

## MELHORIA DE PROCESSOS E QUALIDADE NO PRODUTO FINAL DE UM CARACOL TRANSPORTADOR DE SEMENTES

**Autor 1 – Vitor José Barbosa**  
184080@upf.br

**Autor 2 – Prof. Dr. Charles Leonardo Israel**  
israel@upf.br

**Comissão Examinadora – Prof. Dr. Carlos Edmundo de Abreu E Lima Ipar, Prof. Dr. William Haupt.**

### RESUMO

Quando se deseja transportar nas indústrias ou em máquinas agrícolas algum material, como por exemplo grãos a granel, um dos componentes mais utilizados é o caracol. Este componente pode ser fabricado por processos de corte, solda e montagem ou até mesmo por processo de injeção. O componente em estudo, será utilizado para transportar e homogeneizar o tratamento de sementes em uma máquina tratadora de sementes. Com isso, o intuito deste trabalho foi melhorar o processo de fabricação e qualidade do produto, desenvolvendo uma nova forma de fabricação para o componente. O estudo do novo projeto do caracol foi realizado em uma empresa do ramo agrícola. O processo atual de fabricação de soldagem se apresenta com maiores desafios entre os processos, juntamente com os resultados obtidos de tempos e dificuldades durante a fabricação, foi analisado e apresentado uma nova proposta de fabricação, no qual, consiste na substituição de peças soldadas por peças injetadas montadas. Com isso, se considerou um maior custo de matéria-prima para a fabricação, porém garantindo uma facilidade de peças para fabricação e substituição, resultando em um projeto mais otimizado de processos de fabricação, diminuindo o tempo e a mão de obra de operação. Em comparação com o projeto anterior, o novo projeto necessita 4,86 Kg a menos do material aço, porém utiliza-se 18 operações a mais do processo de injeção, no qual representa o aumento de custo por unidade completa. Após testes para homologação, o componente foi implementado na linha de produção onde se obteve bom desempenho nos objetivos pré-determinados.

Palavras-chave: conceito; projeto; fabricação; homologação.

### 1 INTRODUÇÃO

Um caracol transportador de sementes é utilizado muitas vezes para agilizar o sistema de carga/descarga ou transporte de produtos a granel, podendo ser cereais, grãos, rações, resinas plásticas granuladas e/ou produtos químicos. Este equipamento tem grande utilidade em indústrias e equipamentos diversos, como: moinhos, silos, caminhões, máquinas agrícolas, ensacadeiras, extrusoras, injetoras e outros. O caracol tem suma importância em suas aplicações, podendo ser uma operação com movimentação de produtos em alta velocidade, o que transforma em minutos o que poderia levar horas para ser finalizado, conseqüentemente, aumentando a produtividade. Sendo um componente de fácil operação, silencioso, prático e de fácil manutenção garantindo uma redução de custo com mão de obra. Além disso, sua higienização pode ser realizada com grande facilidade, através de escotilhas ou tampas móveis para manutenção.

O funcionamento de um caracol transportador de sementes é através do mecanismo que utiliza a rotação helicoidal dentro de um tubo ou calha para mover os produtos a granel. Podendo ser fabricado de diversos materiais distintos, como: aço carbono (laminado ou temperado), aço inoxidável, e até mesmo em polímeros e borrachas, dependendo de suas devidas aplicações e formas de fabricação. Estão disponíveis no mercado em variados modelos de caracol transportador, com diversas capacidades e tamanhos, que varia de acordo com a sua necessidade de aplicação. Este equipamento opera com baixas e altas vazões de produtos que varia de acordo com o diâmetro do caracol, sendo muito versátil e gerando otimização aos processos industriais.

Dessa forma, observou-se a necessidade de realizar um estudo mais aprofundado de um modelo de caracol transportador utilizado em uma máquina tratadora de sementes de uma empresa do ramo agrícola. O estudo propõe um conceito novo de produto, aplicando métodos de fabricações mais simples e de otimização em tempo em processos, garantindo a função designada do componente.

Como condição necessária do projeto foi necessário um investimento em ferramentas de injeção em uma empresa parceira, deve-se isso a garantia do componente conforme o novo projeto proposto. Garantiu-se um manuseio operacional simples, para de fato agilizar os processos de fabricação atual que é realizado enfrentando diversos desafios.

De maneira geral, desenvolver produtos, segundo Rozenfeld et al. (2006), consiste em um conjunto de atividades por meio das quais se busca, a partir das necessidades do mercado, das possibilidades e restrições tecnológicas, chegar às especificações de um produto e de seu processo de produção. Por estarem situadas na interface entre empresa e mercado, as atividades de desenvolvimento de produtos podem ser consideradas um dos principais processos de uma empresa, entretanto, para obter sucesso é relevante que sejam empregadas boas práticas de gestão para conduzi-lo (KAHN et al., 2006).

Quando utilizado dentro de uma metodologia, percebe-se que o emprego eficaz dessas ferramentas e técnicas é um elemento importante no gerenciamento do PDP e na melhoria de alguns processos. No entanto, uma pesquisa realizada por Yeh et al. (2008), demonstrou que muitas ferramentas e técnicas, potencialmente úteis, não são amplamente utilizadas pelas empresas em virtude das seguintes razões: (i) as empresas não compreendem claramente em que etapas as ferramentas e técnicas determinadas para o PDP podem ser usadas apropriada e eficazmente; (ii) as empresas não verificam a eficácia de várias ferramentas e técnicas do PDP; (iii) os coordenadores do PDP não conhecem determinadas ferramentas e técnicas.

## **1.1 Justificativa e descrição do problema**

O componente em questão tem sua fabricação de forma ainda normal, enfrentando muitos desafios durante os processos e sem utilizar processos atualizados disponíveis no mercado, com processos demorados e que não garantem uma qualidade do produto. Ainda mais, a empresa conta com apenas um colaborador que se tem o conhecimento e agilidade para garantir a fabricação dos lotes. Resultando em retrabalhos constantes e atrasando as demandas exigidas pela produção. Sendo um dos componentes mais importantes que contemplam a máquina tratadora de sementes, necessita de um investimento em estudo para melhorar e atender um padrão de qualidade estabelecido.

## **1.2 Objetivos**

Apresentar um novo conceito de produto, com otimização e melhoria nos processos de fabricação e qualidade do produto final de um caracol transportador de sementes para uma máquina tratadora de sementes.

Para auxiliar o atendimento do objetivo geral, relacionam-se os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar pontos de dificuldades durante a fabricação;
- Analisar dados de tempos de fabricação e onde se perde a qualidade visual do produto;
- Aplicar os conhecimentos adquiridos em um novo projeto mecânico em Software 3D com levantamento dos componentes necessários para a fabricação;
- Produzir de um protótipo e realizar testes para homologação.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo serão apresentadas as informações referentes aos estudos teóricos e práticos. As quais abrangem os pontos cruciais para o desenvolvimento da máquina, iniciando pela fundamentação teórica dos métodos de projeto, conceitos importantes da agricultura de precisão, apresentando o modelo a ser estudado para a aplicação dos conceitos metodológicos e a contextualização do objetivo geral do trabalho em questão. Todos esses pontos citados, são de grande importância, onde são utilizados no desenvolvimento do trabalho prático, favorecendo o entendimento geral do referente assunto.

### **2.1 Processo de desenvolvimento de produtos**

Analisando-se a evolução humana nota-se que o processo de busca de soluções atende a necessidades anteriores a ela, assim como, as primeiras ferramentas e objetos construídos ou manipulados pelo ser humano buscavam a realização de um objetivo ou atendimento a uma necessidade que antes era dificultosa de alguma maneira. Um exemplo simples é a invenção do arco e a flecha, esses representam uma notável vantagem na caça, que muda a característica de ser indefeso para a supremacia do mesmo em seu ambiente. O resultado é que com melhores instrumentos, melhores são os resultados e conseqüentemente será melhor a qualidade de vida de um modo geral (ROMEIRO FILHO et al., 2010).

Segundo a visão de Morgan e Liker (2008), o Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), consiste em realizar todas suas atividades, buscando atender às necessidades dos clientes, desde a geração do conceito até a obsolescência do produto. Para Welo e Ringen (2015), o PDP pode ser caracterizado como um esforço de solução de problemas, onde a informação é traduzida em conhecimento, com o objetivo de reduzir o risco de levar um novo produto ao mercado para um nível aceitável.

De acordo com tais autores, a criação de ideias e desenvolvimento de produtos é algo que ocorre diariamente desde muito tempo atrás. Onde, a partir das dificuldades, observou-se a necessidade de buscar ideias para desenvolvimento e criação de produtos afim de facilitar e melhorar tais processos necessários. A evolução grandiosa à produção, ocorre na Revolução Industrial, ano de 1760 a 1840, onde foi um período de grande desenvolvimento tecnológico que teve seu início na Inglaterra e que se espalhou para o mundo, causando grandes transformações no ramo industrial. Observou-se o surgimento de grandes fábricas e um maior cuidado com a necessidade da padronização de produtos produzidos. Outro marco na história industrial, estabeleceu-se a partir da segunda metade do século XX, quando se deu início a uma nova fase de processos tecnológicos e com esses uma gama de novos produtos e serviços necessários.

Nesse contexto, desenvolver e projetar novos produtos são atividades importantes e arriscadas. Existem fatores que definem se um produto será um fracasso ou um sucesso. Para tal, existem estudos dirigidos a milhares de produtos "exemplos" para então, definir tais fatores que podem ilustrar o resultado do processo (BAXTER, 2011). Dentre tais fatores encontra-se o projeto

de dado produto.

Na criação de um produto, é essencial a organização do trabalho de projeto de forma simples, eficaz e fluente, o que é proporcionado por procedimentos metódicos ou práticos de acordo com a estrutura fabril e de mão de obra que a empresa tem a oferecer. A análise inicial de projeto é muito importante para garantir uma segurança de que não haja situações em que, ao final do desenvolvimento de um produto, seja necessário retrabalhar e retornar às etapas iniciais. Tais condições, geram custos a mais e modificações precoce em um mesmo produto. Dessa forma, utilizando um método de trabalho em etapas e decisões corretas, se torna mais assertivo o alcance dos resultados esperado em um desejado produto. Na figura 1, apresenta-se a forma como Rozenfeld et al. (2006) propõem o seu modelo de PDP.

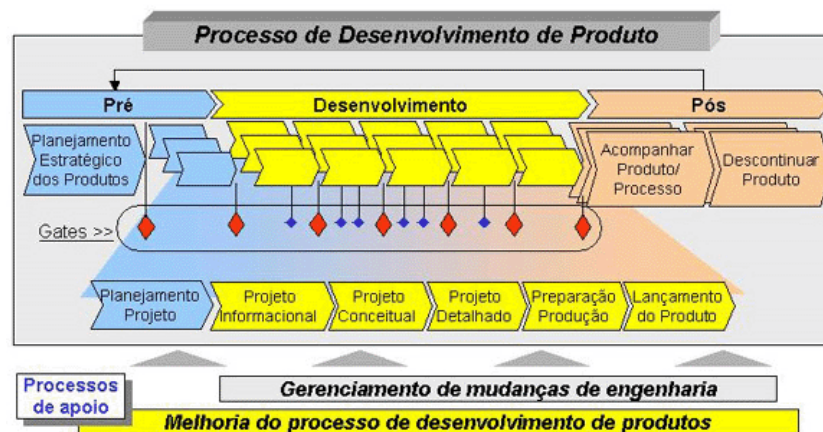


Figura 1 - Modelo de PDP proposto por Rozenfeld  
(Fonte: Rozenfeld et al., 2006)

Na figura 1, é possível observar uma divisão em três macrofases, as quais são compostas pelo pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento. Destaca-se, nesse modelo, a fase de desenvolvimento, que, por sua vez, constitui-se por cinco subfases: projeto informacional; projeto conceitual; projeto detalhado; preparação para a produção; lançamento do produto.

Os gates são as revisões que acontecem após o término de cada fase. Além disso, é possível observar a relação dessas subfases com as anteriores e posteriores, o que justifica a necessidade de interação entre elas. Esse modelo também engloba o acompanhamento do produto após o lançamento no mercado, de tal forma que eventuais necessidades de mudanças sejam identificadas.

## 2.2 Transporte de sementes

Desde o primeiro momento que o ser humano começou a desenvolver o raciocínio e a criar ideias para facilitar o trabalho, houve a necessidade de criar meios de transporte para se carregar produtos e materiais necessários para a sobrevivência, sendo transportes de longas distâncias ou até mesmo lugares próximos, mas sempre com o objetivo de movimentar uma carga de um ponto ao outro (DA ROSA, 2018).

Dentro do ambiente industrial e de produção, as máquinas de elevação e transporte são utilizadas com o intuito de movimentar cargas em distâncias curtas, diferentemente do transporte à longa distância como ferrovias ou automóveis. Cada tipo de máquina ou meio de transporte pode ser determinado por certa quantidade de características distintas e por sua aplicação, pois as particularidades nos projetos dependem do tipo de carga que manuseiam, da direção dos movimentos e da natureza do processo de manuseio, as cargas podem ser classificadas como a granel (materiais compostos por um grande número de partículas ou pedaços homogêneos, como por exemplo, sementes, carvão, minério, cimento, areia, etc.), ou cargas unitárias que podem diferir amplamente em forma e peso, além de possuírem forma definida, há a possibilidade de arruma-las diretamente no chão, ou em tabladros (GUALBERTO 2019).

De acordo com Scheibel (2018), os transportadores podem ser divididos em cinco tipos, sendo eles:

- Carregadores: dispositivos destinados a carregar o sólido de um ponto ao outro;
- Arrastadores: no qual o sólido é arrastado em calhas ou dutos;
- Elevadores: dispositivos que elevam a carga de um ponto inferior a um superior;
- Alimentadores: dispositivos para dosar e controlar o fluxo de material transportado;
- Pneumáticos: que parte do princípio da fluidização do sólido, fazendo uso de um fluido, geralmente é utilizado o ar ou algum gás inerte.

Neste trabalho, será tratado sobre um caracol transportador helicoidal, que é classificado como dispositivo arrastador, ou também como dispositivo elevador, dependendo da utilização com uma certa inclinação ou até mesmo na vertical, desde que a folga entre o helicóide e o duto seja reduzida para que o grão não escoa pelas folgas entre as extremidades do helicóide.

### 2.2.1 Rosca transportadora

A rosca transportadora, ou caracol, é um dos mais simples e antigos meios para deslocamento de sólidos a granel. Em seu princípio construtivo tem-se um helicóide em rotação dentro de uma calha inerte, e o material que é disposto na calha é transportado ao longo de seu comprimento pela rotação do helicóide (AMPA, 2014).

Os transportadores helicoidais apresentam um bom controle da taxa de transporte associado a uma estrutura simples, com boa eficiência, custo reduzido e fácil manutenção, porém não são recomendados para longas distâncias ou grandes capacidades, em algumas aplicações podem variar de 1,0 m a 30,0 m de comprimento ou até mais (LEITE, 2020). Na figura 2, é apresentado as principais partes de uma rosca transportadora.

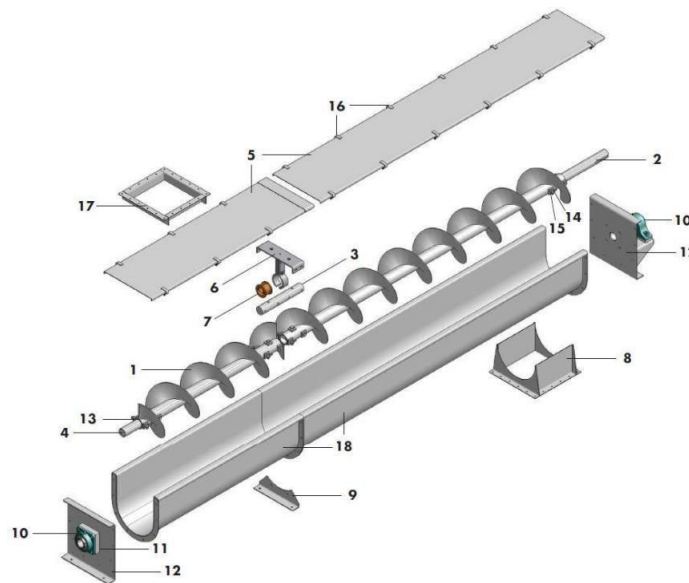


Figura 2 - Principais componentes de uma rosca transportadora: (1) Helicóide, (2) Eixo de transmissão, (3) Eixo de acoplamento, (4) Eixo final, (5) Capas, (6) Suporte, (7) Suporte de rolamento, (8) Descarga, (9) Pé flangeado, (10) Rolamento de mancal, (11) Vedação do eixo, (12) Placas de extremidade, (13) Buchas internas, (14) Parafusos de acoplamento, (15) Base Parafusos, (16) Travas/abraçadeiras, (17) Entrada e (18) Cocho ou canudo.  
(Fonte: CONVEYOR E&M, 2012)

Além dos principais componentes do helicóide, para o correto dimensionamento e construção de um transportador helicoidal, é necessário ter conhecimento de alguns parâmetros e dimensões do equipamento, estes parâmetros são apresentados na figura 3.

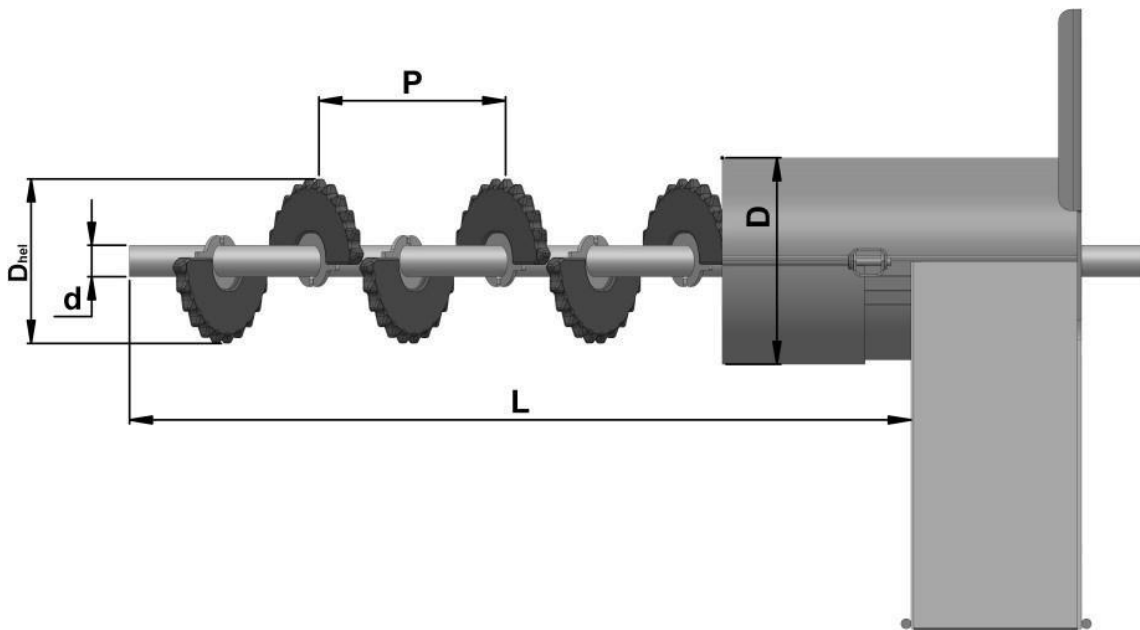


Figura 3 - Principais parâmetros de uma rosca transportadora.  
(Fonte: Adaptado de Silva, 2008)

As roscas transportadoras desempenham um papel crucial em diversas aplicações em máquinas agrícolas, facilitando o transporte e relacionado a diferentes tipos de materiais. As principais aplicações consistem em: Transporte de grãos; Distribuição de sementes e fertilizantes; Manuseio de forragem; Descarga de silos e armazéns; Remoção de resíduos; Movimentação de produtos a granel; Controle de fluxo em equipamentos de processamento.

Neste trabalho, a aplicação da rosca transportadora será em uma máquina tratadora de sementes, onde, a rosca transportadora tem como suas principais funções o transporte de grãos juntamente com homogeneização do tratamento. Desta forma, o caracol é um dos componentes mais importante da máquina, pois, é responsável pelo recobrimento total da semente por produtos utilizados no processo de tratamento de sementes.

Antes de o sistema entrar em operação, requer intervenção manual por parte do operador, que realiza os ajustes necessários. Cada tratamento a ser executado exige a deficiência manual dos produtos a serem aplicados. Isso é feito usando um copo de medidas graduado para determinar a quantidade de produtos a serem aspergidos. O sistema de aspersão é do tipo Spray System. Para alimentação de grãos na máquina, pode ser feito através de processos manuais, por exemplo, via sacarias ou big bag, ou com alimentação de fluxo contínuo, que conta com o auxílio de esteiras transportadoras de sementes ou até mesmo roscas transportadoras. A figura 4 apresenta o canudo e o caracol transportador da máquina citada anteriormente.



*Figura 4 - Canudo e caracol transportador.  
(Fonte: Grazmec, 2023)*

O tratamento de sementes é tido como uma técnica de aplicação de um ou mais defensivos agrícolas (fungicidas, herbicidas, entre outros), nutrientes (micro/macro) ou inoculantes sobre as sementes, com o objetivo realizar um controle fitossanitário, antes e após a germinação ou, ainda, antes e durante a armazenagem do grão. Assim sendo, é considerado uma medida de proteção agrícola para com a cultivar (HENNING, 2005; FRANCO et al., 2013). A técnica de tratamento de sementes visa recobrir ou revestir a semente com uma camada sólida muito fina, formada de sólidos dissolvidos ou suspensos em água. Esse revestimento funciona como uma capa que encobre a cobertura natural das sementes (LUDWIG et al., 2011).

### **2.2.2 Dano mecânico em sementes**

De acordo com Peske et al. (2012), as sementes estão sujeitas à ação de agentes mecânicos durante todo o manejo, desde a colheita até a sementeira. O dano mecânico pertencente ao atributo físico de qualidade é um dos mais sérios problemas para a produção de sementes. A danificação mecânica é consequência, na sua maior parte, da mecanização das atividades agrícolas. Danos mecânicos imediatos e latentes fazem com que as sementes mobilizem energia com o objetivo de cicatrizar o tecido, e como consequência, a energia remanescente não é suficiente para que o processo de germinação se complete (ALBANEZE, 2014). A integridade da semente é fundamental para garantir que as sementes tratadas mantenham sua qualidade e previsão, resultando em uma taxa de germinação adequada e no desenvolvimento saudável das plantas (LIMA, 1996).

A fim de realizar o tratamento de sementes, em lavouras ou na própria fazenda, é necessário fazer o uso de máquinas agrícolas para este fim. Onde, as máquinas de tratamento de sementes, devem ser projetadas e fabricadas da melhor maneira possível, garantindo que a integridade da semente esteja conservada durante todo o processo (BARBOSA, 2024).

Para isso, a semente deve percorrer um trajeto onde será realizada a operação de aplicação primária (primeiro contato da semente com a calda), aplicação secundária (momento em que ocorre a homogeneização do tratamento em toda a superfície da semente) e a descarga. O ponto mais importante é a aplicação secundária, que neste caso, é utilizado um caracol transportador para

realização deste processo. Com isso, o projeto de um caracol deve ser pensado em não ter degraus que causam quedas de sementes, cantos vivos ou rebarbas que podem danificar a semente durante o processo. Para isso, é de suma importância a escolha correta do material a ser utilizado no produto, onde, materiais com menor densidade tendem a causar um menor dano mecânico a sementes (BARBOSA, 2024).

## **2.3 Seleção de materiais em máquinas agrícola**

A tarefa de selecionar materiais faz parte de todas as etapas do processo de projeto, começa, geralmente, junto com os primeiros esboços e se completa com a definição das especificações do produto.

Muitas vezes novos materiais geram oportunidades de inovação e possibilitam a satisfação de necessidades que antes não podiam ser atendidas. Os responsáveis pela seleção de materiais devem ficar atentos e não ignorar essas oportunidades, que são a chave para o desenvolvimento de produtos de sucesso. Assim, como qualquer outra tarefa do projeto, a seleção de materiais deve ser executada de forma ágil, eficaz e sistêmica (SCHELESKI, 2014).

Segundo Ashby (2012) cada uma das etapas do projeto exige decisões sobre os materiais e sobre os processos de fabricação. Para o autor as ferramentas de seleção de materiais desempenham um papel importante em cada etapa. O que muda, ao passar das etapas, é a natureza dos dados sobre materiais. Inicialmente os dados podem ser superficiais, no entanto a medida em que as fases do projeto avançam estes dados precisam ser refinados.

Sendo uma tarefa de fundamental importância dentro do projeto, a seleção de materiais pode ser o diferencial para um produto ter sucesso. De acordo Ashby (2012), um projeto de sucesso requer a utilização inovadora de materiais e a exploração inteligente de suas propriedades de engenharia e estéticas. Fica a cargo dos projetistas a tarefa de selecionar o material e processo adequado para o novo produto.

A complexidade da seleção de materiais também é destacada por Shackelford (2008), de acordo com o autor a quantidade de materiais disponíveis é finita, porém muito grande, o que torna a tarefa de selecionar materiais muito difícil. Já para Callister (2008) selecionar materiais é uma das tarefas mais importantes de um engenheiro, decisões inapropriadas sobre a utilização de materiais podem causar desastres, tanto do ponto de vista econômico quanto de segurança.

A escolha de um determinado material, deve passar por uma série de fatores que são essenciais na escolha de um produto e que ganham prioridade dependendo de um projeto específico. Neste caso, por exemplo, o design do produto e qualidade visual do produto, também deve ser levado em conta para atender as especificações do cliente. Portanto, o projetista deve considerar as formas de melhorar o desempenho em todos os aspectos possíveis escolhendo os materiais mais adequados para cada projeto em que ele se encontra (BARBOSA, 2024).

### **2.3.1 Polímeros**

Um sinônimo comum para polímeros é plástico, um nome derivado da deformabilidade associada à fabricação da maioria dos produtos poliméricos. Para alguns críticos, plástico é sinônimo de cultura moderna. Preciso ou não, ele representa o impacto que essa complexa família de materiais de engenharia possui em nossa sociedade. Uma tendência importante em projetos de engenharia se tratada crescente concentração nos chamados polímeros de engenharia, que podem substituir os metais estruturais tradicionais (Shackelford, 2013). Este fato se deve às excelentes propriedades físicas e químicas dos polímeros em geral, que somadas à facilidade de processamento e o baixo custo, fazem dos mesmos materiais inigualáveis à muitas aplicações (Mano & Mendes, 1999).



O nome “polímero” não se refere a um único material. Assim como a palavra “metal” não define apenas ferro ou alumínio. O termo “polímero” caracteriza diversos materiais com estrutura, qualidade e composição diferentes. As qualidades dos polímeros são tão variadas, que, frequentemente, substituem materiais tradicionais como a madeira ou o metal. Polímeros são materiais cujo elemento essencial é constituído por ligações moleculares orgânicas, que resultam de síntese ou através de transformação de produtos naturais. Eles são, geralmente, deformáveis plasticamente por meio da manufatura sob determinadas condições (calor, pressão) ou foram moldados plasticamente (MICHAELI,1995).

Em seu estado final, os polímeros são sólidos, entretanto, em determinado estágio de sua fabricação, encontram-se próximos de uma condição “líquida”, podendo, assim, ser moldados de várias maneiras e formas. Em geral, essa moldagem é executada através da aplicação isolada ou simultânea de calor e pressão (ALBUQUERQUE,1999).

Os polímeros podem ser classificados em duas categorias principais: os polímeros termoplásticos e os polímeros termofixos. Os polímeros termoplásticos são materiais que se tornam menos rígidos quando aquecidos, enquanto os polímeros termofixos se tornam mais rígidos com o aquecimento. Para ambas as categorias, é importante entender os papéis desempenhados por aditivos, que fornecem características relevantes, como maior resistência e rigidez, cor e resistência à combustão (SHACKELFORD, 2013).

O polímero termofixo apresenta suas moléculas interligadas através de ligações fortes, permanentes e físicas, que são irreversíveis sob a ação do calor (ALBUQUERQUE,1999). Em conformidade com Shackelford (2013), polímeros termofixos são opostos dos termoplásticos. Eles se tornam duros e rígidos sob aquecimento. Diferentemente dos polímeros termoplásticos, esse fenômeno não se perde com o resfriamento, que é característico das estruturas moleculares em rede formadas pelo mecanismo de crescimento em estágios, e os termofixos têm as desvantagens de não serem recicláveis. A figura 5 apresenta alguns polímeros termofixos comuns.

Nome	Aplicações típicas	Porcentagem do mercado (baseada em peso)
Poliuretano	Lâmina Tubulação Espuma Elastômeros Fibras	5
Elastômeros Cloropreno (Neoprene)	Mancais estruturais Espuma resistente ao fogo Correias de transmissão	<1
Elastômeros silícones	Vedações Adesivos	<1
Elastômeros Fluoreto de polivinideno/hexafluoropropileno (Viton)	Retentores anéis de borrachas Luvas	<1

Figura 5 - Alguns polímeros termofixos comuns.  
(Fonte: Adaptado de Shackelford, 2013, p. 305)

Polímeros termoplásticos, diferentemente dos chamados termofixos, são polímeros com a capacidade de amolecer e fluir quando sujeitos a um aumento de temperatura e pressão. Estes materiais são normalmente fabricados e moldados pela aplicação simultânea de calor e pressão (Callister, 1991). Após os polímeros passarem por este aumento de temperatura e pressão, com o resfriamento, estes solidificam-se em um produto com formas definidas. Com uma nova aplicação de temperatura e pressão, o mesmo efeito é observado, produzindo amolecimento e fluxo. O aquecimento, gera uma diminuição das forças intermoleculares e este enfraquecimento, torna os polímeros flexíveis e móveis (Crawford, 1987). Esta alteração é uma transformação física,

reversível. Quando o polímero é semicristalino, o amolecimento se dá com a fusão da fase cristalina. Sendo assim, os polímeros chamados termoplásticos, são solúveis, fusíveis e recicláveis (Canevarolo Junior, 2006).

A poliamida se encaixa neste grupo de polímeros, por suas características físicas. A característica de poder ser aquecido e moldado, dá ao polímero termoplástico uma ampla variedade de aplicações, alta versatilidade. Os termoplásticos podem servir de matéria-prima para inúmeras funcionalidades, estes, têm ampliado seu escopo de aplicações e muitas vezes substituído os metais, pela melhoria sistemática de propriedades como a resistência mecânica, a tenacidade e a estabilidade dimensional (da Silva, 2003).

### 2.3.2 Borracha de poliuretano

Desde a década de 40, os elastômeros de poliuretano (PU) estão disponíveis no mercado. Desde então, o consumo mundial vem crescendo (VILAR, 1999). O poliuretano pertence a um grupo de materiais que aliam características de elastômeros com a possibilidade de transformação, como termoplásticos, devido à grande variação de durezas possíveis de se estabelecerem na sua formulação. Possui alta resistência à tração e à compressão, e é ideal na produção de peças que exigem grande durabilidade (ALBUQUERQUE, 1999).

Os elastômeros de PU podem ser formulados em uma ampla gama de propriedades, pela variação das matérias-primas escolhidas. As modificações nas suas propriedades também podem ser obtidas pela incorporação de fibras, sendo que os produtos reforçados com fibra de vidro podem atingir alta resistência mecânica. Os elastômeros de PU são bastante empregados como materiais de engenharia e são reconhecidos pelas suas excelentes propriedades tais como resistência mecânica, resiliência, abrasão e resistência a óleos (VILAR, 1999, p.7.1).

O poliuretano possui elevada resistência à tração com grande alongamento até a ruptura. Comparado com as borrachas, o poliuretano possui elevado módulo de elasticidade. Além disso, possui um intervalo de dureza que vai de 98 shore A (65 shore D) a 75 shore A (35 shore D).

O Poliuretano é altamente resistente ao corte e ao rasgamento, possui ótima flexibilidade e grande resistência à compressão, voltando sempre à forma original. Por isso, é aplicado para amortecimento em geral. A temperatura de trabalho do poliuretano compreende o intervalo de 40°C a 80°C. Seu comportamento térmico está relacionado diretamente com a sua estrutura molecular, que determina o tipo de Poliuretano segundo a sua dureza, conforme tabela 1 (ALBUQUERQUE, 1999).

Deformação	Dureza
15%	98 Shore A
30%	90 Shore A
35%	80 Shore A
50%	70 Shore A
58%	55 Shore A
60%	45 Shore A
65%	35 Shore A

Tabela 1 - Deformação em relação às durezas.  
(Fonte: Albuquerque, 1999, p. 162)

O desgaste do poliuretano causado pelas sementes pode depender de vários fatores, como o tipo de semente, a quantidade de sementes, a dureza das sementes, e a frequência com que ocorre o contato entre as sementes e o poliuretano. A dureza do poliuretano pode influenciar sua

resistência ao desgaste. Poliuretanos mais duros podem ser mais resistentes a danos causados por objetos abrasivos, como sementes.

O vazamento em moldes abertos é a técnica mais antiga utilizada para a fabricação de elastômeros de PU. A possibilidade de manufatura de artefatos de PU a partir de matérias-primas líquidas derramadas em moldes é uma característica que diferencia estes elastômeros das demais borrachas, naturais ou sintéticas, que necessitam ser moídas e prensadas em moldes. Geralmente, as peças fabricadas com elastômeros de PU moldados por vazamento são obtidas na sua forma final, necessitando uma pós-cura para a obtenção das propriedades desejadas.

No processo em uma etapa (“one shot”), os componentes são misturados nas proporções estequiométricas e, a seguir, derramados no molde. As propriedades de diversos materiais de PU mudam de forma rápida imediatamente após a sua manufatura de forma, que são necessários alguns dias até que estas mudanças se tornem suficientemente lentas e a determinação das propriedades físicas deem resultados reprodutíveis. As mudanças iniciais das propriedades, ou pós-cura do PU, são aceleradas pela cura em temperaturas elevadas na faixa de 30 °C a 120 °C. Como todos os materiais poliméricos, o PU exhibe variações nas propriedades com as mudanças de temperatura, mesmo quando totalmente curado.

Estas mudanças podem ser significativas se comparadas com as de materiais tradicionais como os metais, o couro e a madeira. As propriedades físicas variam significativamente com a umidade do ar.

### **2.3.3 Poliamida**

As poliamidas foram os primeiros materiais a serem reconhecidos como termoplásticos de engenharia, devido às suas boas propriedades mecânicas, especialmente em aplicações expostas ao calor e contato com solventes orgânicos. Estas propriedades permitem que as poliamidas sejam usadas em aplicações atendidas anteriormente apenas por materiais metálicos. (Brydson, 1985).

Evidenciado por diversos autores, (Murase, Myashita, & Kimura, 2002); (Bassani, Pessan, & Hage, 2002); (Kohan, 1973) a poliamida (PA) ou náilon constitui uma classe de polímeros bastante atraente para aplicações de engenharia devido à combinação de propriedades. Entre as propriedades combinadas estão: estabilidade dimensional, boa resistência ao impacto sem entalhe, excelente resistência química, elevada resistência à tensão e à flexão e o fácil processamento (Radici, 2001). Porém, as poliamidas são altamente sensíveis ao entalhe, ou seja, são dúcteis quando não entalhadas, mas se tornam frágeis quando com entalhe presente, devido a sua baixa resistência à propagação de trincas (Bassani, Pessan, & Hage, 2002).

As poliamidas também são altamente higroscópicas, isto é, têm a tendência a absorção de água. Devido ao seu caráter hidrofílico, as propriedades como estabilidade dimensional, densidade, resistência mecânica e resistência elétrica variam de acordo com a umidade presente (Bassani, Pessan, & Hage, 2002); (Murase, Myashita, & Kimura, 2002). Muito utilizada em aplicações automotivas as poliamidas têm características típicas para tal: aliar a alta resistência mecânica com resistência térmica (Pogačnik & Kalin, 2012).

## **2.4 Processo de fabricação das peças**

Os modelos são confeccionados manualmente (com auxílio de ferramental apropriado) ou de forma automatizada a partir de informações de modelos tridimensionais em arquivos CAD, com o emprego, por exemplo, de centros de usinagem. A necessidade de reprodução de uma determinada peça em unidades idênticas implica na utilização de dispositivos que garantam a repetição mais homogênea possível: o molde tem o mesmo significado de matriz e fôrma: “modelo

oco onde será inserido metal derretido, material em estado plástico, vidro ou qualquer líquido que, solidificando-se, tornará a forma desejada” (LIMA, 2006).

## 2.4.1 Processo de transformação de composições moldáveis

As composições moldáveis empregadas para a fabricação de artefatos de borrachas e de plástico, ou de fibras, têm como ingrediente principal um polímero. É necessário que a composição moldável passe por um estado fluído, conseguido com ou sem aquecimento, com ou sem pressão, ou ainda através da adição de um líquido, para que possa assumir a forma desejada. O especialista precisa escolher, dentre uma série de processamentos, aquele que é o mais adequado às características que o artefato deve apresentar. Para isso, é essencial que se observe a natureza termoplástica ou termofixa do polímero.

No caso dos termoplásticos, os resíduos de moldagem, ou seja, as rebarbas, podem ser fragmentados e reutilizados em substituição parcial ou total ao polímero virgem. Esse procedimento, conhecido como reciclagem primária, pode ser adotado pelo próprio fabricante do artefato ou através da venda a terceiros. É importante não apenas do ponto de vista econômico, mas também quanto à proteção ambiental. Reciclagem secundária se refere a refugo pós-consumido, descartado.

No caso dos termofixos, as rebarbas não podem substituir o polímero virgem e ser moldadas para a mesma finalidade, o seu reaproveitamento exige operações adicionais de tratamento, visando outras aplicações. Os principais processos de transformação das composições moldáveis em artefatos de borracha, de plástico, ou em fibras são apresentados na figura 6.

Processo	Características			Produto
	Calor	Pressão	Dispersante	
Vazamento	+	-	-	Acabado ou semi-acabado
Fiação por fusão	+	-	-	semi-acabado
Compressão	+	+	-	Acabado
Injeção	+	+	-	Acabado
Calandragem	+	+	-	semi-acabado
Extrusão	+	+	-	semi-acabado
Sopro	+	+	-	Acabado
Termoformação	+	+	-	Acabado
Fiação seca	-	-	+	semi-acabado
Fiação úmida	-	-	+	semi-acabado
Imersão	-	-	+	Acabado

Figura 6 - Processos de transformação de composições moldáveis.  
(Fonte: Adaptado de Mano e Mendes, 1999, p. 66)

Nesta pesquisa, foi tratado apenas do processo de transformação de composições moldável denominado termoformagem, mais conhecida como o processo de injeção.

### 2.4.1.1 Processo de moldagem por injeção

A moldagem por injeção é o mais comum dos processos empregados na fabricação de termoplásticos. Consiste em introduzir em molde a composição moldável fundida em um cilindro

aquecido, por intermédio da pressão de um êmbolo. A figura 7 apresenta o esquema da moldagem através do processo de injeção.

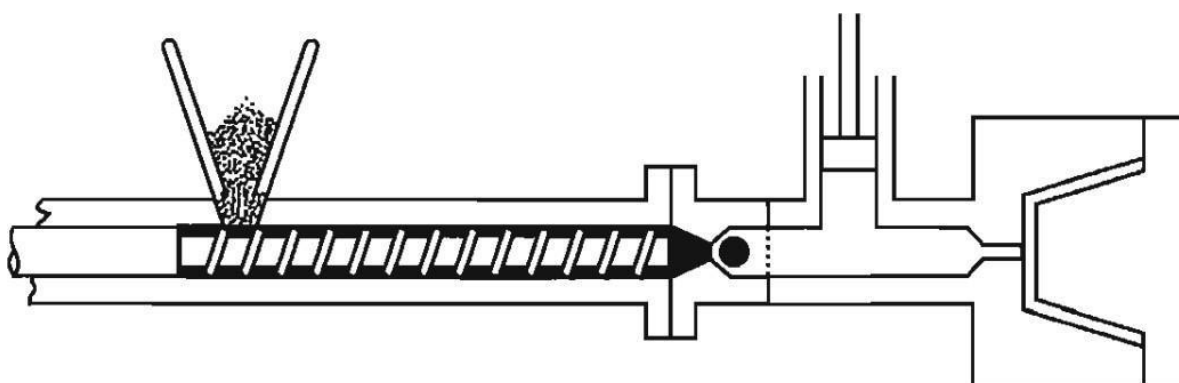


Figura 7 - Representação esquemática da moldagem através de injeção.  
(Fonte: de Mano e Mendes, 1999, p. 68)

As máquinas injetoras geralmente dispõem de uma câmara cilíndrica preliminar, aquecida, dotada de parafuso sem fim, que funciona como plastificador e homogeneizador da massa polimérica antes que seja admitida à seção onde será transmitida aos canais de injeção do molde. A refrigeração do material é feita dentro do molde, de forma a permitir a sua solidificação e a remoção do artefato sem deformação (MANO e MENDES, 1999).

O processo de injeção é descontínuo, aplicável a termoplásticos, muito comum na obtenção de pequenas peças em curtos ciclos de moldagem. Exemplo: utensílios domésticos, brinquedos, bijuterias, pré-formas para moldagem por sopro etc. Um dos inconvenientes da moldagem por injeção é a grande quantidade de material descartado após a retirada da peça injetada, sob a forma de galhos e varas por onde havia passado o plástico fundido. Esses resíduos, após a fragmentação em moinhos apropriados, são normalmente reutilizados. Esse inconveniente é eliminado com a utilização de moldes com canal quente, que são empregados somente em casos especiais (MANO e MENDES, 1999).

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho visa acompanhar e analisar todos os processos utilizados para fabricar o caracol transportador atual, juntamente com tempos e custos de fabricação. Verificando em qual etapa do processo que está ocorrendo os maiores desafios e o motivo do componente não garantir uma qualidade visual aceitável para uso e comercialização do produto. Após isso, para a conclusão deste trabalho, será apresentado um novo projeto de caracol transportador, pensando em melhoria de tempo de fabricação, custo, qualidade no produto final e processos de fabricação mais otimizados. A figura 8 apresenta as etapas para o desenvolvimento do projeto.

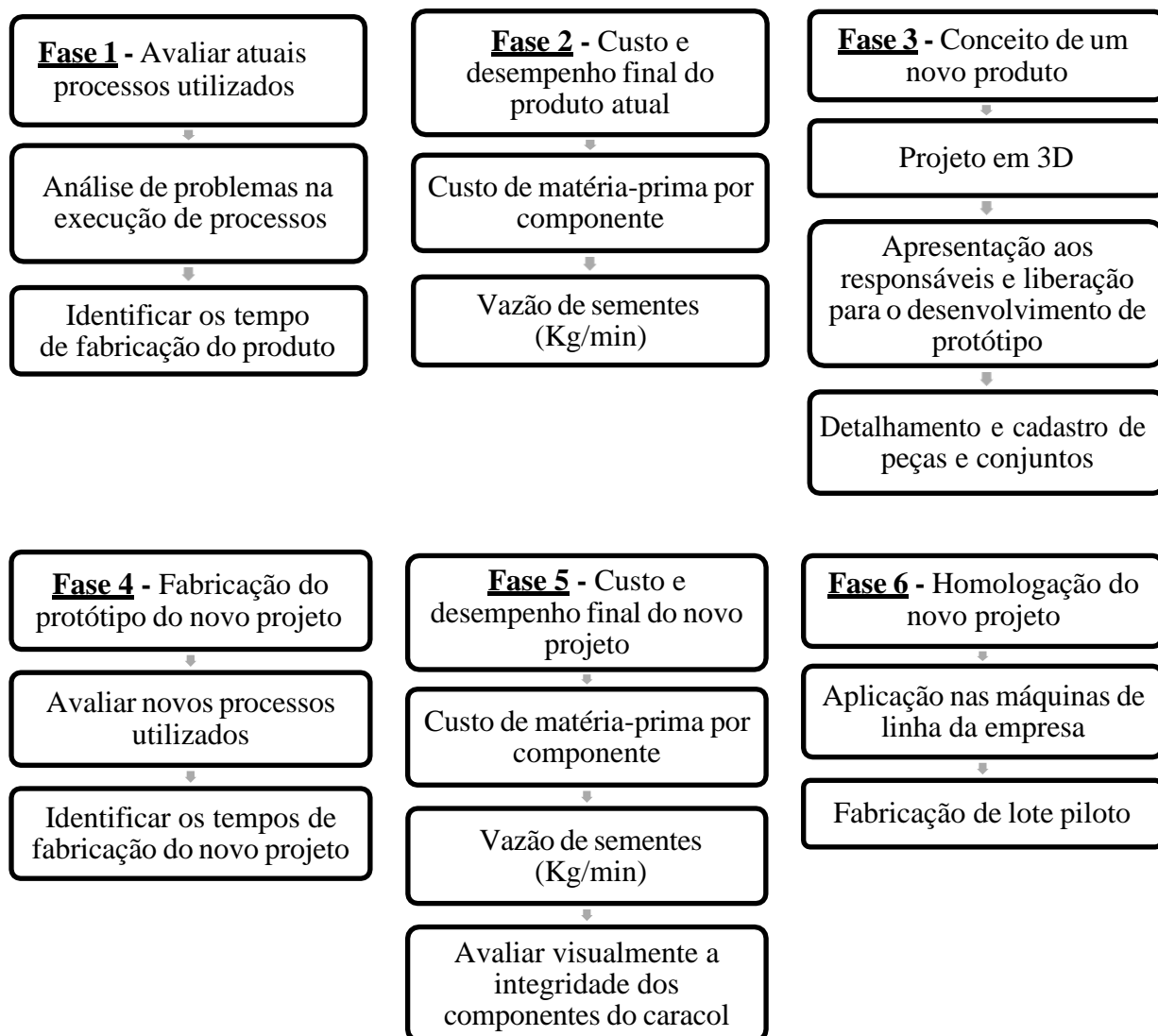


Figura 8 - Etapas para desenvolvimento do projeto.  
(Fonte: O autor, 2023)

Um dos maiores problemas que se tem no processo hoje, é que se trata de um processo demorado e que requer muita atenção. Os processos necessários para fabricação do caracol transportador, inicia-se com o setor de estamperia, usinagem, processos terceirizados e por último o setor de solda, conseqüentemente. Além disso, na parte operacional, alguns dos processos estão ligados em apenas um colaborador da empresa, onde a empresa acaba arriscando com a rotação de colaboradores e que caso isso ocorra, pode acabar tendo prejuízos em questões de garantir a fabricação dos lotes no tempo previsto pelo PCP e uma qualidade de produto final que não alcance o padrão estipulado pela empresa.

### 3.1 Produto a ser analisado

O produto a ser analisado é um caracol transportador de sementes, que é um componente que necessita de diversos processos para se chegar no produto final. A maioria destes processos, são desenvolvidos internamente na empresa, mas também necessita de processos realizados por empresas terceirizadas que atua na área de injeção.

O caracol transportador de semente, é um conjunto que utiliza de peças fabricadas em aço carbono SAE 1020, sendo eles na forma de aço redondo trefilado de Ø25,00mm (eixo principal) e

chapa fina laminada a quente de espessura 3mm (peça inicial do helicoide principal) e 2mm (passo inicial do helicoide), e por fim, borracha de poliuretano na cor cinza (peça final do helicoide principal). A figura 9 apresenta o caracol transportador de sementes analisado, onde, o material na cor cinza claro (revestimento) é borracha poliuretano e o restante é aço SAE 1010 e 1045 (eixo).



*Figura 9 - Caracol transportado de sementes analisado.  
(Fonte: O autor, 2023)*

### **3.2 Processos utilizados para a fabricação do caracol transportador**

Quando se trata em definir quais processos será utilizado para realizar a fabricação de um componente mecânico, existe diversos fatores a considerar nesta etapa, por exemplo:

- Tipo de matéria-prima e suas propriedades;
- Propriedades finais desejadas;
- Tamanho, forma e complexidade do componente;
- Tolerâncias e acabamentos superficiais exigidos;
- Projeto e custo de ferramental e efeito do ferramental na vida da ferramenta ou matriz;
- Disponibilidade de equipamentos e experiências operacionais;
- Tempo necessário para a produção;
- Número de partes requeridas e taxa de produção desejada;
- Custo total do processo.

De acordo com tudo isso, o processo de fabricação se emprega a dar forma desejada ao componente mecânico requisitado, onde no processo ocorre diferentes fenômenos físicos, como, fusão, solidificação, remoção de material, deformação plástica, difusão etc.

Os processos utilizados para a fabricação do caracol transportador foram definidos após os estudos dos fatores descritos anteriormente, na época da criação do projeto inicial do produto, onde se acreditou que os processos selecionados eram os melhores que poderia ser realizado pela empresa. A figura 10 apresenta os tipos de processos utilizados para a fabricação.

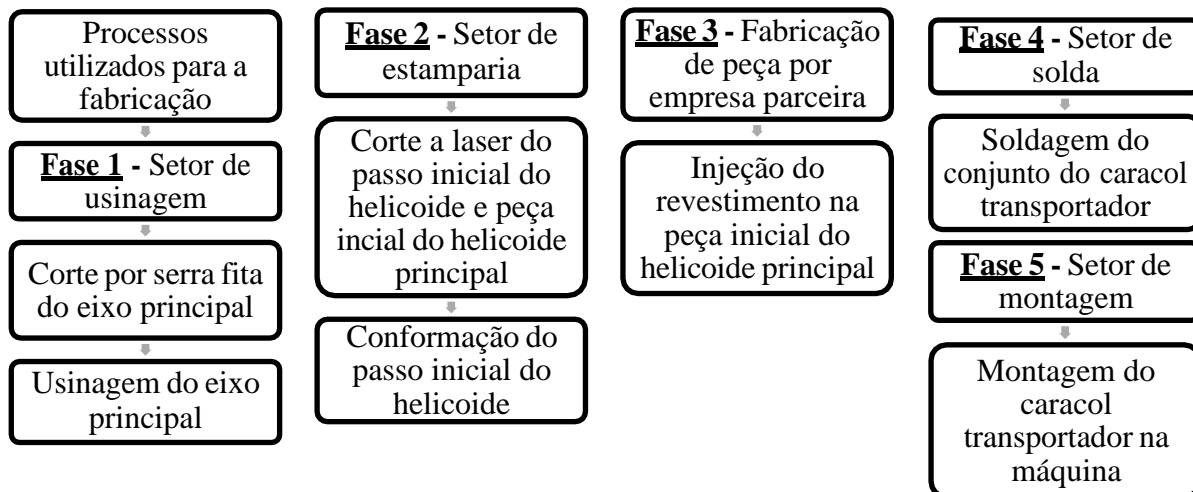


Figura 10 - Processo utilizados para a fabricação do caracol transportador.  
(Fonte: O autor, 2023)

Nos próximos tópicos, será descrito detalhadamente os processos e custos utilizados para a fabricação do caracol transportador. Cada ordem dos processos e operações que deve serem realizadas é descrito nas próprias ordens de fabricação de cada peças e conjuntos que contemplam o componente final. Todas essas análises será para avaliar em qual processo está sendo enfrentado maiores dificuldades para a fabricação completa do caracol transportador.

### 3.2.1 Fabricação do eixo principal

O eixo principal do caracol transportador é de baixa complexidade de fabricação, onde sua geometria final necessita atender as especificações denominadas em projeto. O anexo I apresenta a geometria final da peça que deve ser atendida.

Para se garantir essas especificações de projeto, são realizadas apenas duas etapas de operações para fabricação da peça, sendo o corte do eixo em uma máquina serra-fita, e por fim, a usinagem do eixo conforme designado em projeto.

O primeiro passo é serrar o material aço redondo trefilado de Ø25,00mm conforme desenho. Para a execução do processo de usinagem no eixo principal do caracol transportador, é necessário realizar apenas quatro operações, sendo, faceamento, quebra de canto, furo de centro e rebaixo para travamento de uma polia de alumínio.

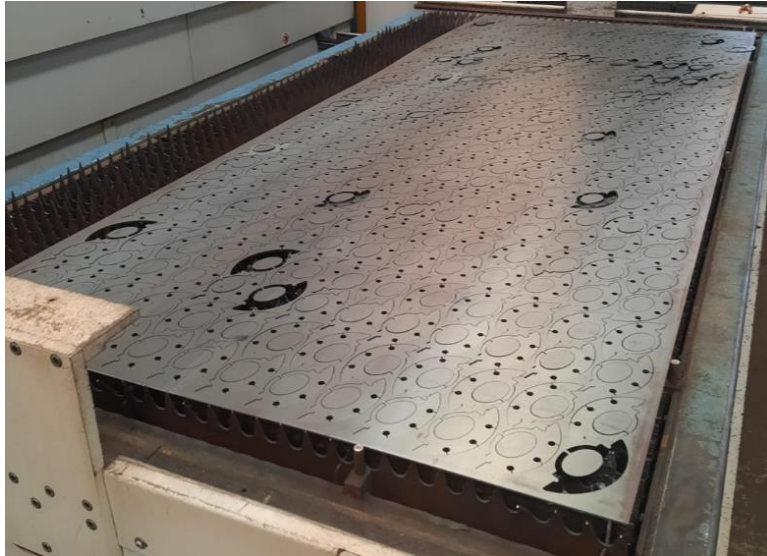
Primeiramente, é realizado o processo de regulagem e preparação da máquina para realizar os devidos processos. Após isso, é realizado todas as operações descritas anteriormente em ambas as extremidades da peça.

### 3.2.2 Fabricação do passo inicial do helicoide e a peça inicial do helicoide principal

Para a fabricação do caracol transportador, o processo de corte a laser é necessário em apenas duas peças do conjunto, sendo elas, passo inicial do helicoide e peça inicial do helicoide principal. Onde, devido a diferença de espessura da chapa de aço SAE 1010 (2 e 3mm), as mesmas devem ser realizadas o corte a laser separadamente.



A chapa utilizada para a fabricação da peça, tem medida de 3000mm de comprimento por 1200mm de largura, onde é preenchido toda a área útil da chapa com a mesma peça para aproveitar a configuração dos parâmetros da máquina e economizar tempo de fabricação. Após verificar todos os demais parâmetros que a máquina necessita para operar, é iniciado o corte. O anexo II e III apresentam a geometria de cada peça. A figura 11 apresenta a chapa após o processo de corte a laser da peça inicial do helicoide principal.



*Figura 11 - Processo de corte a laser da peça inicial do helicoide principal.  
(Fonte: O autor, 2023)*

### **3.2.3 Processo de injeção do revestimento do helicoide principal**

O processo de injeção é utilizado apenas para realizar a fabricação da peça final do helicoide principal. Onde, em um primeiro momento tem-se a peça fabricada em aço SAE 1010 de 3mm de espessura na empresa, sendo a peça inicial do helicoide principal citada anteriormente e, após isso, é encaminhada a uma empresa parceira para a realização do processo de injeção do poliuretano em cima da peça já fabricada, na qual é chamado de revestimento. O anexo IV apresenta a geometria do revestimento.

Para aproveitamento de logística e processos de fabricação do caracol transportador, sempre é fabricado um lote econômico de no mínimo 384 peças, no qual, é possível fabricar 24 conjuntos completo do caracol transportador. Então, após o corte a laser ser executado em todas as peças solicitadas pelo PCP, é separado pelo setor de almoxarifado da empresa, realizado a contagem de peças, embaladas e preparadas para serem enviadas até a empresa parceira, onde, é realizada pela própria empresa está logística.

Neste caso, o tipo de polímero utilizado na fabricação do revestimento do helicoide é poliuretano de dureza 80 shore A, considerado relativamente rígido para desgastes por sementes, que se tem a forma inicial do material granulado na cor branca.

Quando o processo de setup está em andamento, é preparado os moldes e a máquina injetora para receber a matéria prima pronta para começar os testes para fabricar as peças solicitadas. A figura 12 está circulado as duas cavidades onde a peça é feita, as outras cavidades são utilizadas para realizar o processo de injeção em outro modelo de helicoide, que se tem uma alteração de diâmetro, no qual, não será descrito neste trabalho.



*Figura 12 – Molde para injeção: parte externa e interna.  
(Fonte: O autor, 2023)*

Após a matéria prima já estar sem umidade e o molde já fixado na máquina injetora, o material é levado diretamente do forno para o funil da máquina que realizará a injeção do revestimento.

Com a máquina já aferida e abastecida, é posicionado a peça do helicóide de aço no molde e iniciado por vez o processo de injeção do revestimento, onde, cada ciclo, cerca de três minutos, fornece duas unidades prontas da peça final do helicóide principal. O tempo de aferição da máquina até chegar em peças aprovadas, pode levar um tempo de aproximadamente quatro horas.

A máquina trabalha com ciclos semiautomáticos, isso é, cada vez que terminar um ciclo de injeção, deve-se retirar as duas peças prontas e adicionar mais duas peças de aço para iniciar um novo ciclo, e assim, conseqüentemente até finalizar todas as peças solicitadas no lote.

Conforme o processo está em andamento, é selecionado algumas peças e realizado o controle de qualidade na própria máquina injetora, caso verificado e encontrado alguma peça com defeito, é removido o revestimento e o processo é refeito corrigindo o erro.

Após a finalização de todo o lote de peças, é realizado a contagem das peças, preparadas e embaladas para o envio até a empresa novamente.

### **3.2.4 Processo de soldagem do conjunto caracol transportador**

Este processo é o mais importante em toda a execução do caracol transportador, pois, com o processo de soldagem bem executado e seguindo todos os requisitos de projeto, é onde se garante a vazão adequada de semente na máquina final e a qualidade visual do caracol transportador. Apesar de ser o principal processo, a empresa tem um problema na parte de operador de solda para execução da soldagem do caracol, pois está na mão de apenas um colaborador para garantir a realização deste processo. Por isso, é a etapa que mais requisita de atenção e necessita de uma melhoria.

O processo utilizado para soldagem do conjunto é o processo de solda MIG. Com isso, o primeiro passo para a execução do processo de soldagem do caracol transportador, é separar as quantidades de peças necessárias para a confecção de um conjunto. Onde, no total, o conjunto necessita de 19 peças por conjunto, a tabela 2 apresenta as peças e suas devidas quantidades por conjunto. Essa separação tem um auxílio do setor de almoxarifado de peças, que realiza as separações das peças para atender todos os conjuntos que estão sendo requisitados nas OF's liberadas pelo setor de PCP.

Peças	Quantidades
Eixo principal	1
Passo inicial do helicoide	2
Peça final do helicoide principal	16

Tabela 2 - Relação de peças e quantidades por conjunto do caracol transportados.

(Fonte: O autor, 2023)

Após o processo de separação de peças, inicia-se a soldagem do conjunto conforme desenho do projeto, o anexo V apresenta o detalhamento do conjunto para a execução do processo.

Primeiramente, é posicionado a extremidade oposta do eixo principal que tem a usinagem do rebaixo para a fixação em um suporte auxiliar, onde se garante uma altura adequada para facilitar ao soldador a realizar o todo o processo de soldagem com uma postura adequada. Com isso, para a soldagem da primeira peça no conjunto, o passo inicial do helicoide, é utilizado um gabarito onde garante a medida de 240mm da extremidade do eixo. Na sequência, é soldado a segunda unidade do passo inicial do helicoide, garantindo assim, os dois primeiros passos do helicoide. Como a peça vem com a medida do passo menor do que determina o projeto, a peça é ponteadada e ajustada conforme a necessidade, utilizando um martelo como auxílio para essa etapa. Os cordões de solda são realizados no lado oposto onde se tem o carregamento de sementes. Após a soldagem dessas peças, é necessário realizar um acabamento com o auxílio da lixadeira e retífica manual, para remoção de arestas cortantes ou saliências que possa causar dano mecânico ou danificar o tratamento da semente. A figura 13 apresenta essa etapa já finalizada.



Figura 13 – Soldagem do passo inicial do helicoide.  
(Fonte: O autor, 2023)

Após isso, inicia-se a soldagem das 16 unidades da peça final do helicoide principal (A), onde, deve-se posicionar uma das extremidades da peça na outra extremidade do segundo passo já soldado no conjunto, deixando a peça com uma inclinação de  $62^\circ$  em relação ao eixo principal. Logo após, é feito o mesmo procedimento para soldar a segunda unidade da peça final do helicoide principal (B), porém, deve ser a  $180^\circ$  em relação ao primeiro posicionamento da peça anterior.

Por fim, se repete esse procedimento por mais 7 vezes até a soldagem por completo do caracol transportador. A figura 14 apresenta este processo finalizado.

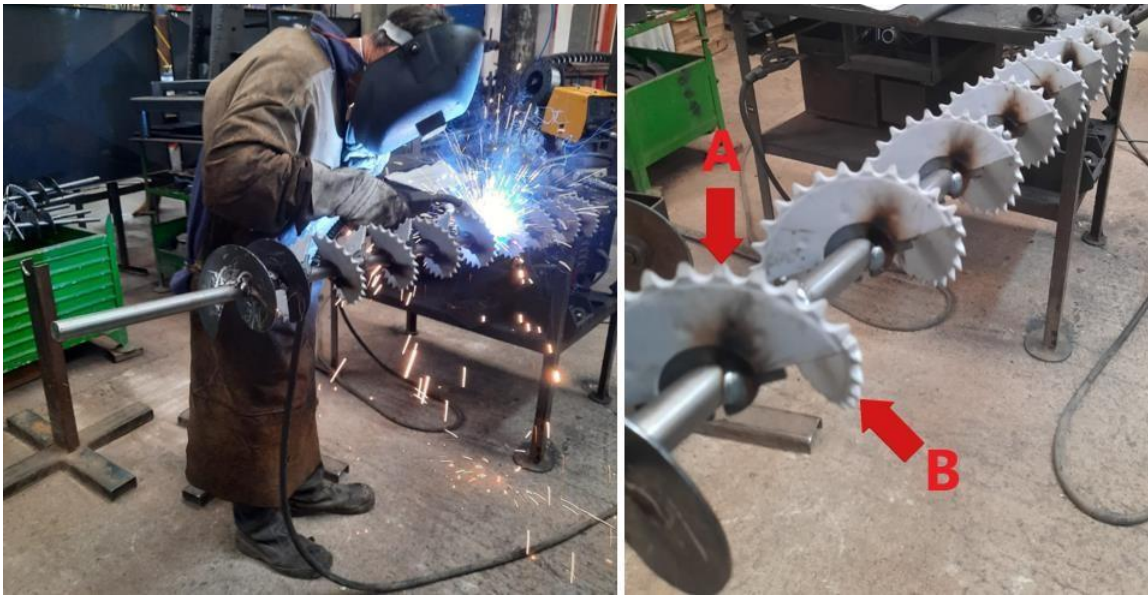


Figura 14 – Soldagem das peças finais do helicoide principal:  
(A) Primeira peça, (B) Segunda peça.  
(Fonte: O autor, 2023)

Para verificar e garantir o alinhamento do caracol, no qual, é muito importante para garantir o desempenho desejado, é utilizado um gabarito como auxílio. O gabarito requer que as duas extremidades do caracol sejam posicionadas entre os dois roletes, deixando assim, o caracol livre para realizar as rotações forçadas manualmente. Caso o caracol não esteja alinhado, é necessário aplicar golpes com o martelo nos pontos onde apresenta vibrações exageradas durante a rotação. Após verificado e liberado, o caracol é entregue ao setor de montagem para a realização das próximas etapas.

Como visto nas figuras deste tópico, o componente apresenta uma qualidade estética que é insuficiente, visto que o processo de solda causa uma marca no poliuretano injetado. Algo que poderia melhorar isto, seria um processo de pintura do componente, porém, a empresa conta com pintura a pó, onde seria necessário a cura da pintura em uma estufa que chega a 200°C. Isso resultaria em um derretimento por completo do material injetado, tornando o caracol impróprio para uso. Além disso, o processo de lixamento, realizado por lixadeira e retífica, causa marcas que também atrapalham no visual do produto.

### 3.2.5 Processo de montagem na máquina final

A montagem de componentes mecânicos em máquinas agrícolas requer habilidades técnicas, atenção aos detalhes e conhecimento das especificações do fabricante. É importante seguir rigorosamente as instruções do fabricante e realizar testes de qualidade para garantir que uma máquina agrícola seja segura e eficiente em sua operação.

Para a realização da montagem do caracol transportador na máquina final, é necessário apenas um colaborador. Apesar de ser uma montagem de fácil realização, não se dispensa a atenção e a organização.

O posicionamento do caracol transportador é na parte interna do canudo da máquina, onde, a distância entre a extremidade do helicoide do caracol até a parede interna do canudo, deve ser constante. A figura 15 apresenta a folga entre o helicoide e o canudo, em geral folgas menores são utilizadas quando deseja-se transportar mais material sem acumular no fundo do canudo pois

permite uma maior limpeza devido a pequena folga, já folgas maiores são utilizadas para aplicações que desejam manter uma camada de material no fundo do cocho o que reduz o desgaste do equipamento (ANSI/CEMA#350, 2019).

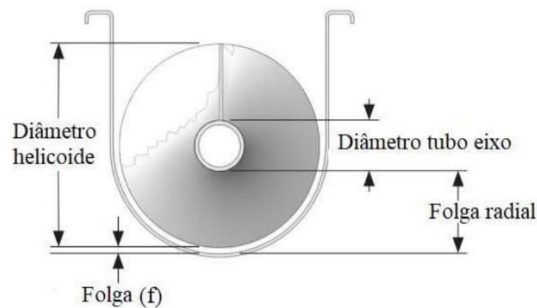


Figura 15 – Folga entre o helicóide até o canudo.  
(Fonte: ANSI/CEMA#350, 2019)

Neste caso que está sendo estudado, a distância definida em projeto é de 10 mm, sendo constante em toda a área da parte interna do canudo e o caracol transportador. Na prática, essa distância varia de acordo com as tolerâncias mantidas nos processos anteriores para a fabricação do conjunto, chegando a variar de  $\pm 3$  mm. Essa variação, principalmente é referente ao processo não convencional de alinhamento do caracol transportador, que foi descrita nos tópicos anteriores do trabalho.

Essa distância é de suma importância para garantir um bom desempenho do caracol na máquina final, alcançando todas as suas expectativas. Pois, se essa distância for muito maior do que a determinada em projeto, o caracol não vai ter a sua eficiência adequada, pois vai ter espaço suficiente para sementes que estão sendo tratadas escaparem por essa folga. Já se essa distância for muito menor do que a determinada em projeto, pode ocorrer interferência com o canudo, desgastando prematuramente as peças do caracol transportador e, além disso, poderá acarretar quebra de sementes, que gera um grande prejuízo para o cliente que está realizando o tratamento de sementes.

A figura 16 apresenta os componentes necessários para a realização da montagem e funcionamento do caracol transportador na máquina. A tabela 3 apresenta os códigos e descrições conforme utilizados na empresa, juntamente com as quantidades de cada item que contemplam o conjunto de montagem.

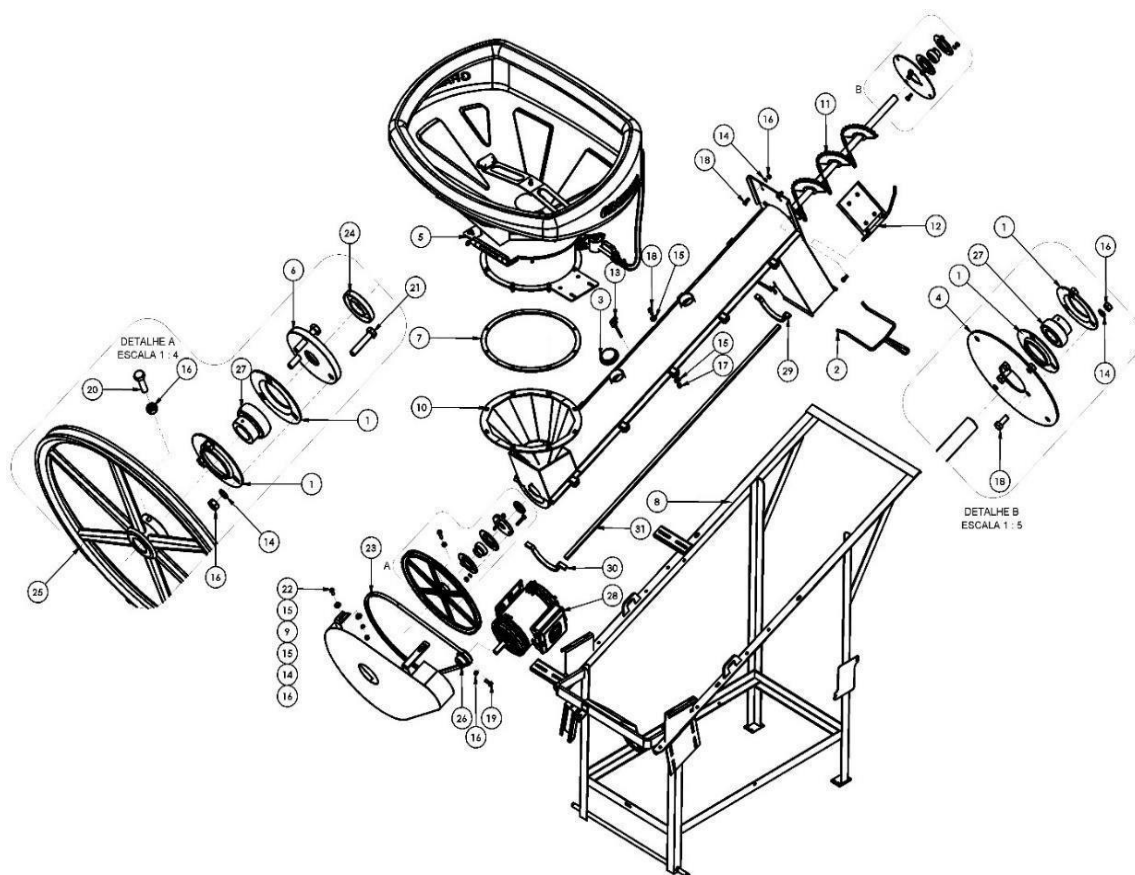


Figura 16 – Montagem do caracol transportador.  
(Fonte: O autor, 2023)

Item	Código	Descrição	Quantidade
1	0210-1106	MANCAL (FLANGE-MTS)	4
2	0210-1131	CS GRAMPO	2
3	0210-1230	TAMPA	1
4	0210-1327	FLANGE DIANTEIRO	1
5	1079-1040	CM CÂMARA TRATAMENTO MTS 120 (2021)	1
6	1082-1164	FLANGE VEDAÇÃO	1
7	1082-1217	FITA VINIL PANELA	1
8	1082-2009	CHASSI MTS SPRAY SYSTEM 120S	1
9	1082-2022	CS PROTEÇÃO MTS 120 SPRAY S/CAIXAS	1
10	1082-2040	CANOVA MTS SPRAY SYSTEM 120 (MODELO 2009)	1
11	1082-2059	CARACOL MTS 120	1
12	1082-3024	CM INVERSOR BOCAL	1
13	2006-2081	CS GRAMPO (MÉTRICO)	5
14	88100021	ARRUELA PRESSÃO M8 ZINC.	15
15	88110008	ARRUELA LISA 5/16" ZINC.	7
16	88200052	PORCA SEX. MA 8 ZINC.	17
17	88200063	PORCA SEX. MA 8 AUTO TRAVANTE	1

18	88260003	PARAF. SEX. MA 8 X 20 - 8.8 ZINC	10
19	88260006	PARAF. SEX. MA 8 X 25 - 8.8 ZINC	1
20	88260009	PARAF. SEX. MA 8 X 30 - 8.8 ZINC.	1
21	88260041	PARAF. SEX. MA 8 X 40 - 8.8 ZINC.	3
22	88260042	PARAF. SEX. MA 8 X 20 - 5.8 ZINC.	3
23	88300030	CORREIA EM V LISA - A-60	1
24	88390006	RETENTOR BRG - 02727 [NBR - 25 X 52 X 8]	1
25	88400003	POLIA DE ALUMÍNIO 16" A1	1
26	88410026	POLIA DE FERRO FUNDIDO PF 60 A1-19	1
27	88500050	ROLAMENTO GRAE 25	2
28	88940509	MOTOR MONOF. 1,5CV 60HZ 4PL	1
29	MTSP1107	ESPONJA VEDAÇÃO - MENOR	1
30	MTSP1108	ESPONJA VEDAÇÃO - MÉDIA	1
31	MTSP1109	ESPONJA VEDAÇÃO - MAIOR	2

*Tabela 3 - Códigos, descrições e quantidades de itens por máquina.  
(Fonte: O autor, 2023)*

O canudo da máquina em questão, está inclinado a 22° em relação ao solo, com o bocal de descarga a uma altura de 700mm. Isso é para quando a máquina estiver em funcionamento, elevar a semente até uma altura que garante ao operador ensacar a semente após o seu processo de tratamento.

Para garantir um bom funcionamento e que o caracol transportador alcance a sua eficiência correta, é necessário realizar diversas etapas de montagem do caracol transportador e seus componentes que são essenciais para essa garantia.

No primeiro momento, é realizado a preparação do canudo, onde é montado o conjunto de solda do canudo (item de nº 10) no chassi da máquina (item de nº 8), juntamente com as vedações, fixações e grampos de fixação (itens de nº 7, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 29, 30 e 31). A figura 17 apresenta esta etapa concluída.



*Figura 17 – Primeira etapa de montagem.  
(Fonte: O autor, 2023)*

Para se garantir um melhor alinhamento entre a parte interna do canudo e o caracol transportador, é necessário montar mancais com rolamentos (itens de nº 1 e 27) nas suas extremidades, juntamente com suas fixações (itens de nº 4, 14, 16 e 18), assim garantindo um melhor

alinhamento entre os conjuntos. Além disso, na parte inferior do canudo, é montado um alojamento de retentor, retentor e suas fixações (itens de nº 6, 14, 16, 21 e 24), afins de não ocorrer vazamentos de calda ou de impurezas. A figura 18 apresenta estas etapas concluídas.



*Figura 18 – Segunda etapa de montagem.  
(Fonte: O autor, 2023)*

Na figura 19, apresenta a terceira etapa, onde o caracol transportador (item de nº 11) deve ser posicionado com a sua extremidade, que tem o rebaixo no eixo, na parte mais baixa do canudo.



*Figura 19 – Terceira etapa de montagem.  
(Fonte: O autor, 2023)*

Na quarta etapa de montagem, na extremidade do eixo com o rebaixo, é onde deve ser montado uma polia de alumínio com  $\text{Ø}400\text{mm}$  (item de nº 16, 20 e 25), que servirá para a ligação da transmissão por correia (item de nº 23) entre o acionamento via motor elétrico de 1,5CV (itens de nº 16, 19, 26 e 28). Para uma maior segurança de operação na máquina, deve ser montado a proteção da transmissão e suas devidas fixações (itens de nº 9, 14, 15, 16 e 22). Para facilitar a montagem destes componentes, a máquina é inclinada e apoiada com o bocal no chão.

Por fim, na quinta etapa de montagem, é onde deve ser montado o restante dos componentes padrões da máquina, neste caso, o comando, câmara de tratamento, graneleira, inversor bocal de saída, bomba dosadora 1, reservatório 1, porta manual e adesivos. Caso o pedido da máquina seja solicitado com itens variáveis, é nesta etapa que ocorre também a montagem dos mesmos, por exemplo, bomba dosadora 2, reservatório 2, caixa dosadora para pó, caixa dosadora para líquido e polia variadora (acionamento caixas). A figura 20 apresenta todos estes processos



já executados com a máquina já aprovada após testes e embalada, pronta para o carregamento e envio até o cliente.



Figura 20 – Máquina final.  
(Fonte: O autor, 2023)

### 3.2.6 Etapas, custos e tempos de fabricação do caracol transportador atual

Para um melhor entendimento e visualização dos estudos até o momento, a tabela 4 indica as etapas necessárias para a fabricação do caracol transportador referenciando com a descrição de cada peça descrita nos tópicos anteriores do trabalho. Para a fabricação por completo do caracol transportador analisado, foi acompanhado os processos de fabricação e obtidos valores de tempos de fabricação para setup e etapas. A tabela 4 apresenta esses resultados.

<b>Etapas de projeto</b>	<b>Descrições das peças</b>	<b>Tempo setup (minutos)</b>	<b>Tempo processo (minutos)</b>
Etapa 1	Corte do eixo principal	25	3
Etapa 2	Usinagem do eixo principal		
Etapa 3	Corte a laser do passo inicial do helicóide	5	1
Etapa 4	Corte a laser da peça inicial do helicóide principal	5	8
Etapa 5	Injeção do revestimento da peça final do helicóide principal	-	-
Etapa 6	Soldagem do caracol transportador	5	38
Etapa 7	Montagem do caracol transportador	15	20
	<b>Somatório</b>	<b>55</b>	<b>70</b>

Tabela 4 – Etapas de fabricação do caracol transportador.  
(Fonte: O autor, 2023)

Na etapa 1 e 2, onde ocorre o corte do eixo principal e a usinagem do mesmo, é consumido 1738mm de material para a fabricação da peça. A barra de aço redondo trefilado 1020 de Ø25,00 utilizada, é fornecida com um comprimento de 6000mm, com um preço por quilo de material de R\$11,29 reais. Neste caso, a matéria-prima utilizada tem um custo de R\$75,60 reais. A tabela 5 apresenta os custos obtidos nestes processos e a tabela 4 mostra os tempos de fabricação.

Descrição	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Custo
Material	6000	23,118	R\$ 261,00
Eixo principal	1738	6,696	R\$ 75,60

Tabela 5 - Custo de matéria-prima etapa 1 e 2.  
(Fonte: O autor, 2023)

Para a etapa 3, 4 e 5, onde ocorre o corte a laser e a conformação da peça do passo inicial do helicóide e peça inicial do helicóide principal, é utilizado dois materiais diferentes, sendo eles, chapa de aço SAE 1010 de 2mm e chapa de aço SAE 1010 de 3mm de espessura, conseqüentemente. As chapas utilizadas têm um dimensional de 3000mm de comprimento por 1200mm de largura, com área de 3.600.000mm<sup>2</sup>. O preço por quilo de material de R\$5,86 reais. Para a peça do passo inicial do helicóide, é utilizado uma área de 18.769mm<sup>2</sup> da chapa de espessura 2mm. Já na peça inicial do helicóide, é utilizado 9.768mm<sup>2</sup> da chapa de espessura 3mm. A figura 21 apresenta as peças executadas. Já a tabela 6 apresenta os resultados obtidos nessas etapas. A tabela 4 apresenta os tempos de fabricação das etapas citadas.



Figura 21 – Passo inicial e peça inicial do helicóide principal.  
(Fonte: O autor, 2023)

Descrição	Área (mm <sup>2</sup> )	Peso (kg)	Custo
Chapa espessura 2mm	3.600.000	56,52	R\$ 331,20
Passo inicial do helicóide	18.769	0,36	R\$ 2,10
Chapa espessura 3mm	3.600.000	84,78	R\$ 496,81
Peça inicial do helicóide principal	9.768	0,23	R\$ 1,34

Tabela 6 – Custo de matéria-prima etapas 3, 4 e 5.  
(Fonte: O autor, 2023)

Para a etapa 6, responsável pela execução da peça final do helicóide principal, é onde ocorre o processo de injeção da borracha poliuretano na peça de aço. Nesta etapa, é necessário utilizar 40 gramas do material, em formato granulado, para atingir a geometria desejada da peça. O custo por injeção, tem-se um custo de R\$4,62 reais por cada peça processada. Como a etapa de injeção é realizada por serviço terceirizado, não foi considerado o tempo de processo. A figura 22 apresenta a peça já finalizada.



Figura 22 – Peça final do helicoide principal finalizada.  
(Fonte: O autor, 2023)

Na etapa 7 e 8, nos quais seriam as etapas de soldagem do conjunto e montagem do caracol transportador na máquina, não considera custo, pois o trabalho apresenta valores apenas de matéria-prima. Portanto, a tabela 4 apresenta os resultados obtidos nas avaliações de tempos de produção das etapas citadas.

Após a sua montagem, foi utilizado sementes de soja para a realização do teste de vazão da máquina. A máquina em questão, tem sua capacidade de tratamento de sementes de 120 sacas/hora, cerca de 100 kg/min, considerando cada saca de 50 kg de sementes de soja. O teste foi realizado em duas etapas, com a regulagem da gaveta na posição de 50% e 100% de abertura, com aplicação simulada de calda para tratamento (neste caso, foi utilizado a mesma quantidade de água com polímero) alterando assim a densidade dos grãos. Para o teste, foi analisado 3 amostras de passagem de grãos em cada posição de abertura de gaveta, onde chegou-se a uma média. A tabela 7 apresenta os resultados obtidos nas amostras.

Abertura gaveta (%)	1° Amostra (Kg/min)	2° Amostra (Kg/min)	3° Amostra (Kg/min)	Média (Kg/min)
50	50,5	49,9	50,3	50,2
100	99,6	100,6	100,4	100,2

Tabela 7 - Teste de vazão de sementes do caracol transportador analisado.  
(Fonte: O autor, 2023)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico do trabalho serão apresentados o novo projeto proposto de caracol transportador. No qual, consiste em otimizar e facilitar processos de fabricação e garantir uma qualidade de produto final melhor do que a abordada até então. Serão apresentados os tempos de fabricação e custo de cada matéria-prima utilizada em cada componente que contemplam o novo projeto.

### 4.1 Novo projeto de caracol transportador

Com as informações adquiridas nos capítulos anteriores foi confeccionado um modelo preliminar em 3D de um novo conceito de rosca transportadora. No qual, consiste em otimizar e facilitar processos de fabricação e garantir uma qualidade de produto final melhor do que a abordada até então, garantindo um modelo que seja intercambiável com o antigo projeto. Após a execução de um novo conceito, necessitou-se a apresentação aos responsáveis por liberação de

projetos e garantiu-se a liberação para desenvolver e realizar um protótipo do mesmo.

A ideia do novo projeto consiste em remoção do processo de solda dos helicoides, no qual apresentou ser o processo com maiores dificuldades, passando para processo de montagem, onde, os helicoides serão fabricados pelo processo de injeção de material poliuretano e nylon. A figura 23 apresenta de forma superficial o novo projeto proposto.

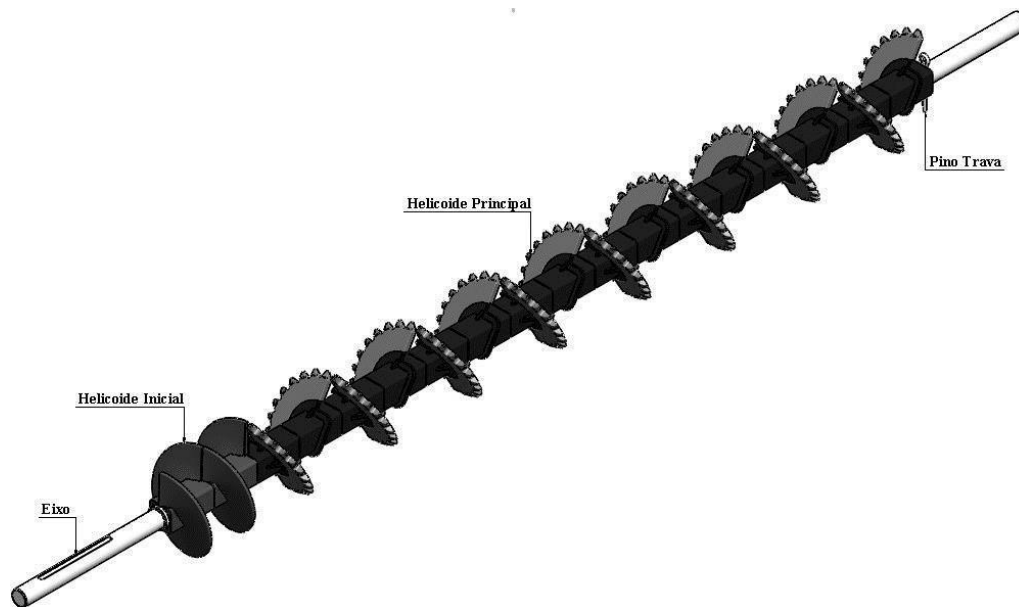


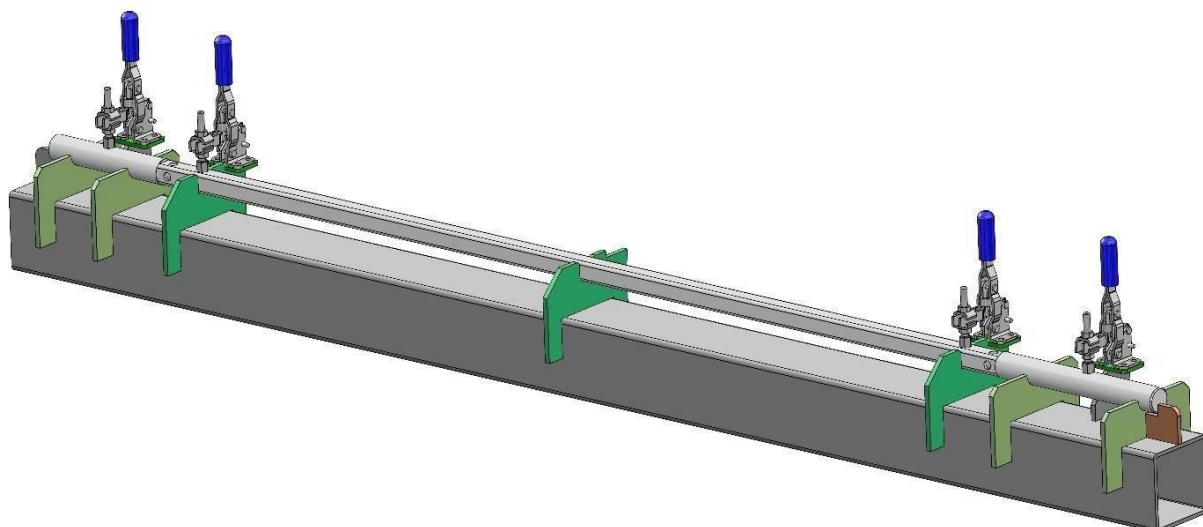
Figura 23 – Novo conceito de rosca transportadora.  
(Fonte: O autor, 2023)

#### 4.1.1 Eixo principal do novo projeto

Para o desenvolvimento do eixo principal, foi mantido a baixa complexidade de fabricação, onde sua geometria final necessita atender as especificações denominadas em projeto. O eixo é composto por 3 peças, sendo duas ponteiros de aço laminado SAE 1045 Ø31,75mm (1.1/4”), e um tubo central quadrado de 25,00mm x 3,00mm de espessura.

Para manter o eixo o mais concêntrico possível, deve ser realizado um pré-usinagem nas ponteiros. Onde, é usinado um rebaixo de 30,00mm de comprimento até o Ø18,60mm, juntamente com a medida nominal, tem-se uma tolerância de ajuste de  $\pm 0,05$ mm, isto serve para manter o mais justo possível as ponteiros com o tubo. O tubo quadrado sofre também uma usinagem, processo de furação, de duas furações passantes de Ø11,00mm em cada uma das suas extremidades, sendo um furo para cada face do tubo, onde, essas furações servirão para realizar a soldagem das ponteiros com o tubo. Todas as operações de usinagem são realizadas em um torno CNC com ferramenta acionada. Os anexos VI, VII e VIII apresentam as geometrias finais das peças que devem ser atendidas.

Depois de executado as primeiras operações de usinagem, as peças são colocadas em um dispositivo de solda, onde se garante os comprimentos total do eixo principal e sua concentricidade. Com isso, é realizado o processo de soldagem do conjunto, sendo solda tipo tampão nas oitos furações já mencionadas anteriormente. A figura 24 apresenta o conjunto de solda e o dispositivo.



*Figura 24 – Conjunto e dispositivo de solda do novo caracol transportador.  
(Fonte: O autor, 2024)*

Logo após, o eixo já soldado retorna para a usinagem, onde deve ser realizado na ponteira maior, a redução para o  $\text{Ø}25,00\text{mm}$  com ajuste para rolamento e o rebaixo para travamento de uma polia de alumínio. Na ponteira oposta, deve ser realizado a mesma redução de diâmetro e uma furação no qual servirá para montagem de um contrapino.

Por fim, como um dos objetivos é a qualidade estética do caracol, após o processo de soldagem do conjunto, o eixo é encaminhado para uma empresa terceirizada que realizará um processo de zincagem no eixo, que irá garantir um ótimo acabamento visual. A figura 25 apresenta o eixo após o retorno do processo de zincagem. Após isso, é encaminhado ao setor de montagem para ser executado os demais processos.



*Figura 25 – Conjunto de solda após o processo de zincagem do novo caracol transportador.  
(Fonte: O autor, 2024)*

#### 4.1.2 Helicoide inicial

Como a geometria da peça é complexa, foi necessário ir para uma fabricação por processo de injeção, onde é fabricado um molde a partir do projeto 3D da peça.

Para a peça ser montada no eixo, ela deve possuir uma cavidade quadrada (A) onde será encaixada no eixo, mantendo ela fixa no sentido de rotação. Para se garantir a mesma capacidade de carregamento do caracol, foram mantidos o passe e o diâmetro iguais da peça antiga, sendo o passe do helicoide de 65,00mm e o  $\varnothing 135,00\text{mm}$ .

Para a fabricação do helicoide inicial, buscou-se um material que seria de fácil injeção e um ótimo acabamento superficial sem necessitar de processos posteriores. Onde se deve garantir uma boa resistência ao desgaste e uma dureza considerável. Com isso, foi decidido utilizar o material Nylon para fabricação de peça, no qual substituirá a peça anterior fabricada de chapa de aço SAE 1010 com 2,00mm de espessura. A figura 26 apresenta a peça finalizada após o processo de injeção.



Figura 26 – Helicoide inicial injetado do novo caracol transportador:  
(A) Cavidade quadrada.  
(Fonte: O autor, 2024)

#### 4.1.3 Helicoide principal

Pela sua geometria complexa, a fabricação das peças do helicoide principal, utiliza-se o mesmo processo de injeção de Nylon da peça anterior. Com a fabricação de novos moldes fabricados a partir do projeto 3D da peça.

A ideia da cavidade quadrada central (A) na peça foi mantida igual da peça anterior. Como diferencial, a peça do helicoide principal deve manter o revestimento de poliuretano, sendo igual da peça final do helicoide principal antigo, que era fabricado a partir da chapa de aço SAE 1010 com 3,00mm de espessura com esse revestimento em sua extremidade.

Para se garantir uma boa fixação entre os dois materiais diferentes, nylon e poliuretano, foi desenvolvido algumas furações (B) onde no processo de injeção do poliuretano, por ele estar na forma líquida, conseguirá penetrar entre estas furações e manterá uma boa fixação. A figura 27 mostra a peça posicionada na matriz antes da injeção do revestimento em poliuretano.

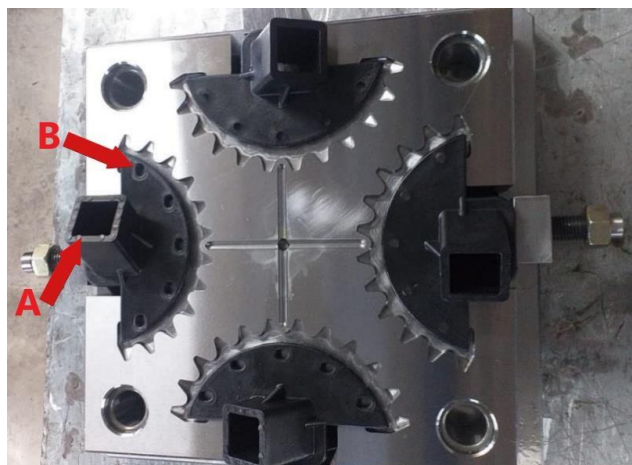


Figura 27 – Helicóide principal antes da injeção do revestimento em poliuretano do novo caracol transportador:  
 (A) Cavidade quadrada, (B) Furações para fixação do revestimento.  
 (B) (Fonte: O autor, 2024)

Por fim, a peça de nylon passa para o molde apresentado acima, onde receberá a injeção do revestimento de poliuretano, deixando-a a peça finalizada e pronta para a montagem no eixo. A figura 28 apresenta a peça já finaliza.



Figura 28 – Helicóide principal injetado de nylon e poliuretano do novo caracol transportador.  
 (Fonte: O autor, 2024)

#### 4.1.4 Processo de montagem do novo caracol transportador

Após as peças já finalizadas, deve-se separar as quantidades de peças necessárias para a confecção de um conjunto do caracol transportador. Onde, no total, o conjunto necessita de 20 peças por conjunto, a tabela 8 apresenta as peças e suas devidas quantidades por conjunto. Essa separação tem um auxílio do setor de almoxarifado de peças, que realiza as separações das peças para atender todos os conjuntos que estão sendo requisitados nas OF's liberadas pelo setor de PCP.

Peças	Quantidades
Contrapino 3/16" x 2.1/2"	1
Eixo principal	1
Passo inicial do helicoide	2
Helicoide principal	16

*Tabela 8 - Relação de peças e quantidades por conjunto do caracol transportador.  
(Fonte: O autor, 2024)*

Após o processo de separação de peças, inicia-se a montagem do conjunto conforme desenho do projeto, o anexo IX apresenta o detalhamento do conjunto para a execução do processo.

A montagem do caracol transportador ficou muito simples e otimizada, onde passou a ser um processo que pode ser executado por qualquer pessoa com o mínimo de prática de montagem. Este processo pode ser lembrado como um quebra-cabeça, onde nada mais é do que encaixar uma peça na outra.

O primeiro passo é começar a encaixar a cavidade quadrada central do passo inicial do helicoide, onde deve-se montar duas peças encaixando-as. O único detalhe que deve ser cuidado, é que o final do helicoide da primeira peça, deve ser o início segunda peça. A figura 29 apresenta este processo finalizado.



*Figura 29 – Montagem do passo inicial do helicoide do novo caracol transportador.  
(Fonte: O autor, 2024)*

Após isso, é só ir encaixando as 16 peças do helicoide principal (A), apenas alterando em 180° cada peça. Onde, a última peça deve ficar um pouco abaixo da furação (B) para o travamento via contrapino. A figura 30 mostra esse processo já realizado.





Figura 30 – Montagem do helicoide principal do novo caracol transportador:  
 (A) Helicoide, (B) Furação.  
 (Fonte: O autor, 2024)

Para finalizar a montagem, deve-se posicionar o contrapino na sua devida furação e dobrar as suas hastes para finalizar o processo de montagem do novo caracol transportador. Juntamente com o contrapino, na ponteira maior, tem-se um ressalto que tem o diâmetro bruto do material utilizado, sendo  $\text{Ø}31,75\text{mm}$  (1.1/4”), como forma de encosto para restringir a movimentação das peças helicoidais sob o eixo.

O processo de montagem do caracol transportador na máquina não se alterou nada em relação ao antigo projeto. A figura 31 apresenta o caracol já finalizado e pronto para ser montado na máquina, setas em vermelho indicando os pontos de restrição de movimento das peças.



Figura 31 – Montagem finalizada do novo caracol transportador.  
 (Fonte: O autor, 2024)

#### 4.1.5 Tempos de fabricação

Para a fabricação por completo do novo caracol transportador foi acompanhado os processos e obtidos valores de tempos de fabricação para setup e etapas. A tabela 9 apresenta esses resultados.

Item	Tempo setup (minutos)	Tempo processo (minutos)
Eixo principal	25	15
2x - Passo inicial do helicoide	Processo terceirizado	Processo terceirizado
16x - Helicoide principal	Processo terceirizado	Processo terceirizado
Soldagem do conjunto	1	2
Montagem do conjunto	1	1
Montagem na máquina	15	20
<b>Somatório</b>	<b>42</b>	<b>38</b>

Tabela 9 – Valores obtidos dos tempos de fabricação do caracol transportador.  
(Fonte: O autor, 2024)

Realizando uma somatória de tempos em cada etapas de processos e comparado com os processos realizados no antigo projeto, podem ser vistos uma melhoria muito significativa. A tabela 10 apresenta esses resultados.

Item	Antigo projeto (minutos)	Novo projeto (minutos)
Eixo principal (usinagem)	28	40
2x - Passo inicial do helicoide	6	Processo terceirizado
16x - Peça inicial do helicoide principal	13	Processo terceirizado
6x - Injeção do revestimento	Processo terceirizado	Processo terceirizado
16x - Helicoide principal	-	Processo terceirizado
Soldagem do conjunto	43	3
Montagem do conjunto	-	2
Montagem na máquina	35	35
<b>Somatório</b>	<b>125</b>	<b>80</b>

Tabela 10 – Relação de comparação de tempos de fabricação do caracol transportador: projeto antigo x projeto novo.  
(Fonte: O autor, 2024)

O ganho em tempo de fabricação foi de 45 minutos por caracol transportador fabricado. Entretanto, a empresa organiza lotes de fabricação de 60 unidades, considerado este número como um lote econômico, resultando em um valor muito mais expressivo. A tabela 11 mostra uma simulação de alguns lotes de fabricação, sendo de 1, 10, 30 e 60 unidades, chegando a um tempo economizado de 2700 minutos por lote de 60 unidades, no qual representa 45 horas.

Caracol transportador	Quantidade	Tempo de fabricação (minutos)	Tempo economizado (minutos)
Antigo	1	125	45
Novo		80	
Antigo	10	1250	450
Novo		800	

Antigo	30	3750	1350
Novo		2400	
Antigo	60	7500	2700
Novo		4800	

Tabela 11 – Simulação de economia de tempo de fabricação do caracol transportador.  
(Fonte: O autor, 2024)

## 4.2 Avaliação de custos e desempenho final

Neste tópico serão apresentados o custo de cada matéria-prima utilizada para a fabricação de cada componente que contempla o novo caracol transportador.

Para a fabricação das ponteira utilizadas no eixo do caracol, o material utilizado é o aço laminado SAE 1045 Ø31,75mm (1.1/4”), que tem um custo de R\$ 5,87 reais por Kg. A ponteira maior, utiliza 1,73 Kg de material para a fabricação, tendo um custo de R\$ 10,15 reais por peça. Para a fabricação da ponteira menor, a quantidade utilizada é de 1,26 Kg, resultando em um custo de R\$ 7,40 reais por peça.

Na fabricação do tubo principal, o material utilizado é o um tubo quadrado de 25,00mm x 3,00mm de espessura, tendo um custo de R\$ 7,36 reais por Kg. Para a fabricação do eixo, é necessário utilizar 3,11 Kg do material, chegando a um custo de R\$ 22,89 reais por peça.

Como citado anteriormente, após o processo de soldagem e usinagem das ponteiros e o tubo, o eixo é levado para passar pelo processo de zincagem, como forma de melhorar e proteger a superfície do conjunto, este processo tem um custo de R\$ 2,80 reais por Kg. Como o conjunto do eixo tem um peso de cerca de 6,10 Kg, o custo da zincagem chega a R\$ 17,08 reais por unidade.

Para as peças injetadas, o custo para o helicoide inicial é R\$ 8,18 reais a unidade. Já para o helicoide principal, o custo é de R\$ 10,22 reais por unidade. Apesar das peças serem fabricadas a partir do processo de injeção do material nylon, a diferença do custo se dá pela diferença da quantidade de matéria-prima utilizada, resultante da geometria distintas, e por o helicoide principal ter um segundo processo de injeção, no qual é o revestimento em poliuretano.

Para a montagem do novo caracol transportador, o único componente que acrescenta custo de material, é o contrapino 3/16” x 2.1/2” utilizado para travar as peças do helicoide sob o eixo. Como este item é comprado em grandes quantidades, o custo é muito baixo, sendo de R\$ 0,35 reais. Por fim, somando todas as quantidades e matéria-prima chegamos a um custo total de R\$ 237,75 reais por conjunto completo do novo caracol transportador. A tabela 12 apresenta esses resultados obtidos.

Item	Material	Custo individual	Quantidade	Custo final
Ponteira maior	Aço lam. SAE 1045 Ø31,75mm (1.1/4”)	R\$ 5,87 (Kg)	1,73 Kg	R\$ 10,15
Ponteira menor	Aço lam. SAE 1045 Ø31,75mm (1.1/4”)	R\$ 5,87 (Kg)	1,26 Kg	R\$ 7,40
Tubo central	Tubo quadrado 25,00mm x 3,00mm	R\$ 7,36 (Kg)	3,11 Kg	R\$ 22,89
Zincagem	-	R\$ 2,80 (Kg)	5,20 Kg	R\$ 14,56
Passo inicial do helicoide	Nylon (injetado)	R\$ 8,18 (peça)	2 peças	R\$ 16,36

Helicoide principal	Nylon + Poliuretano (injetado)	R\$ 10,22 (peça)	16 peças	R\$ 163,52
Contrapino 3/16" x 2.1/2"	-	R\$ 0,35 (peça)	1 peça	R\$ 0,35
			<b>Total =</b>	<b>R\$ 235,23</b>

Tabela 12 – Custo de quantidades e matéria-prima do novo caracol transportador:  
(Fonte: O autor, 2024)

Realizando uma comparação com o antigo projeto, o novo projeto apresentou um custo um maior, isso reflete por ser peças injetadas de nylon e poliuretano ao invés de peças soldadas de aço. A tabela 13 apresenta a comparação de custo de cada modelo de caracol transportador.

Item	Quantidade de aço	Quantidade de processos por injeção	Custo
Antigo caracol transportador	10,96 (Kg)	16	R\$ 175,16
Novo caracol transportador	6,10 (Kg)	34	R\$ 235,23
		<b>Diferença =</b>	<b>R\$ 60,07</b>

Tabela 13 – Comparação de quantidades e custo do caracol transportador: projeto antigo x projeto novo.  
(Fonte: O autor, 2024)

#### 4.2.1 Teste operacional

Após o novo caracol transportador ter sido montado em uma máquina, o modelo foi encaminhado para a área de testes da empresa no qual foi utilizado os mesmos parâmetros de testes que no antigo projeto.

Para o teste de homologação do caracol, foi utilizado sementes de soja para verificar a eficiência da máquina em uma simulação de trabalho. O teste foi realizado em duas etapas, sendo uma com a regulagem da gaveta na posição de 50% e 100% de abertura, com aplicação simulada de calda para tratamento (neste caso, foi utilizado a mesma quantidade de água com polímero) alterando assim a densidade dos grãos. Para o teste, foi analisado 3 amostras de passagem de grãos em cada posição de abertura de gaveta, onde chegou-se a uma média. A tabela 14 mostra os resultados obtidos nas análises.

Abertura gaveta (%)	1° Amostra (Kg/min)	2° Amostra (Kg/min)	3° Amostra (Kg/min)	Média (Kg/min)
50	49,7	50,3	50,2	50,1
100	99,5	100,8	100,2	100,2

Tabela 14 - Teste de vazão de sementes.  
(Fonte: O autor, 2023)

Após o teste de vazão, foi verificado o seu desempenho na homogeneização das sementes. Com a aplicação de polímero na cor verde, foi possível verificar a total ou não cobertura das sementes, no qual se mostrou um resultado muito satisfatório.

Além disso, foi colocado a máquina em um sistema de abastecimento de fluxo contínuo de alimentação de sementes, no qual ficou cerca de 18 horas em operação, dividido em dois dias de testes antes de ser tomada a decisão de homologação do item.

### 4.3 Homologação e fabricação de lote piloto

Após os testes realizados internamente na empresa, simulando um sistema operacional utilizado, foi então realizada a desmontagem do caracol transportador para verificar a integridade dos componentes após as operações. A verificação foi realizada por um grupo de pessoas no qual buscou-se identificar desgastes prematuros, trincas ou folgas exageradas em todas as peças. Como nada foi constatado, foi então aprovado e homologado o item para entrar na linha de produção e substituir o antigo caracol transportador.

Apesar do novo projeto de caracol transportador necessitar de processos de fabricações muito simples e otimizados, foi decidido realizar a fabricação de um lote piloto de 30 unidades para ver se era necessário realizar alguma alteração de projeto ou de alguma etapa dos processos. Como nada constou, o projeto e processos não sofreram alterações. A figura 32 mostra a produção do lote piloto.



*Figura 32 – Fabricação de lote piloto do novo caracol transportador.  
(Fonte: O autor, 2024)*

## 5 CONCLUSÕES

Após toda a análise e acompanhamento dos processos do antigo caracol transportador, foi necessário desenvolver um novo projeto, com características como, otimizar e facilitar os processos de fabricação, atingir uma qualidade estética de produto final melhor que a do projeto antigo e o mais importante sem perder a sua eficiência de trabalho.

Para se definir algumas conclusões, inicialmente foi traçado alguns objetivos para o estudo dos processos e da qualidade, que foram finalizados nesta etapa: como avaliação de todos os processos, estudo dos problemas na execução de processos, contagem de tempo de fabricação, custo de matéria- prima e desempenho desejado do produto.

Para estabelecer em qual material ou etapa de fabricação está o principal problema, foi acompanhado passo-a-passo todos os processos utilizados durante a fabricação do caracol transportador. Chegou-se à conclusão de que, onde estaria os principais pontos de dificuldades da fabricação eram na etapa de soldagem do conjunto. No qual, consiste em um processo muito demorado, complexo e que necessita o uso de lixadeira e retífica causando marcas e imperfeições que atrapalham o visual do produto. Além disso, por ser um processo que desbasta o material e

que não se tem um pós-processo de proteção superficial, pintura e/ou zincagem, acaba sendo propício o início de uma corrosão prematura do componente.

Após a obtenção dos resultados do antigo modelo, foi possível desenvolver um novo projeto de caracol transportador para que atendesse as expectativas e exigências que o produto dever conter, garantindo também a intercambiabilidade entre os dois modelos de caracol transportador. O principal ponto que foi desenvolvido uma melhoria, foi de remover o máximo possível do processo de soldagem do conjunto, substituindo os helicoides soldados por helicoides montados, sendo fabricados a partir de nylon e poliuretano injetados.

O novo modelo de caracol transportador se mostrou muito eficiente e otimizado a sua fabricação, passando a ser processos muitos simples que podem ser realizados por qualquer pessoa com o mínimo de conhecimento em processos de fabricação metal-mecânica.

O caracol transportador homologado, apresentou ser R\$ 60,07 reais mais caro em comparação ao antigo projeto, apesar que este custo a mais não vai ser perdido em cima da venda do produto, apenas deve ser calculado novamente o preço de venda do mesmo. Por sua vez, o novo modelo garante que quando precisar fazer a substituição das peças, por eventualmente ocorrer uma quebra ou desgaste, não precisará mais comprar o caracol completo, pois tem a opção de comprar apenas as peças que realmente necessite ser substituída, tornando a compra de reposição com um custo mais acessível.

Apesar do custo do produto, a comparação em tempos de fabricações se torna muito mais eficaz, por mais que o trabalho não traga um custo por cada processo de fabricação, o novo modelo se torna muito mais vantajoso para a produção, sendo cerca de 36% mais eficaz, resultando em 45 minutos a menos por unidade. Além disso, o novo caracol transportador não necessita mais do processo de estampagem e corte a laser, no qual tem-se um custo muito elevado de operação/manutenção dentro de uma industrial, e operadores específicos para garantir a fabricação total do novo produto.

Portanto, conclui-se que o novo modelo de caracol transportador desenvolvido garantiu exatidão aos pré-requisitos apontados neste trabalho e se mostrou uma ótima opção para a resolução dos problemas iniciais, sendo de acabamento superficial e processos de fabricação complexos e demorados.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J. A. **O plástico na prática**. 2º. ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1999.

AMPA, Associação Matogrossense dos produtores de algodão. **Manual de Beneficiamento do Algodão**. 2. ed. Cuiabá MT: Criari Comunicação, 2014. ISBN 978-85-66457-02-5.

ANSI/CEMA#350. **Screw Conveyors for Bulk Materials**. Standard 350. 5ª edição. Revisão final. 2019.

BAXTER, M. **Projeto de produto**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

DA ROSA, João Paulo Hildebrandt; DE MELLO, Pedro Henrique Mendes; DONATO, Diogo; PATATT, Katarine. **A evolução dos transportes terrestres: tecnologia e comodidade**. Mostra Interativa da Produção Estudantil em Educação Científica e Tecnológica, UNIUIJUI, 2018.

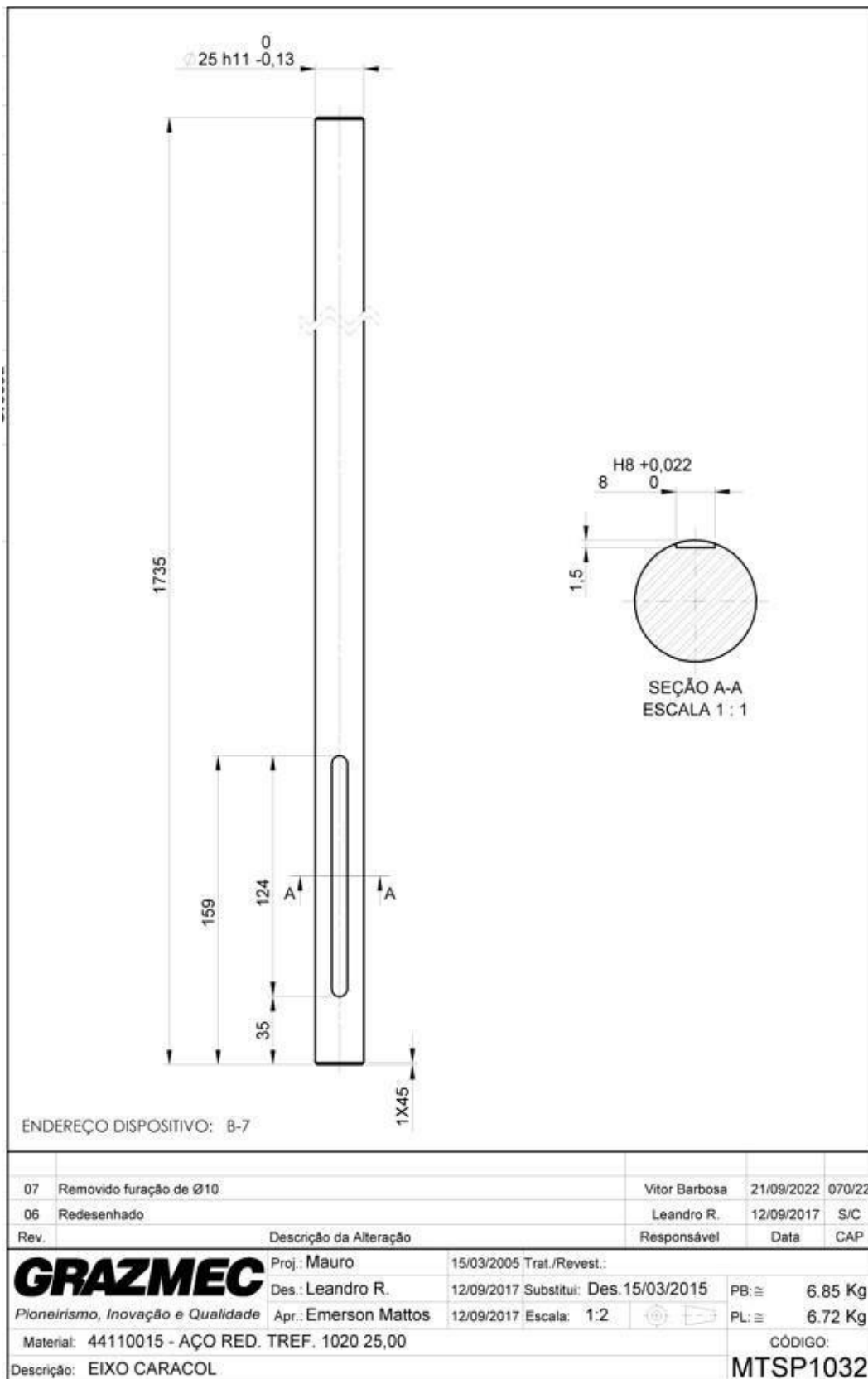
GUALBERTO, Victor Soares. **Projeto preliminar de transportador helicoidal aplicado a indústria salineira de Mossoró e região**. Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal Rural do Semiárido – Ufersa, Mossoró, 2019.

HENNING, A. A. **Patologia e tratamento de sementes: noções gerais**. 2. ed. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2005.

- KAHN, K. B.; BARCZAK, G.; MOSS, R. Dialogue on best practices in new product development perspective: establishing an NPD best practices framework. **Journal of Product Innovation Management**, v. 23, n. 2, p. 106-116, 2006.
- LEITE, Phillipe Del Corno. **Concepção analítica de tubo de perfuração helicoidal para condições de perfuração do pré-sal**. 2020. UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE, 2020.
- LIMA, M. A. M. **Introdução aos Materiais e Processos para Designers**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2006.
- LUDWIG, M. P. et al. Eficiência do recobrimento de sementes de soja em equipamento com sistema de aspersão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 4, p. 557-563, abr. 2011.
- LUDWIG, M. P.; BAUDET, L. Opções em máquinas para tratamento de sementes. **Campo & Negócios**, Uberlândia-MG, p. 42-43, abr. 2011.
- MANO, E. B.; MENDES, L. C. **Introdução a polímeros**. 2ª. ed. São Paulo: Blucher, 1999.
- MICHAELI, W. et al. **Tecnologia dos Plásticos**. São Paulo: Blucher, 1995.
- MORGAN, J. M.; LIKER, J. K. **Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto: integrando pessoas, processo e tecnologia**, Tradução Raul Rubennich, Porto Alegre, Bookman, 2008.
- ROMEIRO FILHO, E. et al. **Projeto de produto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- SCHEIBEL, Matheus. **Avaliação e dimensionamento de um sistema de transporte pneumático em uma indústria de leite em pó**. Curso de Engenharia Química, Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 2018.
- SHACKELFORD, J. F. **Introdução a ciência dos materiais para engenheiros**. 6ª. ed. São Paulo: Pearson, 2013.
- VILAR, W. D. **Química e tecnologia dos poliuretanos**. 2º. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 1999.
- WELO, T.; RINGEN, G. Investigating Lean development practices in SE companies: A comparative study between sectors. **Procedia Computer Science**, vol. 44, n. 1, p. 234-243, 2015.
- YEH, T. M. **Performance improvement in new product development with effective tools and techniques adoption for high-tech industries**. Quality and Quantity, doi 10.1007/s11135-008-9186-7, 2008.
- ZIMMER, P. D. **Fundamentos da Qualidade da Semente**. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGUELLO, G.E. Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos. Pelotas, ed.3, 2012, 106-160p.

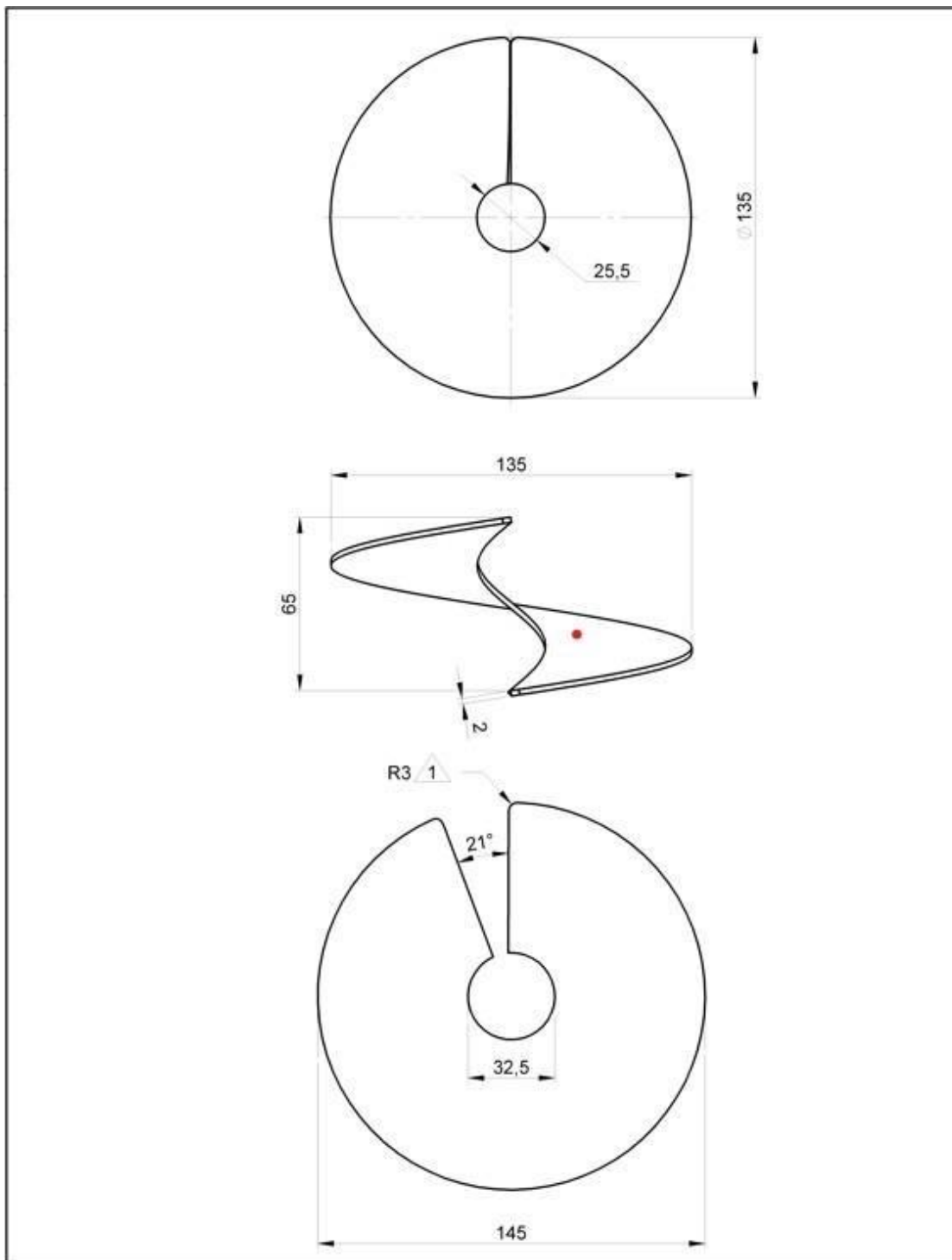
## 7 ANEXOS

ANEXO I – Desenho técnico do eixo principal do caracol transportador.





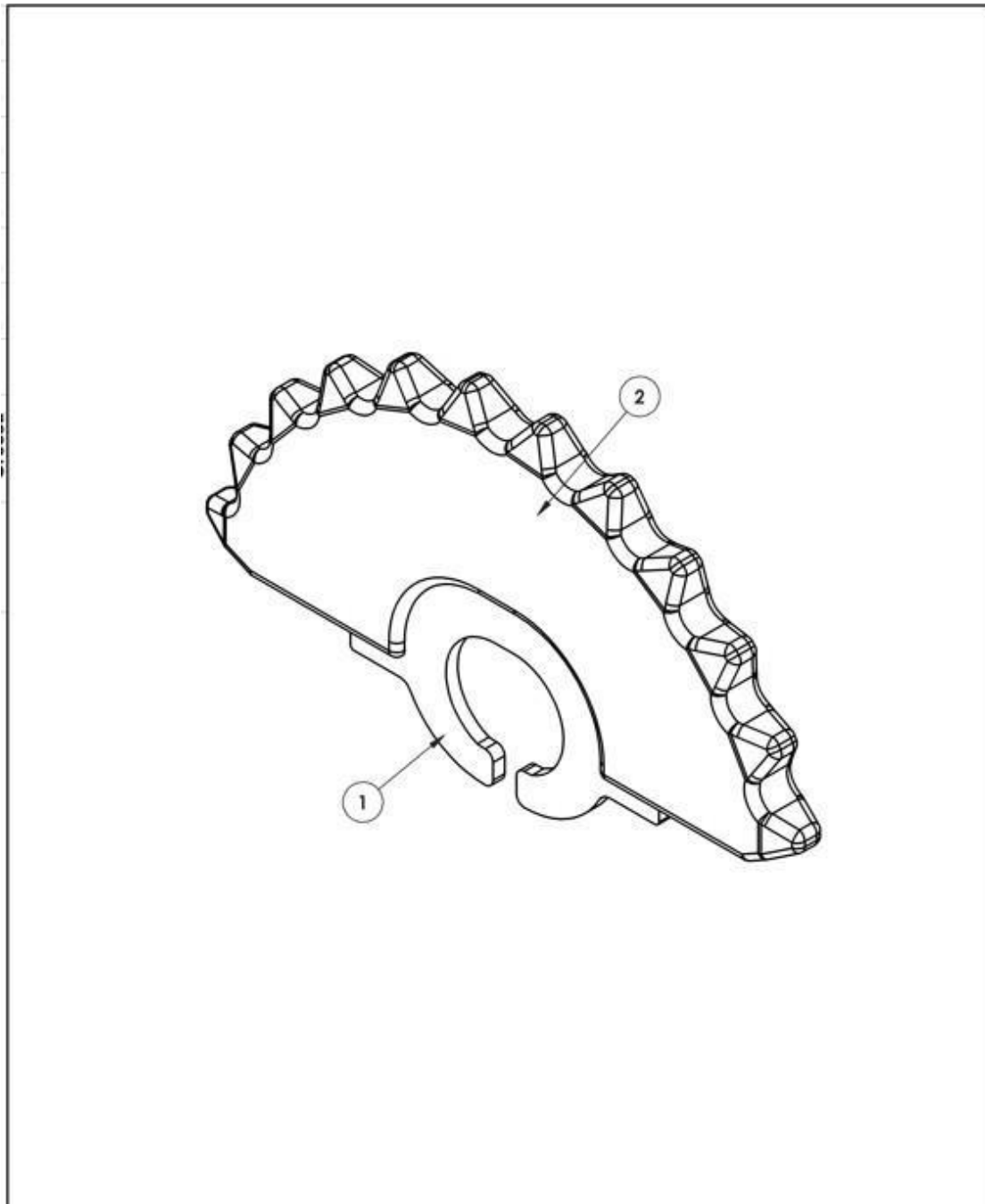
ANEXO II – Desenho técnico do passo inicial do helicóide.



01	Era ralo 7 em apenas uma das pontas	Thiago	15/07/2019	037/19
Rev.	Descrição da Alteração	Responsável	Data	CAP
<b>GRAZMEC</b>		Proj.: Mauro	30/01/2017	Trat./Revest.:
Pioneirismo, Inovação e Qualidade		Des.: Thiago R. Neitzke	01/02/2017	Substitui: 0210-1310
Material: 44020006 - CHAPA FQ 2,00		Apr.: Vinicius Zart	01/02/2017	Escala: 1:2
Descrição: HELICÓIDE MTS 120 (BOCAL GRANELEIRA)		CÓDIGO:		1082-1263
		PB: ≅		0.32 Kg
		PL: ≅		0.23 Kg

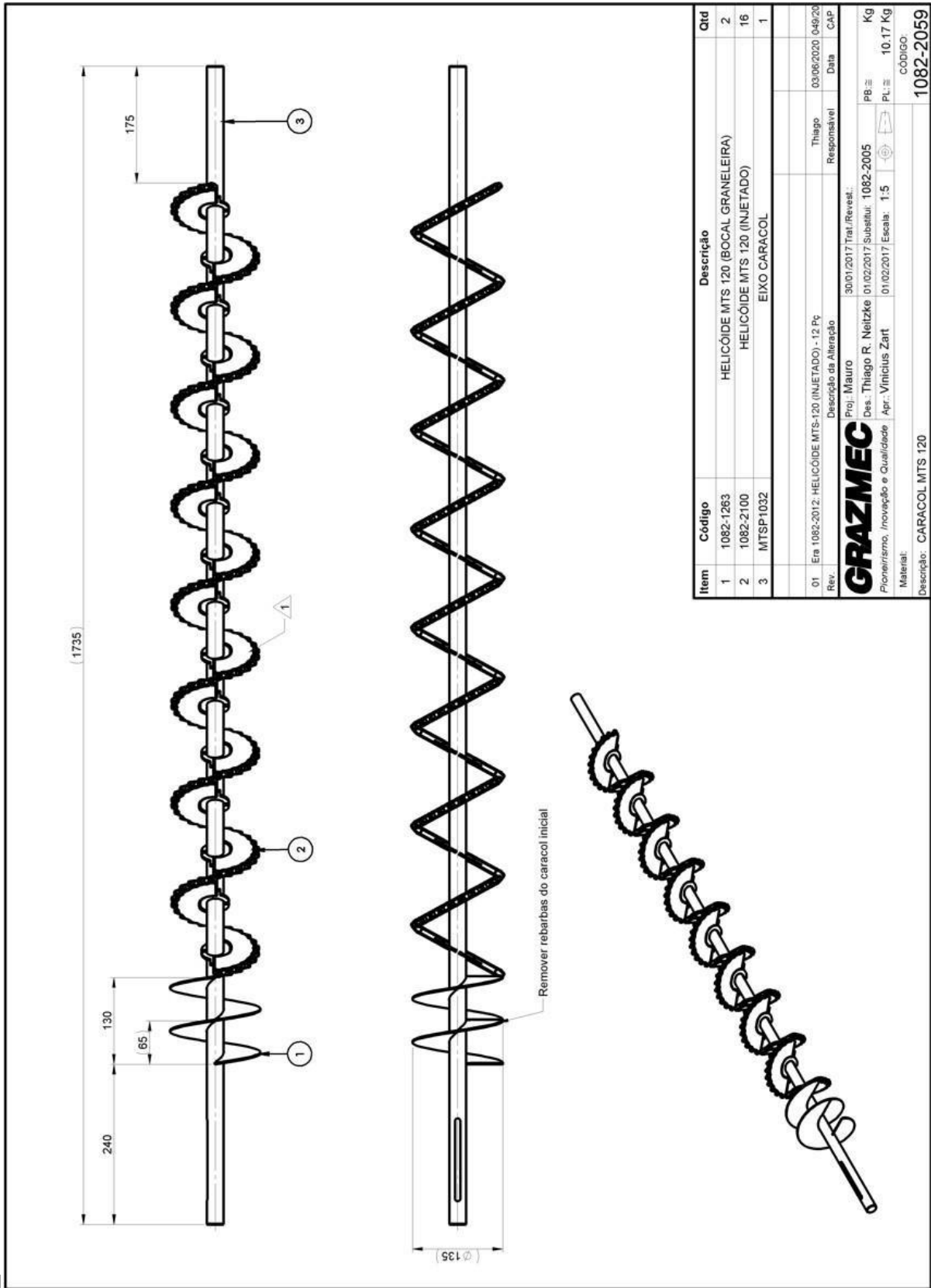


ANEXO IV – Desenho técnico da peça final do helicoide principal.

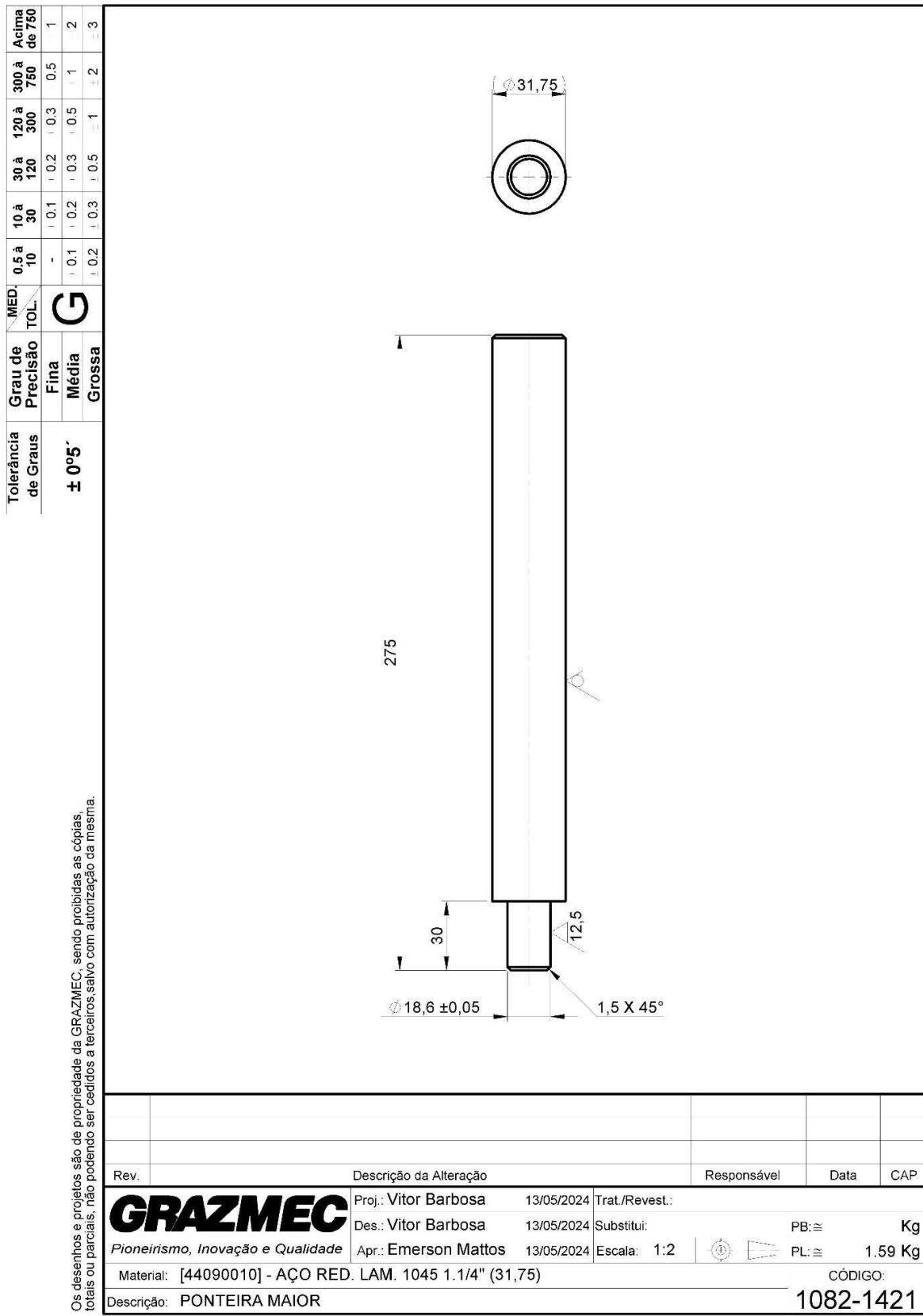


Item	Código	Descrição	Qty
1	1082-1401	HELICÓIDE MTS 120 (P/ INJEÇÃO)	1
2	88940062	REVESTIMENTO HELICÓIDE MTS 120(INJETRON)	1
Rev.	Descrição da Alteração	Responsável	Data
<b>GRAZMEC</b> Proj.: Mauro 11/12/2019 Trat./Revest.: Des.: Thiago R. Neitzke 03/06/2020 Substitui: 1082-2012 Apr.: Emerson Mattos 03/06/2020 Escala: 1:1		PB: ≅ Kg PL: ≅ 0.19 Kg	CÓDIGO: <b>1082-2100</b>
Material: Descrição: HELICÓIDE MTS 120 (INJETADO)			

ANEXO V – Desenho técnico do conjunto de solda do caracol transportador.

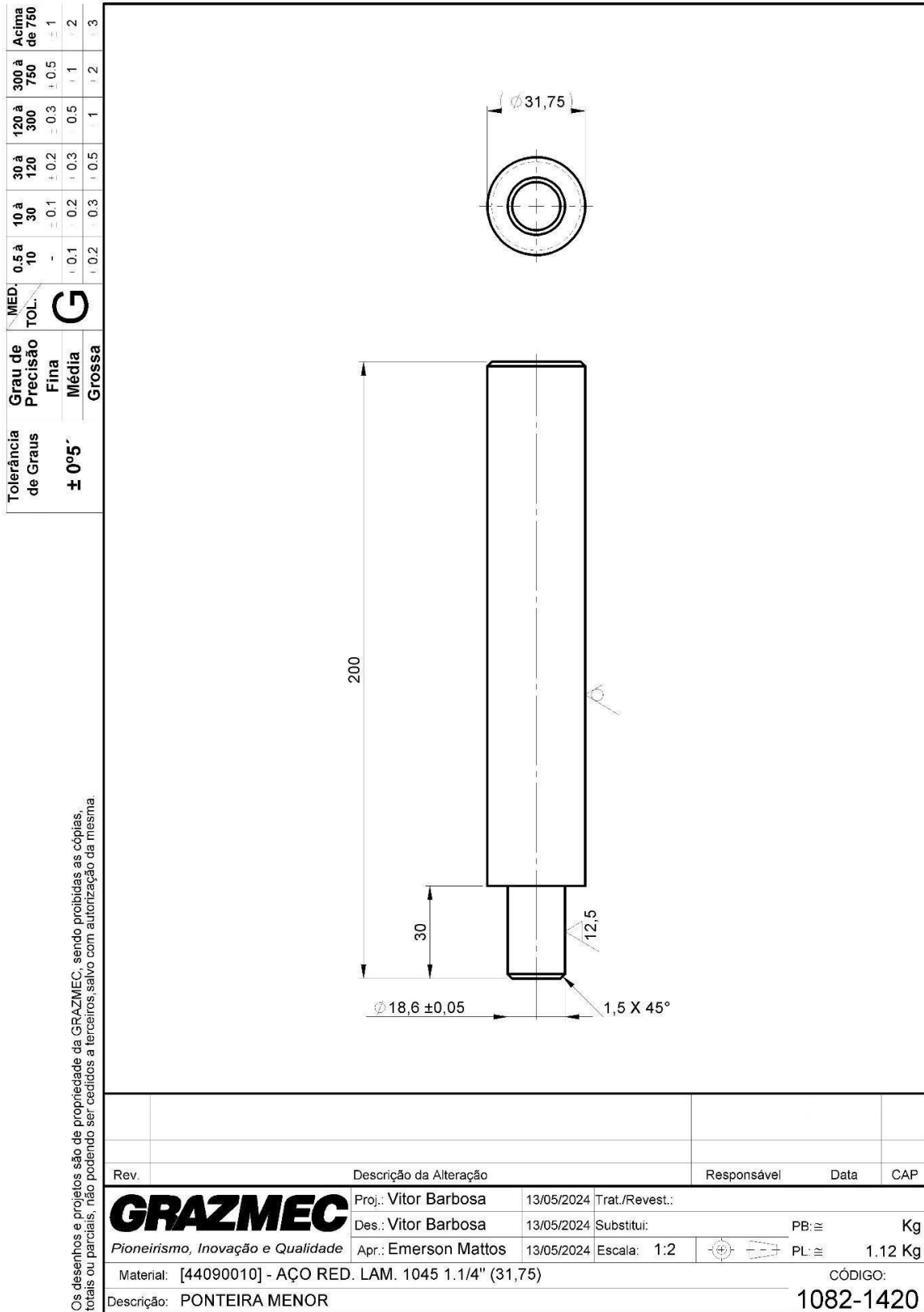


ANEXO VI – Desenho técnico da ponteira maior do caracol transportador.



X:\Engenharia\Desenhos\10821

ANEXO VII – Desenho técnico da ponteira menor do caracol transportador.



X:\Engenharia\Desenhos\1082

ANEXO VIII – Desenho técnico do tubo central do caracol transportador.

Tolerância de Graus	± 0°5'	MED. TOL.	0.5 à 10	10 à 30	30 à 120	120 à 300	300 à 750	Acima de 750
			-	0.1	0.2	0.3	0.5	1
Grau de Precisão	G	FINA	0.1	0.2	0.3	0.5	1	2
		MÉDIA	0.2	0.3	0.5	1	2	
		GROSSA	0.3	0.5	1	2	3	

Os desenhos e projetos são de propriedade da GRAZMEC, sendo proibidas as cópias, totais ou parciais, não podendo ser cedidos a terceiros, salvo com autorização da mesma.

Rev.	Descrição da Alteração	Responsável	Data	CAP

**GRAZMEC**  
Pioneirismo, Inovação e Qualidade

Proj.: Vitor Barbosa    13/05/2024    Trat./Revest.:  
 Des.: Vitor Barbosa    13/05/2024    Substitui: PB: ≡ Kg  
 Apr.: Emerson Mattos    13/05/2024    Escala: 1:2    PL: ≡ 2.60 Kg

Material: [44270023] - TUBO QUADRADO 25 X 25 X 3,00

Descrição: TUBO EIXO

CÓDIGO:  
**1082-1422**

Alterações no Desenho somente via Engenharia

X:\Engenharia\Desenhos\1082

ANEXO IX – Desenho técnico da montagem do caracol transportador.

