

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Mathovan Binotto da Rosa

**PROJETO DE UM SISTEMA TÉCNICO PARA REVOLVIMENTO DO
POLVILHO NO PROCESSO DE SECAGEM**

Santa Maria, RS

2023

Mathovan Binotto da Rosa

**PROJETO DE UM SISTEMA TÉCNICO PARA REVOLVIMENTO DO POLVILHO
NO PROCESSO DE SECAGEM**

Trabalho apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade Federal de Santa Maria, Campus Sede (UFSM- RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Gabriel dos Santos

Santa Maria, RS
2023

Mathovan Binotto da Rosa

**PROJETO DE UM SISTEMA TÉCNICO PARA REVOLVIMENTO DO POLVILHO
NO PROCESSO DE SECAGEM**

Trabalho apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade Federal de Santa Maria, Campus Sede (UFSM- RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Mecânico**.

Aprovado em 11 de dezembro de 2023

Prof. César Gabriel dos Santos, Dr. Eng. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Prof. André Rogério Kinalski Bender, Dr. Eng. (UFSM)

Prof. Luis Fernando Nicolini, Dr. Eng. (UFSM)

Santa Maria, RS
2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pois permitiu que eu tivesse saúde, em um período pós pandemia, juntamente com meus pais Angela e Everton. Também por ter me dado forças para não desanimar durante toda minha graduação e principalmente no processo da realização deste trabalho.

Pai e mãe, familiares e amigos, gratidão por me incentivaram, apoiaram e sempre estarem ao meu lado em todas as minhas escolhas e tudo que estou vivendo, sem ajuda de vocês não seria possível. Destaco a parceria do Venícios, Ramon, Leonardo e a professora Vera Lúcia Freitag, por todo suporte em especial, emocional na graduação.

Um agradecimento especial ao meu orientador, professor César Gabriel, pela oportunidade de trabalhar com essa pessoa incrível, por ter acreditado em mim, e por ter me incentivado do início ao fim. Aos professores André e Luis por topar estar avaliando esta apresentação e aos demais professores, os quais passaram ensinamentos ao longo dessa caminhada para formação de engenharia.

Agradecer aos projetos Bombaja UFSM e Projeto Colaborativo entre as universidades da América do Sul, dos quais tive oportunidade de participar, podendo desenvolver conhecimentos extraclasse, com trabalhos práticos e em equipe, o que me proporcionou construir grandes amizades.

À Universidade de Santa Maria e ao Centro de Tecnologia, assim como à coordenação do curso de Engenharia Mecânica, minha gratidão pela oportunidade de realizar esse sonho com segurança e tranquilidade., me proporcionando todo o suporte necessário.

RESUMO

PROJETO DE UM SISTEMA TÉCNICO PARA REVOLVIMENTO NO PROCESSO DE SECAGEM

AUTOR: Mathovan Binotto da Rosa

ORIENTADOR: Prof. Dr. César Gabriel dos Santos.

O Brasil apresentou um crescimento industrial nesse ano em comparação a 2017, 2018, 2019, 2020 e 2022, juntamente com o avanço no agronegócio, devido ao uso intenso de maquinário agrícola, impactando diretamente no desenvolvimento do país. Este avanço se deu pelo aumento da população mundial que intensificou o consumo de alimentos. Para tal demanda, a indústria de máquinas agrícolas necessitou inovar no desenvolvimento de produtos, com tecnologia de ponta, encontrando soluções específicas, como a otimização do tempo. Em virtude disso, o objetivo foi desenvolver um sistema para realizar o revolvimento do polvilho. A metodologia utilizada para mecanizar o processo de secagem do polvilho, se deu por meio da modelagem com a representação gráfica genérica e descritiva do Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas, o qual compreende três macrofases que são: Planejamento; Projeção e Implementação. Inicialmente, fez-se uma pesquisa de mercado para esclarecer o propósito do produto. A análise trouxe características desejadas do produto, partindo do que já existe no mercado. Realizou-se um questionário *on-line* através da ferramenta *Google Forms* com empreendedores do ramo. Constatou-se que, os principais requisitos verificados por meio do levantamento de dados, foram de uma máquina leve, móvel e que atenda às necessidades operando no revolvimento no polvilho.

Palavras-chave: Maquinário. Secagem do polvilho. Agricultura familiar.

ABSTRACT

DESIGN OF A TECHNICAL SYSTEM FOR MIXING IN THE DRYING PROCESS

AUTHOR: Mathovan Binotto da Rosa

ADVISOR: Prof. Dr. César Gabriel dos Santos.

Brazil showed industrial growth this year compared to 2017, 2018, 2019, 2020 and 2022, along with advances in agribusiness, due to the intense use of agricultural machinery, directly influencing the country's development. This advance was due to the increase in the world population, which intensified food consumption. To meet this demand, the agricultural machinery industry needed to innovate in product development, with cutting-edge technology, finding specific solutions, such as time optimization. As a result, the objective was to develop a system to turn the cassava starch. The methodology used to mechanize the tapioca drying process was done through modeling with the generic and descriptive graphical representation of the Reference Model for the Agricultural Machinery Development Process, which comprises three macro phases that are: Planning; Projection and Implementation. Initially, market research carried out to clarify the purpose of the product. The analysis brought desired characteristics of the product, based on what already exists on the market. An online questionnaire carried out using the Google Forms tool with entrepreneurs in the sector. It found that the main requirements verified through the data collection were for a light, mobile machine that meets the needs operating in turning the starch.

Keywords: Machinery. Tapioca drying. Family farming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mandioca (Manihot suculent).....	17
Figura 2 - Amido da mandioca.....	19
Figura 3 - Fluxograma das etapas do processamento do polvilho.....	21
Figura 5 - Secagem do polvilho sobre piso cimentado (de concreto).	22
Figura 6 - Estado final do polvilho para diferentes tipos de secagem.....	23
Figura 7 - Máquina operando revolvimento do solo, com hélices helicoidais na vertical.	24
Figura 8 - Máquina operando o revolvimento do solo, com hélices helicoidais com um ângulo de inclinação.....	24
Figura 9 - Revolvedor de leiras.	25
Figura 10 - Processo de desenvolvimento de máquina agrícola.....	26
Figura 11 - Metodologia aplicada.....	27
Figura 12 - Diagrama da Fase Informacional.....	28
Figura 13 - Diagrama da Fase Conceitual.	28
Figura 14 - Diagrama do Projeto Preliminar.	29
Figura 15 - QFD casa da qualidade para máquina de revolvimento automatizada.	33
Figura 16 - Especificações de projeto.....	34
Figura 17 - Diagrama de caixa preta, função global.....	35
Figura 18 - Estrutura funcional do Produto (Back et. al 2008).	36
Figura 19 - Posicionar a máquina (F.E.1).....	37
Figura 20 - Limpar a máquina (F.E.2).....	37
Figura 21 - Ajustar máquinas nos trilhos (F.E.3).	38
Figura 22 - Conectar à rede de energia (F.E.4).	38
Figura 23 - Regular a velocidade do mecanismo de revolvimento (F.E.5).....	38
Figura 24 - Ligar a máquina (F.E.6).....	38
Figura 25 - Deslocamento da máquina (F.E.7).....	39
Figura 26 - Alimentar a máquina para que o polvilho entre na máquina (F.E.8).....	39
Figura 27 - Quebra de torrões (F.E.9).	39
Figura 28 - Revolver o polvilho (F.E.10).	39
Figura 29 - Espalhar o polvilho (F.E.11).....	40
Figura 30 - Sistema de retorno automático (F.E.12).	40
Figura 31 - Limpar a máquina (F.E.13).....	40
Figura 32 - Desligar a máquina (F.E.14).....	40

Figura 33 - Desconectar cabos de energia (F.E.15).....	41
Figura 34 - Concepção alternativa 1.....	41
Figura 35 - Concepção alternativa 2.....	42
Figura 36 - Concepção alternativa 3.....	42
Figura 37 - <i>Layout</i> do Produto.....	45
Figura 38 - Conjunto do produto.	46
Figura 39 - Subconjunto 01.01.0000.	46
Figura 40 - Subconjunto 01.02.0000.	47
Figura 41 - Esquema árvore subconjunto 01.02.0000.....	48
Figura 42 - Esquema árvore subconjunto 01.02.0000.....	48
Figura 43 - Relação módulo de elasticidade e densidade.....	51
Figura 44 - Relação resistência a fratura e densidade.	51
Figura 45 - Modelo de máquina revolvedora de polvilho, desenvolvido em CAD.	52
Figura 46 - Modelo de da máquina revolvedora de polvilho, com medidas básicas.....	53
Figura 47 - Mocape digital do produto.....	54
Figura 48 - Mocape digital, outra vista com corte.....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Requisitos de clientes transformados em requisitos de projeto.....	32
Quadro 2 - Hierarquização dos Requisitos de Projeto.....	34
Quadro 3 - Matriz de Seleção de Concepção.	43
Quadro 4 - Peças do subconjunto 01.01.0000.	47
Quadro 5 - Peças do subconjunto 01.02.0000.	47
Quadro 6 - Tradução dos materiais.	49
Quadro 7 - Triagem.	50
Quadro 8 - Classificação.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal de mandioca crua.....	18
Tabela 2 - Variação da composição físico químico do polvilho azedo.....	20
Tabela 3 - Necessidades dos clientes.....	30
Tabela 4 - Requisitos de clientes.....	30
Tabela 5 - Diagrama de Mudge.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO GERAL.....	14
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	14
1.3 JUSTIFICATIVA DO PROJETO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 MANDIOCA - MANIHOT ESCULENTA	17
2.1.1 AMIDO DA MANDIOCA.....	18
2.2 ESPECIFICAÇÕES DO POLVILHO	19
2.3 PROCESSAMENTO DO POLVILHO.....	20
2.4 TIPOS DE MAQUINÁRIOS QUE REALIZAM REVOLVIMENTO	23
2.5 MODELO DE REFERÊNCIA PARA O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS	25
3 METODOLOGIA	27
3.1 PROJETO INFORMACIONAL	27
3.2 PROJETO CONCEITUAL.....	28
3.3 PROJETO PRELIMINAR	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1 FASE INFORMACIONAL	30
4.1.1 Requisitos de clientes	30
4.1.2 Requisitos de projeto.....	32
4.1.3 Especializações de projeto.....	34
4.2 FASE CONCEITUAL	35
4.2.1 Diagrama funcional do produto.....	35
4.2.2 Matriz morfológica.....	37
4.2.3 Concepções alternativas	41
4.2.4 Matriz de seleção de concepção	43
4.2.5 Seleção da Matriz Morfológica	44
4.3 FASE DE PROJETO PRELIMINAR	45
4.3.1 layout do Produto	45

4.3.2 Lista de componentes	46
4.3.2.1 Árvore Genealógica.....	46
4.3.3 Seleção dos matérias dos componentes fabricados	49
4.3.2 Modelagem geométrica	52
5 CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS	57
APÊNDICE A – RESULTADOS FORMULÁRIO	60
APÊNDICE B – DESENHOS TÉCNICOS.....	64

1 INTRODUÇÃO

A agricultura desempenha um papel importante para a economia brasileira, segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), da Esalq/USP, em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), o PIB brasileiro cresceu novamente no último mês de 2020, cerca de 2,06%, chegando a uma participação de 26,6 %. Em valores monetários, o PIB do País totalizou R\$ 7,45 trilhões em 2020, e o PIB do agronegócio chegou a quase R\$ 2 trilhões (CNA, 2021). A produção agrícola no Brasil, portanto, é uma das principais responsáveis pelos valores da balança comercial do país, auxiliando diretamente no desenvolvimento do país (IBGE, 2020).

O Produto Interno Bruto (PIB) da agropecuária cresceu 1,3% em 2019, totalizando R\$ 322 bilhões segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). De acordo com o IBGE, o crescimento do setor decorreu do desempenho positivo tanto da agricultura quanto da pecuária. No total, o PIB brasileiro, que é a soma de todos os bens e serviços produzidos no país, fechou 2019 com crescimento de 1,1% frente a 2018 (IBGE, 2020).

A importância do Rio Grande do Sul para a oferta nacional de alimentos é historicamente reconhecida, ocupando uma posição estratégica para a oferta nacional de diversos produtos agrícolas. A agricultura está presente em praticamente todas as regiões do território gaúcho, porém é possível identificar algumas concentrações regionais (FEE, 2015). Região que tem uma grande exportação da soja, apresenta uma marcante característica de colonização europeia, evidenciada na sua cultura, além da sua intensa modernização agrícola.

A agricultura familiar é praticada em 25% da área rural do Rio Grande do Sul de acordo com os dados do IBGE (2017), assim o estado conta com 365.094 unidades com característica da agricultura familiar e agroindústria, confirmando o quarto lugar no país nesse ranking, atrás de Bahia, Minas Gerais e Ceará. Em vista disso, temos os nossos antepassados como referência, como por exemplo, a mandioca é um alimento nativo da América do Sul. Além de ser um dos principais alimentos energéticos para mais de 700 milhões de pessoas, principalmente nos países em desenvolvimento, e ajuda a combater a fome (EMBRAPA, 2020).

Estudo traz que a produção e cultivo da mandioca é uma das mais antigas culturas de raízes e tubérculos, especialmente para a produção e comercialização de alimentos, rações e bebidas, utilizada por mais de 100 países e atende às necessidades alimentícias diárias de milhões de pessoas que habitam a América tropical, na África e na Ásia. Tem grande importância por ser uma cultura alimentar segura na África Ocidental, Central e Oriental pois pode ser produzida em solos pobres e tem rendimentos importantes, utilizando fatores mínimos

de produção. Tradicionalmente aponta para uma cultura de subsistência, e está a evoluir rapidamente comercialmente e como matéria-prima na produção de produtos à base de amido, bioetanol e alimentação animal nos principais produtores. Ainda, vale destacar que suas folhas são ricas em proteínas e beta-carotenoides, também são utilizados como hortaliça e forragem em diversas partes do mundo, destacando que são necessárias políticas robusta, um desenvolvimento de mercado e um programa de disseminação e extensão para concretizar todo o potencial das inovações e tecnologias na produção e processamento da mandioca (PARMAR et al. 2017).

A mandioca é um alimento versátil, que costuma fazer parte de diferentes receitas, doces e salgadas. E também pode ser consumida de diversas formas, in natura, em forma de farinha, polvilho ou tapioca. E por apresentar essa característica, com o avanço dos estudos seu proveito é cada vez maior e para isso são utilizadas técnicas e modos de preparo para o seu melhor proveito (FURMANKIEWICZ, 2020). O polvilho é um derivado que exige uma complexidade em seu processo, sendo que ainda existem etapas deste processo que são feitas manualmente sem nenhum progresso de automatização.

Segundo Maeda e Cereda (2001, p. 1), “O polvilho azedo é um produto regional e de preparo artesanal obtido pela fermentação do amido de mandioca seguido de secagem ao sol, proporcionando características distintas do amido de mandioca nativo” O processo de secagem do polvilho ainda é realizado manualmente por diversas agroindústrias e até mesmo na agricultura familiar, onde é exposto à luz solar e realizado o revolvimento manualmente do polvilho.

Desta forma, o problema de Engenharia identificado é: Como pode ser mecanizado o processo de revolvimento do polvilho durante a sua secagem?

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um sistema técnico para realizar de forma mecanizada o revolvimento do polvilho durante a etapa de secagem.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Os objetivos específicos do projeto são:

- Estudar processos de secagem solar;
- Identificar os produtos comerciais disponíveis;
- Identificar possíveis parâmetros que possam auxiliar no revolvimento do polvilho;

- Conceituar concretizando e modelando uma concepção;
- Realizar o dimensionamento e a seleção de componentes importantes na agroindústria.

1.3 JUSTIFICATIVA DO PROJETO

Inicialmente, este trabalho se justifica levando em consideração a Revolução Industrial, pois esta possibilitou a introdução das máquinas no campo, levando ainda a mecanização do trabalho rural, com tratores, semeadeiras e colheitadeiras, considerado a modernização das práticas agropecuárias, que também modificou o movimento das indústrias das cidades (PENA, 2021). Ainda, observa-se um aumento da produção de alimentos a partir da mandioca, isso remete-se a inovação de novas práticas agrícolas e tecnológicas, sem necessariamente investir no aumento da área para produção. O itinerário do produto no ramo agrícola no agronegócio inicia-se com o fornecedor da matéria prima, os vendedores, o transporte, a chegada ao produtor rural, as revendas, os cerealistas, dentre outros caminhos até chegar ao consumidor final. Todo o aparato tecnológico e ainda a maneira de comercialização certamente vem tendo uma grande importância no agronegócio brasileiro (SENAR, 2018).

Destarte, o trabalho traz à tona a importância da cadeia produtiva da mandioca como fonte de subsistência e complementação de renda de uma parcela da população que vivem no meio rural, de várias regiões brasileiras. Mandioca e Fruticultura Tropical, o produto tem baixos custos de produção e manutenção, sendo de fácil acesso as suas variedades e mudas fazendo deste alimento ao ser explorado fonte de carboidratos acessível para milhares de pessoas (EMBRAPA, 2017).

O agronegócio brasileiro revolucionou-se a partir da mecanização da produção agrícola, aumentando expressivamente a produtividade, anteriormente realizadas manualmente. Tais melhorias configuram-se como as técnicas de plantio e colheita, facilidade para manipulação e conservação das lavouras e maior produtividade. Além disso, compreende-se que tais tecnologias propiciam economia de tempo, reduz a mão de obra, controle da qualidade do produto e economiza-se recursos (EMBRAPA 2003). Diante disso, ressalta-se a importância de estudos como este, visto que busca evidenciar a utilização de práticas agrícolas e tecnológicas, como a produção de mandioca e fabricação do polvilho, o que podem trazer uma forma de sobrevivência e de produtividade com a utilização das tecnologias existentes, evitando muitas vezes possíveis desmatamentos para outros plantios e tendo como consequência danos

irreversíveis ao meio ambiente. Ainda, a proposta de desenvolvimento da mecanização do processo de secagem do polvilho, favorece a obtenção de um produto mais qualificado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MANDIOCA - MANIHOT ESCULENTA

A mandioca (Figura 1), também conhecida como macaxeira, aipim, castelinha, uaipi, mandioca-doce, mandioca-mansa, maniva, maniveira, pão-de-pobre, mandioca-brava e mandioca-amarga, é uma planta da família das Euphorbiaceae, e destaca-se por ser uma matéria-prima para diversos produtos industrializados. O continente africano apresenta destaque na produção e consumo de mandioca, estando o Brasil com a terceira posição no ranking mundial de acordo com dados (FAO, 2018).

Caracterizada na cultura brasileira, a mandioca está presente em quase todo o território, pois apresenta vantagens em relação a outros cultivos, como por exemplo, não necessita de um bom solo para plantio, é resistente a secas, e se propaga facilmente, ou seja, uma vez plantada sua propagação pelo território é rápida e constante. (CEREDA; VILPOUX, 2003). Além disso, a produtividade de mandioca em seu plantio, tem índice de rendimento superior à média nacional. Tal fato traz vantagens como: economia de energia na mecanização e produz grande quantidade de resíduos os quais são essenciais para a conservação do solo e alimentação animal (DEVIDE et al.; 2017).

Destaca-se que o amido é a sua principal fonte de carboidratos, além de apresentar baixo custo e um elevado teor de umidade que varia entre 85 a 94% (ORZARI et al.; 2018).

Figura 1 - Mandioca (Manihot suculent)



Fonte: EMBRAPA, (2019).

Visto que está presente nas indústrias e também nas agroindústrias, para a obtenção do amido. O amido resultante é uma grande fonte de energia, pelo fato de apresentar uma composição resumida em, carboidratos e água, dando assim uma característica marcante, e de

destaque na indústria alimentícia e isso pode ser confirmado nos dados da Tabela 1 (TACO, 2017).

Tabela 1 - Composição centesimal de mandioca crua.

COMPONENTES	VALORES INDICADOS (%)
Carboidratos (g)	36,2
Cinzas (g)	0,6
Fibra alimentar (g)	1,9
Lipídeos (g)	0,3
Proteína (g)	1,1
Umidade (%)	61,8

Fonte: Adaptado de TACO, (2017).

2.1.1 Amido da mandioca

Tratando-se do amido, que é um derivado das raízes, e conseqüentemente da mandioca, apresenta uma grande contribuição na dieta da população humana. Quando extraído, pode passar por alterações sendo considerado como modificado, se não recebe nenhuma alteração de suas propriedades é denominado como natural (CEREDA; VILPOUX, 2003).

Na indústria alimentícia o amido de mandioca tem função de melhorar a conveniência do processo e a qualidade dos produtos finais, além de ser utilizado como estabilizante e espessante no processamento de alimentos, sendo um material biodegradável, natural, tem importante vantagem no custo-benefício, abundância, renovabilidade e disponibilidade (KAISANGSRI et al, 2019).

O amido de mandioca apresenta uma extração simples, devido à estrutura dos tecidos da raiz tuberosa e a quantidade relativamente baixa de proteínas e gorduras, apresentando características físico-químicas de grande interesse industrial com amplas aplicações (DEMIATE et al., 2005). A preferência dos setores industriais consumidores de amido pela fécula são determinadas por essas propriedades, que lhe conferem características intrínsecas ou propriedades funcionais às vezes ausentes nos amidos de originários de cereais. Essas características proporcionam à fécula vantagens comparativas nos mercados que usam amido nativo, tanto para o segmento de alimentação humana como para outros segmentos industriais, e nos mercados que usam amidos modificados, como as indústrias papelreira, têxtil e alimentícia. Essas vantagens nem sempre são absolutas, porque as inovações tecnológicas permitem quebrá-

las, mesmo usando-se, em alguns casos, amidos originários de cereais (EMBRAPA, 2003). O amido da mandioca pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Amido da mandioca.



Fonte: ABAM, (2022).

2.2 ESPECIFICAÇÕES DO POLVILHO

De maneira mais geral, o polvilho azedo pode ser definido como um amido modificado por oxidação, modificação na qual garante ao produto a alta capacidade de expansão, permitindo seu uso na fabricação de biscoitos de polvilho e pão de queijo. O processamento do polvilho azedo é igual ao da fécula ou polvilho, até a etapa de extração da fécula e após a etapa de secagem (SILVEIRA et al., 2000; RINCO et al., 2018).

O consumo da mandioca vem desde os primórdios, e a produção do polvilho azedo já era em larga escala em meados de 1978 em alguns estados do Sul e do Sudeste, estando demasiado em indústrias rurais de pequeno porte. E desde então, a produção do polvilho azedo é cada vez mais constante em agroindústrias, pelo fato de apresentar um amido modificado com baixo custo de produção (VMAQ, 2010).

A partir do amido extraído das raízes da mandioca, também conhecido como polvilho doce, pode-se obter o polvilho azedo, caracterizado pela sua propriedade de expansão ao forno, obtida por métodos tradicionais de fermentação natural e secagem solar. No Brasil, se emprega na indústria de panificação, na confecção de pães de queijo e biscoitos de polvilho (FERREIRA, 2022).

O polvilho azedo é um amido modificado com temperatura de gelificação inferior a fécula de mandioca nativa, o que explica a possibilidade de gelificação do amido pelo processo de escaldamento. O amido gelificado ajuda a reter CO₂ e expande a massa. Com uma fermentação natural de duração variável, é de esperar que o polvilho azedo comercial apresente uma grande variabilidade em suas características físico-químicas e microbianas (VMAQ,

2010). A Tabela 2 apresenta, os resultados de análises realizadas de amostras colhidas diretamente nas indústrias quanto às suas características físico-químicas.

Tabela 2 - Variação da composição físico químico do polvilho azedo.

Umidade (%)	Médias da composição do Polvilho
	13,62
% da massa seca	
Amido	94,8
Fibra	0,4
Proteína	0,3
Graxa	0,15
Cinzas	0,23

Fonte: Adaptado de o polvilho azedo, (A.I., 2010).

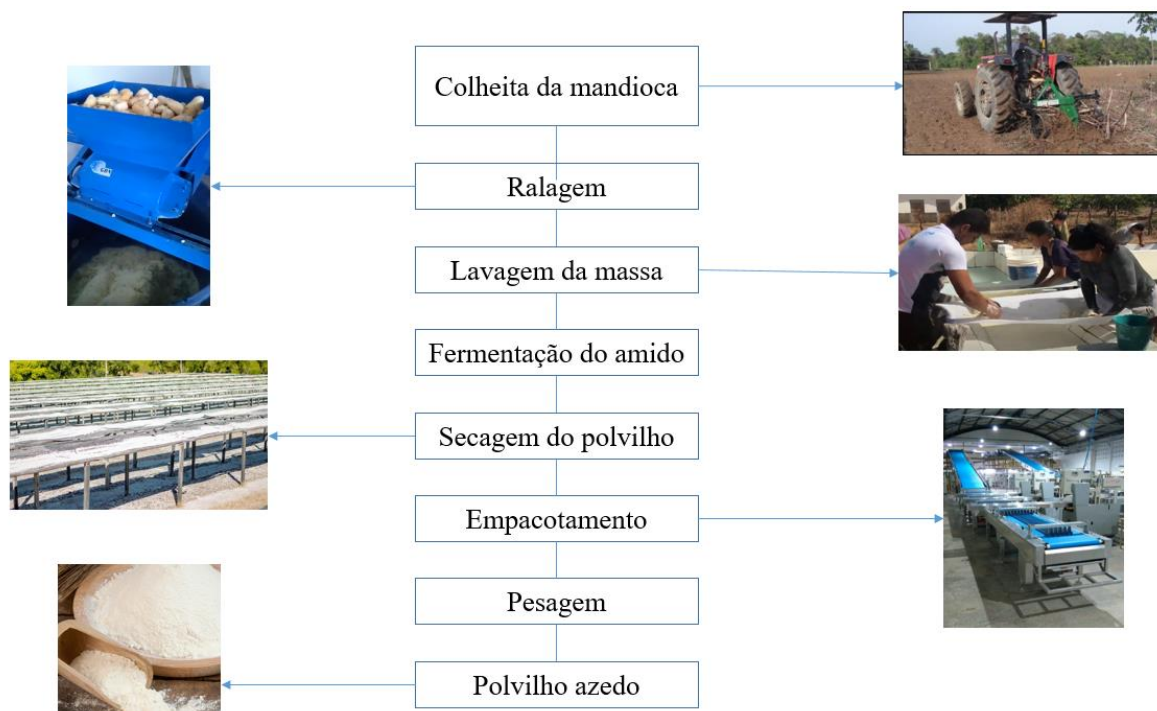
São duas as principais etapas do processamento da mandioca para a fabricação do polvilho azedo, sendo a fermentação da fécula ou polvilho, que é feita em tanques abertos ou fechados, preferencialmente de alvenaria revestidos ou de aço inoxidável. A fermentação pode durar de 3 a 60 dias ou mais, dependendo de fatores como a contaminação inicial da matéria-prima ou do tanque e utensílios com microrganismos fermentativos e a temperatura ambiente.

A secagem do polvilho ocorre após a fermentação, onde o polvilho é removido dos tanques com o auxílio de pás, depois esfarelado, e colocado em jiraus para secar ao sol. Sua grande propriedade de expansão se dá, devido a sua acidez, que é um dos seus pontos de qualidade. Onde apresenta o ácido láctico, que é o principal motivo da sua acidez elevada, seguido do ácido acético como grandes propriedades de expansão. (EMBRAPA, 2003).

2.3 PROCESSAMENTO DO POLVILHO

O fluxo para o processamento do polvilho abrange as etapas de colheita da mandioca, São diversas as etapas de processamento do polvilho, ralagem, lavagem da massa, fermentação do amido, secagem do polvilho, empacotamento, pesagem e armazenagem do polvilho. Na Figura 3, podemos observar todas etapas do processamento do polvilho azedo.

Figura 3 - Fluxograma das etapas do processamento do polvilho.



Fonte: Adaptado de, O polvilho azedo, (A.I., 2010).

Após conhecer as etapas do processamento do polvilho a pesquisa será aprofundada no processo da secagem do polvilho. A secagem ocorre sobre jiraus de bambu forrados com tecido de algodão ou lona plástica. Também pode ser seco sob sistemas de barcaças, onde o amido fermentado é acomodado no chão, sob a proteção de uma plataforma móvel que é deslocada para expor o polvilho quando há condições próprias para a secagem (POLA JÚNIOR, 2013).

Outro inconveniente com relação a secagem ao sol é o tempo necessário para que ela ocorra, já que depende de condições climáticas, podendo variar de 7 a 16 horas, o que corresponde a um ou dois dias de secagem. Na secagem natural de aproximadamente oito horas, o polvilho consegue atingir uma umidade de 13% a 14%, sendo que, na fermentação o amido apresenta uma umidade de 50%. Este processo de secagem, pelo fato de ser produzido por tecnologias artesanais e por ser realizado a luz solar é o que pode trazer um maior índice de sujidade do produto, e a legislação brasileira é clara em relação à ausência de sujidades em produtos alimentícios (DINIZ, 2006).

Para tal, avaliações em amostras de produtos comerciais no Estado do Rio Grande do Sul, e foi constatada presença de material terroso em pouca quantidade em seis amostras (54,5%), média em duas amostras (18,2%) e muita em três amostras (27,3%). Este material pode ter surgido na etapa de secagem, pois o polvilho fica exposto à poeira do ambiente, em

locais sem pavimentação ou próximos de estradas, ocorrendo a mesmas por ventos. Para evitar as sujidades, o polvilho pode ficar coberto com panos de algodão, ou lonas de plásticos, assim acelerando o processo (EMBRAPA, 2003).

Único método que não pode ser substituído é a secagem solar, por equipamentos com outra fonte de calor, pois, isso já foi comprovado que a ação dos raios ultravioletas do sol promove uma reação de oxidação que modifica o amido, conferindo a ele propriedades físicas especiais. Sendo assim, deve ficar exposto do início do dia e recolhido apenas no final do dia, sendo o mesmo revolvido diariamente (EMBRAPA, 2003).

Logo após o processo de fermentação, o amido que foi fermentado deve conter uma umidade em torno de 50%, para poder então seguir para a secagem, onde irá adquirir uma propriedade de expansão. Os jiraus são estrados de varas sobre forquilhas cravadas no chão que dão o suporte para sobreposição do polvilho, conforme ilustrado na Figura 4 onde ocorre a secagem do polvilho sobre os jiraus, também pode ocorrer o processo de secagem sobre piso cimentado como uma opção alternativa, ilustrada na Figura 5, sendo que em ambos os casos a exposição do polvilho seja direta ao sol (POLA JÚNIOR, 2013; OLIVEIRA, 2016).

Figura 4 - Secagem do polvilho sobre jiraus.



Fonte: EMBRAPA (2021).

Figura 5 - Secagem do polvilho sobre piso cimentado (de concreto).

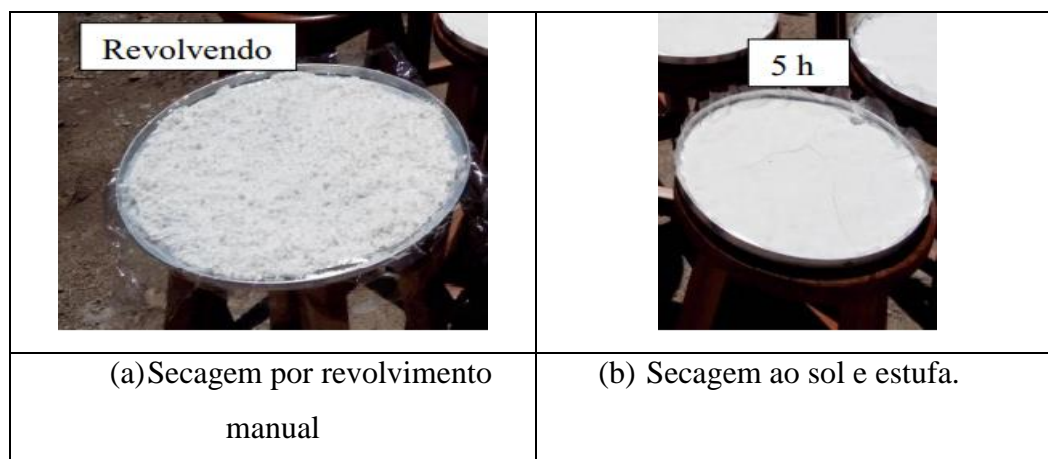


Fonte: OLIVEIRA, D.C. (2016).

O método utilizado, normalmente nas polvilharias, para determinar o final da secagem é empírico, consistindo em pressionar o polvilho com as mãos até que não haja mais a formação

de aglomerados (POLA JÚNIOR, 2013). Na Figura 6, encontram-se dois estados finais do polvilho realizado por tipos diferentes de secagem, a convencional (figura 6a) na qual é feito o revolvimento sendo exposta diretamente ao sol, e a secagem por 5 horas exposto diretamente ao sol e o restante da secagem finalizada em estufa de circulação e renovação de ar (figura 6b), previamente regulada a $45, 55$ ou $65 \pm 1,0$ °C, sendo que para cada temperatura foi necessário um dia ensolarado para realização do experimento (OLIVEIRA, 2016).

Figura 6 - Estado final do polvilho para diferentes tipos de secagem.



Fonte: Adaptado de OLIVEIRA (2016).

A principal característica do polvilho é a de expansão, e como visto nas amostras a secagem feita somente em estufa não apresentou bom índice de expansão, porém a secagem representada na Figura 6 realizada ao sol durante 5h e tendo seu termino na estufa, não teve diferença significativa em comparação com o método tradicional com o revolvimento e secagem somente ao sol, podendo ser uma boa alternativa para dias nublados. Visto também, que a secagem revolvendo não apresentou perdas de massa e a textura desejável (OLIVEIRA, 2016).

2.4 TIPOS DE MAQUINÁRIOS QUE REALIZAM REVOLVIMENTO

Máquinas que operam com o revolvimento, são constantemente vista em áreas de atuação variadas. O processo de revolvimento é praticado desde os primórdios, onde os antepassados “mexiam” na terra com força braçal, hoje são feitas com arado e máquinas sofisticadas revolvendo a terra com o objetivo de descompactá-la e, assim, viabilizar um melhor desenvolvimento das raízes das plantas, tendo um contato mais constante com a luz solar, aumentando então a temperatura (SANTANA, 2016).

O propósito deste trabalho consiste em desenvolver um projeto de uma máquina que opere o revolvimento, porém será executado com alimento, onde será feito em um campo menos

consistente e com uma menor espessura, quando comparada ao revolvimento no solo, feito na terra. O alimento em questão é o polvilho, dos quais estão expostos a luz solar, sob jiraus.

A pesquisa foi realizada sobre máquinas que operam o revolvimento, seja de solos, de alimentos, entre outros. Não foi encontrado máquinas que operam no processo de secagem do polvilho, por se tratar de um processo de pequenas empresas. O revolvimento está presente em diversas áreas de atuação, na Figura 7, pode-se observar o processo de revolvimento da terra, onde é feito por hélices helicoidais na posição vertical operando com uma grande profundidade. O mesmo se repete na Figura 8, onde o processo é semelhante, porém as hélices estão posicionadas com um ângulo de inclinação, o que torna a revolta menos profunda e mais balanceada (RENOMAQ, 2022).

Revolvimento de leiras é um processo automatizado e muito usado, com base nisso, temos um caso na Figura 9 onde temos um revolvedor de leiras de compostagem automotor, operando com um eixo na vertical com uma hélice com dentes intercalados (AgriExpo, 2022).

Figura 7 - Máquina operando revolvimento do solo, com hélices helicoidais na vertical.



Fonte: Renomaq (2022).

Figura 8 - Máquina operando o revolvimento do solo, com hélices helicoidais com um ângulo de inclinação.



Fonte: Renomaq (2022).

Figura 9 - Revolvedor de leiras.



Fonte: AgriExpo (2022).

Baseado nessas máquinas que operam o revolvimento, tratando-se o presente estudo, o revolvimento de um alimento menos denso, o processo mais adequado seria realizado a rotação de um eixo na vertical, onde pudesse ser realizado o revolvimento por helicóide ou com algum sistema que apresente maior área de contato com o polvilho, ocasionando em um revolvimento constante.

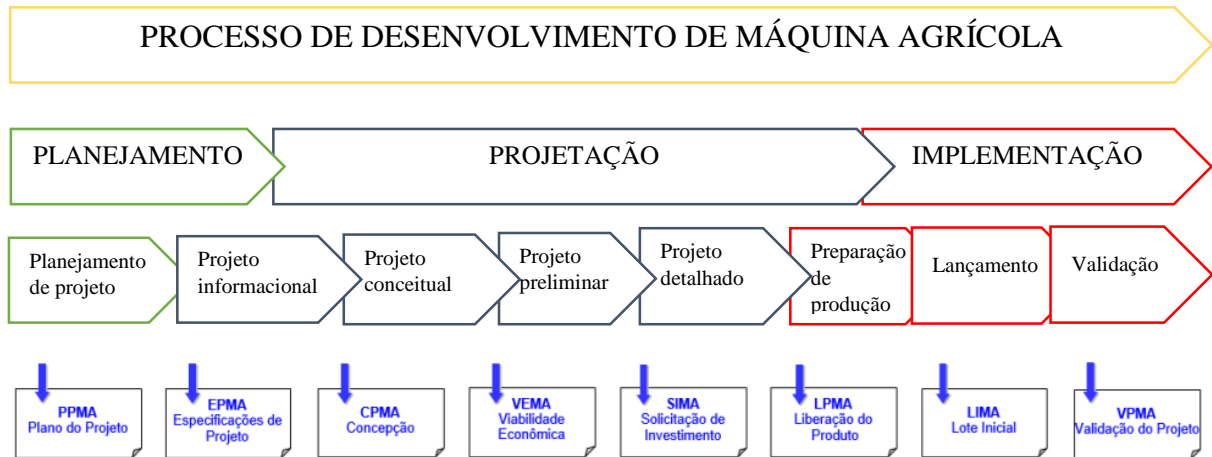
2.5 MODELO DE REFERÊNCIA PARA O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

A metodologia empregada, é denominada Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (MR-PDMA), que segue analogia a Pahl e Beitz (1988). Romano (2003) buscou descrever, compreender e detalhar o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, elaborando assim o Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (MR – PDMA), contribuindo para o aprendizado do processo, assim como, para que as empresas passem a compreender melhor a importância de Projetos de Produtos (PDP) e executem seus processos mais formais e sistemáticos, integrando os domínios de conhecimento e partes interessadas.

A Figura 10 ilustra o processo, macrofase, fases e saídas do MR – PDMA. O processo é de desenvolvimento de máquinas agrícolas, que se subdivide em planejamento, projeção e implementação, representando as três macrofases do processo, as quais se decompõem em oito fases. Ao final de cada fase tem-se losangos representando os pontos de avaliação dos resultados das fases e as saídas desejadas.

Portanto, estão representadas as 3 macrofase, sendo a primeira “Planejamento”, que está ligada a “planejamento de projeto” na qual é responsável pelo Processo de Desenvolvimento de Máquina Agrícola (PPMA), correspondendo as definições de escopo do projeto, cronograma de desenvolvimento, orçamento do projeto, equipe de projeto, entre outros. A segunda macrofase “Projetação”, está dividida em quatro fases, sendo “Projeto informacional”, “Projeto conceitual”, “Projeto preliminar” e “Projeto detalhado”, que correspondem respectivamente à Especificações de Projeto (EPMA), Concepção (CPMA), Viabilidade Econômica (VEMA) e ao Solicitação de Investimento (SIMA). E a última macrofase “Implementação”, é dividida em três fases denominadas “Preparação da Produção”, “Lançamento” e “Validação”, sendo que os resultados principais de cada fase incluem, respectivamente, Liberação do Produto (LPMA), Lote Inicial (LIMA) e a Validação do Projeto (VPMA).

Figura 10 - Processo de desenvolvimento de máquina agrícola.

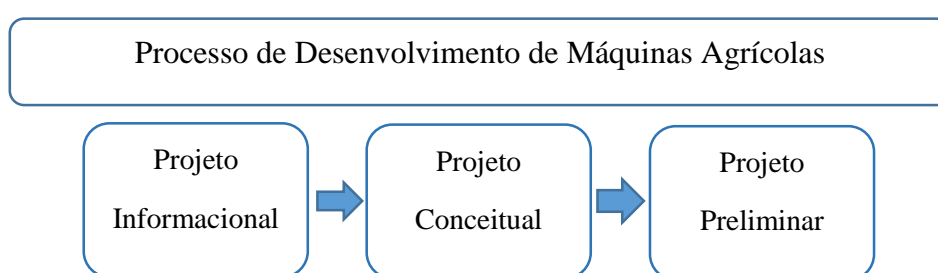


Fonte: Romano (2003).

3 METODOLOGIA

O capítulo de metodologia apresenta de que forma os processos foram organizados na realização do trabalho. A metodologia escolhida para ser seguida foi a denominada MR-PDMA - Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas, apresentada por Romano (2003). Tendo em vista, a macro fase de Projetação, na qual apresenta algumas fases até sua conclusão, que estão exemplificadas na figura 11, e ainda foi utilizado o modelo metodológico de Romano (2003) e Baxter (2011), para uma melhor complexidade.

Figura 11 - Metodologia aplicada.



Fonte: Autor (2023).

3.1 PROJETO INFORMACIONAL

Procurando obter o produto ideal, nessa etapa foram efetuadas pesquisas por informações referentes as características do produto, indicadas durante o planejamento do projeto do produto, para então poder compreender e definir os detalhes considerados mais relevantes, com o intuito de realizar a listagem dos requisitos (Romano, 2003).

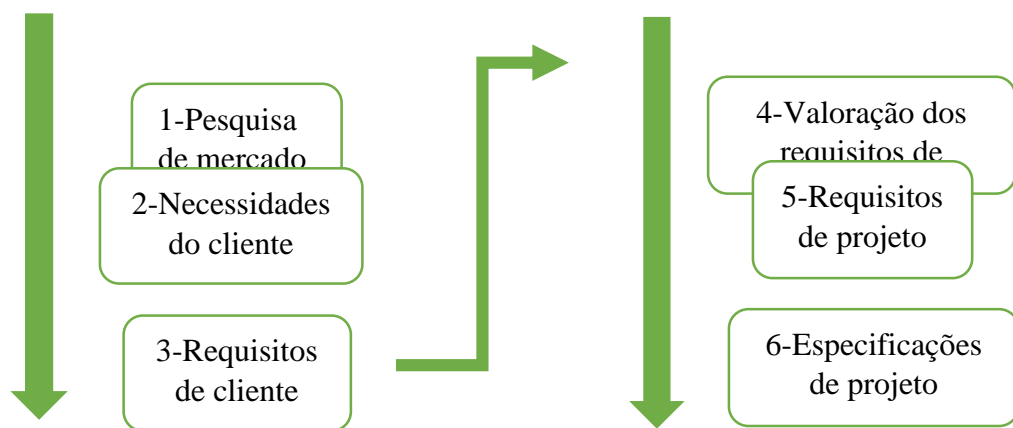
Inicialmente é feito uma pesquisa de mercado para poder esclarecer o propósito do produto, segundo Baxter (2011), essa análise traz características desejadas do produto, partindo de produtos que já existem. Com isso, foi realizado um questionário online (Apêndice A) usando a ferramenta *Google Forms*, e entregue exclusivamente para quatro empreendedores do ramo responder, não foi disponibilizado abertamente para pessoas aleatórias, apenas para quem atua na área e tem a necessidade do equipamento, para determinar possíveis necessidades e intervir com soluções. Com isso, possibilitou a coleta de dados para as necessidades dos clientes, juntamente com alguns Requisitos do Cliente. Onde no questionário a descrição do produto é feita através das características de mercado que a máquina agrícola deve ter (Romano 2003).

Os requisitos dos clientes correspondem às necessidades dos clientes transcritas para uma linguagem técnica de engenharia. Assim, realizou-se uma valoração dos requisitos dos clientes por meio da aplicação do Diagrama de Mudge, que consiste na comparação de pares

de conjunto de critérios, relevando os mais importantes para que no final se obtenha a importância relativa, resumida em uma matriz de avaliação.

A tradução em Requisitos de Projeto é feita mediante o desdobramento dos Requisitos de Cliente em termos passíveis de quantificação. E ainda, as especificações de projeto são obtidas com ajuda da definição de um valor meta para cada Requisito de Projeto, conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12 - Diagrama da Fase Informacional.

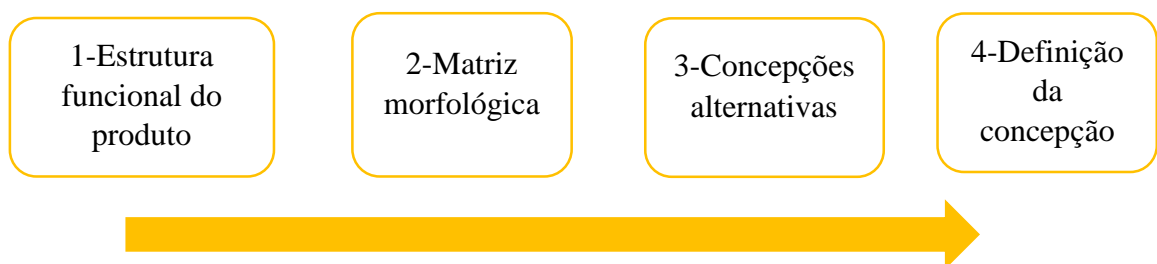


Fonte: Autor (2023).

3.2 PROJETO CONCEITUAL

Nesta etapa foi abordada a concepção do produto, buscando as melhores soluções para a representação, criando possíveis alternativas para a realização de uma comparação e melhor opção, na Figura 13 está ilustrado as ordens das etapas.

Figura 13 - Diagrama da Fase Conceitual.



Fonte: Autor (2023).

Passando pela primeira atividade, na “estrutura funcional do produto” é dada a função global que serve para definir o objetivo final do produto, sendo definida usando um processo de abstração orientada, sugerida pelo método da síntese funcional, logo é encontrado as entradas e saídas do sistema, definindo a função global como parciais e posteriormente as funções elementares. A segunda atividade foi elaborada a “Matriz Morfológica” de princípios de

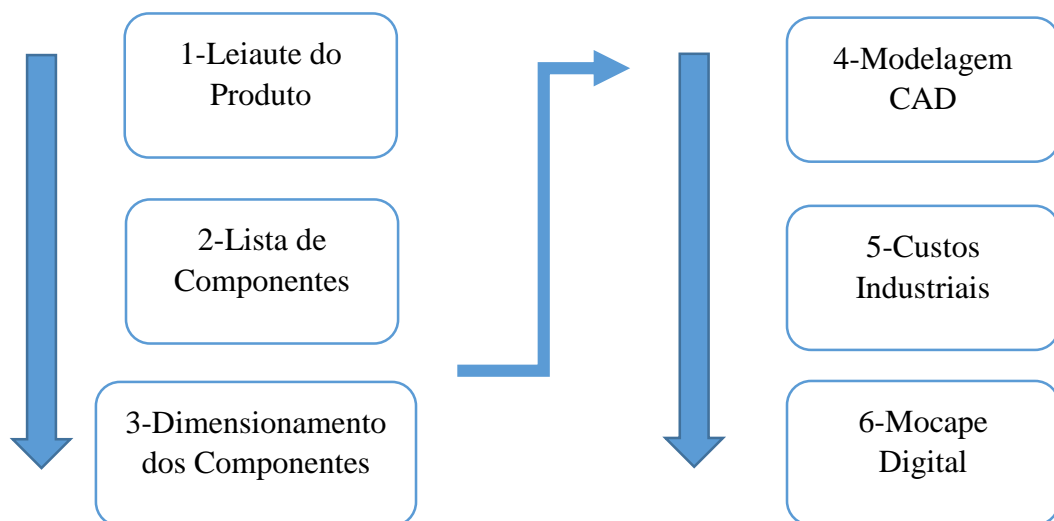
solução alternativos, que baseia-se na abordagem estruturada de possíveis soluções para o problema descrito, aumentando assim as possibilidades de soluções para um determinado problema (ROZENFELD et al., 2006, BAXTER; 201; ROMANO, 2013).

A terceira atividade realizada consistiu na determinação das “Concepções Alternativas”, que definem a qualidade e os preços dos materiais utilizados na produção, trazendo eficiência na escolha de qualidade do material com o melhor preço, e por fim, foi realizado a construção da “Matriz de Seleção da Concepção”, para então definir a ponto de vista mais viável, de acordo com as estabelecidas (Romano 2003).

3.3 PROJETO PRELIMINAR

Fase na qual, a concepção selecionada é estudada, analisada, otimizada e avaliada sob diversos aspectos relacionados a engenharia. Ou seja, destina-se ao estabelecimento do leiaute ou configuração final do produto que atende às especificações de projeto, e à determinação da sua viabilidade econômica, conforme o diagrama ilustrado na Figura 14 (Romano 2003).

Figura 14 - Diagrama do Projeto Preliminar.



Fonte: Autor (2023).

Primeiramente foi determinado o “Leiaute do produto” em bloco especificando cada função elementar que consiste a um elemento funcional do produto. Posteriormente na “Lista de componentes” é os componentes são referenciados e identificados na árvore genealógica. O “Dimensionamento dos componentes” se faz presente na seleção dos materiais, onde foi utilizado o estudo de Ashby para definição de cada material e já constando seus custos. Para finalizar, pela “Modelagem CAD” foi possível chegar no “Mocape digital”.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 FASE INFORMACIONAL

4.1.1 Requisitos de clientes

Para melhor compreender as necessidades dos clientes foi realizado uma pesquisa de mercado, uma pesquisa disponibilizada para 4 pessoas, das quais são atuantes do ramo. Realizada através da ferramenta *Google Forms*, na qual é gratuita e apresenta os resultados de forma detalhada, com questões objetivas para assinalar. Assim, tornou-se mais acessível o contato com as necessidades do cliente, permitindo a Tabela 3 melhor análise do produto e as expectativas dos consumidores sobre o produto conforme a. O formulário pode ser analisado no Apêndice A.

Tabela 3 - Necessidades dos clientes.

Item	Necessidades dos clientes
1	Ser eficiente
2	Ser seguro
3	Ser móvel
4	Baixo custo

Fonte: Autor (2023).

De acordo com as necessidades do cliente, a busca pela melhor opção se torna mais objetiva, ressaltando que na Tabela 3 não há nenhuma valorização, os números indicam apenas as quantidades de itens.

Os requisitos descritos foram identificados por meio de análise de produtos existentes, por parâmetros que se espera que o dispositivo tenha para poder ter um agrado maior ao cliente. Subdivido em requisitos básicos, técnicos e atrativos, conforme mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Requisitos de clientes.

Requisitos de cliente	Item	Necessidade dos Clientes
Ser seguro	1	2
Mínima perda de massa	2	1
Reverter todo o polvilho	3	1
Ser fácil de guardar	4	3
Ser fácil de limpar	5	4
Ser móvel	6	3
Ser fácil de transportar	7	3
Fácil manutenção	8	4

Ter boa aparência	9	4
Fácil utilização	10	1
Ser leve	11	3

Fonte: Autor (2023).

Dado os requisitos de clientes, foi elaborado um formulário contendo perguntas, e algumas especificações de projeto, e referido a produtores de polvilho para poder também aplicar o Diagrama de Mudge, assim comparando aos pares um conjunto de critérios, para que ao final se possa conhecer a sua importância relativa, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Diagrama de Mudge.

DIAGRAMA DE MUDGE												
RC	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	SOMA	%
1	2C	3C	4B	5C	6A	7B	8C	1B	10C	11A	3	2,16%
	2	3B	4C	2C	6B	2C	2B	2A	2C	11B	12	8,63%
		3	3B	3B	3C	3B	3A	3A	3B	3B	30	21,58%
			4	4B	6B	4C	4B	4A	4C	11C	17	12,23%
				5	6A	7C	8C	5C	10C	11A	2	1,44%
					6	6C	6B	6A	6C	11C	26	18,71%
						7	7C	7A	7C	11B	11	7,91%
							8	8B	10C	11B	5	3,60%
								9	10C	11A	0	0,00%
									10	11B	4	2,88%
										11	29	20,86%
										TOTAL	139	100,00%

LEGENDA	VALOR	IMPORTÂNCIA
A	5	MUITO IMPORTANTE
B	3	IMPORTANTE
C	1	POUCO IMPORTANTE

Fonte: Autor (2023).

De acordo com o diagrama de Mudge, foi elaborado a Tabela 6 com os requisitos hierarquizados.

Tabela 6 - Requisitos de clientes por relevância.

Ordem	Requisitos	Valoração
1°	Revolver todo o polvilho	21,58%
2°	Ser leve	20,86%
3°	Ser móvel	18,71%
4°	Ser fácil de guardar	12,23%
5°	Mínima perda de massa	8,63%
6°	Ser fácil de transportar	7,91%
7°	Fácil manutenção	3,60%
8°	Fácil utilização	2,88%
9°	Ser seguro	2,16%
10°	Ser fácil de limpar	1,44%
11°	Ter boa aparência	0,00%

Fonte: Autor (2023).

Com a obtenção desses dados e suas relevâncias, verificou-se que os principais requisitos do cliente, tendo como prioridade de ser uma máquina leve e móvel, operando sua principal função de revolvimento em todo polvilho. É visto também que, apresentar uma boa

aparência não representa grande importância, tratando-se de eficiência na produção o essencial está na melhoria de operação, diretamente ligada na qualidade do produto final e redução da mão de obra, ficando então com a última posição.

Neste contexto, o estudo que objetivou desenvolver um protótipo de potência que permita realizar as operações agrícolas, disposto para receber diferentes tecnologias de propulsão para produtores de pequeno e médio porte, definindo algumas especificações com base em um questionário semiestruturado em que uma das questões referia-se a boa aparência a fim de promover a empatia do cliente, o item obteve nota quatro de 10 (FARINA, 2010), demonstrando assim que a boa aparência não necessariamente fator importante para o desenvolvimento do trabalho agrícola.

4.1.2 Requisitos de projeto

Os requisitos de projeto são um conjunto de informações, estabelecidas com base nas necessidades dos clientes, que definem metas para os pré-requisitos de projeto do produto, indicando como a opinião de cliente pode ser atendido. Com a determinação das condições de clientes, passamos a transformá-los em requisitos de projeto, para a obtenção de características mensuráveis, métricas que indicam como estes são compreendidos pela engenharia, visto no Quadro 1.

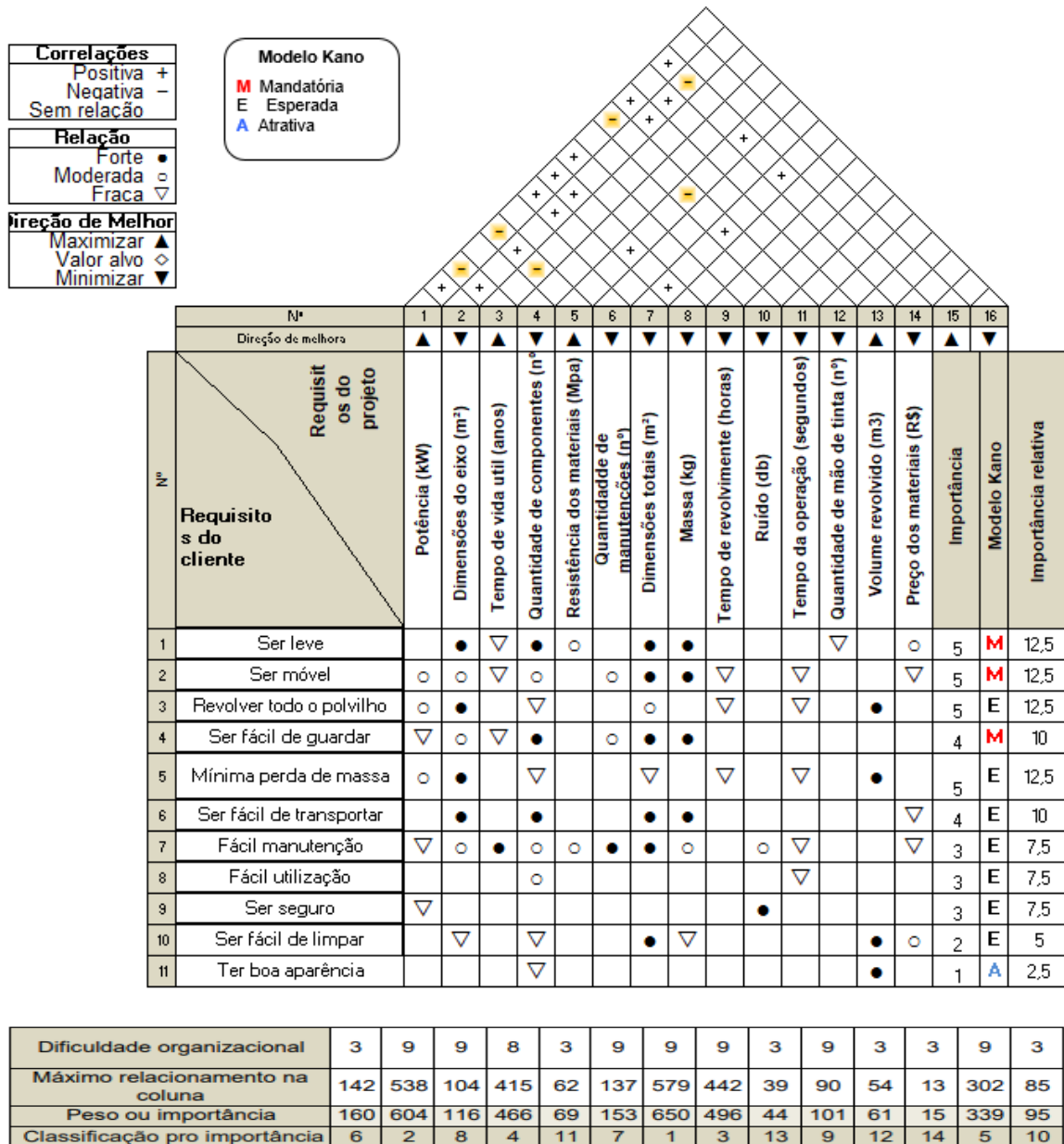
Quadro 1 - Requisitos de clientes transformados em requisitos de projeto.

Requisitos de cliente	Requisitos de projeto	Direção de melhoria
Ser leve	1. massa (kg)	-
	2. dimensões totais (m ²)	-
Ser móvel	3. quantidade de componentes (n°)	-
	4. tempo de revolvimento (segundos)	+
Revolver todo o polvilho	5. potência (volt)	+
	1. massa (kg)	-
Ser fácil de guardar	2. dimensões totais (m ²)	-
	5. potência (kW)	+
Mínima perda de massa	6. volume revolvido (m ³)	+
	1. massa (kg)	-
Ser fácil de transportar	3. quantidade de componentes (n°)	-
	7. quantidade de manutenção (n°)	-
Fácil manutenção	8. sistema automático (n°)	+
Fácil utilização	9. baixo ruído (db)	-
Ser seguro	2. dimensões totais (m ²)	-
	3. quantidade de componentes (n°)	-
Ter boa aparência	10. preço dos materiais (r\$)	-

Fonte: Autor (2023).

Dado os requisitos de projetos referentes, é visto que, é necessário de mais de um para atendê-los em alguns casos. Para uma melhor visualização, ao lado dos requisitos de projeto, está apresentado a direção de melhorias que possam ser aplicáveis. Sendo os requisitos de clientes transformados em requisitos de projeto, onde serão avaliados e valorados na Matriz QFD (Quality Function Deployment) visto na Figura 15.

Figura 15 - QFD casa da qualidade para máquina de revolvimento automatizada.



Fonte: Adaptado de Treinando Engenharia (2018).

Pela matriz casa da qualidade é possível verificar que o requisito de projeto de maior importância são as dimensões totais, juntamente com a sua massa, e o menos importante é a quantidade de mão de tinta. A partir destes resultados gerados do QFD realizou-se a hierarquização dos requisitos de projeto, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Hierarquização dos Requisitos de Projeto.

Classificação	Requisito de projeto	Item	Resultado
1°	Dimensões totais (m ²)	7	650
2°	Dimensões eixo (m ²)	2	604
3°	Massa (kg)	8	496
4°	Quantidade de componentes (n°)	4	466
5°	Volume revolvido (kg)	13	339
6°	Potência (Volts)	1	160
7°	Quantidade de manutenção (n°)	6	153
8°	Tempo de vida útil (anos)	3	116
9°	Ruído (db)	10	101
10°	Preço dos materiais (R\$)	14	95
11°	Resistência dos materiais (MPa)	5	69
12°	Tempo de operação (s)	11	61
13°	Tempo de revolvimento (h)	9	44
14°	Quantidade de mão de tinta (n°)	12	15

Fonte: Autor (2023).

4.1.3 Especializações de projeto

Contudo, foram realizadas as especificações de projeto, das quais foram delineadas através dos estudos realizados.

Figura 16 - Especificações de projeto.

Valoração	Requisitos de Projeto	Unidade de Medida	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos indesejados
1	Dimensões totais	m ²	< 1,5m x 1,5m	Medição trena	Elevadas medidas e assimetria
2	Dimensões eixo	m ²	< 1m (de comprimento)	Medição trena	Flambagem
3	Massa	kg	< 80 kg	Pesagem em balança	Dificultar o transporte
4	Quantidade de componentes	N°	< 30	Contagem manual	Desperdício de componentes
5	Volume revolvido	kg	> 500 kg	Pesagem volume seco, mais analise visual	Aglomerado de torrões
6	Potência	Volts	< 12 volts	Multímetro	Máquina patinar
7	Quantidade de manutenção	N°	< 6 (em 2 anos, 3 por ano)	Planilha de manutenção	Perda de produtividade
8	Tempo de vida útil	anos	> 10 anos	Contagem	Ferrugem

9	Ruído	db	< 85 db	Medição decibelímetro	Poluição sonora
10	Preço dos materiais	R\$	$2000,00 \geq R\$ \leq 3000,00$	Planilha de custos	Custo final acima do estabelecido
11	Resistência dos materiais	MPa	≤ 20 Mpa	Ensaio de tração dos materiais	Redução da vida útil
12	Tempo de operação	s	≤ 120 s	Contagem cronometrada	Lentidão de rotação
13	Tempo de revolvimento	h	≤ 1 h	Contagem cronometrada	Pouca eficiência
14	Quantidade de mão de tinta	Nº	= 1	Contagem	Elevado custo e ferrugem

Fonte: Autor (2023).

4.2 FASE CONCEITUAL

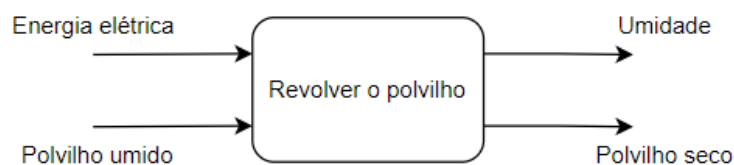
Nesta etapa será abordada a concepção do produto, buscando as melhores soluções para a representação, criando possíveis alternativas para poder realizar uma comparação e ter opção de escolha, com base no diagrama apresentado na Figura 13, “Estrutura funcional do produto”, “Matriz Morfológica”, “Concepções Alternativas” e “Definição da Concepção”.

Utilizando a fase Informacional é definido o conceito do produto, especificando entradas e saídas do sistema, originando a função Global, após sua definição será dividida em funções parciais e elementares. Com as funções elementares obtidas, a Matriz morfológica irá organizar as funções, e com isso gerado as Concepções Alternativas de diferente formas para a definição da concepção final.

4.2.1 Diagrama funcional do produto

Passando pela função global para definir o objetivo final do produto, ou seja, realizar o revolvimento do polvilho, no diagrama de caixa preta, a qual pode ser observada na Figura 17, e com isso é possível determinar as sub funções.

Figura 17 - Diagrama de caixa preta, função global.

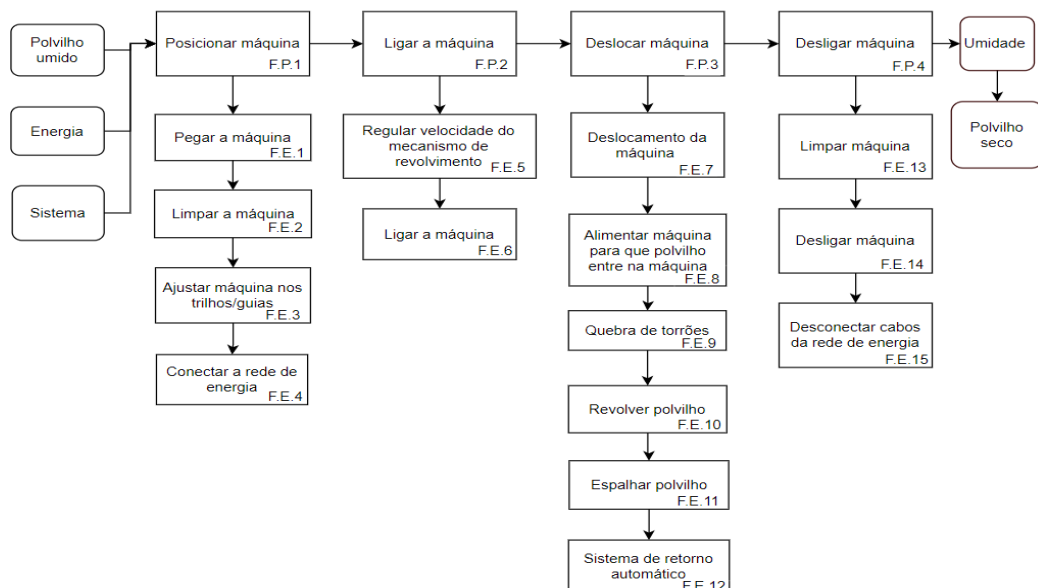


Fonte: Autor.

Após a função global definida, são dadas as funções do produto para que seja possível realizar o diagrama funcional do produto, este que irá permitir ver todas funções do produto e suas relações entre si, podendo verificar a eficiência de cada processo e buscar soluções para aumentá-las. Seguindo suas funções na Figura 17. As funções do revolvedor do polvilho são de as seguintes:

- Posicionar a máquina;
- Pegar a máquina;
- Ajustar a máquina nos trilhos/guias;
- Conectar à rede de energia;
- Ligar a máquina;
- Regular velocidade do mecanismo de revolvimento;
- Deslocar a máquina;
- Deslocamento da máquina;
- Alimentar a máquina para que o polvilho entre na máquina;
- Quebrar torrões;
- Revolver o polvilho;
- Espalhar o polvilho;
- Sistema de retorno automático;
- Desligar a máquina;
- Limpar a máquina;
- Desconectar os cabos de energia;
- Redução da umidade;
- Polvilho seco.

Figura 18 - Estrutura funcional do Produto (Back et. al 2008).





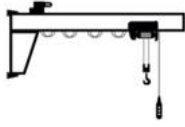
Fonte: Autor (2023).

Assim, partindo das principais funções da máquina, foi identificado as funções elementares, pois as mesmas são primordiais para o funcionamento do produto a ser desenvolvido.

4.2.2 Matriz morfológica




Identificada as principais funções elementares do produto, com o diagrama funcional foi realizado a matriz morfológica apresentando possíveis soluções para cada uma dessas funções. Assim, foi realizada a busca por diversos princípios de solução relacionados a cada função elementar, com base nas buscas por produtos existentes e por patentes. As Figuras de 19 a 33, apresentam os princípios de solução encontrados para cada uma das funções identificadas como elementares. Assim, foi identificado mais de uma solução para cada qual problema, apresentando variedades de escolha para, para então encontrar a melhor concepção.

Figura 19 - Posicionar a máquina (F.E.1).

		
1A) Pegador soldado	1B) Pegador fixado com parafusos	1C) Guincho móvel

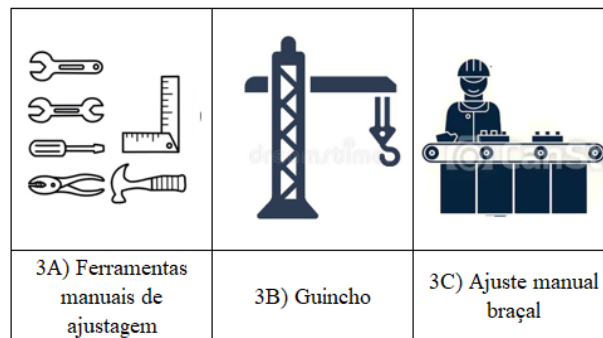
Fonte: Autor (2023).

Figura 20 - Limpar a máquina (F.E.2).

		
2A) Pincel	2B) Jato de ar	2C) Vassoura

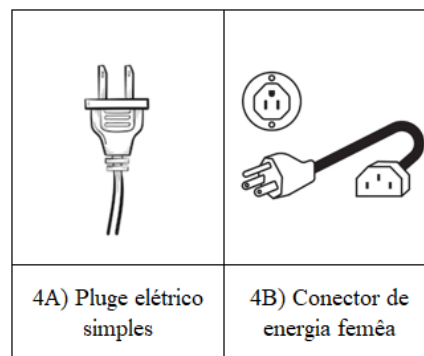
Fonte: Autor (2023).

Figura 21 - Ajustar máquinas nos trilhos (F.E.3).



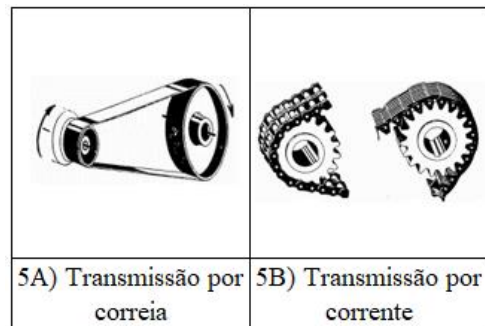
Fonte: Autor (2023).

Figura 22 - Conectar à rede de energia (F.E.4).



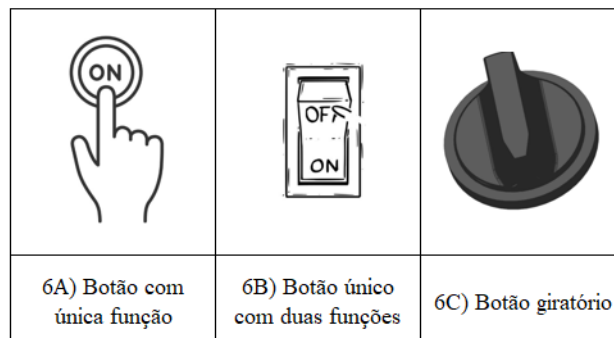
Fonte: Autor (2023).

Figura 23 - Regular a velocidade do mecanismo de revolvimento (F.E.5).



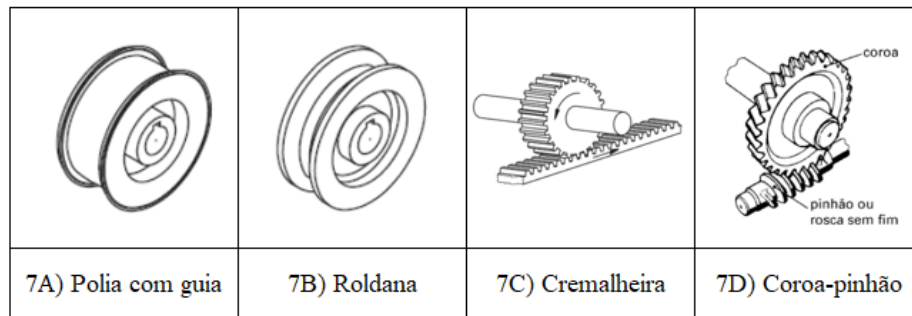
Fonte: Autor (2023).

Figura 24 - Ligar a máquina (F.E.6).



Fonte: Autor (2023).

Figura 25 - Deslocamento da máquina (F.E.7).



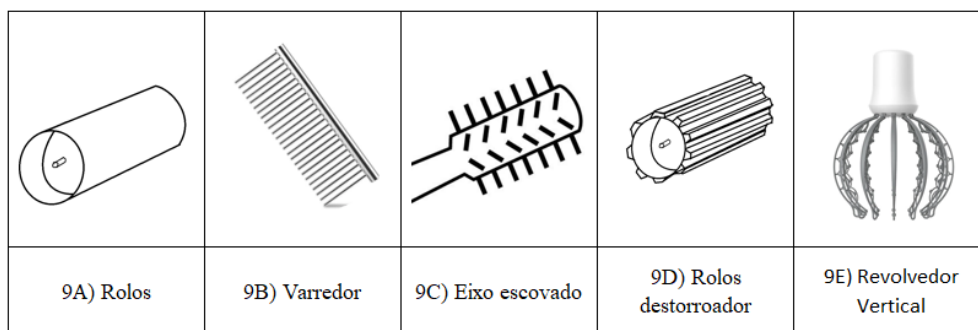
Fonte: Autor (2023).

Figura 26 - Alimentar a máquina para que o polvilho entre na máquina (F.E.8).



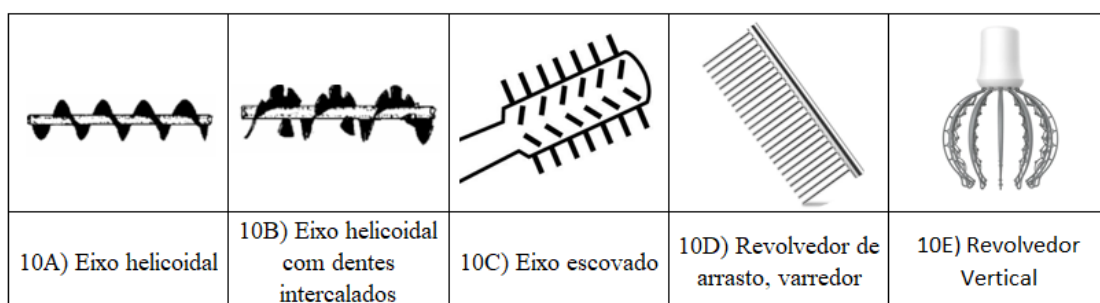
Fonte: Autor (2023).

Figura 27 - Quebra de torrões (F.E.9).



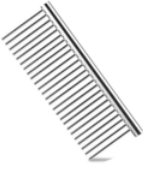




Fonte: Autor (2023).

Figura 28 - Revolver o polvilho (F.E.10).






Fonte: Autor (2023).

Figura 29 - Espalhar o polvilho (F.E.11).

				
11A) Varredor	11B) Eixo escovado	11C) Eixo helicoidal	11D) Eixo helicoidal com dentes intercalados	11E) Revolvedor Vertical




Fonte: Autor (2023).

Figura 30 - Sistema de retorno automático (F.E.12).

		
12A) Sistema elétrico	12B) Fonte de energia hidráulica	12B) Fonte de energia pneumática




Fonte: Autor(2023).

Figura 31 - Limpar a máquina (F.E.13).

		
13A) Pincel	13B) Jato de ar	13C) Vassoura

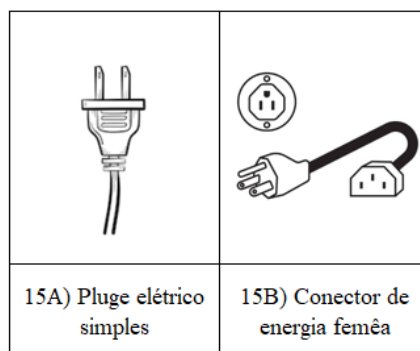
Fonte: Autor (2023).

Figura 32 - Desligar a máquina (F.E.14).

		
14A) Botão com única função	14B) Botão único com duas funções	14C) Botão giratório

Fonte: Autor (2023).

Figura 33 - Desconectar cabos de energia (F.E.15).



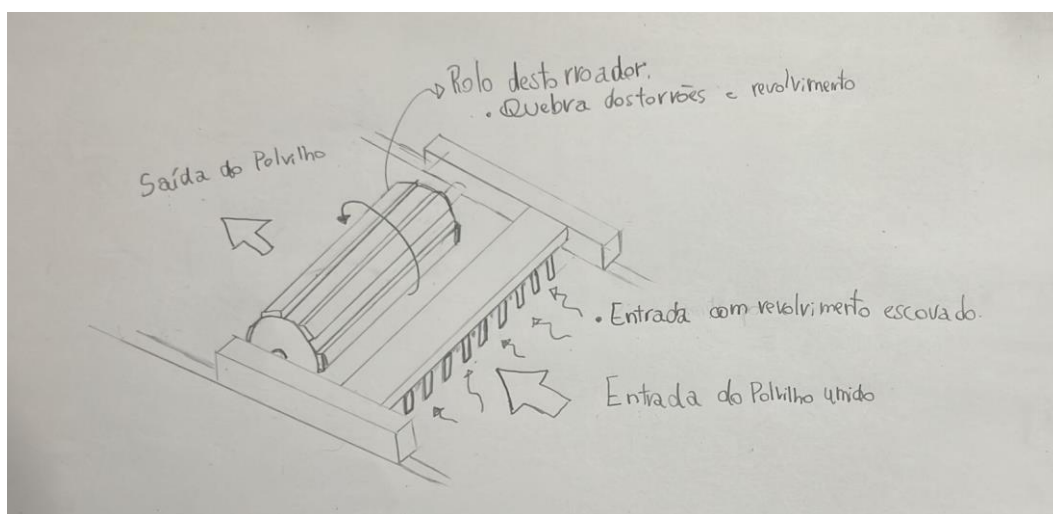
Fonte: Autor (2023).

4.2.3 Concepções alternativas

Com o auxílio da matriz morfológica, foram desenvolvidos desenhos de possíveis concepções alternativas, as ideias chaves das concepções foram de revolvimento do polvilho e quebra dos torrões, sendo assim, as Figuras 34, 35 e 36 ilustram os esboços feitos a manuscritos.

Sendo a primeira concepção formada por duas etapas de revolvimento do polvilho, um carro sobre os trilhos postos no jiraus, é o qual dá a direção para o a máquina de revolvimento em um único sentido. Com isso, na primeira concepção com o auxílio da matriz morfológica foi desenvolvido o processo de revolvimento escovado, onde o polvilho entra e sofre o arrasto pela escova e logo após ocorre o processo de quebra do torrões, ocasionado pelo rolo destorroador, que além que quebrar os torrões também atua como um revolvedor, conforme ilustrado na Figura 34.

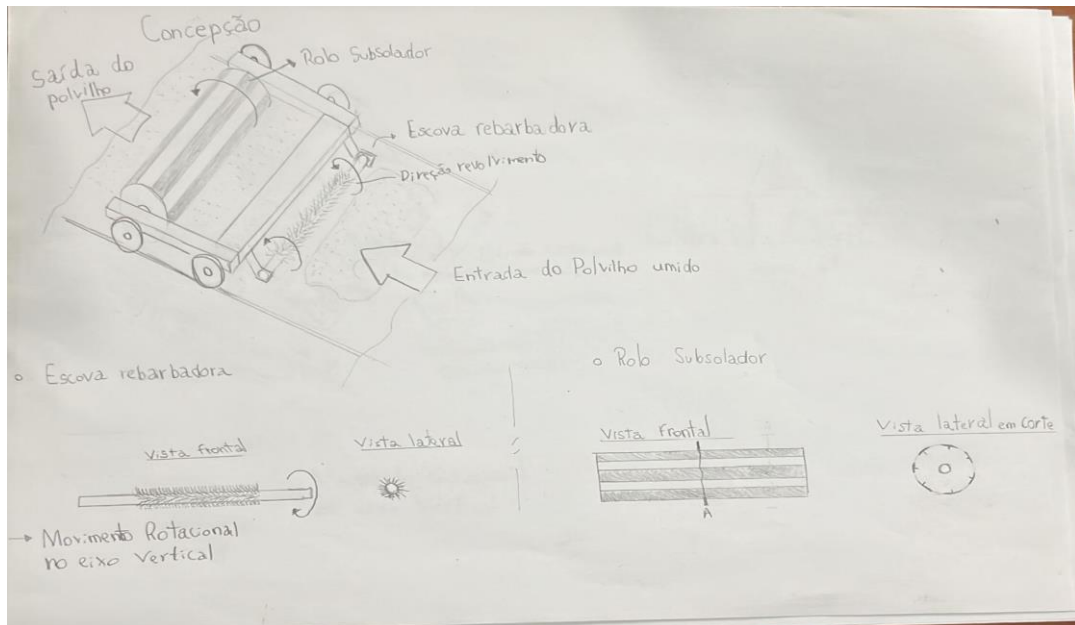
Figura 34 - Concepção alternativa 1.



Fonte: Autor (2023).

Com base na primeira concepção alternativa, na segunda concepção, ilustrada na Figura 35 seguiria o mesmo padrão alternando apenas o formato dos operadores, de acordo com a pesquisa de mercado, foi designado uma escova rebarbadora para a entrada do polvilho, e um rolo subsolador, no qual é modificado para o melhor desempenho do revolvimento, conforme ilustrado na Figura 3.

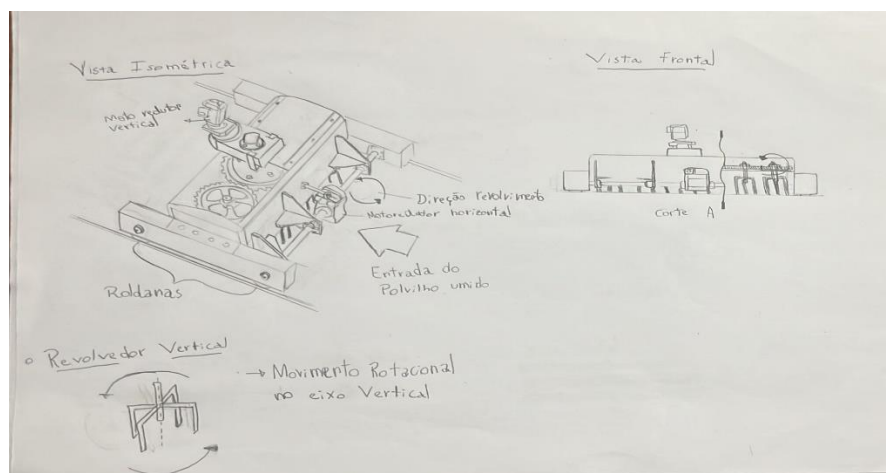
Figura 35 - Concepção alternativa 2.



Fonte: Autor (2023).

Ambas as concepções até então apresentadas apresentam um revolvimento em torno do eixo horizontal, porém, para a terceira concepção buscando por uma inovação nos processo é apresentado um modelo de rotação em torno do eixo vertical. Sendo assim, conforme ilustrado na Figura 36, a entrada do polvilho é direta no revolvedor vertical, onde com o movimento rotacional revolve o polvilho.

Figura 36 - Concepção alternativa 3.



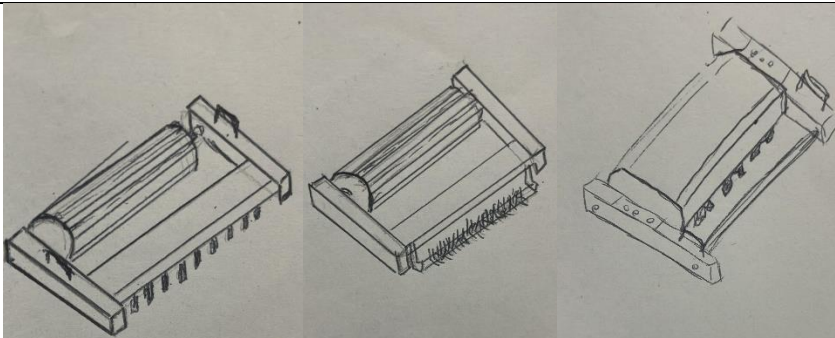
Fonte: Autor (2023).

4.2.4 Matriz de seleção de concepção

Conforme as soluções apresentadas nas funções elementares, foram desenvolvidas as concepções, baseadas nas alternativas disponibilizadas pela matriz morfológica, na matriz de seleção da concepção, que por critérios técnicos definidos, irá definir a melhor concepção de produto, colocando lado a lado diferentes tipos de concepções estruturadas, correlacionados no QFD.

Sendo assim, a avaliação é feita por escalas dadas por valores de 1 a 5, sendo: 1 (não atende), 2 (atende fracamente), 3 (atende medianamente), 4 (atende bem) e 5 (atende muito bem). Assim, por último, multiplica-se a nota dada por cada critério pelo seu respectivo peso e soma-se os valores obtidos, sendo a escolhida a que apresentar o maior somatório. No Quadro 3 está ilustrado a matriz de seleção de concepção.

Quadro 3 - Matriz de Seleção de Concepção.

Critério de Seleção	Valor			
Dimensões totais	650	2	2	4
Dimensões eixo	604	3	2	4
Massa	496	2	1	3
Quantidade de componentes	466	3	3	5

Volume revolvido	339	3	3	5
Potência	160	3	3	3
Quantidade de manutenção	153	2	2	2
Tempo de vida útil	116	3	3	3
Ruído	101	2	2	1
Preço dos materiais	95	3	2	2
Resistência dos materiais	69	3	3	4
Tempo de operação	61	2	2	4
Tempo de revolvimento	44	2	3	4
Quantidade de mão de tinta	15	4	4	4
Total		8617	7466	12710

Fonte: Autor (2023).

4.2.5 Seleção da Matriz Morfológica

Sendo a primeira combinação 1A, 2A, 3A, 4A, 5B, 6A, 7A, 8C, 9D, 10D, 11A, 12A, 13A, 14A, 15A apresentando uma concepção na qual terá as roldanas fixadas no equipamento para o deslocamento no trajeto, sendo quatro fixadas diretamente e as outras duas em um eixo de rotação que é movido por um motor redutor que foi selecionada para pequenas rotações, assim não correndo risco de choque elétrico, e a fixação escolhida para o eixo rotacional é de

solda nas duas roldanas. O modo de revolvimento selecionado para esta concepção é o rolo destorroador, com a função de quebrar os torrões do polvilho, e o processo de revolvimento sendo executado por duas chapas escovadas, revolvendo o polvilho por uma varredura e então será feito um retorno ao fim de curso.

A segunda concepção, foi desenvolvida baseada na primeira, porém foi reduzido o número de elemento, com o objetivo de uma redução de massa. E a terceira concepção, é alterando apenas o eixo de rotação e revolvimento. Sendo a combinação para a segunda concepção 1A, 2A, 3A, 4A, 5B, 6A, 7B, 8C, 9D, 10C, 11B, 12A, 13A, 14A, 15^a, onde o eixo apresenta um subsolador em conjunto com a escova rebarbadora, no qual tem função de revolver e quebrar os torrões juntamente. E a combinação para a terceira concepção foi de 1A, 2A, 3A, 4A, 5B, 6A, 7B, 8B, 9E, 10E, 11E, 12A, 13A, 14A, 15A, apresentando uma rotação no eixo vertical.

Com isso, a concepção C foi a que apresentou uma maior pontuação alcançando 12710 pontos. Em praticamente todos pontos levou vantagem sobre as demais concepções, apresentando menos componentes e um maior revolvimento, trazendo mais eficiência com menor custo para o projeto, portanto, a concepção C apresenta a melhor solução de acordo com os critérios definidos

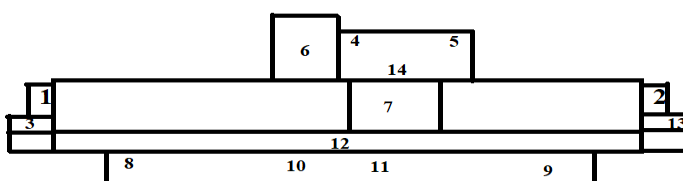
4.3 FASE DE PROJETO PRELIMINAR

Fase na qual, a concepção selecionada será estudada, analisada, otimizada e avaliada sob diversos aspectos relacionados a engenharia. Ou seja, destina-se ao estabelecimento do leiaute ou configuração final do produto que atende às especificações de projeto, e à determinação da sua viabilidade econômica.

4.3.1 *layout* do Produto

O *layout* do produto é descrito de forma modular, ou seja, cada elemento funcional do produto é representado por um bloco. O leiaute é mostrado na Figura 37.

Figura 37 - *Layout* do Produto.



Fonte: Autor (2023).

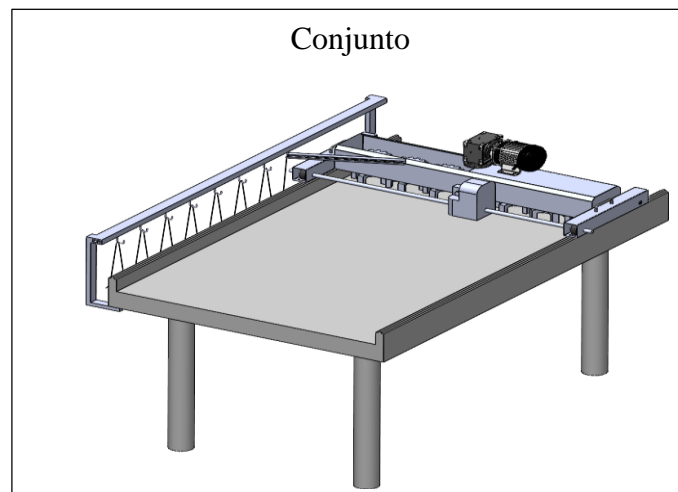
4.3.2 Lista de componentes

Para criação das listas dos componentes foram divididos em subconjunto, onde está presente o subconjunto secundário com a mesa demonstrativa para criação de elementos de fiação, e o subconjunto principal onde está desenvolvida a máquina.

4.3.2.1 Árvore Genealógica

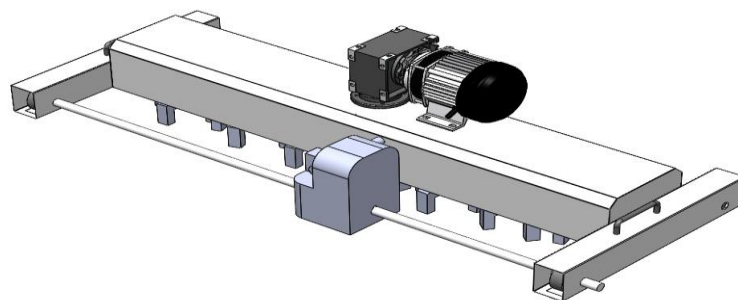
Para análise do produto uma esquematização hierárquica foi criada, definindo os componentes do produto, onde o produto, que é o conjunto foi dividido em um subconjunto, para obter um entendimento mais detalhado do produto. O sistema de codificação foi definido sendo, o primeiro par de dígitos equivale ao conjunto geral, o segundo par de dígito equivale ao subconjunto e os últimos dígitos equivalem ao número de componentes ou peça. Com isso, foi desenvolvida o esquema da árvore completa, sendo ilustrado na Figura 38.

Figura 38 - Conjunto do produto.



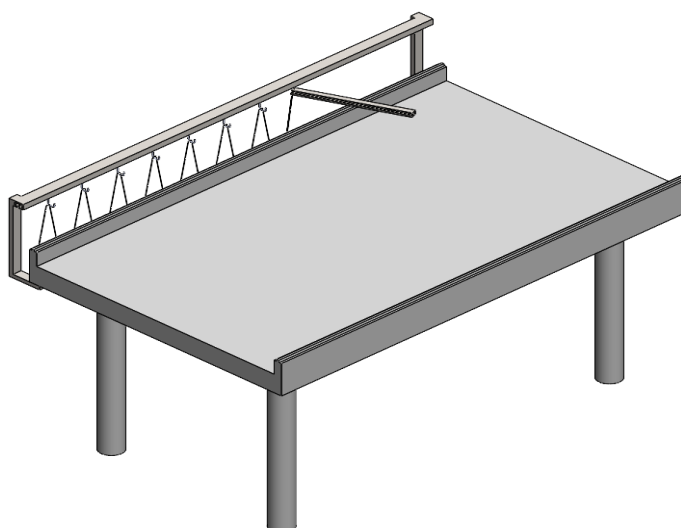
Fonte: Autor (2023).

Figura 39 - Subconjunto 01.01.0000.



Fonte: Autor (2023).

Figura 40 - Subconjunto 01.02.0000.



Fonte: Autor (2023).

Com o auxílio desses dados é realizado a simplificação da lista de peças do produto, conforme apresentado nos Quadros 4 e 5.

Quadro 4 - Peças do subconjunto 01.01.0000.

Código	Componente	Quantidade
01.01.0001	Barras de fixação	2
01.01.0002	Revolvedor vertical	7
01.01.0003	Eixo rotacional	1
01.01.0004	Engrenagem	7
01.01.0005	Motoredutor	2
01.01.0006	Porcas	4
01.01.0007	Arruelas	4
01.01.0008	Parafusos	4
01.01.0009	Estrutura	1
01.01.0010	Rolamento	4
01.01.0011	Suporte engrenagem	7
01.01.0012	Pegador soldado	2

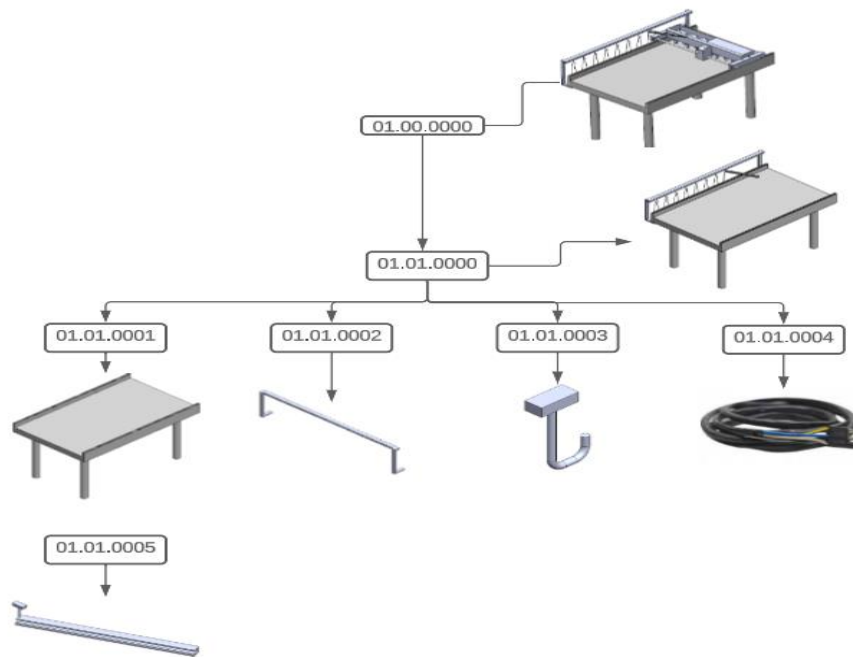
Fonte: Autor (2023).

Quadro 5 - Peças do subconjunto 01.02.0000.

Código	Componentes	Quantidade
01.02.0000	Suporte	1
01.02.0001	Trilhos para cabos elétricos	1
01.02.0002	Ganchos guia	7, variar de acordo com o comprimento do suporte
01.02.0003	Cabo elétrico	1
01.02.0004	Barra para cabo	1

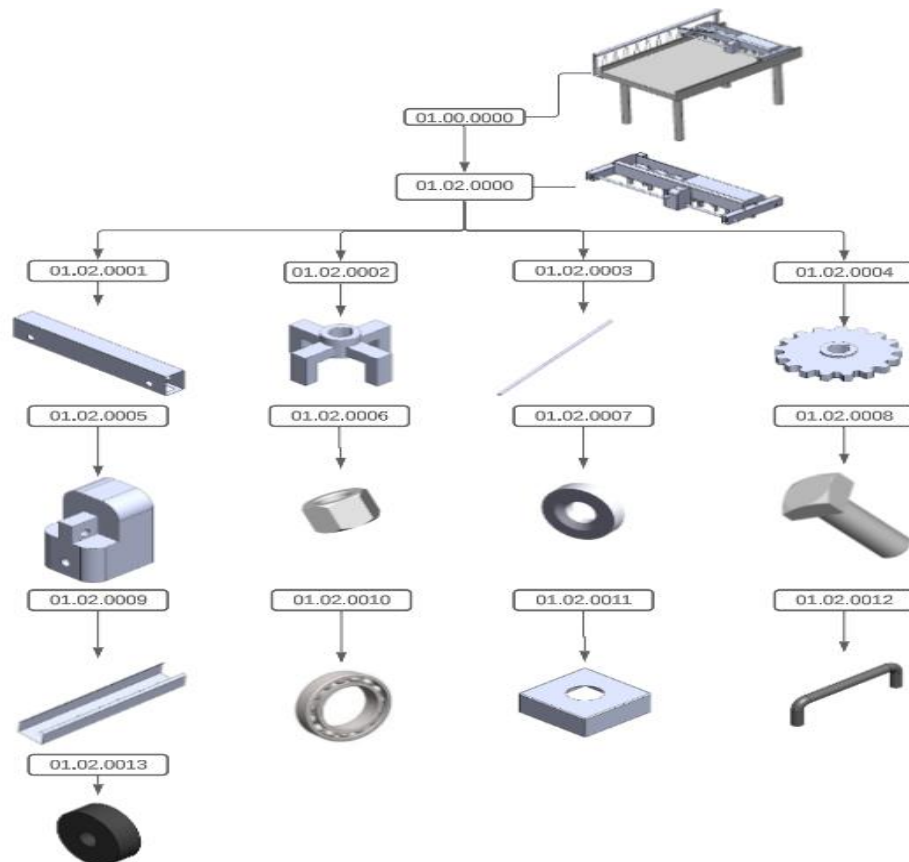
Fonte: Autor (2023).

Figura 41 - Esquema árvore subconjunto 01.02.0000.



Fonte: Autor (2023).

Figura 42 - Esquema árvore subconjunto 01.02.0000.



Fonte: Autor (2023).

4.3.3 Seleção dos matérias dos componentes fabricados

A seleção dos materiais foram realizadas a partir de estudos de engenharia, sendo aplicados para os materiais dos quais seriam fabricados para o projeto, sendo o restante comprado. Assim, a estrutura principal deve ser fabricada, e feito a busca por uma relação do peso para que não fique muito pesada, pois facilitaria a mobilidade da máquina, e também não muito leve, o que ocasionaria em uma patinação das polias sobre os trilhos, o mesmo aconteceria se a massa for muito elevada.

Em vista disso, para a melhor escolha dos materiais, foi aplicado a o estudo da teoria de ASHBY, e também a utilização do Software CES EduPack, possibilitando diversas comparações e facilitando a melhor escolha. Por ser um processo de secagem, os materiais em contato com o polvilho, estarão sujeitos a umidade podendo ser oxidados no caso dos aços, assim é feito a procura por materiais com boa resistência a corrosão. Em vista disso, é feita a tradução dos materiais, conforme o Quadro 4.

Quadro 6 - Tradução dos materiais.

Atributos	Questionamentos
Função	Revolver o polvilho
Restrições absolutas	Custo total do material \leq R\$ 5000,00 Massa \leq 20kg
Restrições negociáveis	Quantidade de componentes
Objetivo	Revolver todo o polvilho, efetuando a quebra dos torrões
Variáveis livres	Tempo de revolvimento

Fonte: Autor (2023).

O Quadro 7 ilustra uma triagem dos materiais selecionados a partir da tradução vista anteriormente, trazendo algumas características de cada material e suas propriedades mecânicas.

Quadro 7 - Triagem.

Requisitos	Unidade	Tipos de materiais				
		Aço SAE 1020	Aço SAE 1045	Aço SAE 4130	Alumínio 6061	Aço Inox 304
Tensão de escoamento	Mpa	300	450	460	277	290
Custo do material (chapa)	R\$	R\$ 43 - Tarugo Ø50,80m x50mm	R\$ 45 - Tarugo Ø50,80m x50m	R\$560 - Tarugo Ø222 mm x430mm	R\$27 - Tarugo Ø76,20m x15m	R\$58 - Tarugo Ø25,4mm x50m
Módulo de elasticidade	Gpa	205	190	190-210	69	200
Densidade	g/cm ³	7,87	7.87	7.85	2,71	8

Fonte: Autor (2023).

Quadro 8 - Classificação.

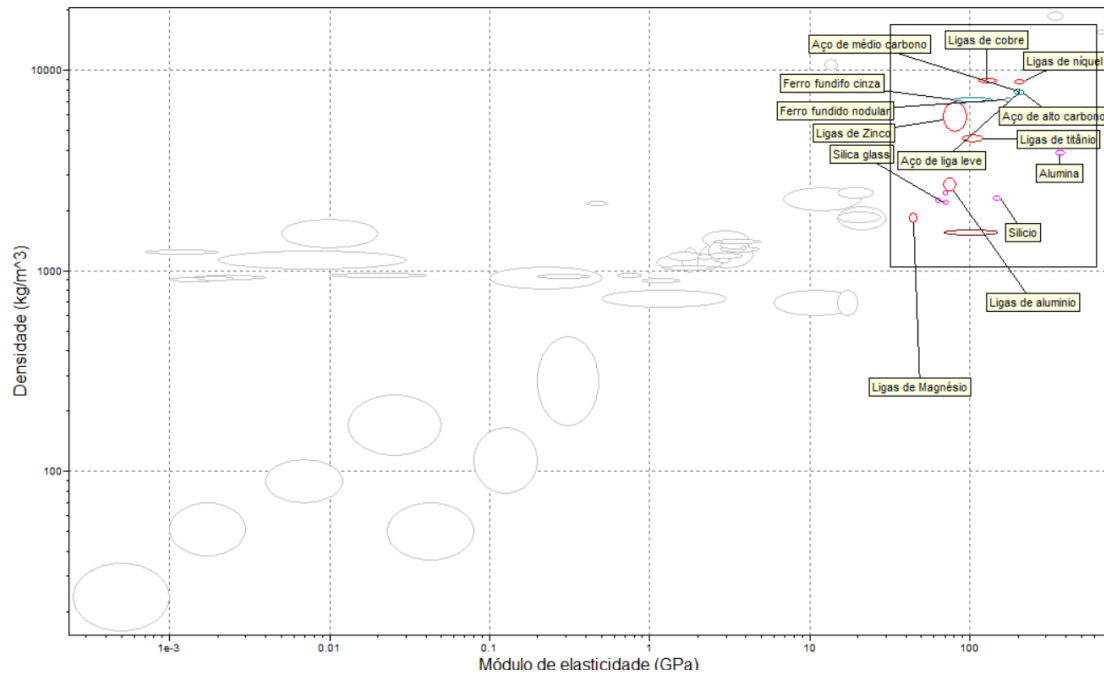
Requisitos	Aço SAE 1020	Aço SAE 1045	Aço SAE 4130	Alumínio 6061	Aço Inox 304
Tensão de escoamento	B	A	A	B	B
Custo do material	A	A	C	B	C
Módulo de elasticidade	A	A	A	B	A
Densidade	C	C	C	A	C

Fonte: Autor (2023).

De acordo com a triagem, foi elaborada uma classificação para cada material, sendo “A” bom, “B” médio e “C” baixo. Assim, é possível analisar que apenas o Alumínio, não apresentou classificação “C”, e o Aço SAE 1045 apresentou três “A”. Por apresentar um elevado preço é descartado o material Aço SAE 4130, restando a análise mais detalhada para os demais materiais.

Com base nisso, foi realizado a pesquisa no Software EduPack 2007 (ASHBY; CEBON; SILVA, 2007) que é uma versão gratuita encontrada na internet, traçando o módulo de elasticidade com um mínimo de 10 GPa e densidade de até 10000 kg/m³, para as peças de revolvimento, conforme a Figura 42.

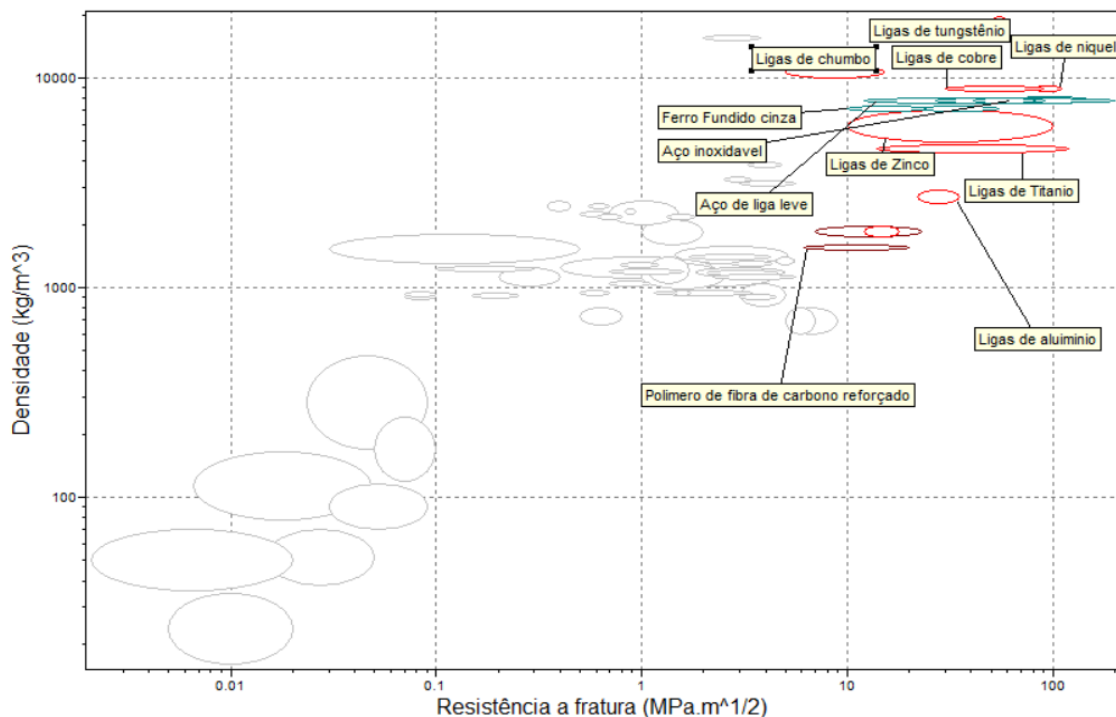
Figura 43 - Relação módulo de elasticidade e densidade.



Fonte: Adaptado de CEBON; SILVA (2023).

Para a obtenção do material do eixo de rotação foram selecionado material com boa resistência a fratura e a densidade, e o mesmo para as barras de fixação. A densidade é levada em conta para que possa ser reduzida, para que assim tenha uma redução da massa total, conforme na Figura 43.

Figura 44 - Relação resistência a fratura e densidade.



Fonte: Adaptado de CEBON; SILVA (2023).

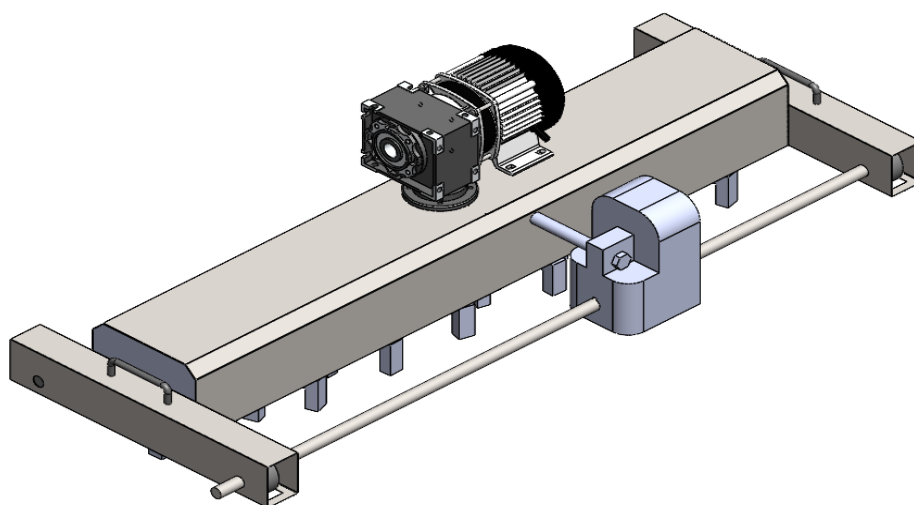
Com isso, foi possível selecionar os materiais, para os quais fossem fabricados. Sendo o Aço Inox 304 selecionado por tratar alimento, e as chapas de fixação com o Aço Inox AISI 430 escovado sendo então fixado, ou ainda, toda chapa escovada de Aço Inox 304 ocasionando em um preço mais elevado, por conta do material. O principal fator para o Aço Inox 304 ter sido selecionado para estes componente, foi por ambos estar em contato contínuo com o polvilho úmido, e este material tem uma elevada resistência a corrosão.

Para a estrutura o material podendo ser de baixo carbono, então o Aço SAE 1020, onde o restante dos materiais utilizados no projeto seriam adquiridos comercialmente, ou ainda como selecionado as chapas de Inox 430, com uma espessura acima de 1mm. Após a seleção dos materiais, os mesmos foram definidos no SolidWorks e incluídos no modelo CAD, como mostra a Figura 40, ilustrando o mocape digital do produto. Os desenhos técnicos dos componentes podem ser vistos no Apêndice B.

4.3.2 Modelagem geométrica

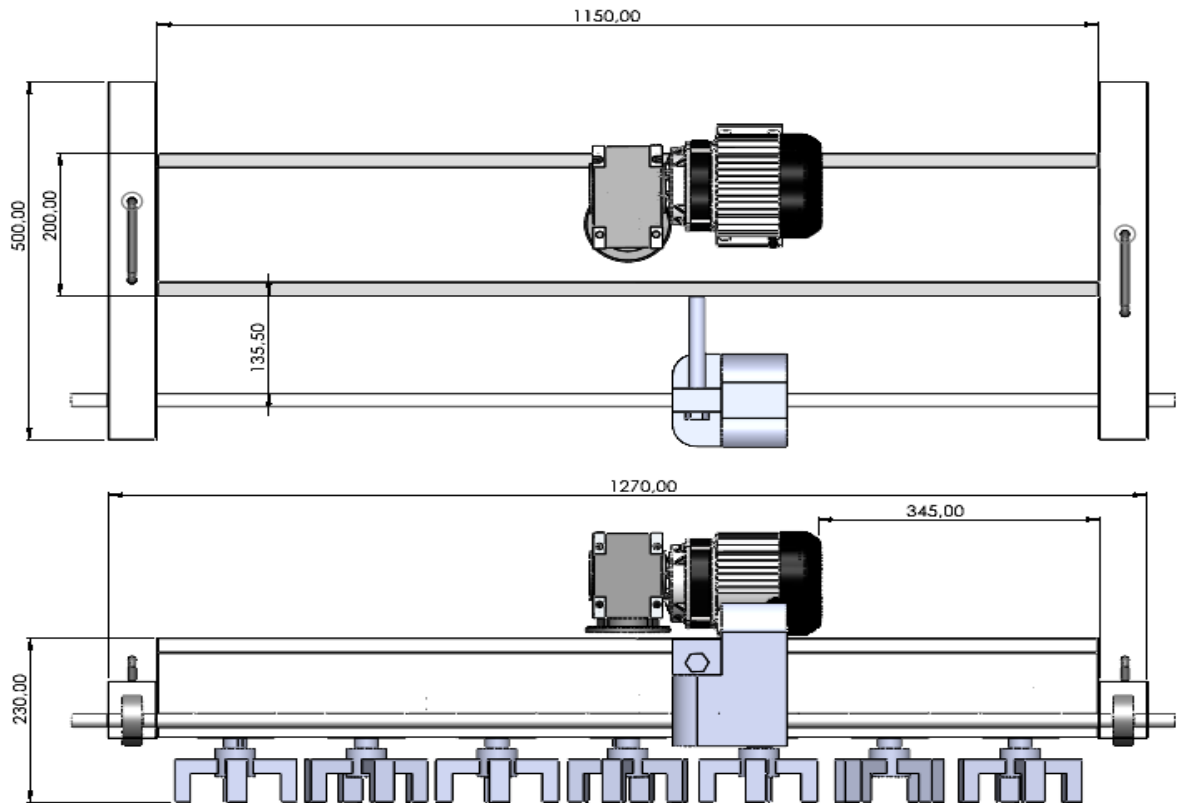
Através dos conceitos avaliados nos capítulos anteriores, dos princípios de solução propostos para as funções elementares e levando em consideração os requisitos de projeto, identificou-se o modelo de revolvimento de polvilho na Figura 44. Este modelo vai ao encontro da combinação 1A, 2A, 3A, 4A, 5B, 6A, 7B, 8B, 9E, 10E, 11E, 12A, 13A, 14A, 15A, proposta na Matriz de Seleção dos princípios de solução. Com isso, foi efetuada a modelagem digital do protótipo de revolvimento do polvilho, conforme a Figura 46.

Figura 45 - Modelo de máquina revolvente de polvilho, desenvolvido em CAD.



Fonte: Autor (2023).

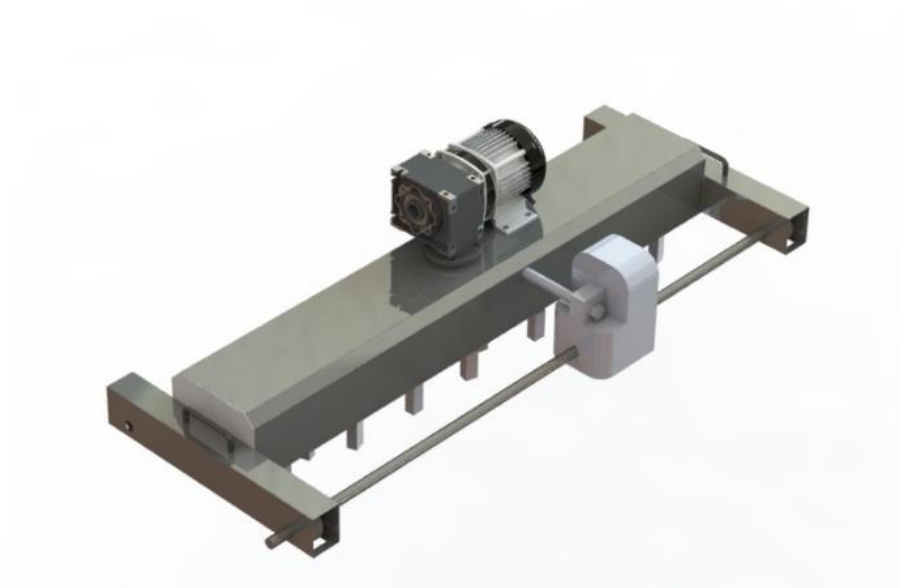
Figura 46 - Modelo de da máquina revolvedora de polvilho, com medidas básicas.



Fonte: Autor (2023).

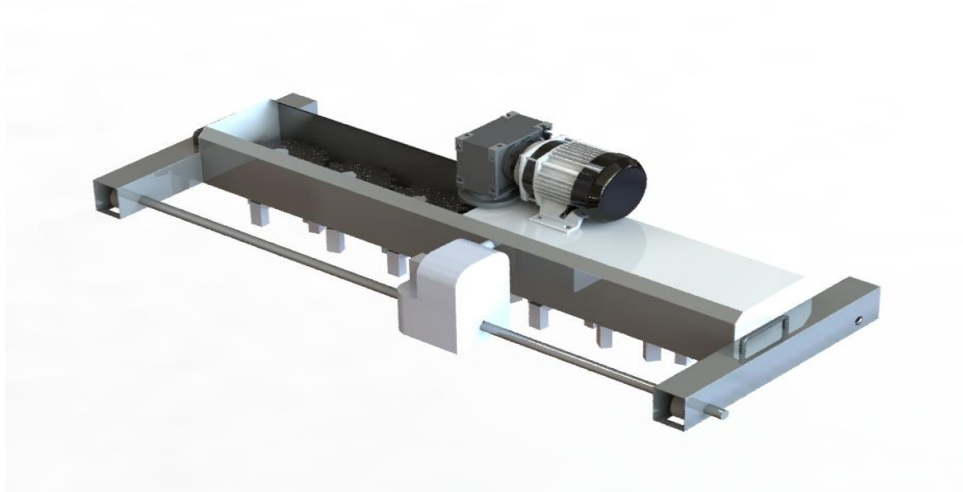
O modelo foi selecionado pelo fato de melhor atender aos requisitos, executando o revolvimento de um elevado volume de polvilho, revolvendo a maior parte do polvilho com um sentido de rotação sobre o eixo vertical, que além de um ótimo revolvimento ainda executa na quebra dos torrões. De acordo com a pesquisa de máquinas que operam com o revolvimento no mercado, seguindo o propósito citado anteriormente de um eixo vertical e buscando um melhor operador de revolvimento foi selecionado essa concepção, assim, para atender os principais requisitos de cliente, será feito o estudo dos materiais, buscando materiais leves e resistente, para facilitar no transporte da máquina.

Figura 47 - Mocape digital do produto.



Fonte: Autor (2023).

Figura 48 - Mocape digital, outra vista com corte.



Fonte: Autor (2023).

5 CONCLUSÃO

Com base nos estudos e pesquisas, pode se ter a dimensão da importância que a agricultura ocupa no Brasil e no mundo. A cultura da mandioca é uma das mais antigas e frequentemente é associada a técnicas incipientes de produção e à agricultura de sustento, principalmente familiar. Algumas pessoas podem até classificar como atividade não lucrativa, fato que expõe a importância de estudos relacionados à sua cadeia, bem como, de produtos elaborados a partir desta, proporcionando subsídios para aprimorar o cultivo e produção.

Nesse contexto, fica claro que a matéria prima oriunda da mandioca, em suas diferentes variedades, tem possibilitado a produção de uma gama de produtos a partir do seu cultivo, como o polvilho, tapioca, farinha, entre outros. Contudo, mesmo com a tecnologia existente, ainda existem lacunas no que tange algumas fases do processo de elaboração dos produtos. Exemplo disso é o polvilho, que sua secagem ainda é realizada manualmente, com exposição ao sol e revolvimento manual, por diversas agroindústrias, principalmente da agricultura familiar.

Com isso, uma máquina de fácil manuseio e transporte, com custo acessível, será de grande valia na secagem e revolvimento do polvilho, sendo que ainda proporcionará agilidade na produção, independentemente do tempo, já que em dias chuvosos, fica impossível a secagem manual. Outro ponto de destaque é a economia com a mão de obra, já que manualmente envolveria mais de uma pessoa no processo.

Assim, pode se afirmar que há várias vantagens de se ter a máquina para processos que ainda são manuais e que demandam mão de obra e tempo, podendo muitas vezes ter a produção prejudicada, devido ao clima, estações mais chuvosas, entre outros. Contudo, apesar de não conseguir chegar ao produto final da execução do projeto, tem-se a certeza de que o primeiro passo foi dado em prol de contribuir principalmente com a agricultura familiar que tem como renda a venda produtos derivados da mandioca.

A máquina projetada demonstra um avanço significativo na produção de polvilho, oferecendo uma solução eficiente e inovadora para o processo de secagem. Sua contribuição para a indústria alimentícia é promissora e representa um marco no aprimoramento tecnológico desse setor, caso venha ser posta em prática. Portanto, esse é um exemplo de inovação tecnológica na indústria alimentícia, podendo otimizar o processo de produção, reduzir custos e aumentar a eficiência, impactando positivamente a qualidade do produto final.

Este estudo traz contribuições importantes para centros de pesquisa em diversas universidades, os quais podem estimular, complementar e atrair estudantes, que se interessem

em colaborar e dar sequência no desenvolvimento do trabalho, colaborando e somando no avanço da produção em agroindústrias, especialmente no que concerne á agricultura familiar.

SUGESTÃO DE TRABALHO FUTUROS

Após o estudo em questão é um estudo de inovação em especial na agroindústria, as pesquisas realizadas para a idealização de um protótipo, foram realizadas através de máquinas que operam com objetivos similares. Para tal, é possível identificar melhorias no processo que contextualiza a elaboração do produto, tais como:

- Desenvolver um protótipo para realização de testes;
- Realizar testes de vibração no protótipo;
- Testar a retirada de umidade do polvilho e possível eficiência do processo de revolvimento vertical e horizontal.
- Inovar na sustentabilidade para melhoria das agroindústrias;
- Promover o estudo e a prática para a secagem do polvilho em ambiente fechado com temperatura controlada, assim podendo evitar também sujidade.

REFERÊNCIAS

- ADITIVOS INGREDIENTES. **O polvilho azedo**. Especificações do polvilho aditivos e ingredientes, Disponível em: <https://aditivosingredientes.com/artigos/todos/o-polvilho-azedo>. Acesso em: 05/01/2022.
- AGRIEXPO. Site, disponível em: <https://www.agriexpo.online/pt/>. Acesso em: 18/01/2022.
- BACK, Nelson et al. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008. 648 p.
- BAXTER, M. **Projeto de produto: Guia prático para o design de novos produtos**. São Paulo: Blucher, 2011. 342 p.
- BEZERRA, Vargas. **Dissertação: Alterações na composição química e cocção de raízes de mandioca minimamente processadas**. Lavras: UFLA, 2000. 92p.
- BRASIL. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 263/05, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2005.
- CEREDA, Martins. Tecnologia e qualidade do Polvilho azedo. Informe Agropecuário. **Revista Agropecuário**, v. 13, n. 145, p. 63-68, 1987.
- CEREDA, Marney. NUNES, Oliveira. **Definição de parâmetros de fermentação e secagem para industrialização do polvilho azedo**. Botucatu: Departamento de Tecnologia dos Produtos Agropecuários, UNESP, 1989. 80 p.
- DEVIDE, Antonio Carlos Pries et al. Cultivo de mandioca de mesa em plantio direto e convencional sobre diferentes culturas de cobertura. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 6, n. 2, p. 274-285, 2017.
- DINIZ, Igor Presotti. **Caracterização tecnológica do polvilho azedo produzido em diferentes regiões do estado de Minas Gerais**. Dissertação (Magister Scientiae em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- EMBRAPA Mandioca e Fruticultura. Perguntas e respostas: mandioca. Disponível em: <http://www.embrapa.br>. Acesso em: 15 abr. 2023.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Cultura da mandioca**. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, fev.1997. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/mandioca.htm>. Acesso em: 05 dez. 2021.
- FARINA, Everton et al. **Desenvolvimento conceitual de um módulo de potência para agricultura**. Dissertação de Mestrado em Engenharia mecânica para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Universidade Federal de Santa Catarina. 2012.

FERREIRA, Cássia Berlesi Brigatto et al. **Polvilho Azedo: propriedades tecnológicas de produtos comerciais**. Dissertação apresentada ao Programa de PósGraduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná, 2022.

FUKUDA, Gonçalves; BORGES, Filho. **Cultivares de mandioca de mesa**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA-CNPMPF, 1989. 4p.

KAISANGSRI, Nattapon et al. Cellulose fiber enhances the physical characteristics of extruded biodegradable cassava starch foams. **Industrial Crops and Products**, v. 142, p. 111810, 2019.

MAEDA, Kelly; CEREDA, Marney. Avaliação de duas metodologias de expansão ao forno do polvilho azedo. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, n.2, p.139-143, mai/ago, 2001.

METAL COATINGS BRASIL. Corrosão. **Revista Informativo técnico**, Diadema, n. 1 p. 1-4, jun 2000.

OLIVEIRA, Daiana. **Efeito da secagem solar e em estufa convectiva sobre as características físico-químicas e reológicas do polvilho azedo**. 2016. Tese (Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 2016).

ORZARI, Luiz O.; SANTOS, Fabrício A.; JANEGITZ, Bruno C. Filme fino de fécula de mandioca como suporte de óxido de grafeno reduzido: uma nova arquitetura para sensores eletroquímicos. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v. 350-358, 2018.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. London: The Design Council, 1988.

PAHL, G. et al. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e plicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

PARMAR, A.; STURM, B.; HENSEL, O. Crops that feed the world: Production and improvement of cassava for food, feed, and industrial uses. **Food Security**, v. 9, p. 907-927, 2017.

PENA, Alves. **Agricultura no Brasil atual**. 2021. Site, Mundo Educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/agricultura-no-brasil-atual.htm>. Acesso em: 11 jan.2022.

POLA JÚNIOR, Augusto. **Análise do processo de produção do polvilho azedo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC, Florianópolis, 2013, 152f.

RENOMAQ. Site, disponível em: <https://www.renomaqautomacao.com.br/>. Acesso em: 18/01/2022.

RODRIGUEZ, Paredes. **Formação de óxidos nos revestimentos de alumínio depositados por aspersão térmica**. Tese (Doutorado). Programa Interdisciplinar de Pós Sensitivity:

Business Internal Graduação em Engenharia. Engenharia e Ciência dos Materiais, Setor de Tecnologia. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 121f.

ROMANO, L. N. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.** Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROZENFELD, Henrique et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo.** São Paulo, SP: Saraiva. Acesso em: 06 outubro 2023, 2006.

SANTANA, Iolanda Cardoso de. **As associações de agricultores como um campo de representação política:** a trama das relações sociais no município das Correntes-PE. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco

VAZ, Claiton. **Planilha Matriz QFD, treinando engenharia.** Site disponível em: <https://treinandoengenharia.blogspot.com/2018/02/planilha-matriz-qfd.html>. Acesso em 18/09/23.

APÊNDICE A – RESULTADOS FORMULÁRIO

Projeto de uma máquina revolvedora de polvilho no processo de secagem.

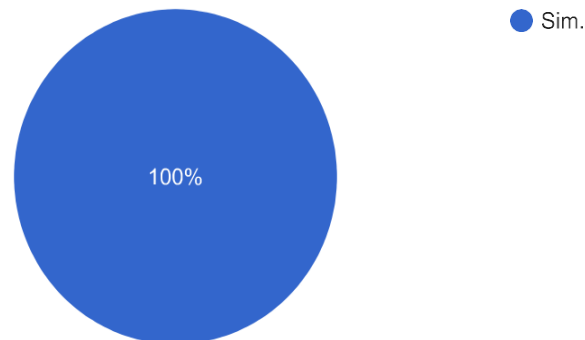
4 respostas

[Publicar análise](#)

1. Li e concordo com os termos no cabeçalho desta pesquisa.

 Copiar

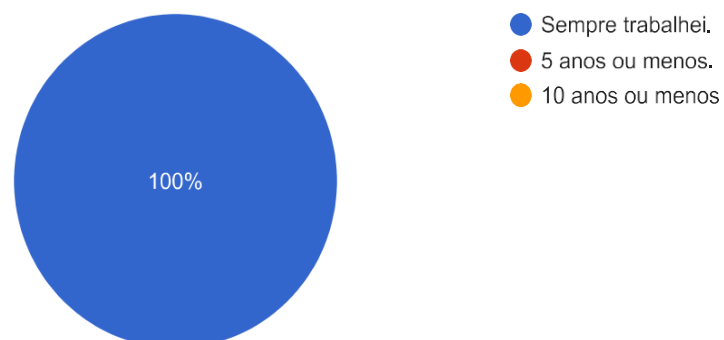
4 respostas



2. Trabalha com polvilho a quanto tempo?

 Copiar

4 respostas



3. Se tem contato com o polvilho, participa no processo de secagem do mesmo?

[Copiar](#)

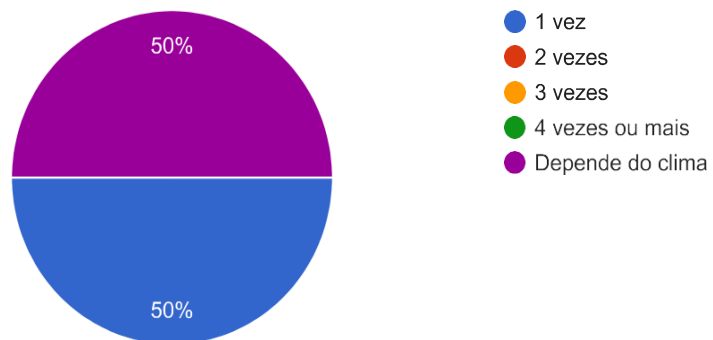
4 respostas



4. Quantas vezes é feito o processo de secagem do polvilho durante o dia?

[Copiar](#)

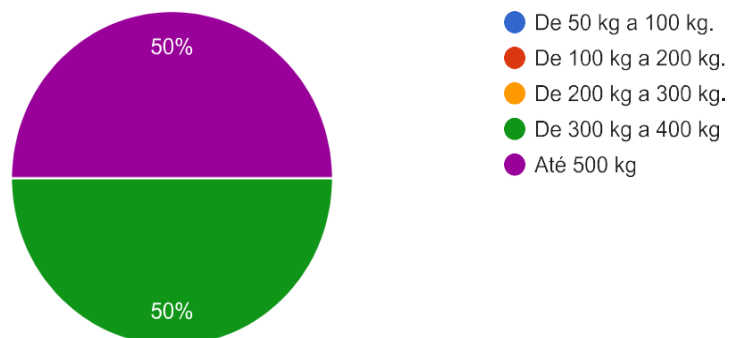
4 respostas



5. No processo de secagem qual o volume de polvilho que é produzido?

[Copiar](#)

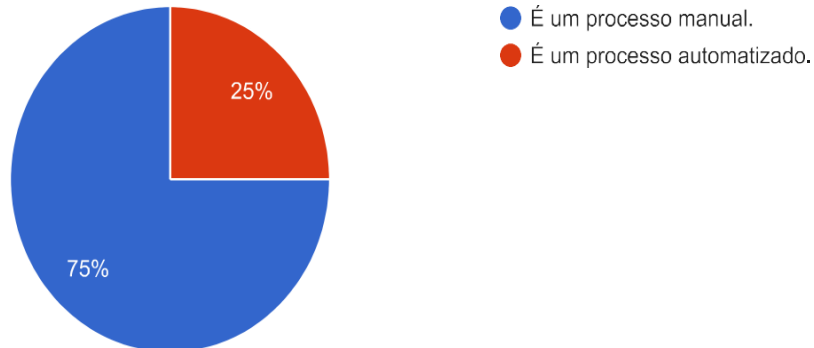
4 respostas



6. Na sua empresa o processo de secagem do polvilho é feito manualmente ou automatizado?

 Copiar

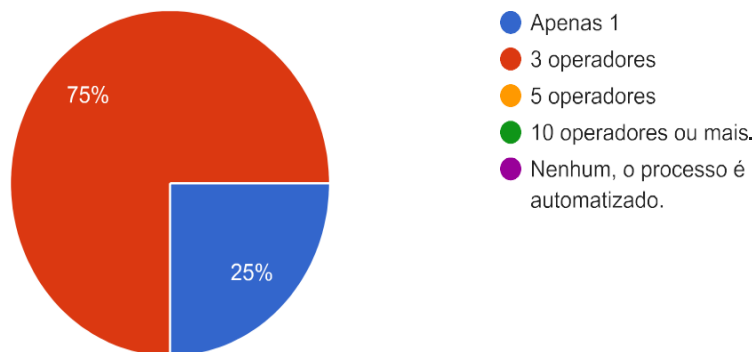
4 respostas



7. Se o processo é feito manualmente, quantos operadores é necessário para executar o processo de secagem do polvilho?

 Copiar

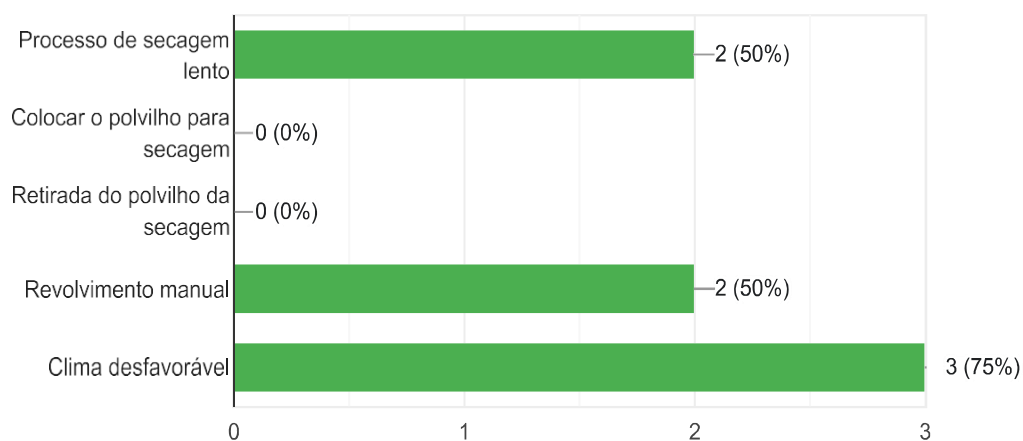
4 respostas



8. Qual a maior dificuldade encontrada no processo de secagem do polvilho?

 Não Copiar

4 respostas



9. Qual faixa de valores você acha justo para uma máquina que opera a revolta do polvilho no processo de secagem?



4 respostas

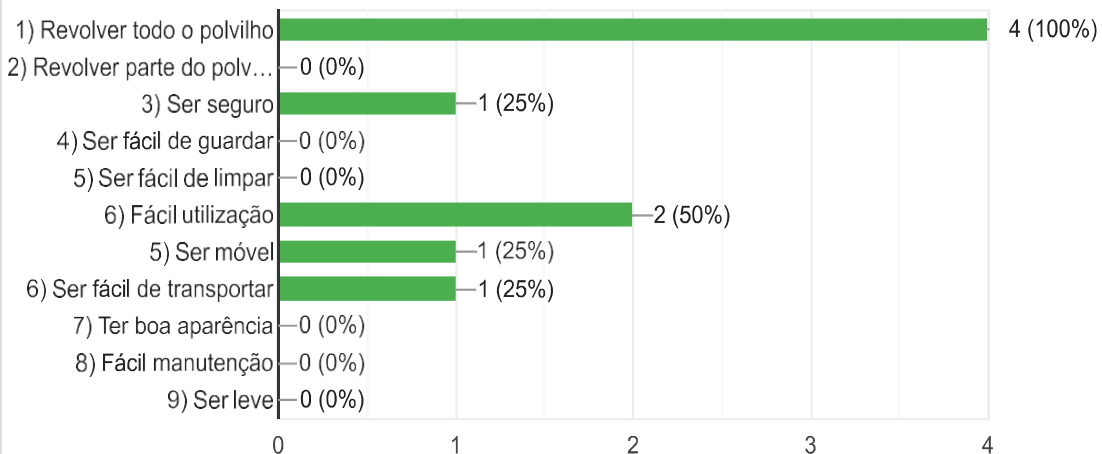
Entre R\$ 1000,00 e R\$ 1500,00	
Entre R\$ 2000,00 e R\$ 3000,00	4 (100%)

0 1 2 3 4

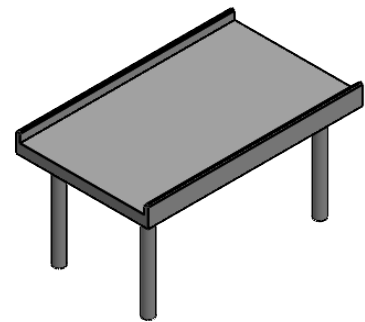
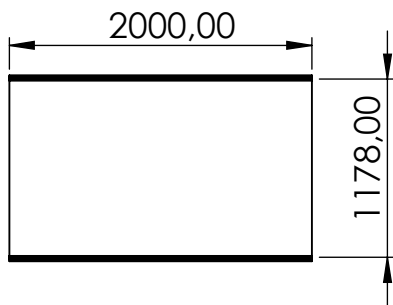
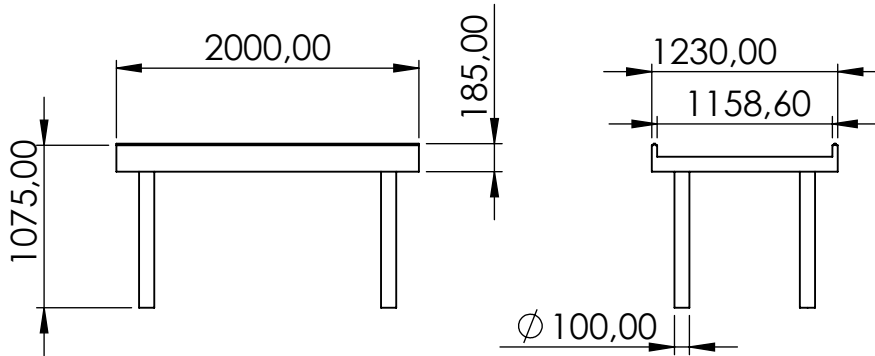
10. Quais são as características mais importantes para um revolvedor de polvilho?



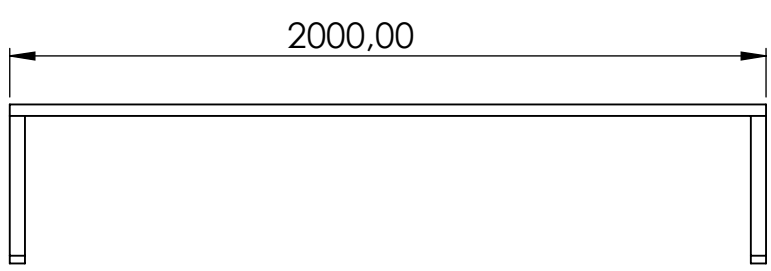
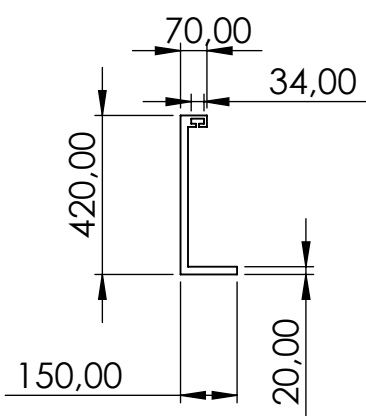
4 respostas




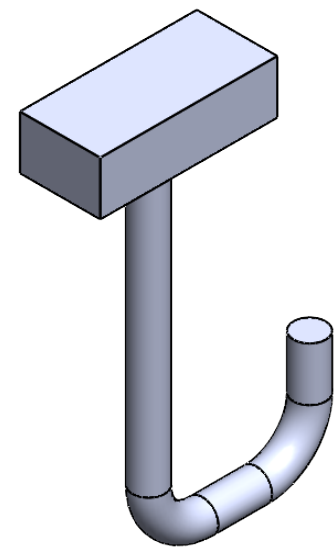
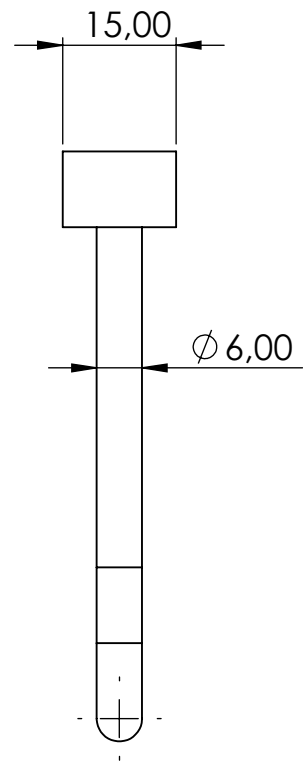
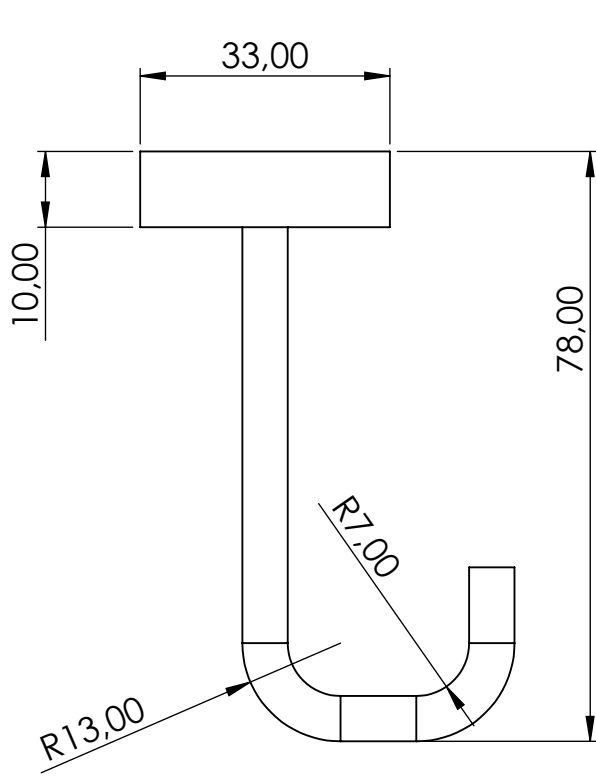
APÊNDICE B – DESENHOS TÉCNICOS



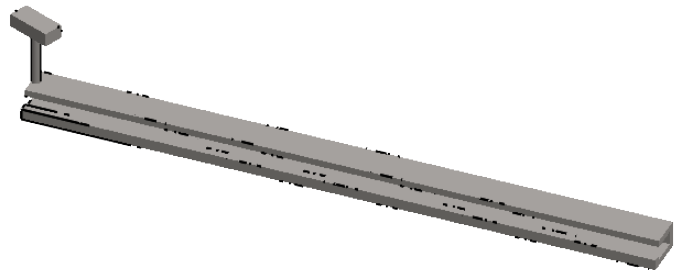
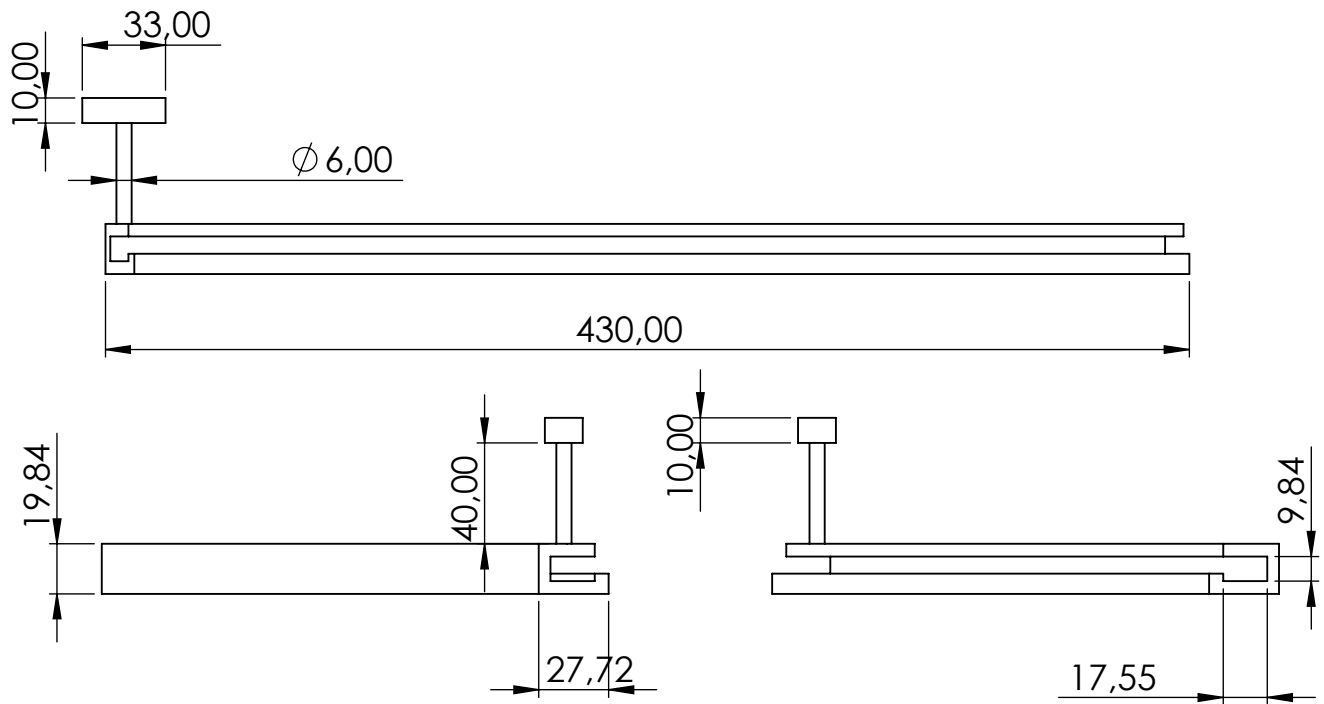
		Data:	Referência: 01.01.0001		
Orientador: Cesar Gabriel dos Santos			Escala: 1:1	Quantidade: 1	
Desenhista: Mathovan Binotto da Rosa			Produto/Modelo: Revolvedor de polvilho		
Material: Metalon		Peso (kg): -	Peça: Mesa dos trilhos		
Comentários: Mesa simuladora do revolvimento		Dimensões em milímetros, ângulos em graus			



Orientador: Cesar Gabriel dos Santos		Data:	Referência: 01.01.0002		
Desenhista: Mathovan Binotto da Rosa			Escala: 1:1	Quantidade: 1	
Material: Metalon		Peso (kg): -		Produto/Modelo: Máquina Revolvedora de Polvilho	
Comentários:		Dimensões em milímetros, ângulos em graus		Peça: Trilhos fiação	

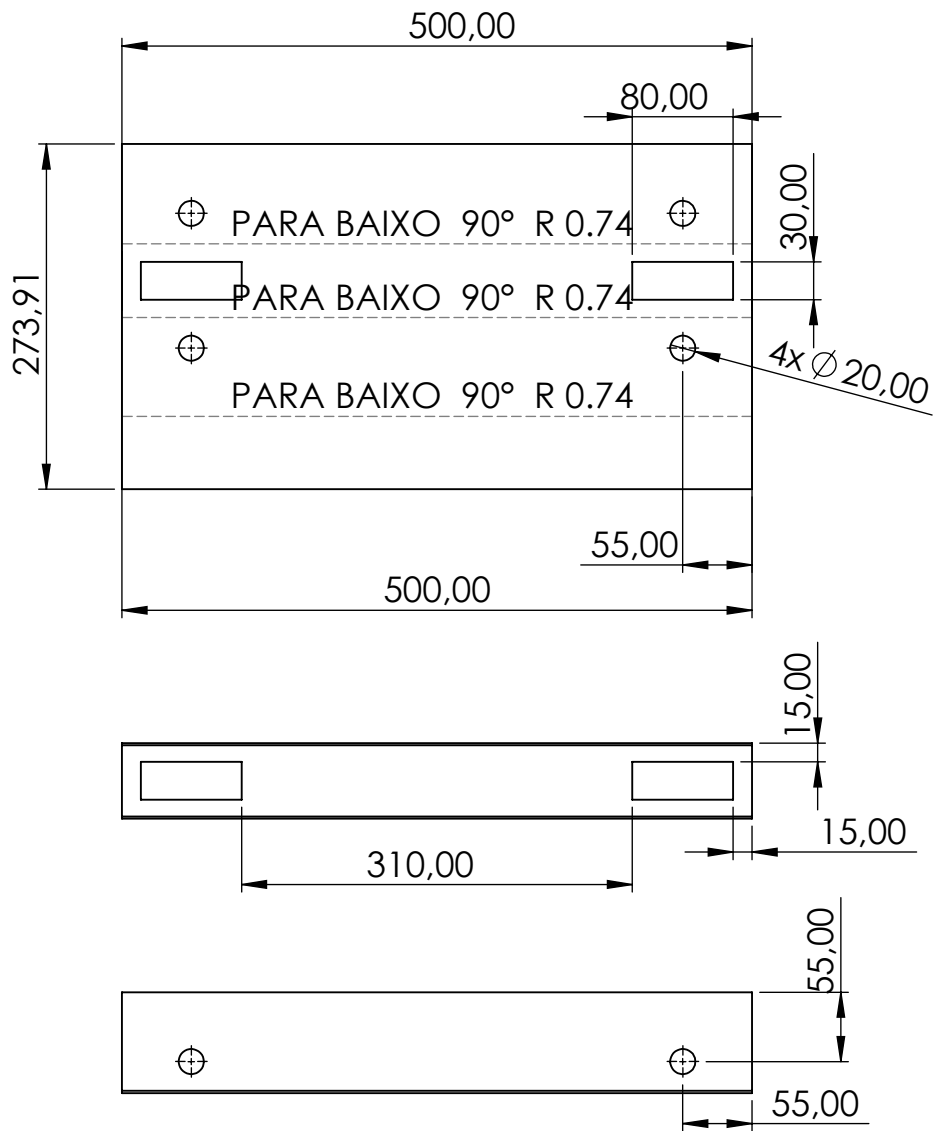



		Data:	Referência: 01.01.0003		
Orientador: Cesar Gabriel dos Santos			Escala: 1:1	Quantidade: 30	
Desenhista: Mathovan Binotto da Rosa			Produto/Modelo: Máquina Revolvedora de Polvilho		
Material: SAE 1020		Peso (kg):		Peça: Gancho para fiação	
Comentários: Gancho comercial		Dimensões em milímetros, ângulos em graus			

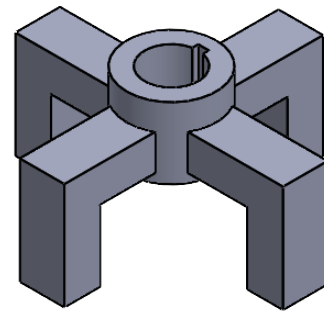
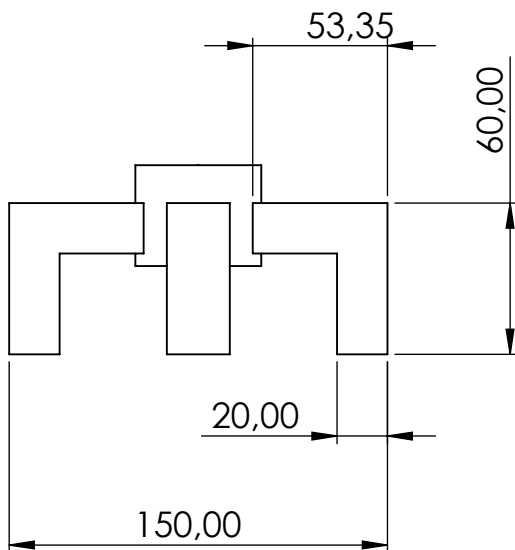
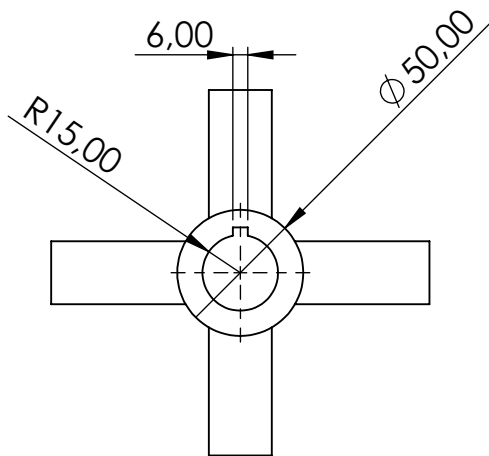



Orientador: Cesar Gabriel dos Santos		Data:	Referência: 01.01.0005		
Desenhista: Mathovan Binotto da Rosa			Escala: 1:4	Quantidade: 1	
Material: SAE 1020		Peso (kg): 1,25		Produto/Modelo: Máquina Revolvedora de Polvilho	
Comentários: Pino soldado		Dimensões em milímetros, ângulos em graus		Peça: Suporte de ligação para fiação	

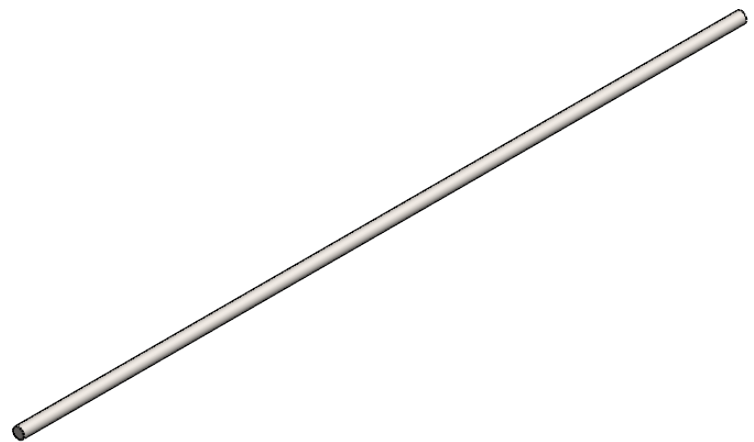
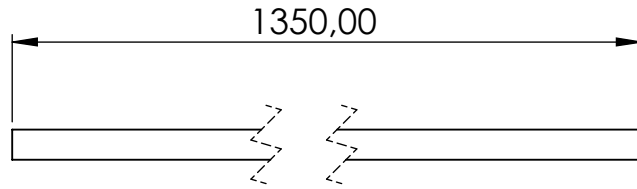
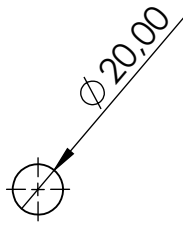
PADRÃO PLANO




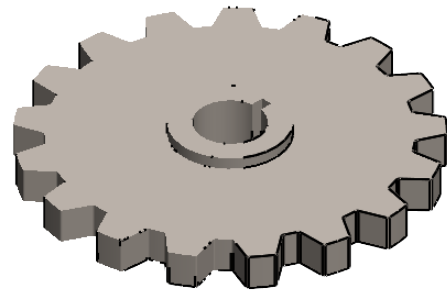
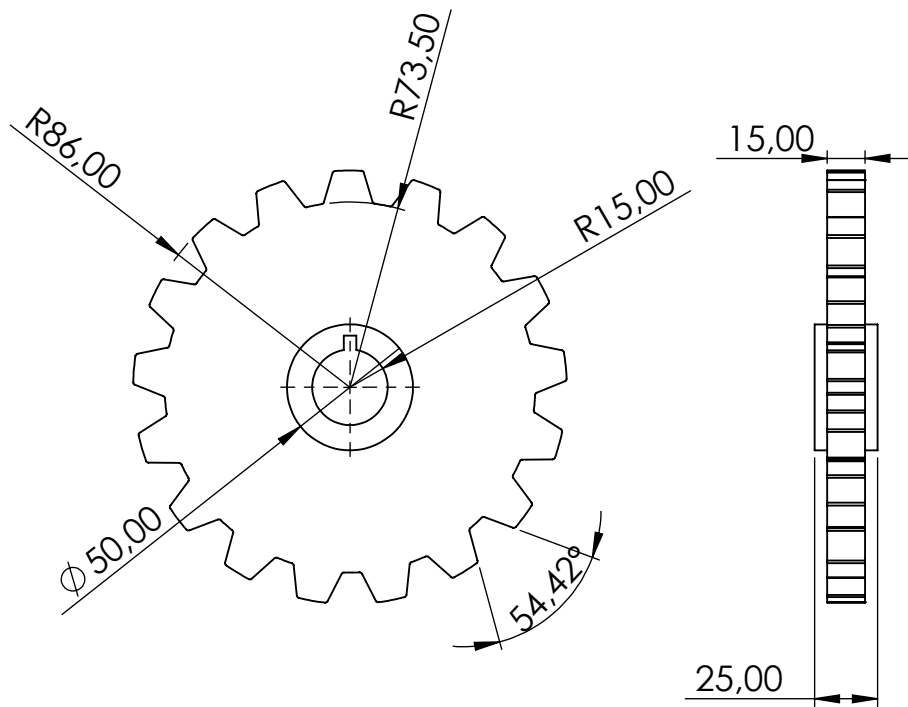
Orientador: Cesar Gabriel dos Santos		Data:	Referência: 01.02.0001		
Desenhista: Mathovan Binotto da Rosa			Escala: 1:6	Quantidade: 2	
Material: SAE 1020 - 1,00 mm		Peso (kg): 1,03		Produto/Modelo: Máquina Revolvedora de Polvilho	
Comentários:		Dimensões em milímetros, ângulos em graus		Peça: Suporte Lateral	




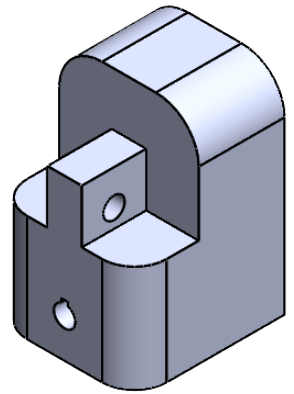
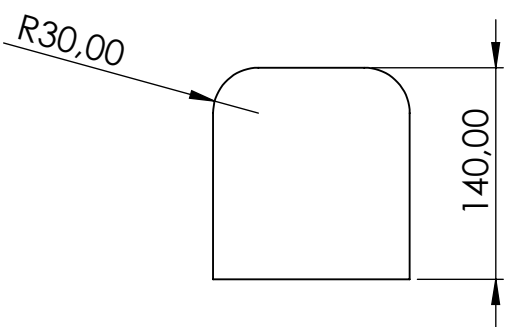
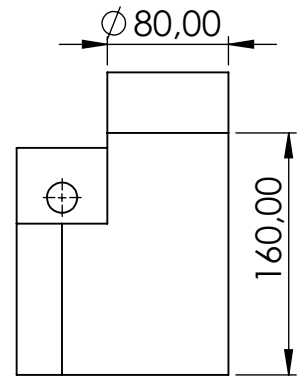
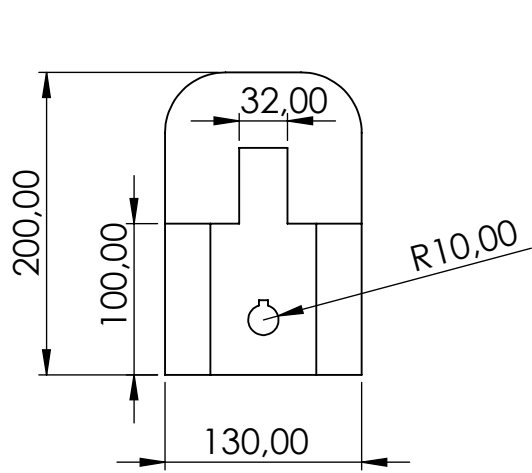
Orientador: Cesar Gabriel dos Santos		Data:	Referência: 01.02.0002		
Desenhista: Mathovan Binotto da Rosa			Escala: 1:3	Quantidade: 6	
Material: Inox AISI 304		Peso (kg):		Produto/Modelo: Máquina Revolvedora de Polvilho	
Comentários:		Dimensões em milímetros, ângulos em graus		Peça: Revolvedor	



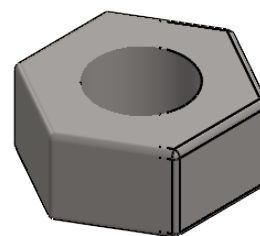
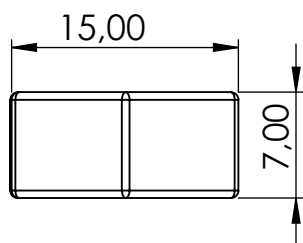
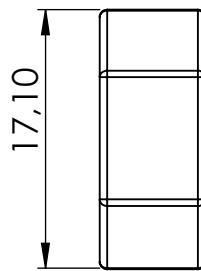
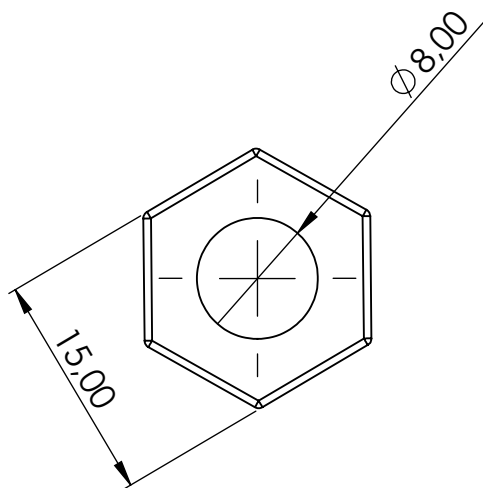
Orientador: Cesar Gabriel dos Santos		Data:	Referência: 01.02.0003		
Desenhista: Mathovan Binotto da Rosa			Escala: 1:5	Quantidade: 1	
Material: SAE 1020		Peso (kg): 3,35		Produto/Modelo: Máquina Revolvedora de Polvilho	
Comentários:		Dimensões em milímetros, ângulos em graus		Peça: Eixo motor	




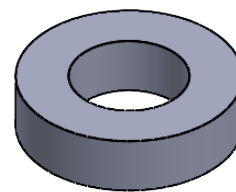
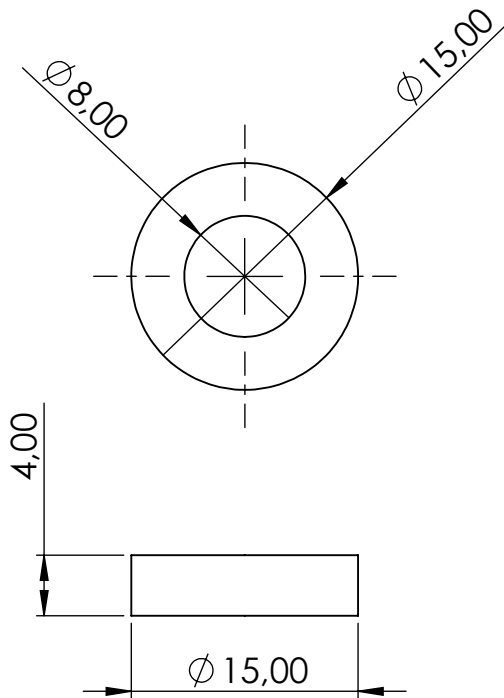
Orientador: Cesar Gabriel dos Santos		Data:	Referência: 01.02.0004		
Desenhista: Mathovan Binotto da Rosa			Escala: 1:3	Quantidade: 6	
Material: SAE 1045		Peso (kg): 2,04		Produto/Modelo: Máquina Revolvedora de Polvilho	
Comentários:		Dimensões em milímetros, ângulos em graus		Peça: Engrenagem	




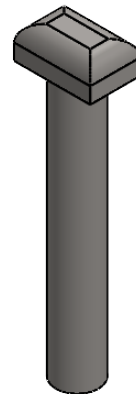
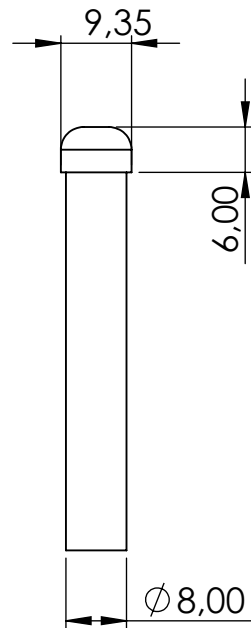
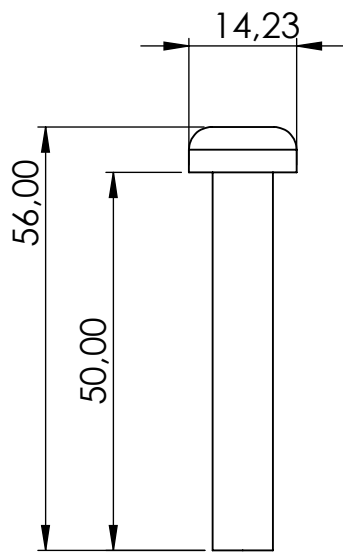
Orientador: Cesar Gabriel dos Santos		Data:	Referência: 01.02.0005		
Desenhista: Mathovan Binotto da Rosa			Escala: 1:5	Quantidade: 1	
Material: SAE 1020		Peso (kg):		Produto/Modelo: Máquina Revolvedora de Polvilho	
Comentários: Para eixo horizontal, mobilidade		Dimensões em milímetros, ângulos em graus		Peça: Motoredutor	




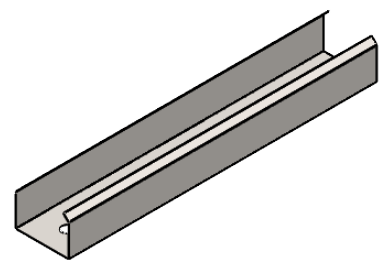
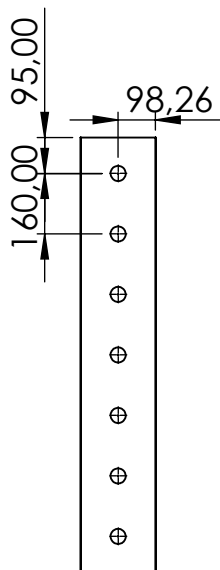
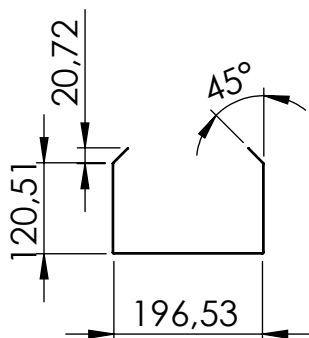
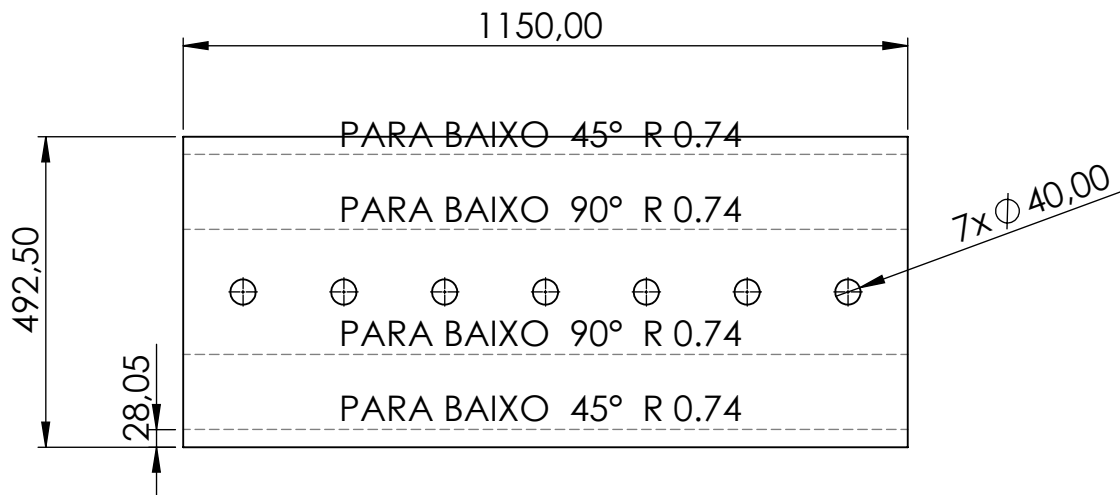
Orientador: Cesar Gabriel dos Santos		Data:	Referência:		
Desenhista: Mathovan Binotto da Rosa			01.02.0006		
Material: SAE 1020		Peso (kg):		Escala: 1:1	Quantidade: 12
Comentários:		Dimensões em milímetros, ângulos em graus		Produto/Modelo: Máquina Revolvedora de Polvilho	
				Peça: Porca	




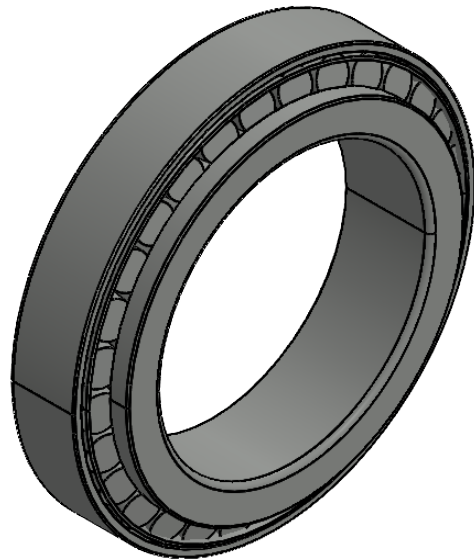
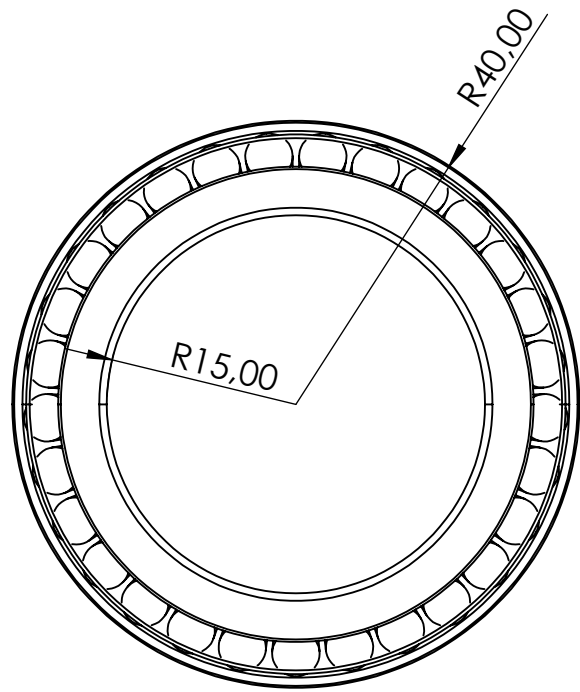
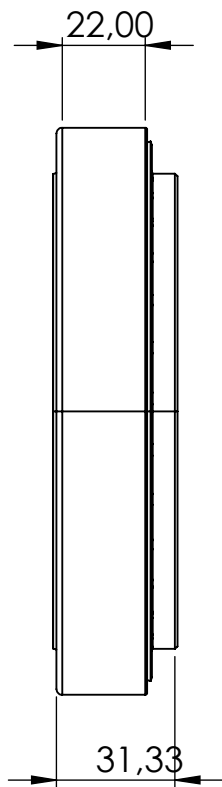
Orientador: Cesar Gabriel dos Santos		Data:	Referência:		
Desenhista: Mathovan Binotto da Rosa			01.02.0007		
Material: SAE 1020		Peso (kg):	Escala: 1:1	Quantidade: 12	
Comentários:		Dimensões em milímetros, ângulos em graus	Produto/Modelo: Máquina Revolvedora de Polvilho		
			Peça: Arruela		




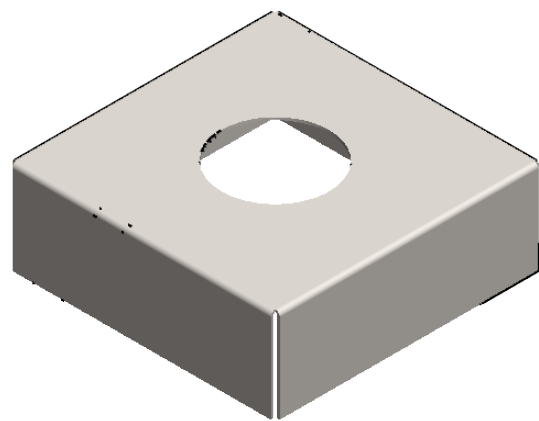
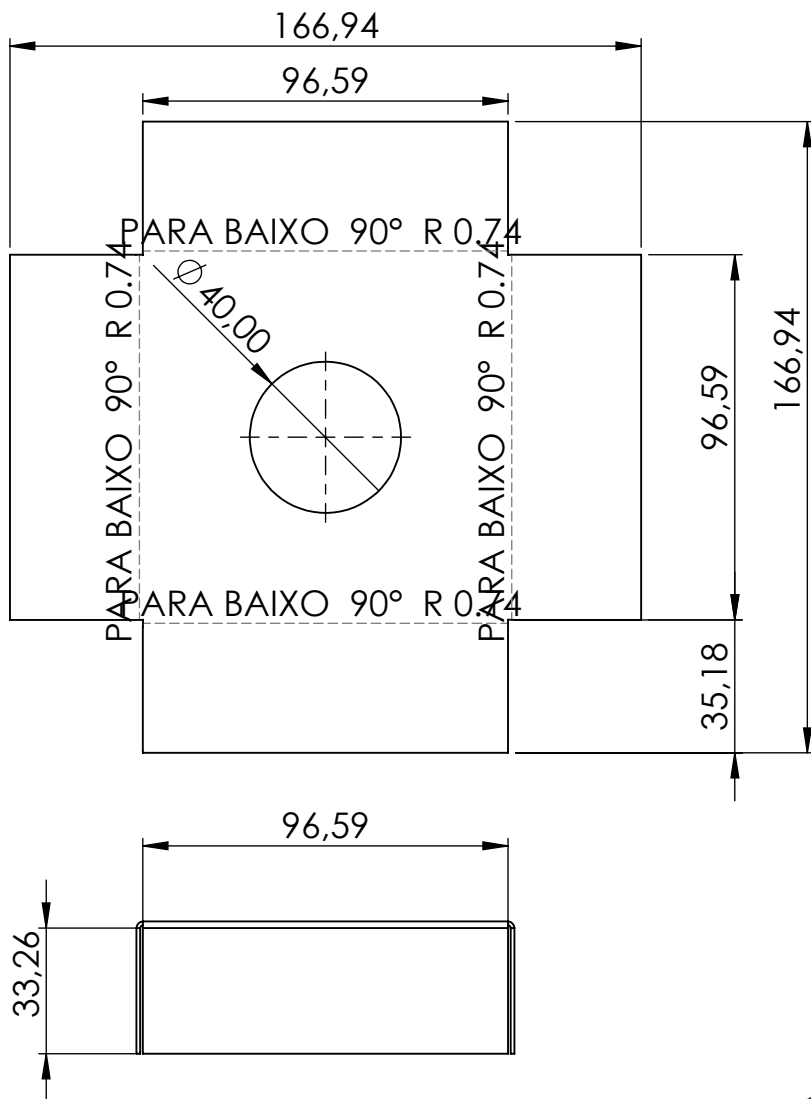
Orientador: Cesar Gabriel dos Santos		Data:	Referência:		
Desenhista: Mathovan Binotto da Rosa			01.02.0008		
Material:		Peso (kg):		Escala:	Quantidade:
SAE 1020				1:1	12
Comentários:		Dimensões em milímetros, ângulos em graus		Produto/Modelo:	
				Máquina Revolvedora de Polvilho	
				Peça:	
				Parafuso	



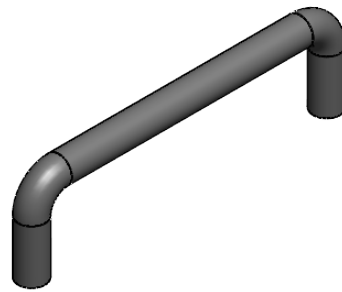
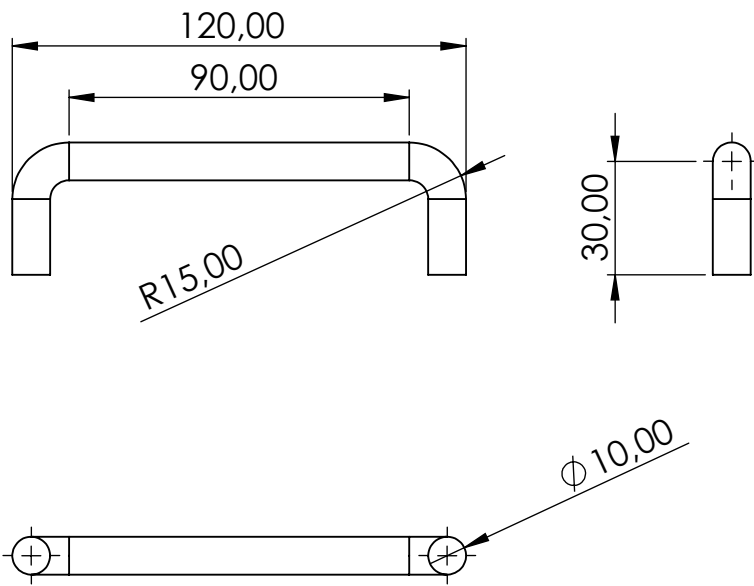
Orientador: Cesar Gabriel dos Santos		Data:	Referência: 01.02.0013		
Desenhista: Mathovan Binotto da Rosa			Escala: 1:1	Quantidade: 1	
Material: SAE 1020 - 1,00 mm		Peso (kg): 4,4		Produto/Modelo: Máquina Revolvedora de Polvilho	
Comentários:		Dimensões em milímetros, ângulos em graus		Peça: Caixa de contenção	




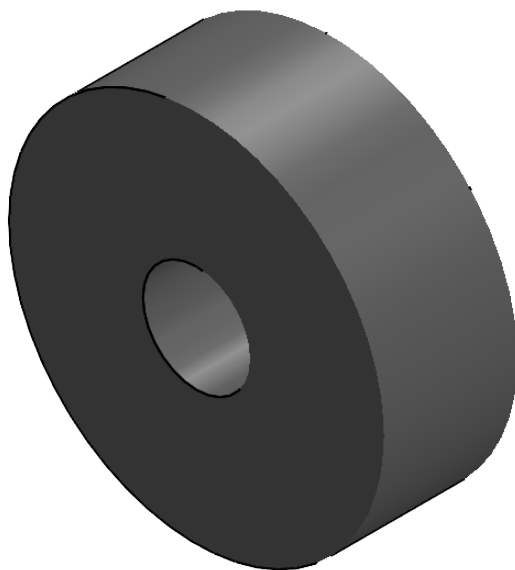
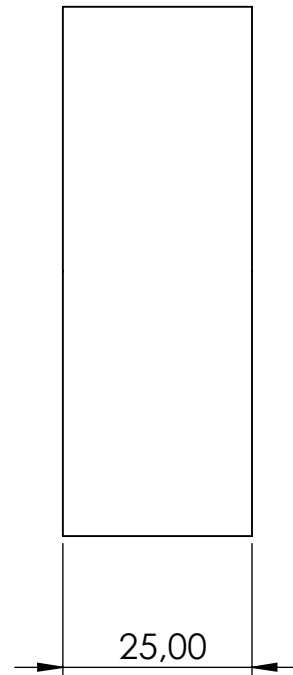
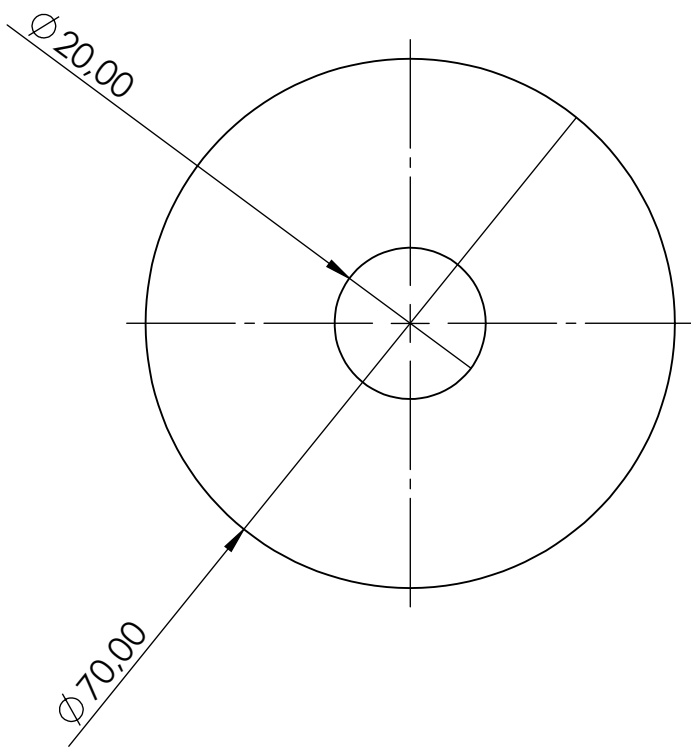
Orientador: Cesar Gabriel dos Santos		Data:	Referência: 01.02.0010		
Desenhista: Mathovan Binotto da Rosa			Escala: 2:1	Quantidade:	
Material: Rolamento SKF 32020		Peso (kg):		Produto/Modelo: Máquina Revolvedora de Polvilho	
Comentários:		Dimensões em milímetros, ângulos em graus		Peça: Rolamento	




Orientador: Cesar Gabriel dos Santos		Data:	Referência: 01.02.0011		
Desenhista: Mathovan Binotto da Rosa			Escala: 1:1	Quantidade: 6	
Material: SAE 1020		Peso (kg):		Produto/Modelo: Máquina Revolvedora de Polvilho	
Comentários:		Dimensões em milímetros, ângulos em graus		Peça: Suporte engrenagens	



Orientador: Cesar Gabriel dos Santos		Data:	Referência: 01.02.0012		
Desenhista: Mathovan Binotto da Rosa			Escala: 1:5	Quantidade: 2	
Material: SAE 1020		Peso (kg):		Produto/Modelo: Máquina Revolvedora de Polvilho	
Comentários:		Dimensões em milímetros, ângulos em graus		Peça: Pegador	



Orientador: Cesar Gabriel dos Santos		Data:	Referência: 01.02.0013		
Desenhista: Mathovan Binotto da Rosa			Escala: 1:1	Quantidade: 4	
Material: ABS		Peso (kg):		Produto/Modelo: Máquina Revolvedora de Polvilho	
Comentários:		Dimensões em milímetros, ângulos em graus		Peça: Roldanas	