E. J.; HALL, A. R.; WILLIAMS, Trevor. Uma história da tecnologia: das origens à era clássica. São Paulo: Edgard Blücher, 2009.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Minerals Yearbook – Abrasives. Washington,

D.C.: U.S. Department of the Interior, 1987.

ABNT. NBR 15530:2007 – Segurança em máquinas abrasivas com rebolos. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007.

BRASIL. NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Ministério do Trabalho, 2010.

CALLISTER, W. D. Fundamentos da Ciência e Engenharia dos Materiais. LTC, 2007.

FERREIRA, A. J. M. Tecnologia dos Materiais. São Paulo: Érica, 2011.

SILVA, J. P. da. Princípios de Manutenção Mecânica. 2. ed. São Paulo: SENAI-SP, 2013.

SINGER, C. et al. Uma História da Tecnologia. São Paulo: Editora Unesp, 2009.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora NR-12: Segurança no

Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Disponível em: https://www.gov.br

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora NR-6: Equipamentos de Proteção Individual.

ABNT. NBR 16360:2015 – Vestimentas de proteção contra calor e chamas.

ABNT. NBR ISO 16321-1:2021 – Equipamentos de proteção ocular e facial.

ABNT. NBR 16076:2021 – Protetores auditivos.

CALLISTER, W. D. *Fundamentos da Ciência e Engenharia dos Materiais*. 8ª ed. Rio de Janeiro:

LTC, 2007.