



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO –  
Engenharia Mecânica  
Disciplina MEC041 - Trabalho Final de  
Graduação II**



---

## **PROJETO DE UMA POLITRIZ INDUSTRIAL DE BANCADA**

**Autor – Eduardo da Silva Vieira**

e-mail: 168430@upf.br

**Professor Orientador – Me. Jairo Machado**

e-mail: jairo@upf.br

**Comissão Examinadora– Me. Auro Cândido Marcolan, Dr. Marcio Walber**

### **RESUMO**

Diante do cenário atual da indústria onde há grande competitividade de mercado, a busca por ferramentas que tragam otimização nos processos de produção tem sido bastante procurada. Cada vez mais as empresas buscam meios de aumentar sua produtividade, e para isso máquinas e ferramentas eficientes são de extrema importância. Dessa forma este trabalho tem como objetivo desenvolver o projeto de uma politriz industrial, a fim de otimizar o processo de polimento das peças, facilitando o acabamento superficial e consequentemente dando um valor agregado ao produto. O projeto será executado seguindo a metodologia de projeto de Pahl e Beitz, onde são abordadas as etapas de planejamento, concepção, projeto e detalhamento, filtrando as que melhor atendem as necessidades do projeto do equipamento. Como resultado foi possível obter todas as informações necessárias para realizar o detalhamento dos componentes do equipamento tornando possível sua fabricação, juntamente com o levantamento estimado de custo para a fabricação, embora não tenha sido fabricado o protótipo do equipamento.

**Palavras-chave:** Polimento; Usinagem; Abrasivos; Projeto; Acabamento.

### **1 INTRODUÇÃO**

Em meio à grande necessidade das empresas em ser destaque na qualidade de seus produtos, tem sido bastante comum pelas indústrias a busca por métodos de melhoria em seus processos produtivos. Levando em consideração essa necessidade, aliado à um mercado consumidor bem rigoroso, faz-se necessário o uso de tecnologias para o desenvolvimento de ferramentas que facilitem a fabricação e garantam a eficiência em seus produtos.

Segundo Perez (1985) argumenta, o novo paradigma tecnológico tem como características a tendência em direção ao aumento da intensidade da informação, a mudança da produção em massa para processos de produção flexíveis e a mudança do foco na automação para o foco na sistematização. As empresas que desejam adequar-se a tal paradigma tecnológico necessitam organizar-se no sentido de aproveitar ao máximo o potencial, não somente de seus equipamentos e instalações, mas, principalmente, dos seus colaboradores, que são, de fato, os detentores do conhecimento

Desta forma verificou-se a possibilidade de se projetar um produto que facilitaria o processo de manufatura das empresas e consequentemente traria mais qualidade ao produto. O projeto da politriz industrial de bancada busca proporcionar ao mercado uma ferramenta

simples que opere de maneira ágil e prática e garanta uma efetividade nos processos de acabamento superficial e desbastes em peças de aço.

O produto deve ser desenvolvido seguindo uma metodologia de projeto, onde será esclarecida a tarefa e determinado os requisitos necessários para atender as principais funções do produto, e a partir disso será concebido o dimensionamento e detalhamento de seus componentes. Espera-se ter como resultado um projeto eficiente e de baixo custo, capaz de cumprir sua funcionabilidade e atender as necessidades do mercado consumidor.

### **1.1 Justificativa**

A justificativa deste trabalho baseia-se basicamente na necessidade de oferecer as indústrias um equipamento capaz de realizar de forma mecanizada o trabalho de desbaste e polimento em peças de aço, de modo a permitir um aumento na linha produtiva de modo facilitado, buscado-se projetar um equipamento com bom custo-benefício e que cumpra com suas funções.

### **1.2 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver o projeto de uma politriz industrial, com o intuito de facilitar o trabalho de polimento em peças de aço e proporcionar um ganho significativo de produtividade na indústria.

### **1.3 Objetivos específicos**

- Aplicar metodologias e etapas de projeto que proporcione um produto eficaz;
- Agilizar o processo de manufatura industrial com segurança e precisão;
- Desenvolver um equipamento capaz de nivelar superfícies irregulares em peças de aço contribuindo para o processo de usinagem.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Nesse capítulo é apresentada a fundamentação teórica referente ao projeto de uma politriz industrial de bancada. Onde serão abordadas as informações necessárias acerca do projeto, com o intuito de esclarecer a metodologia a ser seguida e as etapas de desenvolvimento.

### **2.1 Usinagem por Abrasão**

Diferentemente das operações executadas com arestas de geometria definida, na usinagem por abrasão o material da peça é removido por meio da ação de grãos abrasivos, os quais são partículas não-metálicas, extremamente duras, com arestas que apresentam forma e orientação irregular. Exemplos típicos de operações abrasivas são o lixamento, o polimento, a retificação, e a lapidação. A utilização de máquinas retificadoras industriais começou na década de 1860, inicialmente com a produção de peças para máquinas de costura, seguida de componentes para bicicletas (MALKIN, 1989).

Os resultados que podem ser obtidos por usinagem abrasiva variam desde as superfícies mais finas e rugosidades baixíssimas, com taxa de remoção de material muito pequena, até superfícies mais grosseiras, que acompanham rugosidades mais elevadas com alta taxa de remoção de material.

Os processos abrasivos têm duas características que os distinguem de outros processos de usinagem:

- devido ao fato de que a aresta de corte é bem pequena e uma quantidade grande dessas arestas podem realizar o corte simultaneamente, cortes muito finos são possíveis e rugosidades baixas com um controle dimensional mais preciso podem ser obtidas;
- além disso, as partículas abrasivas do rebolo são extremamente duras. Dessa forma, materiais muito duros, como aço endurecido, vidro, carbonetos e cerâmicos, podem ser usinados com poucas restrições.

Os processos abrasivos de usinagem são, hoje em dia, não apenas muito importantes nos processos de manufatura, senão essenciais. Muito dos nossos produtos modernos, tais como automóveis e veículos espaciais e aeronáuticos não seriam possíveis sem a utilização dos processos abrasivos (DEGARMO *et al.*, 1984).

### **2.1.1 Retificação**

A retificação é um processo de abrasão de dois corpos, ou seja, onde não existe o rolamento de grãos abrasivos entre as superfícies de contato da peça e da ferramenta abrasiva (MARINESCU *et al.*, 2013). A retificação possui diversas operações que garantem uma melhor tolerâncias dimensional e geométrica na peça final, que outros processos de usinagem não apresentam (MACHADO *et al.*, 2007).

### **2.1.2 Lapidação**

Na lapidação os abrasivos são inseridos entre a superfície da peça e o prato de lapidação, caracterizando-o como processo de abrasão de três corpos, aqui os grãos abrasivos são introduzidos entre a superfície da ferramenta e a superfície da peça a ser usinada, em geral eles estão suspensos em líquido ou cera, estando livres para rotação, deslizamento e colisão com as superfícies e com outros grãos. Uma vantagem é que durante esses movimentos, novas arestas de corte podem se formar, a desvantagem é o elevado número de trocas do prato e dos abrasivos por também estarem sujeitos ao desgaste (MARINESCU *et al.*, 2013).

### **2.1.3 Polimento**

Também é caracterizado como processo abrasivo de três corpos, e nele o processo de usinagem ocorre através de pressão aplicada nos abrasivos. A pressão aplicada, através de ferramentas específicas, limita a penetração dos grãos abrasivos e faz com que eles acompanhem os contornos da superfície que deve estar em seu formato final. O processo modifica a textura da peça, mas não promove modificação de sua forma (MARINESCU *et al.*, 2013).

O polimento é um processo fundamental para a qualidade final da peça ou ferramenta manufaturada. Assim, nessa etapa, a superfície da peça recebe um tratamento final, tornando-a mais ou menos ásperas, de acordo com as especificações do projeto de usinagem. O acabamento superficial obtido por meio do polimento depende essencialmente de fatores como:

- Técnicas de polimento;
- Características do aço;
- Tratamento térmico;
- Áreas soldadas.

## 2.2 Norma Regulamentadora NR-12

É de fundamental importância o conhecimento das normas técnicas de segurança para se projetar e/ou construir novas máquinas. Existem Normas do tipo A, B e C, classificadas conforme Normas Europeias-EN e Normas Brasileiras-NBR, que seguem a hierarquia ilustrada na Figura 1. As Normas do tipo C têm prioridade e geralmente citam Normas A e B.

Figura 1 – Normas de Segurança



Fonte: Seminário Nacional NR-12 (2011).

Segundo (MORAES, 2011), a NR-12 define as referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para prevenção de acidentes e doenças do trabalho em todas as fases de projeto, de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos.

As disposições da Norma Regulamentadora NR-12 referem-se às máquinas e equipamentos novos e usados, exceto nos itens em que houver menção específica quanto à sua aplicabilidade.

## 2.3 Materiais Abrasivos

Um material abrasivo é aquele que pode cortar, raspar ou desgastar outros materiais ou substâncias. Durante séculos, os materiais abrasivos eram apenas aqueles encontrados na natureza, porém o recente desenvolvimento de abrasivos permitiu que os processos abrasivos conferissem uma melhor exatidão aos processos de manufatura (DEGARMO *et al.*, 1984).

Dentre os principais materiais abrasivos empregados industrialmente destacam-se o óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ), o carboneto de silício ( $SiC$ ), o diamante e o nitreto cúbico de boro (cBN). Os dois primeiros são considerados abrasivos convencionais, ao passo que os dois últimos são chamados superabrasivos. O Quando 1 apresenta algumas propriedades e as principais aplicações desses abrasivos (MALKIN, 1989). Observa-se que o óxido de alumínio e o cBN podem ser utilizados nas mesmas situações, da mesma forma que o carboneto de silício e o diamante.

Quadro 1 – Propriedades e aplicações de materiais abrasivos.

Abrasivo	Estrutura Cristalina	Dureza Knoop (kgf/mm <sup>2</sup> )	Condutividade Térmica relativa	Estabilidade Térmica (°C)	Afinidade química	Recomendado para:
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Hexagonal	2100	1	1750	Cerâmicas, óxidos, vidros, rocha	Aços em geral, aço rápido, aços temperados e cementados, aços inoxidáveis e ligas aeronáuticas
cBN	Cúbica	4700	35-120	1400	Nenhuma	Aços temperados, ligas aeronáuticas, ferrosos de alta dureza
SiC	Hexagonal	2400	10	1500	Materiais que assimilam carbono	Não-metálicos, vidro, ferros fundidos, carboneto de tungstênio
Diamante	Cúbica	8000	100-350	800	Materiais que assimilam carbono	Cerâmicas duras, não-metálicos, não-ferrosos, metal duro brasado

Fonte: Adaptado de Malkin, 1989.

### 2.3.1 Grãos Abrasivos

O tamanho médio dos grãos abrasivos é o principal responsável pela rugosidade da peça, cujos valores típicos de Ra variam de 0,15 a 2,5 µm, isto é, quanto menor o tamanho do abrasivo, menor será a rugosidade da superfície retificada (altas velocidades do rebolo e baixas velocidades da peça também contribuem para redução da rugosidade da peça). Dois processos de separação e classificação de abrasivos são normalmente utilizados (SALMON, 1992): grãos abrasivos com tamanho entre 8 e 220 são separados por sucessivos peneiramentos, ao passo que abrasivo de tamanho inferior são separados por flotação, ou seja, os abrasivos são adicionados a água e após períodos pré-estabelecidos os abrasivos que sedimentaram são recolhidos (quanto mais longo o tempo necessário para sedimentação, menor será a granulometria do abrasivo recolhido). No caso do peneiramento, o tamanho médio do abrasivo é de cerca de 60% da distância entre dois fios adjacentes da última malha pelo qual ele passou (MALKIN, 1989).

### 2.4 Transmissão por Correias

Segundo (BUDYNAS *et al.*, 2016), correias ou elementos de máquinas flexíveis são utilizados em sistemas de transporte e na transmissão de potência sobre distancias

comparativamente grandes. Geralmente são utilizados esses elementos como substitutos de engrenagens, eixos, mancais ou outros dispositivos relativamente rígidos de transmissão de potência. Em muitos casos, seu uso simplifica o projeto de uma máquina e reduz o custo.

#### 2.4.1 Transmissão por Correias Planas

A transmissão por correias planas consiste em um núcleo elástico forte circundado por um elastômetro, e apresentam vantagens sobre transmissões por engrenagens ou por correias em V. Uma transmissão por correia plana tem eficiência de cerca de 98%, o que é aproximadamente a mesma que a da transmissão por engrenagem. Transmissão por correia plana produzem muito pouco ruído e absorvem mais vibração torcional do sistema do que correias em V ou transmissões por engrenagem (BUDYNAS *et al.*, 2016).

Segundo (MELCONIAN, 2019), correias planas podem ser utilizadas em árvores paralelas ou reversas, tendo como seus valores máximos admitidos:

- Potência: 1600 KW (~2200cv)
- Rotação: 18000rpm
- Força tangencial: 5000kgf (~50KN)
- Velocidade tangencial: 90m/s
- Distância de centro a centro: 12m
- Relação de transmissão ideal: até 1:5
- Relação de transmissão máxima: 1:10

#### 2.4.2 Dimensionamento de Correias

Segundo (MELCONIAN, 2019), o dimensionamento de correias depende de alguns dados necessários para cálculo, como: tipo de motor, potência de motor, rotação, tipo de máquina, distância entre centros das polias e tempo de trabalho diário.

Inicialmente calcula-se a potência projetada conforme mostra a equação (1), onde:  $P_p$  corresponde à potência projetada,  $P_{motor}$  é a potência do motor e  $f_s$  é o fator de serviço, o

$$P_p = P_{motor} \cdot f_s \quad (1)$$

qual tem valor tabelado conforme o tipo de máquina e trabalho a ser realizado.

Com o valor de potência projetada calculado e conhecendo a rotação do motor, é possível classificar o tipo e perfil de correia desejado. Para definir os diâmetros da polia é necessário conhecer a potência e rotação do motor, e através de valores tabelados é possível encontrar o diâmetro da polia menor  $d$ , e com a equação (2) definir o diâmetro maior  $D$ , onde  $n_{maior}$  é a maior rotação da polia e  $n_{menor}$  a menor rotação.

$$D = d \cdot \frac{n_{maior}}{n_{menor}} \quad (2)$$

Com os diâmetros das polias calculados é possível através da equação (3) determinar a distância entre centros  $C$ .

$$C = \frac{3d + D}{2} \quad (3)$$

Para calcular um valor estimado do comprimento da correia utiliza-se a equação (4), e através de catálogos comerciais define-se a correia desejada.

$$l_c = 2C + 1,57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C} \quad (4)$$

Os valores calculados pelas equações acima, tanto para comprimento da correia, quanto para a distância entre centros são valores estimados, e as vezes podem não ser encontrados nos catálogos comerciais, e nem se adequar ao projeto, e para isso existem os cálculos de ajuste conforme mostram as equações (5) para ajuste de comprimento e (6) para ajuste de distância entre centros, que tem  $h$  como fator de correção com valor tabelado.

$$l_a = l_c - 1,57(D + d) \quad (5)$$

$$C_a = \frac{l_a - h(D - d)}{2} \quad (6)$$

Tabelas disponibilizadas por fabricantes apresentam valores de potências e fatores para cada tipo e perfil de correia, o que possibilita calcular a capacidade de transmissão por correia conforme mostra a equação (7).

$$P_{pc} = (P_b + P_a) \cdot f_{cc} \cdot f_{cac} \quad (7)$$

Onde respectivamente:  $P_{pc}$  é capacidade de transmissão de correia,  $P_b$  é a potência básica,  $P_a$  é a potência adicional,  $f_{cc}$  é o fator de correção do comprimento e  $f_{cac}$  é o fator de correção do arco de contato.

Quanto ao número de correias necessárias ao projeto, pode ser obtido por meio da equação (8).

$$N_c = \frac{P_p}{P_{pc}} \quad (8)$$

Para o cálculo de forças é necessário conhecer o torque da correia  $M_t$ , e assim

$$M_t = \frac{30P}{\pi \cdot n} \quad (9)$$

inicialmente calcular a força tangencial, conforme mostra as equações (9) e (10).

$$F_t = \frac{2M_t}{d} \quad (10)$$

Com a força tangencial definida através das polias, é possível calcular a força motriz  $F_1$  e força resistiva  $F_2$ , e dessa forma chegar na força resultante  $F$ , como mostra a equação (11).

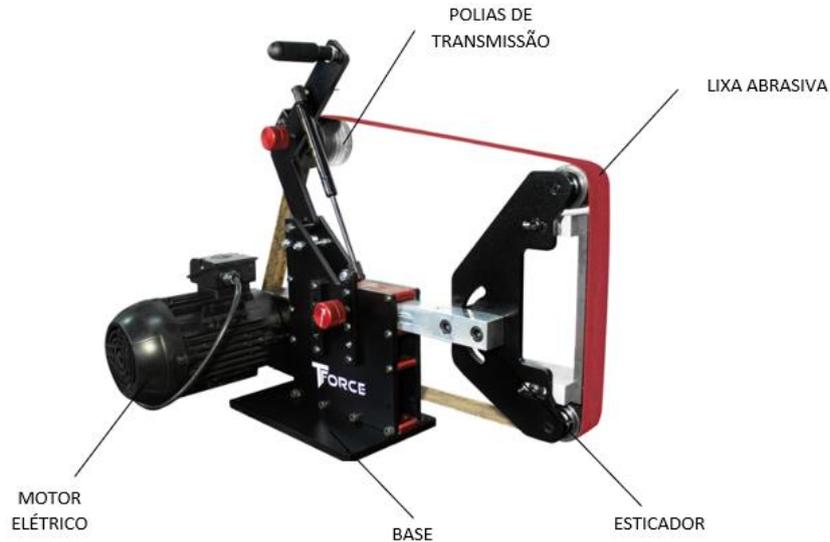
$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cdot [\cos\alpha]} \quad (11)$$

## 2.5 Modelos existentes no mercado

Ao realizar-se uma pesquisa de mercado para verificar a existência de produtos similares ao em desenvolvimento, verificou-se alguns modelos produzidos com o propósito de suprir as necessidades industriais. É o caso do equipamento desenvolvido pela marca Tforce, que foi nomeado como “Lixadeira de Cutelaria Profissional”. Trata-se de uma máquina com motor de

3cv, polia motora em ferro fundido com 125mm de diâmetro, polia do tracking com 85mm de diâmetro, encaixes para braço e acessórios, inversor para lixa, rolamentos de baixo atrito e isenta de vibrações. O modelo desenvolvido pode ser observado na Figura 2 a seguir:

Figura 2 – Lixadeira de Cutelaria Profissional Tforce.



Fonte: Adaptado de Tforce (2023).

Dentre outros modelos similares encontrados no mercado, está o desenvolvido pela marca Vonder, que apresenta o equipamento denominado “Motoesmeril e Lixadeira de Cinta”, partindo da ideia de combinar duas funções de desbaste em apenas uma máquina. Conforme mostra a Figura 3, a máquina conta com motor de  $\frac{1}{2}$  cv, potência de 370W e rotação de 3450/min, além de possuir visor de proteção no lado do rebole, manípulo tensionador da lixa, interruptor magnético, bases de apoio para peças e ainda lâmpadas de iluminação para melhor visualização.

Figura 3 – Motoesmeril e Lixadeira de Cinta Vonder.



Fonte: Vonder (2023).

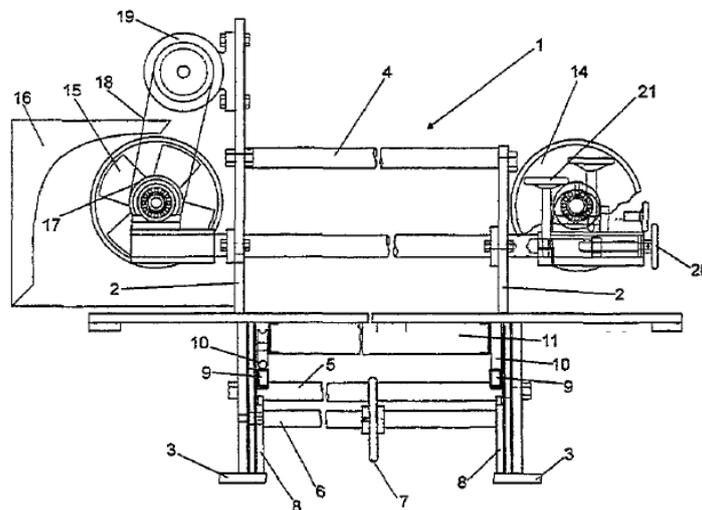
## 2.6 Patentes existentes

A busca por patentes existentes no mercado é de suma importância no desenvolvimento de um projeto, pois faz-se necessário a proteção dos direitos de terceiros, evitando utilizar-se dos mesmos princípios de funcionamento do produto sem a devida autorização. Dessa forma foi realizada uma consulta ao banco de dados do INPI, órgão responsável por conceder direitos sobre inventos de pessoas físicas e jurídicas.

Ao realizar a busca pelos termos “politriz” e “lixadeira de bancada” foram encontrados apenas dezoito resultados de patentes, sendo a maioria acessórios ou adaptações para produtos já existentes, no entanto os mais similares serão destacados na sequência.

A primeira patente encontrada com similaridade ao produto em desenvolvimento foi a invenção de (FRIGO, 2000), onde ele denominou sua máquina como “Politriz e Lixadeira de Bancada” mostrada na Figura 4.

Figura 4 – Politriz e Lixadeira de Bancada.



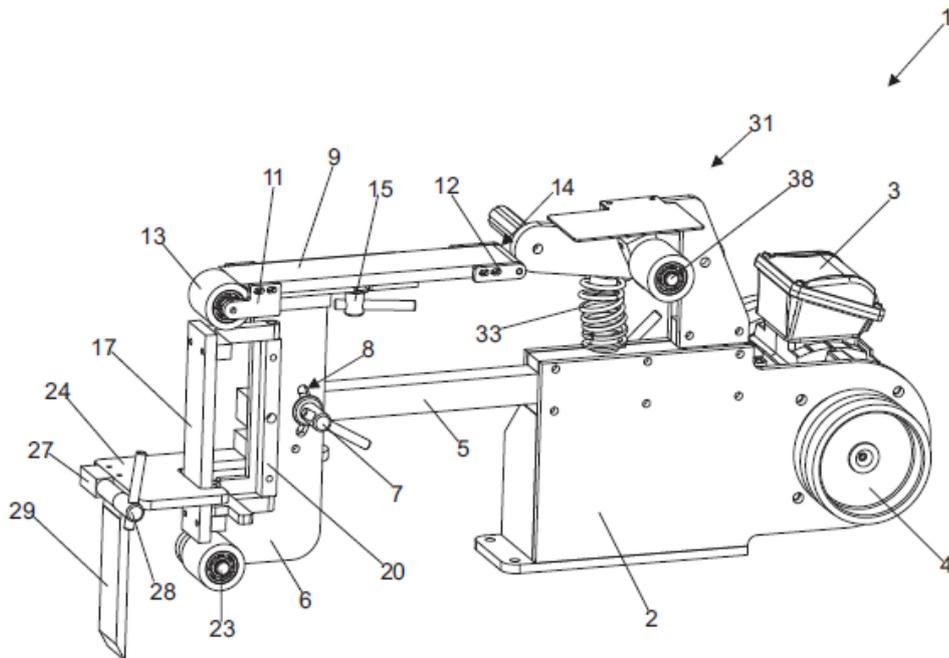
Fonte: (FRIGO, 2000).

É possível identificar que o equipamento de (FRIGO, 2000) é compreendido por um corpo principal (1), cujas laterais (2) apresentam inferiormente sapatas de assentamento (3), e são espaçadas por barras de sustentação superiores (4) e inferiores (5), estas ladeadas por um eixo de ajuste vertical (6), que é provido de um volante manipulador (7), e extremado por cames (8), que estabelece contato com réguas guias (9), sobre as quais verifica-se roldanas (10), pertencentes a uma mesa deslizante (11), que se desloca para frente e para trás paralelamente com os canais de percurso (12), dispostos nas laterais (2) da máquina, cujas faces externas incorporam rolo de arraste envolvidos por uma cinta de lixa (13), sendo um rolo movido (14) e outro motor (15), estes cobertos por carenagem protetora (16) e ligados em polias (17) que por meio de correias (18), estão ligadas em um motor elétrico (19), sendo que o rolo movido (14) dispõe de ajuste longitudinal que por meio de manipuladores (20) permite sua aproximação e distanciamento do rolo motor (15), ficando o rolo movido (14) fixado pelo manipulador (21).

A patente em questão encontra-se expirada, pois conforme legislação já atingiu 20 anos de invenção e passa ser de domínio público, ficando o inventor sem direitos sobre ela.

Outra patente encontrada foi a do inventor (BERARDO *et al.*, 2021), que criou um equipamento denominado “Lixadeira de Cinta com mesa Vertical e Horizontal deslocáveis e Alinhamento Angular”, conforme apresenta a Figura 5.

Figura 5- Lixadeira de Cinta com mesa Vertical e Horizontal deslocáveis e Alinhamento Angular.



Fonte: BERARDO *et al.*, (2021).

Conforme a figura, é possível identificar que o equipamento consiste de uma base (2) deriva um braço fixo horizontal (5) em cuja extremidade existe um suporte “L” (6) com uma mesa vertical (17) rebatível com trava (21) auto retrátil, uma mesa 90° (24) com platibanda (31) angular bem como uma mesa horizontal (9) removível por meio de engate rápido (15) tipo parafuso e alavanca e roletes de diâmetros distintos (13, 14), 50mm e 16mm, ao passo que de uma torre (33) da mesma base (2) um segundo braço (34) assentado em mola (33), uma dobradiça excêntrica (36) permite o ajuste transversal da lixa.

Segundo (BERARDO *et al.*, 2021), as lixadeiras de cinta utilizadas no setor de cutelaria até o momento não são capazes de suprir, por si só, toda a demanda técnica necessária às etapas de fabricação dos produtos do segmento em apreço, sendo necessário a utilização de mais de um equipamento e, em algumas situações, mão de obra de diferentes habilidades. Neste contexto, novas tecnologias que venham otimizar o processo de fabricação de produtos de cutelaria e tornar mais simples e prático o trabalho do couteleiro são bem-vindas no segmento em questão.

Dentre as principais patentes encontradas destaca-se a de (BERARDO *et al.*, 2021), pois trata-se de uma invenção bastante recente de produto que proporcionou bastante atribuições tecnológicas à indústria couteleira.

Dessa forma tratando-se de uma patente ativa, o inventor tem os direitos reservados sobre a invenção, e conseqüentemente o desenvolvimento do projeto terá que partir de princípios de funcionamento diferentes, talvez sendo projetado de maneira mais enxuta e com menos complexibilidade, de modo a atender necessidades diferentes de mercado.

## 2.7 Metodologia de Projeto

O desenvolvimento do projeto de um produto consiste basicamente na análise de informações e na tomada de decisões, iniciando o desenvolvimento do trabalho geralmente por etapas mais qualitativas e ao longo do processo as informações vão tornando-se mais concretas (PAHL, *et al.*, 2005). A metodologia de projeto a ser usada se baseia em quatro etapas principais, as quais são apresentadas a seguir conforme o disposto por Pahl *et al.* (2005).

### 2.7.1 Planejamento e Esclarecimento da Tarefa

Junto à ideia de projetar um novo produto e suas necessidades, é necessário o levantamento de um conjunto de informações preliminares sobre ele. Dentre essas informações podem estar inclusas a situação de mercado, a funcionabilidade, os custos e as especificações básicas. Esse conjunto de informações devem ser analisados e a partir disso realizado o esclarecimento da tarefa.

No esclarecimento da tarefa é fundamental a elaboração da lista de requisitos pertinentes ao projeto. Os requisitos devem ser elaborados levando em consideração as necessidades do produto, as vontades do cliente, custos de produção e prazos para realização. Devem ser, ainda, classificados como “exigência” os que devem ser atendidos em qualquer hipótese, ou “desejo” aqueles que devem ser atendidos na medida do possível (PAHL, *et al.*, 2005).

### 2.7.2 Projeto Conceitual

Segundo Pahl *et al.* (2005) os métodos de concepção têm como objetivo buscar soluções inovadoras para o projeto, não escolhendo soluções convencionais às quais todos já estão acostumados. As principais tarefas a serem desenvolvidas são a identificação do problema principal, a elaboração da estrutura de funções, seleção de variantes de solução para cada subfunção encontrada e desenvolvimento de conceitos com base nas variantes escolhidas.

Na identificação do problema são apontadas as funções do produto e as condicionantes que devem ser levadas em conta na sua elaboração. Isso deve ser feito de maneira genérica, não apontando soluções já existentes e permitindo que soluções criativas sejam apontadas.

Para a elaboração da estrutura de funções, deve ser identificada a sua função global de forma genérica. A função global do produto pode, então, ser desdobrada em subfunções mais simples, as quais em conjunto irão exercer a função total do produto, facilitando a procura por soluções eficientes. As subfunções devem ser desdobradas levando em consideração os fluxos de energia, matéria e sinal entre elas.

Após a elaboração da estrutura de funcionamento, todas as subfunções devem ser listadas, e a cada uma delas devem ser atribuídos princípios de solução, formando-se o campo de soluções para o produto. Encontradas várias soluções para cada uma das subfunções, estas devem ser analisadas uma a uma e, com base na lista de requisitos, eliminadas as que não sejam praticáveis. As funções restantes devem ser combinadas em princípios de funcionamento, e cada um destes princípios passa por nova análise, levando em conta a compatibilidade das soluções escolhidas.

Os princípios de funcionamento escolhidos são materializados através do desenvolvimento de conceitos, onde são realizados cálculos preliminares, e são tomadas noções de espaço, massa e outras características do produto. Nesta etapa podem ser realizados ensaios preliminares com modelos do produto em desenvolvimento. São também realizadas consultas a bibliografias, bancos de patentes e mercado em busca de informações acerca de tecnologias objetivadas.

### 2.7.3 Anteprojeto

Para Pahl *et al.* (2005) esta é a etapa do projeto de um produto que parte da estrutura de funcionamento ou da solução básica e constrói de maneira clara e completa a estrutura do produto, segundo critérios técnicos e econômicos. Nesta etapa o projetista inicia com a concepção selecionada e dá prosseguimento sob vários processos, a fim de transformar em um layout definitivo do produto proposto, sendo que o mesmo deverá de qualquer forma satisfazer todos os requisitos técnicos e econômicos do projeto em questão.

O nível de detalhamento na definição do layout é bastante alto. A partir dela devem ser avaliados aspectos importantes, tais como durabilidade, possibilidade de uso e montagem e custos aproximados. O fluxo de informações nesta etapa é muito elevado e pode, em alguns casos, ser necessário ajuste nas etapas anteriores já realizadas, portanto se trata de um processo iterativo, ou seja, é necessário que os pontos fracos da solução sejam eliminados, para que possa ser possível chegar em uma etapa definitiva de projeto, onde será realizada a avaliação de fatores de montagem, durabilidade, possibilidade de produção e custo do equipamento (PAHL, *et al.*, 2005).

### 2.7.4 Detalhamento

Pahl *et al.* (2005) explica que no detalhamento são descritas de forma definitiva todas as características do produto. São definidas todas as características que no anteprojeto foram definidas de modo preliminar, tais como ajustes geométricos, rugosidade e materiais de construção. O detalhamento resulta em uma documentação completa do produto como desenhos técnicos, manuais de montagem e utilização e em um levantamento detalhado dos custos de sua produção. As duas principais atividades dessa etapa consistem na otimização dos princípios e otimização dos leiautes e formas.

Deste modo, com a abordagem dos assuntos dispostos nesse capítulo, foi descrito de forma clara todas as características acerca do projeto e das etapas do processo metodológico, tornando possível obter um referencial bastante sucinto para dar embasamento ao desenvolvimento do projeto em questão.

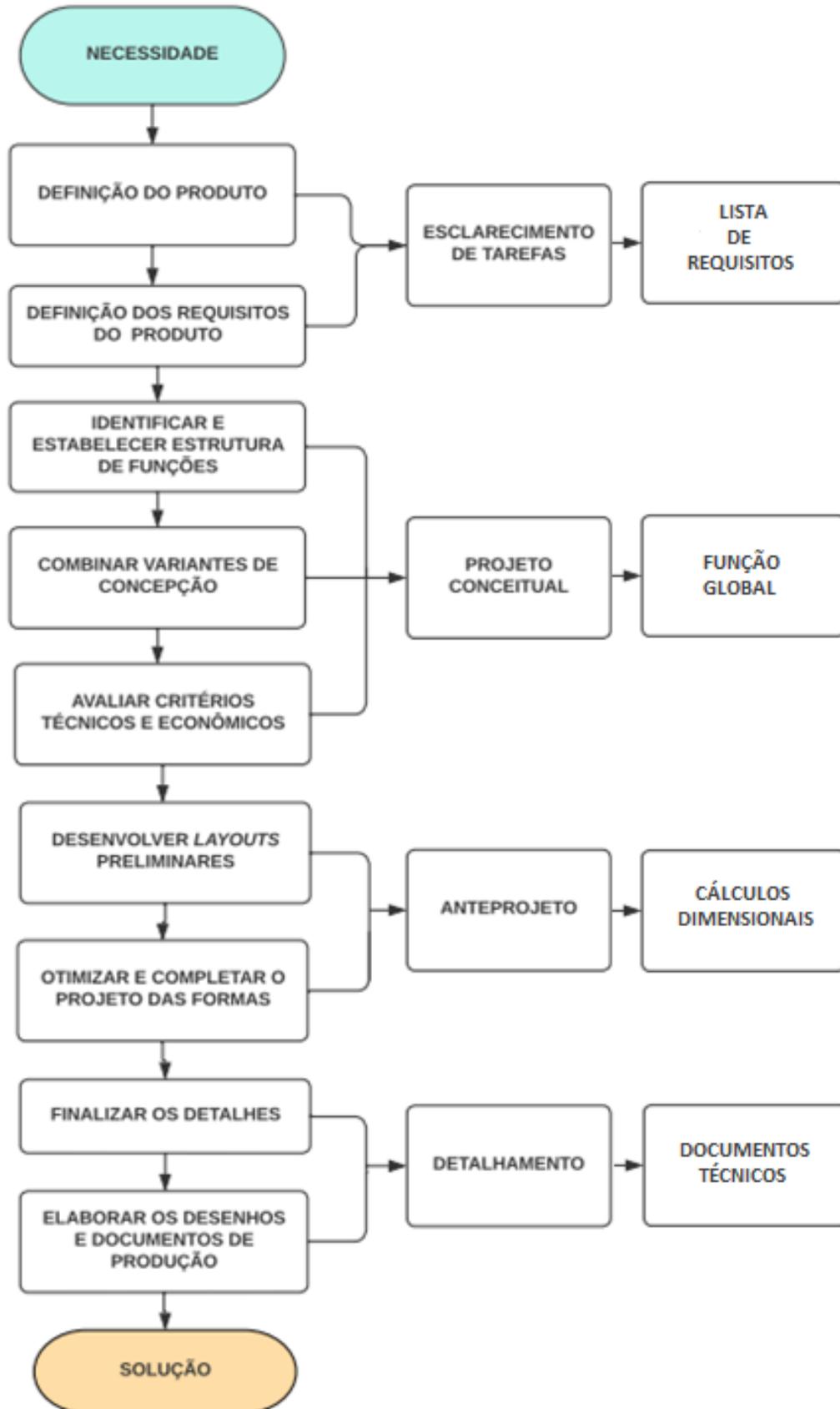
Com a finalização deste capítulo é possível concluir que politrizes são equipamentos fundamentais para auxiliar as indústrias em trabalhos de desbaste e acabamento de peças de aço. Os estudos e abordagens dos referidos tópicos possibilitaram introduzir e conhecer os principais assuntos para o entendimento do produto, e conseqüentemente promoveram o embasamento teórico necessário para realizar toda a etapa metodológica do projeto, possibilitando realizar desenvolver de forma eficaz e assertiva.

## 3 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

Neste capítulo serão apresentadas as etapas necessárias para o desenvolvimento do produto proposto. O desenvolvimento será baseado na metodologia de projeto apresentada na revisão bibliográfica e seguirá as suas etapas como forma de organização e planejamento, afim de garantir melhor entendimento sobre suas funções e garantir melhor formato de concepção do produto.

Seguindo a metodologia de projeto de Pahl *et al.* (2005), abordada na revisão bibliográfica, o projeto da politriz industrial de bancada será desenvolvido seguindo as quatro fases propostas, sendo elas: esclarecimento de tarefas, projeto conceitual, anteprojeto e detalhamento, conforme é apresentado no fluxograma disposto na Figura 6, onde é possível analisar todos os passos seguidos durante o desenvolvimento do projeto, desde sua definição inicial até chegar ao *layout* final e elaboração das documentações técnicas.

Figura 6- Fluxograma das etapas de desenvolvimento



A seguir, será apresentada as quatro etapas do desenvolvimento do projeto seguindo a metodologia de Pahl e Beitz, que é composta pelo esclarecimento da tarefa, projeto conceitual, anteprojecto e finalizando com a etapa de detalhamento.

### 3.1 Esclarecimento da Tarefa

Ao iniciar o desenvolvimento do produto, a tarefa deve ser esclarecida com todos seus detalhes, devendo ser coletada todas as informações pertinentes à etapa e responder de forma clara a seguinte questão: “Qual a função do produto em desenvolvimento?”.

O produto a ser desenvolvido, é uma máquina politriz de bancada, que tem como objetivo realizar funções de desbaste e acabamento em diferentes tipos de peças. Logo se espera que o equipamento tenha a capacidade de realizar acabamento, o que é sua função básica, e a partir disso é possível estabelecer características que o produto deve ou não possuir.

Tendo estabelecidas as funções do produto e as características que devem ou não possuir, é realizada a tarefa principal no esclarecimento de tarefas, que é a elaboração da lista de requisitos, a qual deve ser elaborada de forma organizada e contemplar o máximo de requisitos exigidos para o produto.

#### 3.1.1 Lista de Requisitos

A lista de requisitos apresentada no Quadro 2 foi desenvolvida com base na revisão bibliográfica e linha mestra proposta por Pahl *et al.* (2005), definindo-se alguns requisitos principais. Portanto, com base na lista de requisitos, as especificações para o desenvolvimento de produtos foram aprimoradas com base em instruções quantitativas. A demanda é dividida em itens de exigência (E) que devem ser atendidos sob qualquer hipótese, ou desejo (D) que por sua vez, não são indispensáveis e o não cumprimento do requisito não implicaria em um fracasso no desenvolvimento do produto.

Basicamente a lista está classificada em parâmetros como: geometria do produto, cinemática e força de trabalho, fonte de energia, métodos de segurança e ergonomia, materiais para fabricação, processos de produção, tipo de operação de trabalho e custo estimado. Dentro desses parâmetros associa-se requisitos que podem ser obrigatórios ou apenas desejáveis, mas que de maneira bem sucinta servirão para filtrar os métodos e especificações mais adequados para o produto de maneira otimizada. Desse modo, no desenvolvimento do projeto busca-se atender os requisitos que agora foram pré-estabelecidos de maneira efetiva, procurando manter o melhor *layout* para o produto final

Quadro 2 – Lista de requisitos para politriz industrial.

	Lista de requisitos para aprimorar o projeto de uma politriz industrial de bancada	
<b>Data de modificação</b>	<b>Desejo (D) Exigência (E)</b>	<b>Requisitos</b>
	D D D	1. <i>Geometria do dispositivo</i> Altura: 800mm Largura: 500mm Comprimento: 1200mm

Quadro 2 – Lista de requisitos para politriz industrial (continuação).

07/10/2022	D	2. <i>Cinemática</i> Movimento Circular
	D	Movimento Horizontal
	E	3. <i>Força</i> Força para acionar o sistema de transmissão
	E	4. <i>Energia</i> Elétrica: acionamento de motor
	E	5. <i>Material</i> Estrutura e componentes: aço ou FoFo
	E	6. <i>Segurança</i> Norma Regulamentadora NR-12
	E	<i>Ergonomia</i> Norma Regulamentadora NR-17
	D	7. <i>Produção</i> Estrutura soldada ou parafusada
	D	Componentes mecânicos acoplados com fixadores, encaixe ou soldas
	D	Peças obtidas através de processos de usinagem
E	8. <i>Operação</i> Realização de acabamento superficial	
D	9. <i>Custos</i> Custo máximo entre R\$1000,00 à R\$3000,00	

Fonte: Autor (2023).

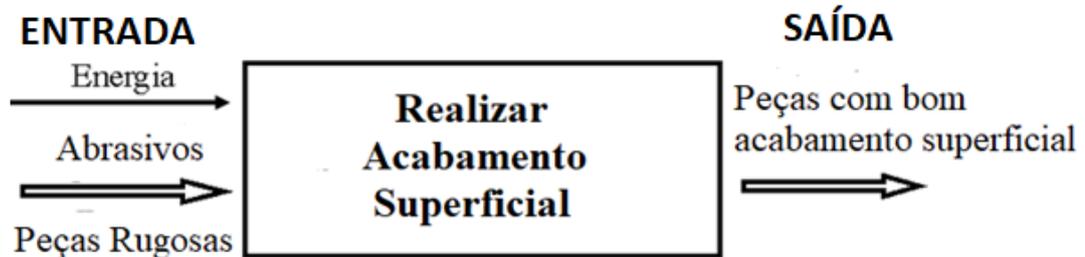
### 3.2 Projeto Conceitual

O projeto conceitual consiste na identificação do problema, onde busca-se o princípio da função adequada e sua integração na estrutura operacional. Como já dito, a função do equipamento é realizar acabamento superficial de peças, e as principais características já foram estabelecidas na lista de requisitos, tanto as que são indispensáveis quanto as que não são tão pertinentes.

Diante disso, o esclarecimento das tarefas já foi desenvolvido de forma qualitativa, e o próximo passo é analisar de que forma a tarefa será executada. Para isso a função do produto, também conhecida como função global, deverá ser desmembrada em subfunções menores e mais simples, de modo a considerar os fluxos de energia, matéria e sinal entre elas. A Figura 7.

apresenta de maneira clara a função global da politriz, destacando os fluxos de energia e matéria da mesma.

Figura 7- Função global da politriz industrial.



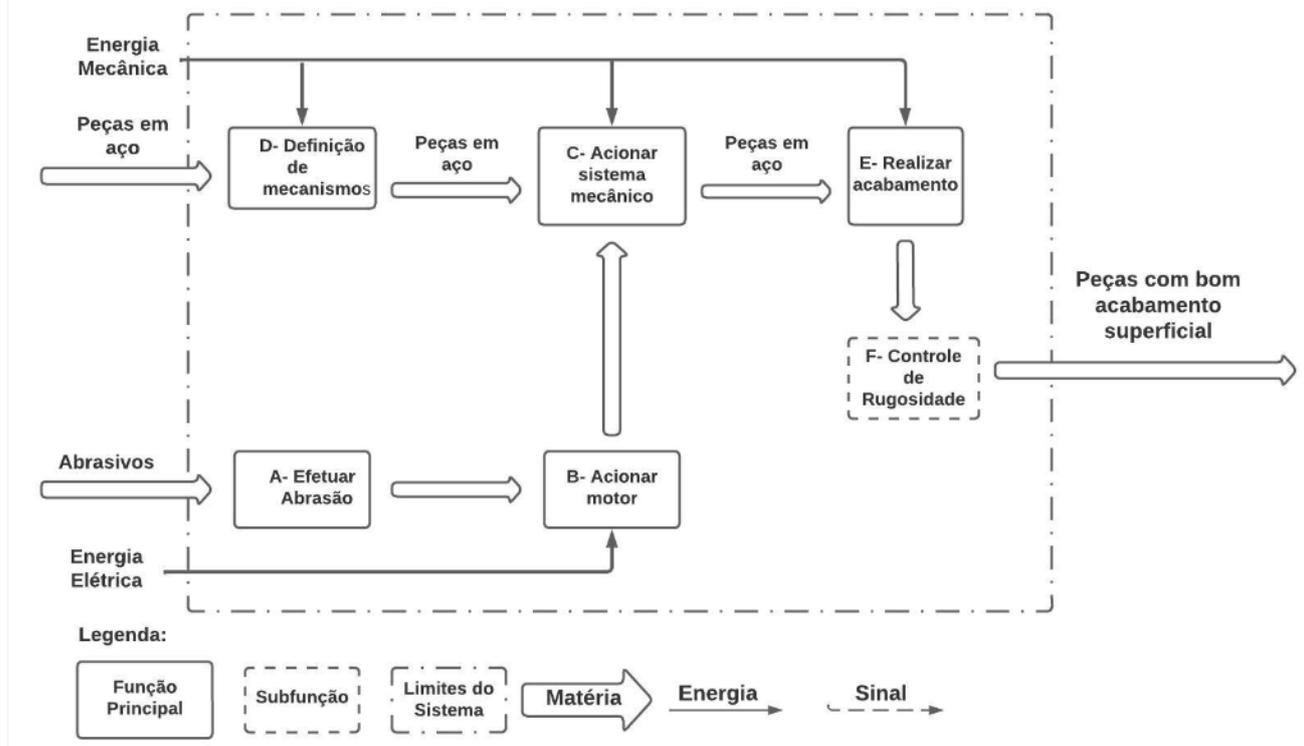
Fonte: Autor (2023).

É possível observar em destaque que a entrada de energia se sujeita à combinação de entrada de materiais abrasivos e de peças rugosas. A função total do produto resulta na saída de peças com bom acabamento superficial.

Para a definição das subfunções serão considerados agora, os fluxos de energia, matéria e sinal de cada subfunção da politriz. Na medida em que as funções vão se desdobrando, percebe-se novas funções e subfunções complementares a essas, o que obriga a revisão da estrutura de funcionamento. O desdobramento só pode se dar como acabado quanto todas as subfunções forem simples o bastante para não poderem mais serem divididas e o nível de desdobramento for suficiente para a busca de soluções para o produto.

Na Figura 8, é possível perceber os resultados dos desdobramentos realizados em cada função, assim como os fluxos entre subfunções.

Figura 8- Estrutura de Funções da Politriz.



Fonte: Autor (2023).

A função principal foi dividida em cinco funções principais, que são efetuar a abrasão, acionar o motor elétrico, acionar o sistema mecânico, definir os mecanismos e realizar acabamento superficial. Também foram desdobradas subfunções secundárias que no caso é realizar o controle de rugosidade, que pode contribuir para um melhor resultado.

Apesar de não se conhecer nenhuma informação concreta de como serão os mecanismos e a forma em que irão atuar, já se conhecesse as subfunções e os fluxos que ocorrem entre as mesmas, o que possibilita a busca de soluções que atendam cada uma delas.

Na busca por princípios de soluções, é importante buscar por novas medidas que supram a necessidade dentro do possível, de maneira que sejam evitadas formas prontas. As soluções propostas para cada função e subfunção podem ser vistas no Quadro 3.

Quadro 3 – Possíveis soluções para as funções.

Função		Solução			
		1	2	3	4
A	Efetuar abrasão	Rebolo abrasivo	Lixas abrasivas	Disco Flap	
B	Acionar motor	Chave Liga/desliga	Painel elétrico	Inversores	
C	Acionar sistema mecânico	Polia para correia dentada	Polia em “v”	Polia escalonada	
D	Definição de mecanismos	Correias em “v”	Correias planas	Correntes de transmissão	Correntes de transporte
E	Realizar acabamento	Polimento	Desbaste	Retificação	
F	Controle de rugosidade	Alta rugosidade	Baixa rugosidade		

Fonte: Autor (2023).

É possível observar que para cada função estabelecida para a politriz foram empregadas duas ou mais opções de soluções, as quais irão passar pelo processo de avaliação que servirá para determinar qual a melhor solução para a respectiva função do equipamento, visando selecionar de maneira mais assertiva os seus componentes e princípios de funcionamento, buscando-se atender os requisitos que antes foram pré-estabelecidos e consequentemente garantindo a integridade do projeto.

Algumas das soluções propostas podem parecer inviáveis, isso porque não foi levado em consideração critérios de avaliação na busca das soluções, o que também não significa que uma solução aparentemente inviável não pode ser uma boa solução para a função, o que pode ser desvendado somente com análises críticas em determinados critérios para chegar à uma conclusão sensata.

É possível observar no Quadro 4 as alternativas de soluções (AS), que tem como objetivo avaliar cada uma das soluções encontradas e reduzir o número de combinações das soluções para facilitar a escolha por uma que atenda aos critérios impostos ao produto.

Quadro 4 – Lista de seleção.

							Lista de seleção para politriz industrial	Folha: 1 Página: 1
As	Avaliar alternativas de solução (As) de acordo com critérios de seleção						Decidir	
	(+) Sim (-) Não (?) Escassez de informações						Simbologia das alternativas de solução:  (+) Prosseguir com a solução  (-) Descartar solução  (?) Reavaliar solução  (!) Verificar a lista de requisitos	
	As exigências da lista de requisitos foram atendidas?							
	Solução compatível com o produto?							
	Economicamente viável?							
	Realizável em princípio?							
	Solução favorecida?							
	Observações:							
A1	+	-	?	+	-	Solução incompatível		-
A2	+	+	+	+	+	Solução simples	+	
A3	+	-	?	-	-	Solução incompatível e inviável	-	
B1	+	+	+	+	+	Solução simples	+	
B2	+	-	?	-	-	Solução incompatível e inviável	-	
B3	+	+	?	-	-	Solução inviável	-	
C1	+	-	+	-	-	Solução incompatível	+	
C2	+	+	+	+	+	Solução viável	+	
C3	+	-	?	-	-	Solução incompatível	-	
D1	+	+	+	+	-	Verificar possibilidade	+	
D2	+	+	+	+	+	Solução viável	+	
D3	+	-	+	-	-	Solução incompatível	-	
D4	-	-	?	-	-	Solução incompatível	-	
E1	+	+	+	+	+	Solução favorável	+	
E2	+	+	+	+	+	Solução favorável	+	
E3	+	-	?	-	-	Solução não se aplica	-	
F1	-	+	?	+	-	Não atende os requisitos	!	
F2	+	+	+	+	+	Solução favorável	+	

Fonte: Autor (2023).

Com a realização da lista de soluções, várias das possíveis soluções foram eliminadas e o número de combinações foi reduzido, o que irá facilitar a próxima etapa do projeto com soluções mais assertivas de modo a evitar possíveis falhas.

A primeira função que é efetuar a abrasão, dispõe de três possíveis soluções, sendo que as duas que são o uso de rebolos abrasivos e discos flap serão descartadas por não serem compatíveis com o modelo de máquina projetado, restando a opção de utilizar lixas abrasivas.

Para a segunda função que é o acionamento do motor, as soluções são o uso de chaves liga/desliga, inversores ou então painéis elétricos, pensando em questão de custo que irá ser agregado ao projeto a opção que mais se destaca é a chave liga/desliga.

A função de acionamento do sistema mecânico conta com três diferentes tipos de polia como soluções, sendo elas escalonada, tipo em “v” ou correia dentada, a que melhor se adapta ao tipo de máquina do projeto é a tipo “v”, sendo as outras duas descartadas.

Tendo em vista o tipo de polia escolhido, a quarta função que é a definição de mecanismos de transmissão, também se adapta mais à escolha da solução de uso de correias em “v”, visto que as opções de utilização de correntes de transmissão, correntes de transporte e correias planas seriam incompatíveis.

A quinta função que seria realizar acabamento, refere-se ao tipo de trabalho que a máquina irá realizar, e com isso, três opções de soluções são apresentadas, sendo elas o polimento, o desbaste e a retificação de peças, dentre as três, a única solução descartada será a de realizar a retificação, pois o objetivo principal da máquina não é realizar esse tipo de operação.

Para a última função, a qual seria a realização do controle de rugosidade das peças, a alternativa de solução que mais se destaca é a de manter uma baixa rugosidade, com isto a função da máquina será efetivamente cumprida e o projeto terá sido realizado com êxito. Portanto para a avaliação das funções propostas e das soluções mais apropriadas para o projeto, deve-se combiná-las em princípios de funcionamento conforme mostra a Figura 9.

Figura 9- Possíveis combinações.

Função		Solução			
		1	2	3	4
A	Efetuar abrasão	Rebolo abrasivo	Lixas abrasivas	Disco Flap	
B	Acionar motor	Chave Liga/desliga	Painel elétrico	Inversores	
C	Acionar sistema mecânico	Polia para correia dentada	Polia em “v”	Polia escalonada	
D	Definição de mecanismos	Correias em “v”	Correias planas	Correntes de transmissão	Correntes de transporte
E	Realizar acabamento	Polimento	Desbaste	Retificação	
F	Controle de rugosidade	Alta rugosidade	Baixa rugosidade		

Combinação 1 - 

Combinação 3 - 

Combinação 2 - 

Combinação 4 - 

Fonte: Autor (2023).

Na figura é possível perceber em destaque as soluções selecionadas, bem como todas as opções de combinações possíveis para cada uma delas, de modo a eliminar as que são menos adequadas e facilitar os próximos passos do projeto, possibilitando o desenvolvimento e escolha de seus componentes sem que haja qualquer tipo de equívocos.

Como pode ser observado, o número de combinações possíveis foi consideravelmente reduzido por meio da seleção das soluções mais adequadas, as opções que restaram foram escolhidas a partir de critérios interessantes ao produto em desenvolvimento. De forma resumida as combinações possíveis são mostradas no Quadro 5.

Quadro 5 – Combinações realizadas.

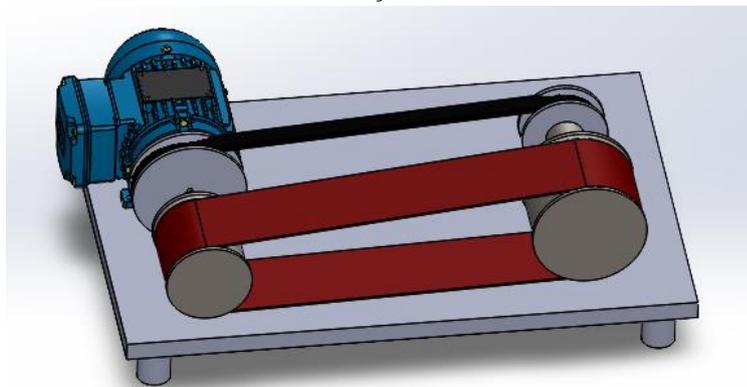
Função	Combinação 1	Combinação 2	Combinação 3	Combinação 4
Efetuar abrasão	<b>Lixas abrasivas</b>	Lixas abrasivas	Lixas abrasivas	Lixas abrasivas
Acionar motor	<b>Chave liga/desliga</b>	Chave liga/desliga	Chave liga/desliga	Chave liga/desliga
Acionar sistema mecânico	<b>Polias em “v”</b>	Polias em “v”	Polias em “v”	Polias em “v”
Definição de mecanismos	<b>Correias em “v”</b>	Correias em “v”	Correias planas	Correias planas
Realizar acabamento	<b>Polimento</b>	Desbaste	Polimento	Desbaste
Controle de rugosidade	<b>Baixa rugosidade</b>	Baixa rugosidade	Baixa rugosidade	Baixa rugosidade

Fonte: Autor (2023).

Como pode-se observar as combinações 1 e 2 são praticamente iguais, o que difere é apenas a operação de trabalho a ser realizada pela máquina, sendo ela o desbaste ou o polimento de peças. O mesmo acontece com as combinações 3 e 4, porém essas utilizam correias planas como mecanismo de transmissão, o que seria incompatível com as polias selecionadas devido elas serem do tipo em “v”.

Desta forma a combinação mais adequada para o tipo de produto a ser desenvolvido seria a combinação 1, pois apresenta compatibilidade entre suas soluções e respeita os critérios ideais do projeto. Com isso é possível analisar a partir da Figura 10 o conceito preliminar do projeto baseado na combinação escolhida.

Figura 10- Conceito básico baseado na combinação escolhida.



Fonte: Autor (2023).

### 3.3 Anteprojeto

Neste capítulo será desenvolvido a etapa do anteprojeto, onde serão incluídos no projeto do produto detalhes que até então não foram pensados. Será realizado o dimensionamento dos componentes de transmissão do produto e também a seleção de componentes comerciais, afim de refinar o layout final e liberar para o detalhamento.

À seguir serão demonstradas as etapas de cálculo e as considerações necessárias para obter-se a estrutura do produto e também o desenvolvimento e seleção das peças que o comporão.

#### 3.3.1 Dimensionamento dos Componentes de Transmissão

Com base nas pesquisas em equipamentos disponíveis no mercado e também seguindo a literatura utilizada e as recomendações de fabricantes, foram definidos alguns dados iniciais como mostra o Quadro 6.

Quadro 6 – Parâmetros para cálculo

Parâmetros	Valor
Diâmetro da polia maior	200 [mm] / 7,87 [in]
Diâmetro da polia menor	70 [mm] / 2,75 [in]
Potência do motor	2cv / 1,471 kW
Rotação Máxima	3445 rpm
Fator de Serviço	1,2

Fonte: Autor (2023).

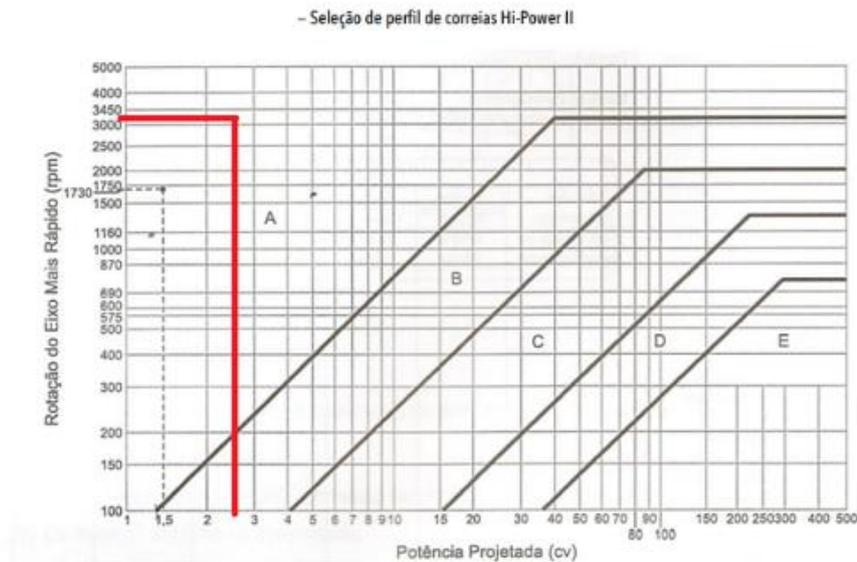
- Diâmetro da polia maior- Selecionado conforme velocidade requisitada por fabricantes de lixa;
- Diâmetro da polia menor- Definido à partir da tabela de relação entre potência do motor e rotação do eixo mais rápido conforme apresenta (MELCONIAN, 2019, p.64) onde determina-se diâmetros mínimos de **65mm** para correias perfil “A”,
- Potência do motor- Adotado conforme politrizes presentes no mercado;
- Rotação Máxima- Seguindo catálogo do motor selecionado;
- Fator de Serviço- Valor apresentado por (MELCONIAN, 2019, p.51), classificado para tipos de maquinas com eixos de transmissão e serviço periódico entre 3-5hrs diárias.

Com os parâmetros iniciais definidos, foi possível realizar a partir da equação (1) o cálculo da potência projetada como mostrado a seguir:

$$P_p = P_{motor} \cdot f_s = 2 \cdot 1,2 = \mathbf{2,4cv} \quad (1)$$

Com o valor da potência projetada definida e conhecendo rotação do eixo mais rápido que no caso é do motor, é possível segundo (MELCONIAN, 2019, p.52) definir o perfil da correia, no caso da politriz como podemos ver na Figura 11 a correia será de perfil “A” Hi-Power II

Figura 11- Seleção de perfis de correias Hi-Power II



Fonte: Adaptado de (MELCONIAN, 2019).

Conhecendo os parâmetros iniciais, é possível a partir da equação (2) determinar a rotação da polia menor.

$$200 = 70 \cdot \frac{3445}{n_{menor}} = n_{menor} = \mathbf{1205,75 \text{ rpm}} \quad (2)$$

Com os diâmetros das polias calculados é possível através da equação (3) determinar a distância entre centros  $C$ .

$$C = \frac{3d + D}{2} = \frac{3 \cdot 70 + 200}{2} = \mathbf{205 \text{ mm}} \quad (3)$$

Para calcular um valor estimado do comprimento da correia utiliza-se a equação (4), e através de catálogos comerciais define-se a correia desejada.

$$l_c = 2 \cdot 205 + 1,57(200 + 70) + \frac{(200 - 70)^2}{4 \cdot 205} = \mathbf{854,5 \text{ mm}} \quad (4)$$

Conforme mostra Figura 12 à seguir, o valor calculado para o comprimento da correia condiz com o catálogo de correias apresentado em (MELCONIAN, 2019, p.62), e fica definida a correia do tipo **Hi-Power II com perfil A-33**.

Figura 12- Comprimento das correias Hi-Power II

Perfil A		
Ref.	CIRCUNF. PITCH	
	Pol.	mm
A-26	27.3	695
27	28.3	720
31	32.3	820
32	33.3	845
<b>33</b>	<b>34.3</b>	<b>870</b>

Fonte: Adaptado de (MELCONIAN, 2019).

Como a distância entre centros foi pré-definida através da equação 3, deve-se ajustá-la através das equações (5) e (6), afim de garantir que haja o contato ideal com a correia selecionada.

$$la = 854,4 - 1,57(200 + 70) = \mathbf{430,5\ mm} \quad (5)$$

$$Ca = \frac{430,5 - 0,16(200 - 70)}{2} = \mathbf{204,85\ mm} \quad (6)$$

Com base nos valores apresentados no Quadro 7 a seguir, encontrados nas tabelas disponíveis em (MELCONIAN, 2019.) é possível aplicar as equações (7) e (8), descobrindo assim a capacidade de transmissão e o número de correias necessárias.

Quadro 7 – Parâmetros para cálculo

Parâmetros	Valor
Pb - Potência básica	1,24 [ CV ]
Pa – Potência adicional	0,67 [ CV ]
Fcc- Fator correção comp.	0,81
Fcac- Fator correção arc. cont	0,904

Fonte: Adaptado de (MELCONIAN, 2019).

$$Ppc = (1,24 + 0,67) \cdot 0,81 \cdot 0,904 = \mathbf{1,39\ CV} \quad (7)$$

$$Nc = \frac{2,4}{1,39} = \mathbf{1,7} \quad (8)$$

A partir desse resultado, a transmissão utilizará **duas correias A-33 Hi-Power II**.

Para o cálculo de forças é necessário conhecer o torque da correia  $Mt$ , e assim inicialmente calcular a força tangencial, conforme mostra as equações (9) e (10).

$$Mt = \frac{30.1471}{\pi \cdot 3445} = \mathbf{4,077\ N \cdot m} \quad (9)$$

$$Ft = \frac{2.4,077}{0,070} = \mathbf{116,48\ N} \quad (10)$$

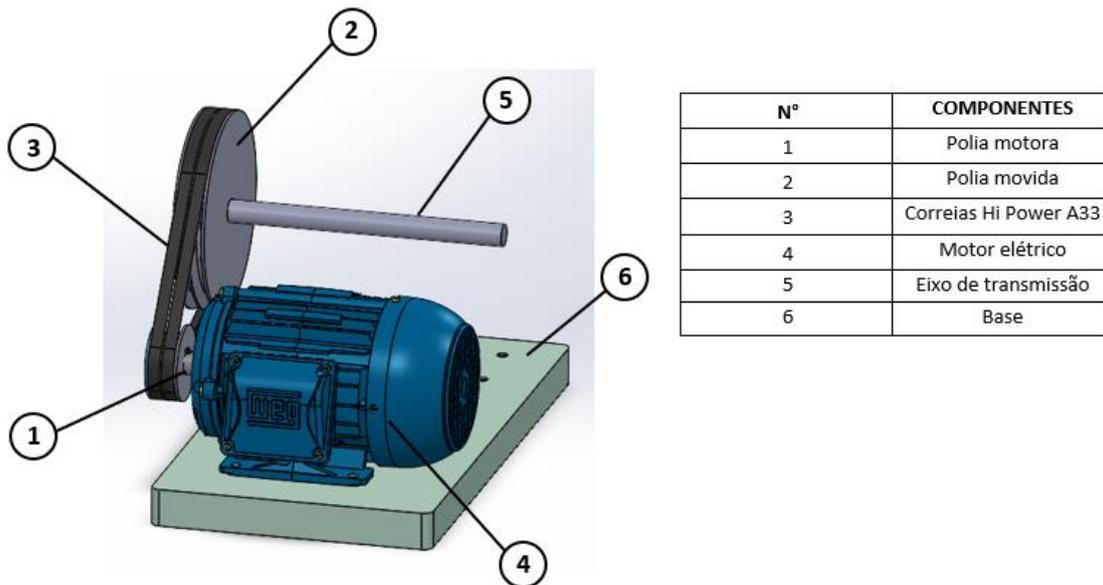
Utilizando coeficiente de atrito = 0,20 e ângulo de abraçamento de 143,2° que são definidos por tabelas em (MELCONIAN, 2019, p.86) e aplicando juntamente com a força

tangencial encontrada é possível definir  $F_1 = 296,08N$  e  $F_2 = 179,61N$ . Com esses esforços definidos é possível calcular a força resultante a partir da equação (11).

$$F = \sqrt{296,08^2 + 179,61^2 + 2 \cdot (296,08) \cdot (179,61) \cdot [\cos 143,2^\circ]} = 383,42N \quad (11)$$

Após a realização dos cálculos de dimensionamento dos componentes de transmissão foi possível realizar a modelagem do mesmo no software SolidWorks, a qual pode ser observada na Figura 13 a seguir.

Figura 13- Componentes de Transmissão



Fonte: Autor (2023).

### 3.3.2 Lixa Abrasiva

Consultando catálogos comerciais, o abrasivo escolhido para a politriz será composta por Costado de poliéster / algodão pesado, Óxido de Alumínio ou Zircônio e duas camadas de resina. A granulometria deve ser escolhida conforme o tipo de trabalho a ser realizado. De acordo com o catálogo da (Alpha Brasil, 2023) os roletes serão projetados para uma largura de cinta de 150mm pensando em proporcionar trabalho em peças de diferentes tamanhos, conforme mostra Figura 14.

Figura 14- Cinta de Lixa Abrasiva



Fonte: Alpha Brasil (2023).

### 3.3.3 Motor Elétrico

Após realização dos cálculos para dimensionamento com valores preliminares, buscou-se encontrar um modelo de motor que atendesse os resultados obtidos, dessa forma realizando uma pesquisa de mercado foi encontrado o modelo **W22 IR3 Premium** da WEG, o mesmo possui valores que condizem com o projetado e ainda garante fator de serviço de 1,25 e proteção contra peiras e jatos de água IP55 conforme podemos ver na Figura 15.

Figura 15- Motor selecionado

#### W22 IR3 Premium 2 cv 2P L80 3F 220/380 V 60 Hz IC411 - TFVE - B34D



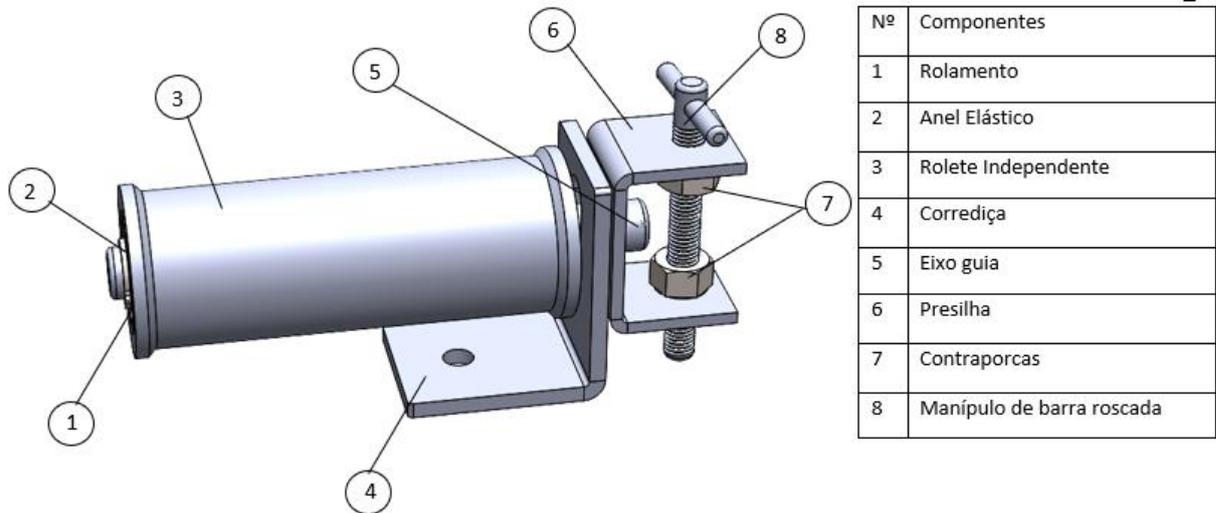
Carcaça	L80	Momento de inércia (J)	0.0010 kgm²
Potência	1.5 kW (2 HP-cv)	Categoria	N
Número de polos	2	Classe de isolamento	F
Frequência	60 Hz	Fator de serviço	1.25
Rotação nominal	3455 rpm	Elevação de temperatura	80 K
Escoressamento	4.03 %	Regime de serviço	S1
Tensão nominal	220/380 V	Método de partida	Partida direta
Corrente nominal	5.61/3.25 A	Temperatura ambiente	-20°C a +40°C
Corrente de partida	43.8/25.3 A	Altitude	1000 m
Ip/In	7.8	Grau de proteção	IP55
Corrente a vazio	3.00/1.74 A	Refrigeração	IC411 - TFVE
Conjugado nominal	0.423 kgfm	Forma construtiva	B34D
Conjugado de partida	375 %	Sentido de rotação¹	Ambos
Conjugado máximo	360 %	Nível de ruído²	62.0 dB(A)
Tempo de rotor bloqueado	21s (frio) 12s (quente)	Massa aproximada³	16.7 kg

Fonte: WEG (2023).

### 3.3.4 Regulador de Tensão

Como forma de ajustar e adequar o comprimento da cinta, foi desenvolvido um regulador de tensão para lixa, o mesmo funciona de forma independente e segue o mesmo modelo dos roletes fixos, porém este é guiado por um eixo, o qual é preso por um anel elástico e soldado em uma presilha, a qual trabalha em um sistema de contra porcas que permite a regulagem através de uma barra roscada. A Figura 16 apresenta de forma detalhada a modelagem do conjunto, mostrando todos seus componentes, de modo a esclarecer o funcionamento do sistema.

Figura 16- Detalhamento Regulador de Tensão

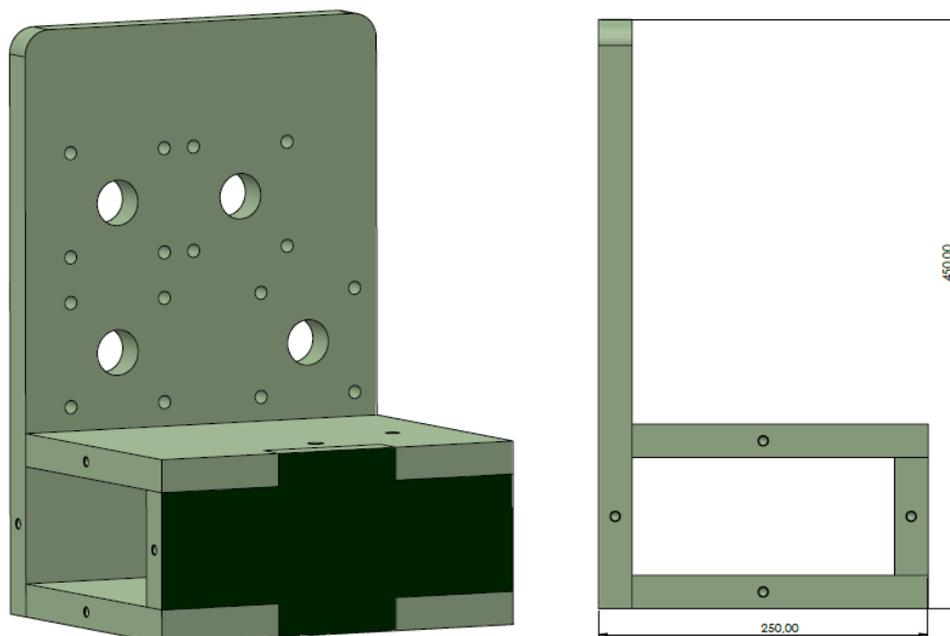


Fonte: Autor (2023).

### 3.3.5 Estrutura

Na projeção da estrutura do equipamento utilizou-se um conjunto soldado com chapas de espessura de uma polegada, que podem ter suas geometrias de forma definidas através do processo de corte a laser, já para a base do equipamento utilizou-se chapas de 2mm que pode ser fabricada também por processos de corte e dobra. A Figura 17 apresenta as dimensões modeladas do conjunto da torre estrutural.

Figura 17- Dimensões da Torre Estrutural



Fonte: Autor (2023).

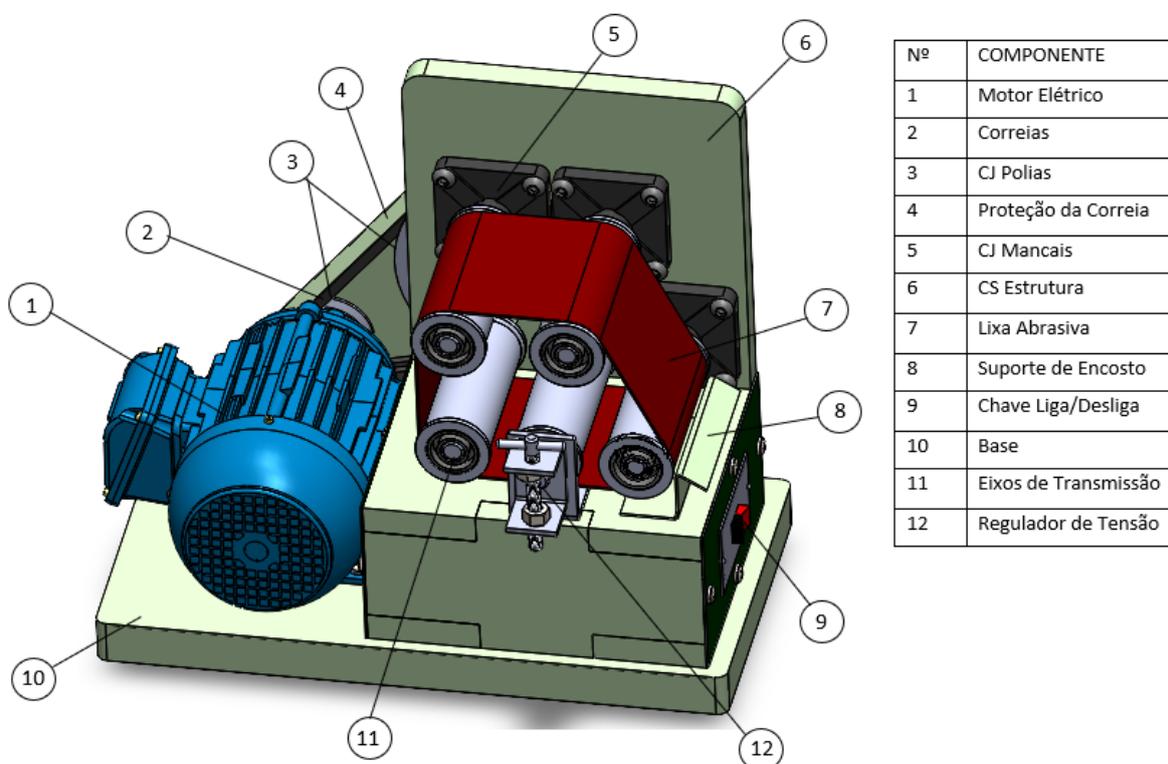
## 4 RESULTADOS

Neste capítulo será apresentado os resultados obtidos com o desenvolvimento do projeto. Dessa forma apresentando o projeto da politriz industrial de bancada em sua forma final, utilizando a modelagem 3D com o software SolidWorks para gerar as vistas isométricas, explodidas e detalhadas, que buscam auxiliar na percepção e entendimento do projeto, bem como contribuir na montagem final do equipamento.

### 4.1 Apresentação do Projeto

A seguir representado pela Figura 18 está a modelagem do equipamento em sua forma final, identificando seus principais componentes e a forma de funcionamento.

Figura 18- Modelamento 3D do equipamento em forma final



Fonte: Autor (2023).

Basicamente o motor (1) é acionado pela chave liga-desliga (9) e da partida ao sistema de transmissão, que é composto pelo conjunto de polias (3), pelas correias (2) e pelo eixo de transmissão (11). Esse sistema transmite movimento para os eixos auxiliares que estão fixados nos mancais (5) por meio de rolamentos e faz a rotação da lixa abrasiva (7). O equipamento ainda possui a proteção da correia (4) como forma de segurança e também o suporte de encosto para as peças (8). É possível regular a tensão da cinta à partir do regulador (12) de forma facilitada com o sistema de contra-porcás. O equipamento está amparado pelos conjuntos base (10) e estrutura (6).

#### 4.1.1 Detalhamento do Projeto

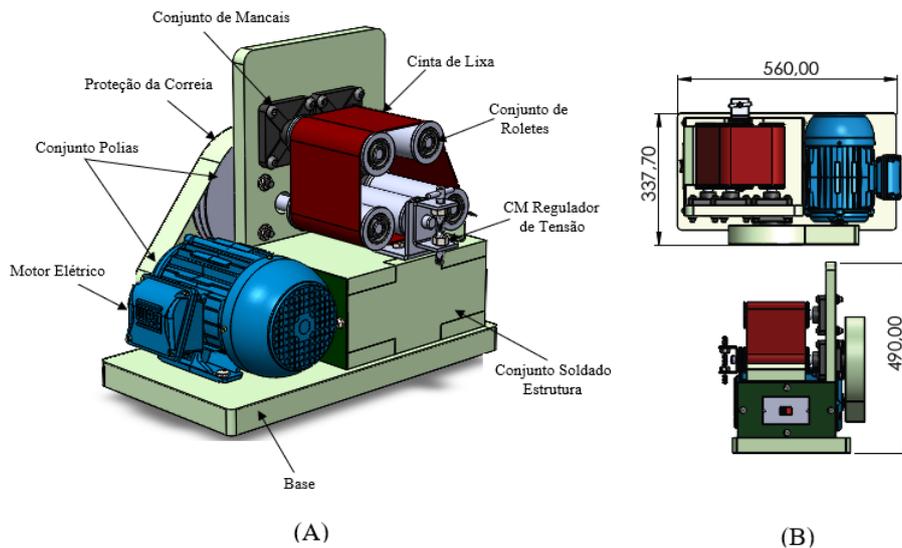
Conforme abordado na revisão bibliográfica, a fase 4 da metodologia de projeto é composta pelo detalhamento do projeto, apresentando o produto final de forma detalhada de

modo a facilitar o entendimento na fabricação do equipamento, sendo ela a última etapa para finalização do projeto.

O detalhamento resulta em uma documentação completa do produto como desenhos técnicos, manuais de montagem e utilização e em um levantamento detalhado dos custos de sua produção. As duas principais atividades dessa etapa consistem na otimização dos princípios e otimização dos leiautes e formas.

O modelo tridimensional do equipamento representado pela Figura 19 apresenta o produto e seus componente principais. O equipamento foi desenvolvido com recursos que buscam atender e suprir as necessidades do equipamento de realizar suas funções que em fases anteriores foram lhe impostas.

Figura 19- Conjuntos e geometria do equipamento

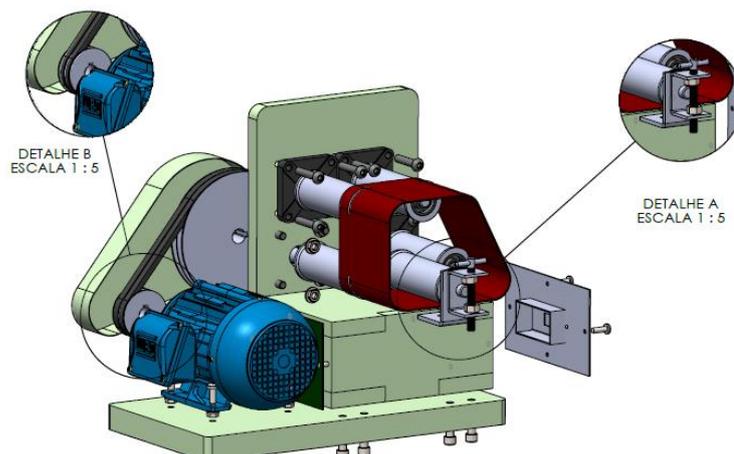


Fonte: Autor (2023).

Representado pela vista (A) está uma isométrica do equipamento, com todos os principais componentes classificados, possibilitando uma percepção melhor dos conjuntos e peças que formam o produto. No lado (B) é demonstrada uma vista lateral e uma superior do equipamento, que buscam esclarecer melhor as geometrias e dimensões principais do produto.

Com o objetivo de facilitar a montagem do equipamento a Figura 20 juntamente com o Anexo 1, apresentam uma vista explodida do equipamento com o auxílio de uma vista detalhe, buscando oferecer uma melhor facilidade de visualização e entendimento dos componentes.

Figura 20- Vista isométrica explodida do equipamento



Fonte: Autor (2023).

## 4.2 Avaliação de custos e viabilidade

A apuração de custos é um dos principais fatores que determina a viabilidade de um projeto novo. O custo de fabricação de qualquer produto, especialmente um projeto novo, deve sustentar a justificativa de sua confecção.

No projeto da politriz industrial de bancada existem diversos fatores que estão ligados ao custo de fabricação do equipamento, como materiais escolhidos para fabricação, qualidade do produto e segurança, de modo a garantir um bom custo-benefício.

Para a obtenção de uma estimativa do valor aproximado de fabricação do produto, foi desenvolvida uma análise de custos baseadas no custo de seus componentes, como materiais para construção, peças usinadas e componentes disponíveis para compra no mercado. O Quadro 8 esclarece a análise de custos para a fabricação do equipamento.

Quadro 8- Análise de custos para fabricação

<b>Custo Aproximado da Fabricação do produto</b>						
CHAPAS	Código	Descrição	Peso	Custo Unitário/kg	Qtd.	Custo
	CH0001	Chapa base 2mm	3,129	R\$ 7,19	1	R\$ 22,50
	CH0002	Chapa traseira Estrutura (25,4mm)	24,74	R\$ 9,35	1	R\$ 231,32
	CH0003	Chapa Ligação Superior (25,4mm)	13,38	R\$ 9,35	1	R\$ 125,10
	CH0004	Chapa ligação inferior (25,4)	13,35	R\$ 9,35	1	R\$ 124,82
	CH0005	Chapa Frontal (25,4mm)	6,38	R\$ 9,35	1	R\$ 59,65
	CH0006	Chapa proteção correia (2mm)	1,23	R\$ 7,19	1	R\$ 8,84
	CH0007	Chapa Corrediça (2mm)	0,425	R\$ 7,19	1	R\$ 3,06
	CH0008	Chapa Presilha (2mm)	0,24	R\$ 7,19	1	R\$ 1,73
	CH0009	Chapa suporte encosto (2mm)	0,294	R\$ 7,19	1	R\$ 2,11
	CH0010	Chapa Fechamento (2mm)	0,542	R\$ 7,19	2	R\$ 7,79
						<b>R\$ 586,93</b>
USINADOS	Código	Descrição	Custo Unitário		Qtd.	Custo
	USI001	Eixo de Transmissão	R\$ 24,14		1	R\$ 24,14
	USI002	Eixo Fixo	R\$ 25,88		3	R\$ 77,64
	USI003	Eixo Guia	R\$ 16,16		1	R\$ 16,16
	USI004	Bucha Rolete	R\$ 72,90		5	R\$ 364,50

Quadro 8- Análise de custos para fabricação (continuação)

<b>USINADOS</b>	USI005	Polia Motora	R\$ 77,00	1	R\$ 77,00
	USI006	Polia Movida	R\$ 150,00	1	R\$ 150,00
	USI007	Manipulo	R\$ 10,30	1	R\$ 10,30
	USI008	Barra roscada	R\$ 32,00	1	R\$ 32,00
					<b>R\$ 751,74</b>
<b>COMPONENTES ADQUIRIDOS</b>	<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Custo Unitário</b>	<b>Qtd.</b>	<b>Custo</b>
	CP0001	Motor WEG W22	R\$ 1.500,00	1	R\$ 1.500,00
	CP0002	Cinta de Lixa Abrasiva 150MM	R\$ 40,00	1	R\$ 40,00
	CP0003	Correia Hi-Power II A33	R\$ 30,00	2	R\$ 60,00
	CP0004	Mancal com rolamento 24mm	R\$ 42,00	1	R\$ 42,00
	CP0005	Mancal Fixo p/ eixo 24mm	R\$ 37,00	3	R\$ 111,00
	CP0006	Rolamento de esferas 47x20x27	R\$ 28,47	10	R\$ 284,70
	CP0007	Anel elástico	R\$ 3,30	1	R\$ 3,30
	CP0008	Interruptor Industrial 220/380v	R\$ 25,00	1	R\$ 25,00
	CP0009	Parafuso M12X1,75X60	R\$ 2,30	16	R\$ 36,80
	CP0010	Porca M12X1,75	R\$ 1,26	20	R\$ 25,20
	CP0011	Arruela M12	R\$ 0,54	18	R\$ 9,72
	CP0012	Parafuso M12X1,75X50	R\$ 2,27	2	R\$ 4,54
	CP0013	Parafuso Allen M12X1,75X25	R\$ 3,80	8	R\$ 30,40
	CP0014	Parafuso M10X1,50X25	R\$ 2,75	4	R\$ 11,00
	CP0015	Parafuso M8X1,25X25	R\$ 1,29	8	R\$ 10,32
					<b>R\$ 2.193,98</b>
<b>CUSTO TOTAL APROXIMADO</b>					<b>R\$ 3.532,65</b>

## 5 CONCLUSÕES

O projeto da politriz industrial de bancada foi desenvolvido pensando na melhoria dos processos de manufatura das indústrias, com o objetivo de proporcionar melhores resultados produtivos e garantir a qualidade dos produtos. Embora seja um produto já concebido em sua essência e funções básicas, pôde-se verificar a importância da aplicação da metodologia de projeto, a qual possibilitou a escolha das melhores soluções para o produto proposto. Como o equipamento proposto já era concebido, o desdobramento das funções foi bastante parcial, servindo de auxílio na seleção dos princípios de funcionamento mais adequados.

Quanto ao atendimento dos requisitos, pode-se dizer que as exigências impostas ao produto foram atendidas adequadamente e que o projeto é viável de aplicação. Os requisitos de força, energia e cinemática impostos ao produto foram atendidos através da seleção do motor elétrico e do dimensionamento dos sistemas de transmissão conforme visto nos capítulos anteriores.

Os requisitos de geometria, materiais de construção e processos de produção também foram atendidos, onde buscou-se dimensionar o produto de forma a garantir fácil operação de trabalho e com materiais que não deixasse o equipamento muito compacto, possibilitando um produto de baixa manutenção e garantindo uma operação ergonômica.

Dentre os requisitos principais impostos ao equipamento, destaca-se o de operação, o qual determina que o produto deve cumprir sua função principal que seria realizar acabamento superficial. Dessa forma pode-se concluir que com todos os mecanismos desenvolvidos no projeto esse requisito também foi cumprido, levando em consideração todo o processo de concepção, desde a escolha de materiais, seleção de abrasivos, métodos de segurança como a proteção de correia, e até mesmo o detalhamento do produto permitiram sua validação.

Quanto ao levantamento de custos de fabricação observou-se que o equipamento ficou com um custo elevado perante ao que foi planejado na lista de requisitos mesmo sem considerar o custo dos processos de fabricação, e sim somente o custo dos materiais. Tendo em vista que um bom custo-benefício era parte dos objetivos do projeto, fica como sugestão de melhoria desenvolver estudos que possam avaliar métodos de baixar os custos, seja usando materiais alternativos ou até mesmo utilizando mecanismos diferentes.

Sendo assim, o trabalho finaliza-se com o projeto e os objetivos específicos propostos concluídos com êxito. Onde foi possível realizar estudos literários e a aplicação de metodologias de projeto que possibilitaram o seu desenvolvimento de forma organizada, seguindo etapas que permitiram o entendimento da função global do equipamento e a determinação de soluções para cada subfunção encontrada, resultando em um produto eficaz. Após o resultados das avaliações e escolha do melhor *layout* foi possível desenvolver o modelo 3D do equipamento, bem como, realizar o seu detalhamento de montagem.

Pode-se dizer que a politriz industrial de bancada irá cumprir o objetivo de proporcionar as indústrias um meio de agilizar o processo de manufatura com segurança e precisão, sendo um equipamento capaz de nivelar superfícies irregulares de forma eficaz.

Desta maneira, com a finalização da ideia proposta no começo do trabalho, apesar da não realização do protótipo, pode-se concluir que o objetivo foi cumprido, ressaltando as oportunidades de melhorias que ficam para etapas futuras, como pesquisas e abordagens de estudos teóricos, dimensionamento completo com simulações estruturais e até mesmo métodos de baixar o custo de fabricação do equipamento como já citado anteriormente, afim de aprimorar o projeto tornando-o um diferencial quando comparados com produtos já existentes no mercado.

**REFERÊNCIAS**

- BERARDO, C. E.; DEGRANDI, F. L. **LIXADEIRA DE CINTA COM MESA VERTICAL E HORIZONTAL DESLOCÁVEIS E ALINHAMENTO ANGULAR DA LIXA**. BR 102021006677-6 A2, 07 de abril de 2021.
- DEGARMO, E. P.; BLACK, J. T.; KOHSER, R. A. **Materials and Processes in Manufacturing**. 6th ed. New York: Mac Millan Publishing Company, 1984.
- FRIGO, J. J. **POLITRIZ E LIXADEIRA DE BANCADA**. MU 7800615-5 U, 05 de março de 1998.
- MACHADO, R., A, A. M., Coelho, R. T., and Silva, M. B. d. (2007). **Teoria da Usinagem dos Materiais**. Pearson Addison Wesley.
- MALKIN, S. **Grinding Technology – theory and application of machining with abrasives**. Ellis Horwood Ltd., Chichester, 1989. ISBN 0-85312-756-5.
- MARINESCU, I. D., Rowe, W. B., Dimitrov, B., and Ohmori, H. (2013). **Tribology of Abraasive Machining Processes**. William Andrew.
- MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de máquinas : engrenagens, correias, rolamentos, chavetas, molas, cabos de aço, árvores**. 11. São Paulo Erica 2019 1 recurso online ISBN 9788536530420
- MORAES, G. **Normas Regulamentadoras Comentadas e Ilustradas**. 8. ed. Rio de Janeiro: GVC, 2011.
- PAHL, G. et al. **Projeto na Engenharia: Fundamentos do Desenvolvimento Eficaz de Produtos, Métodos e Aplicações**. Tradução de Hans Andreas Werner. 6º. ed. São Paulo: Blucher, 2005.
- [PFERD, 2018] PFERD (2018?). Cat´alogo 204 - **Ferramentas para acabamento fino e polimento**. Disponível em: [http://www.pferd.com/br-pt/239\\_PTB\\_HTML.htm](http://www.pferd.com/br-pt/239_PTB_HTML.htm). Acesso em: 29 março 2023.
- SALMON, S.C. **Modern Grinding Process Technology**. McGraw-Hill, 1992. ISBN 0-07-054500-6.
- BUDYNAS, Richard G.; SHIGLEY, Joseph Edward; NISBETT, J. Keith; AGUIAR, João Batista de; AGUIAR, José Manoel de (Rev.). **Elementos de máquinas de Shigley**. 10. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. xxi, 1073 p. ISBN 9788580555547.
- WEG SA. **Catálogos Motores Eléctricos**. Santa Catarina: WEG.NET, 2023. Disponível em:<https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-El%C3%A9tricos/Trif%C3%A1sico--->

ALPHA BRASIL INDUSTRIA DE ABRASIVOS. **Catálogos de Abrasivos.** São Paulo: Alpha, 2023. Disponível em: <http://www.alphabrasil.com.br/cinta%20de%20lixa.htm>. Acesso em: 1 jun. 2023.

PEREZ, C. **Estrutural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems.** Futures, v. 15, n.5, p. 357-375, out. 1985

**ANEXOS**

Anexo 1- Detalhamento para montagem final do equipamento

Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	Nº DA PEÇA	QTD.
1	CP0001	Motor Elétrico	1
2	CH0001	Chapa Base	1
3	US0005	Polia Motora	1
4	US0006	Polia Móvda	1
5	US0009	Chaveia	1
6	CP0003	Correia	2
7	CP0004	Mancal com Rolamento	1
8	CP0005	Mancal sem Rolamento	3
9	CH0000	CS Estrutura	1
10	US0002	Eixo Fixo	3
11	US0001	Eixo de Transmissão	1
12	US0000	CM Roletes	4
13	US0011	CM Regulador de Tensão	1
14	CH0011	CJ Chave Liga-Desliga	1
15	CH0010	Chapa Fechamento	1
16	CP0014	Parafuso M10X1,5X25	4
17	CP0013	Parafuso Allen M12X1,75X25	8
18	CP0010	Porca M12X1,75	18
19	CP0011	Arveia M12	14
20	CP0012	Parafuso M12X1,75X50	2
21	CP0009	Parafuso M12X1,75X60	16
22	CP0011	Arveia M12 Menor	4
23	CP0010	Porca Travante M12X1,75	2
24	CH0006	Proteção da Correia	1
25	CH0009	Suporte	1
26	CP0002	Lixa Abrasiva	1

PROJETO: Poltraz Industrial de Bancada

PROJETISTA: **UPF**

EDUARDO DA SILVA VIEIRA

DESENHISTA: MEC041

EDUARDO DA SILVA VIEIRA

DATA: 30/05/2023

ESCALA: 1:5

CÓDIGO: C.000

Fonte: Autor (2023).