



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

STÊNIO WELLINGTON SOUSA DE LIMA

**DESENVOLVIMENTO DE UM MECANISMO PUNÇONADOR PARA DOSAGEM DE
ADUBOS**

FORTALEZA

2021

STÊNIO WELLINGTON SOUSA DE LIMA

DESENVOLVIMENTO DE UM MECANISMO PUNÇIONADOR PARA DOSAGEM DE ADUBOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L71d Lima, Stênio Wellington Sousa de.
Desenvolvimento de um mecanismo puncionador para dosagem de adubos / Stênio Wellington Sousa de Lima. – 2021.
44 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro.
1. Mecanização agrícola. 2. Adubação mecanizada. 3. Projeto de maquinas. 4. Puncionado. 5. Impressão 3D. I. Título.

CDD 630

STÊNIO WELLINGTON SOUSA DE LIMA

DESENVOLVIMENTO DE UM MECANISMO PUNÇIONADOR PARA DOSAGEM DE
ADUBOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: 20/08/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Viviane Castro dos Santos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A nosso Senhor e Salvador Jesus Cristo

Aos meus pais, José Sousa de Lima e Marlene de
Oliveira Sousa

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde, força e disposição para vencer mais esta etapa da minha vida.

Aos meus pais Marlene de Oliveira Sousa e José Sousa de Lima, pelo apoio e por segurarem minhas mãos e guiarem meus passos, pela força, paciência pois, sem eles eu não teria conseguido.

A minha irmã Gabriella pelo apoio incondicional.

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de realização do curso, conhecimentos e viagens técnicas, em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola. Por ter sido minha segunda casa durante tanto tempo e me permitiu aprender tantas coisas sobre o incrível mundo da Agronomia.

Desejo expressar um agradecimento especial a meu orientador Professor Dr. Danilo Roberto Loureiro, por todo suporte que me foi dado durante a elaboração desse trabalho. Obrigado pela orientação, amizade, confiança e apoio! Meus eternos agradecimentos.

Agradecer a Elayne Cristina, meu amor, meu refúgio, por me apoiar. Pela paciência e suporte quando mais preciso.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

“Ninguém que põe a mão no arado e olha para trás é apto para o Reino de Deus”.

Lucas 9:62

RESUMO

A mecanização agrícola é desenvolvida desde as origens da agricultura, por existir a necessidade de força para realização das atividades agrícolas de revolvimento do solo, semeadura ou incorporação de matéria orgânica, e com o passar do séculos foi-se aprimorando pelos agricultores instrumentos e mecanismos que se utilizavam da força animal para as atividades agrícolas. No século XIX, o desenvolvimento de novas tecnologias na produção de máquinas e implementos agrícolas deram impulso exponencial na produtividade agrícola, e os mesmos se tornaram mais presentes nas propriedades agrícolas. Na agricultura brasileira, a mecanização agrícola é um fator essencial a competitividade no mercado agrícola mundial, por apresentar maior produtividade e redução dos custos de produção por área. Um dos grandes benefícios da mecanização é a introdução de novas tecnologias de produção que permitem uma melhor gerência dos insumos agrícolas evitando desperdício. Ao mesmo tempo as máquinas são ferramentas de coleta e processamento de dados, permitindo um diagnóstico das condições enfrentadas no campo. A adubação é um dos insumos agrícolas mais onerosos, representando de 25 a 35% do custo dos insumos agrícolas e considerando que 70 e 80% dos adubos minerais consumidos no Brasil são importados (ANDA, 2021) e seu valor de compra em dólar, devemos utilizar desse recurso com o máximo de eficiência para evitar desperdícios e otimizar a produção. Para isso, foi desenvolvido um protótipo virtual para atender aos requisitos agrônômicos, um mecanismo puncionador projetado em sistema de softwares CAD INVENTOR. Após desenvolvimento dos componentes feitos em desenhos CAD foram convertidos em códigos de impressão 3D, onde foi possível a manufatura dos componentes em impressora 3D utilizando polímero termoplástico (PLA). Com o objetivo de desenvolver um mecanismo capaz de realizar a operação de adubação de maneira mais eficiente possível, buscamos desenvolver um mecanismo puncionador dosador de adubos sólidos que aplique de maneira pontual a dosagem certa de fertilizante na distância certa no espaçamento correto com velocidades de operação dentro da realidade de aplicação do campo. O projeto de adubadora puncionadora por covas têm como principal objetivo o estudo de novas soluções para aplicação de adubos sólido granular com o mínimo de revolvimento do solo.

Palavras-chave: Mecanização Agrícola, Adubação Mecanizada. Projeto de Maquinas. Puncionador. Impressão 3D.

ABSTRACT

Agricultural mechanization has been developed since the origins of agriculture, as there is a need for strength to carry out agricultural activities of soil turning, sowing or incorporation of organic matter, and over the centuries, instruments and mechanisms that farmers have improved they used animal power for agricultural activities. In the 19th century, the development of new technologies in the production of agricultural machines and implements gave an exponential boost in agricultural productivity, and they became more present in agricultural properties. In Brazilian agriculture, agricultural mechanization is an essential factor for competitiveness in the world agricultural market, as it presents greater productivity and reduced production costs per area. One of the great benefits of mechanization is the introduction of new production technologies that allow better management of agricultural inputs, avoiding waste. At the same time, the machines are tools for collecting and processing data, allowing for a diagnosis of the conditions faced in the field. Fertilizer is one of the most expensive agricultural inputs, representing 25 to 35% of the cost of agricultural inputs and considering that 70-80% of mineral fertilizers consumed in Brazil are imported (ANDA, 2021) and their purchase price in dollars, we owe use this resource with maximum efficiency to avoid waste and optimize production. For this, a virtual prototype was developed to meet the agronomic requirements, a punching mechanism designed in an INVENTOR CAD software system. After developing the components made in CAD drawings, they were converted into 3D printing codes, where it was possible to manufacture the components in a 3D printer using thermoplastic polymer (PLA). In order to develop a mechanism capable of carrying out the fertilizing operation as efficiently as possible, we sought to develop a solid fertilizer metering punching mechanism that punctually applies the right fertilizer dosage at the right distance in the correct spacing with inside operation speeds of the field application reality. The main objective of the pit punching fertilizer project is to study new solutions for applying granular solid fertilizers with minimal soil disturbance.

Keywords: Agricultural Mechanization, Mechanized Fertilization. Machine Design. Puncher. 3D printing.

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	13
3.1	AGRICULTURA	13
3.2	MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA	15
3.3	ADUBADORAS	16
3.4	MECANISMO PUNÇIONADOR	19
3.5	PROJETO DE MÁQUINAS	19
3.6	IMPRESSÃO 3D	20
4	MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1	ELABORAÇÃO DO PROJETO	26
4.1.1	PROJETO INFORMACIONAL	26
4.1.2	PROJETO CONCEITUAL	27
4.1.3	PROJETO PRELIMINAR	27
4.1.4	PROJETO DETALHADO	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5.1	PROJETO INFORMACIONAL	28
5.2	PROJETO CONCEITUAL	28
5.3	PROJETO PRELIMINAR	30
5.3.1	CENTRO DO DOSADOR	31
5.3.2	MECANISMO PUNÇIONADOR	35
5.3.3	MECANISMO DOSADOR	41
5.3.4	SISTEMA DE ACIONAMENTO	42
5.4	PROJETO DETALHADO	42

6 CONCLUSÃO.....43

REFERÊNCIAS.....44

1 INTRODUÇÃO

Na antiguidade para se realizar a sementeira era necessário uma lamina montada em um chassi de madeira para abrir sulcos no solo ou revirar-lo, esse mecanismo era movido por tração animal que dava força necessária as atividades, ao longo dos séculos as ferramentas de corte e revolvimento do solo foram sendo aprimoradas conforme os avanços da agricultura no mundo e sua prática por diversas regiões do mundo antigo

Com o avanço e desenvolvimento de mecanismos agrícolas capazes de auxiliar nas atividades de revolvimento do solo através da força animal e com isso se obter uma produtividade por área trabalhada superior aos de cultivo manual, foi-se aprimorando os conceitos de máquinas agrícolas que avançou grandemente com os conhecimentos de metalurgia e com a inserção de máquinas de combustão responsáveis por dar um novo salto na produtividade agrícola.

Dentre diversos maquinários utilizados para as operações agrícolas, temos os dosadores de adubos, responsáveis pela deposição de adubos no solo, que na sua maioria depositam adubos de maneira linear em sulcos abertos pela mesma máquina

Na agricultura atual cada etapa do ciclo vegetativo das culturas é muito bem acompanhada e executada para que se possa obter o máximo de produtividade por unidade de área trabalhada. A adubação dentre esses fatores é primordial por fornecer nutrientes as sementes a partir da sua germinação e ao longo do seu desenvolvimento, por este motivo foi desenvolvido ao longo da história da agricultura semeadoras providas de mecanismo adubador, fazendo as operações de sementeira e adubação ao mesmo tempo, proporcionando agilidade e redução de custos na produção agrícola.

O presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um mecanismo puncionador para dosagem de adubos sólidos, onde este mecanismo pode ser utilizado em plantio direto ou convencional através de suas punções que apresentam grande capacidade de abertura de covas, fornece uma alternativa de adubação pontual com menor custo de adubação por área.

Buscou-se desenvolver um mecanismo adubador puncionador, através de software CAD, que permiti desenho dos componentes, simulação de montagem e funcionamento do mecanismo, terminado a fase de desenvolvimento, convertemos os desenhos em códigos de impressão 3D que permite a manufatura dos componentes e posteriores ensaios do mecanismo

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Projetar e fabricar o mecanismo adubador puncionador.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Projetar em software CAD um mecanismo dosador puncionador de adubos sólidos;

Converter os desenhos CAD em códigos de impressão 3D para manufatura dos componentes do mecanismo puncionador;

3 FUNDAMENTOS TÉORICOS

3.1 AGRICULTURA

Historiadores afirmam que a agricultura nasceu na Mesopotâmia, há aproximadamente 5.000 anos a.C. Os responsáveis seriam grupos de tribos da Ásia Central e das montanhas da Eurásia à procura de áreas férteis e próximas a rios, onde encontravam pesca e alimentação. Outros historiadores relatam que os Egípcios, que ocupavam as margens do Rio Nilo, há 6.000 anos a.C, aproveitavam as cheias esporádicas para a prática da agricultura. (FELDENS, 2018).

Os Egípcios de 2.300 a.C. já aplicavam técnicas de irrigação artificial, por meio de canais com vazão controlada. Criaram um sistema de bombeamento de água chamado shaduf, que consistia num processo elevatório que levava a água até locais naturalmente não inundados, a fim de aumentar a área produtiva. O shaduf é usado até hoje, principalmente, no bombeamento de pequenas quantidades de água ou em situações em que o custo da implantação de um sistema automático não é compensador. A roda para bombear água movida a tração animal também é originária do Egito, no tempo dos romanos, entre 30 a.C. e 395 d.C.(FELDENS, 2018).

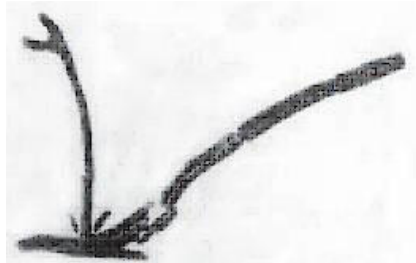
Tais tecnologias foram evoluindo com o tempo até que chegamos a segunda revolução agrícola dos tempos modernos, utilizando-se intenso consumo energético em sistemas motorizados,

mecanizados, fertilizados com auxílio de insumos minerais e especializados da atualidade. (MAZOYER, e ROUDART, 2010)

3.2 MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

Mecanização Agrícola, talvez fosse o arado a primeira ferramenta agrícola a ser utilizada no Egito 6.000 A.C. para mobilização do solo. Este arado pré-histórico era arrastado pelo homem; constava de um pau, onde um dos ramos era pouco mais comprido e servia de comando ou guia e o mais curto sulcava a terra. Figura 1 mostra-se uma fotografia do Museu Nacional da Baixa Saxônia do arado conhecido como o mais antigo do mundo, aproximadamente do ano 1.500 A.C. A evolução foi muitíssimo lenta, baseando-se apenas em melhorar o arado de pau. (SARUGA F, 2002).

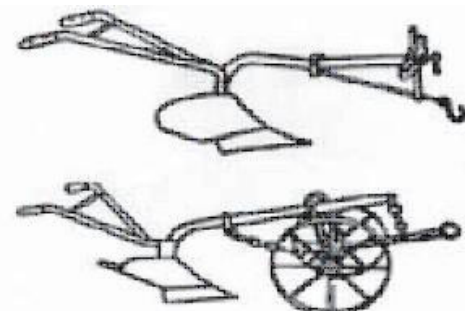
Figura-1 Arado de pau.



Com o aparecimento do ferro, o arado foi melhorado, idealizaram-se instrumentos que mais o auxiliaram na tarefa de cultivar a terra. Esses instrumentos são as chamadas ferramentas agrícolas, ou seja todo o instrumento que o agricultor maneja com o braço, para auxiliar o trabalho e realçar o efeito da sua força, devendo esse auxílio estar em função da importância do trabalho a realizar.

Construíram-se charruas de tração animal feitas em ferro fundido, depois em aço, e em 1865 apareceram as charruas com duas rodas, (SARUGA F, 2002).

Figura 2. Charrua de Tração Animal



3.3 ADUBADORAS

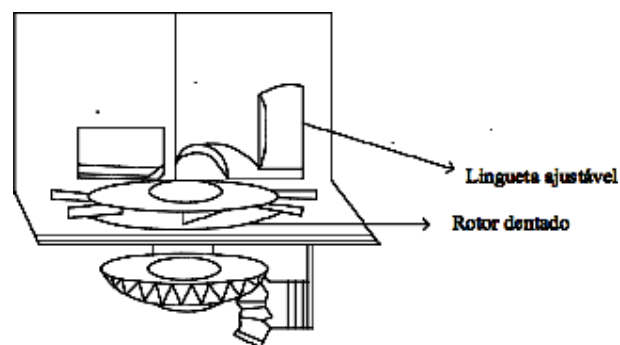
O Desenvolvimento de adubadoras esta intimamente ligada à percepção de que acrescentar matéria orgânica ao solo trazia benefícios a plantação, com o avanço da mecanização e descoberta da adubação química por Justus Von Liebig e posterior produção de NPK, proporcionou um novo salto na produção agrícola nos primórdios do século XX. Fez-se necessário o desenvolvimento de mecanismos capazes de distribuir os adubos minerais ao longo das grandes extensões territoriais com uniformidade que proporcionasse as culturas sua nutrição necessária.

A partir dai se iniciou o desenvolvimento de mecanismos de distribuição de fertilizantes, dentre eles: Rotor dentado, rotor acanalado, rotor vertical impulsor, rosca sem fim e disco horizontal rotativo (PORTELLA, 1997).

ROTOR DENTADO

São montados na parte interna do depósito de fertilizantes que consistem basicamente de um rotor dentado, horizontal, que gira sobre uma placa de apoio que contém o orifício de saída do fertilizante. O rotor é acionado pelo movimento de um eixo único, acionado pelo movimento de rotação das rodas de sustentação da máquina, transmitindo essa rotação ao rotor dosador (Figura 3)

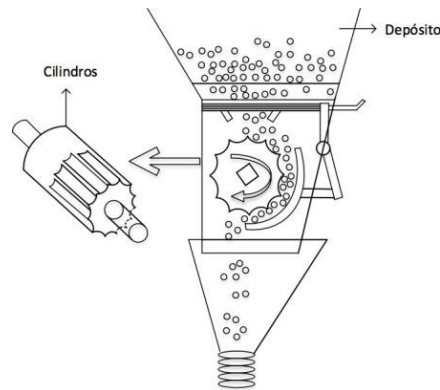
Figura 3. Rotor Dentado.



ROTOR ACANALADO

Com passar do tempo, buscou-se novas alternativas de mecanismos de dosadores de fertilizantes com maior precisão. Uma das formas mais adequadas e adotadas por muitos fabricantes foi o rotor acanalado (Figura 4).

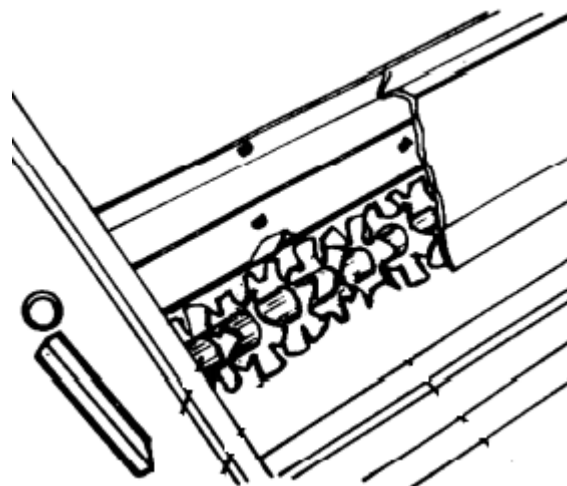
Figura 4. Rotor Acanalado.



ROTOR VERTICAL IMPULSOR

Mecanismo dosador constituído por secções impulsoras, de chapa de ferro fundido, que fixadas a um eixo de acionamento, adquire dupla função: agitação e impulsão do adubo para fora do reservatório, pelo orifício de saída. Sua dosagem é ajustada regulando a posição de uma chapa deslizante, que funciona como orifício de saída regulável.

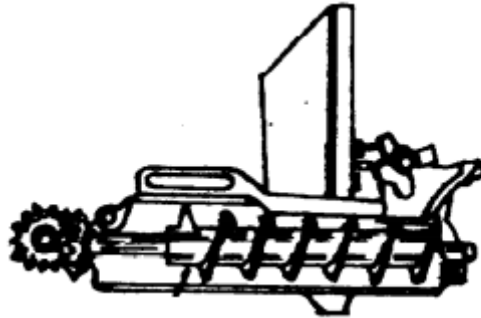
Figura 5. Rotor Vertical 1-Rotor, 2-Eixo, 3-Depósito



ROTOR HELICOIDAL (Rosca Sem Fim)

Mais recentes dosadores helicoidais com maior precisão, constam de um eixo colocado sob o depósito de fertilizantes, sendo este variável através de um sistema de transmissão por engrenagens.

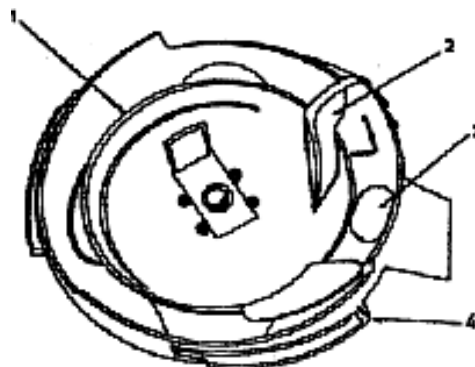
Figura 6. Rotor Helicoidal.



DISCO HORIZONTAL ROTATIVO

Utilizados normalmente em semeadoras de grãos graúdos, onde existem dosadores e depósitos de adubos individuais, para cada linha de semeadura,. Dosador consta basicamente de um disco liso rotativo, acoplado a uma engrenagem coroa, que gira contra uma lingueta raspadora, que direciona o adubo para o tubo de saída, a medida que o disco rotativo empurra o adubo contra a mesma. A dosagem fica em função da abertura do orifício de saída que varia em função da rotação do depósito de adubo (BALASTREIRE, 1990).

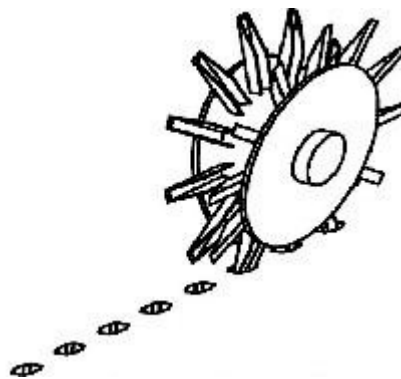
Figura 6. Dosador de adubos de disco horizontal rotativo, 1. Disco, 2.lingueta raspadora, 3. Orifício de saída, 4. Base.



3.4 MECANISMO PUNCIÓNADOR

Consiste em hastes que penetram pontualmente no solo depositando uma quantidade determinada de adubos, utilizaram esse mecanismo Resende (2002), Yamamoto (2005) e Villibor (2008), ambos constataram que o mecanismo é eficiente em abrir covas, porém a dose aplicada pode variar muito em função da velocidade de deslocamento.

Figura 7. Semeadora puncionadora, Resende 2002.



Esta semeadora desenvolvida por Resende (2002) é simples, preciso e confiável com poucas peças moveis, com punções que facilitam a penetração principalmente em solos de plantio direto, o qual foi a finalidade pelo qual foi desenvolvido esse mecanismo, mas que vai ser amplamente utilizado em vários tipos de solos conforme a eficiência do mecanismo dosador.

3.5 PROJETO DE MÁQUINAS

Projeto de máquinas trata da criação de uma máquina que funcione bem, com segurança e confiabilidade (NORTON, 2013). O conceito de máquinas por (AURÉLIO, 2010) Conjunto de mecanismos combinados para receber uma forma definida de energia, transformá-la e restituí-la sob forma mais apropriada, ou para produzir determinado efeito.

3.6 IMPRESSÃO 3D

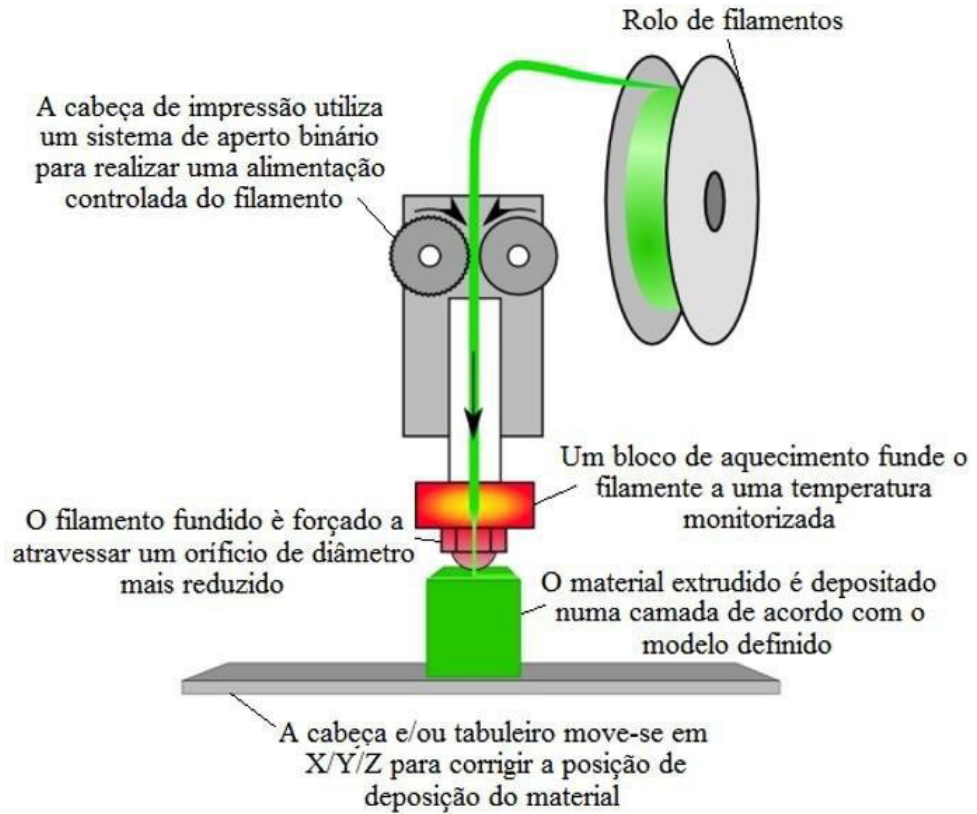
Impressora tridimensional (3D) é um dispositivo de prototipagem rápida utilizado para imprimir ou criar objetos em três dimensões. O seu funcionamento se dá através da partição do objeto em fatias e deposição camada por camada. Devido a sua praticidade e sua gama de aplicação.

a impressora 3D vem se tornando um dispositivo que auxilia no âmbito acadêmico e industrial (ALMEIDA, 2018)

O grande diferencial das impressoras 3D é o fato de operarem depositando camadas do material ao invés de remover. Enquanto outras máquinas trabalham esculpindo bloco de material até chegar a forma desejada ou despejando camadas do material umas sobre as outras até formar o objeto final. Comparada à injeção de plásticos e usinagem a impressão 3D possui um baixo custo de produção, utilizando materiais mais baratos, não gerando sobras e não utilizando moldes feitos em aço para sua produção (AZEVEDO, 2013).

Esses mesmos autores ainda apresentam os tipos mais comuns de impressoras 3D: Fotopolímeros: estas são as impressoras que utilizam os polímeros como material de impressão. Esses são materiais que podem se transformar em líquido para sólido quase instantaneamente quando aplicado calor sobre eles. Este equipamento usam luz UV focada para transformar o polímero líquido em sólido. Granular: Outra técnica, popular para plásticos, metais, e até mesmo cerâmica, baseia-se na utilização de um pó granular. Esta tecnologia tem sido utilizada para criar grandes objetos. Os grânulos podem ser solidificados numa variedade de maneiras, como: Através da ligação dos grânulos com materiais de ligação, como colas. Por sinterização, que combina pó por aquecimento abaixo de seu ponto de fusão. Por fusão, utilizando um laser para fornecer a energia necessária para fundir o material. Laminação: Outro tipo de impressão, a laminação, utiliza um processo um pouco diferente. Em vez de estabelecer camadas de pó ou de material fundido, a laminação corta as camadas individuais de material e, em seguida, combina-os, uma em cima da outra, com uma espécie de cola. Folhas de metal, folhas de plástico, e até mesmo de papel podem ser usados para criar objetos laminados. Modelagem por deposição fundida: Talvez a forma mais conhecida de impressão 3D é a Modelagem por Deposição Fundida (FDM), que foi inventado por Stratasys no final de 1980. Este tipo de impressora tem um sistema que aperta termoplásticos derretidos através de um pequeno bocal para criar um objeto. Através da construção de camadas de plástico derretido, o objeto pode ser criado e rapidamente é arrefecida para um quarto da temperatura em questão de minutos. (Hausman e Horne 2014)

Figura 8. Exemplo de impressora 3D (MOREIRA, 2016)



Sendo FDM a tecnologia amplamente mais utilizada entre todos os processos de fabrico aditivo por extrusão baseados na deposição de material por camadas (MOREIRA, 2016) oferecendo ampla oferta de impressoras comerciais de baixo custo e maior oferta de termoplásticos acessíveis, esta técnica foi a utilizada neste trabalho, na figura a seguir e exposto as propriedades mecânicas dos materiais utilizáveis em FDM.

Figura 9. Tabela de materiais utilizáveis em impressora FDM (MOREIRA, 2016)

	Composição	Temp. de fusão	Temp. do extrusor	Temp. de decomp.	Densidade (Kg.m ⁻³)	Dureza (Shore D)	Módulo de Young (GPa)	Tensão de Cedência/Rotura máx. (MPa)
ABS	Acrilonitrila butadieno estireno	230°C	265°C	350°C	1.02 – 1.20	67 - 80	2.1 – 2.4	50 / 55
HIPS	Poliestireno de alto impacto	220°C	230°C	340°C	1.04	95	1.9	25 / 60
PA 6	Poliamida (Nylon 6)	220°C	260°C	350°C	1.03 – 1.29	76 - 83	0.35 – 3.5	40 / 80
PC	Polycarbonato	260°C	275°C	390°C	1.19 – 1.26	79 - 80	1.79 – 3.24	70 / 74
PET	Polietileno Tereftalato	260°C	270°C	380°C	1.16 – 1.40	73 - 75	1.16 – 4.15	70 / 80
PVA	Acetato de polivinilo	200°C	215°C	290°C	1.19	58 - 80	2.0 – 3.0	46 / 65
TPE	Elastômero termoplástico	225°C	260°C	420°C	0.85 – 1.82	11 – 55	0.01 - 2.10	12 / 69
PLA	Ácido polilático	180°C	220°C	300°C	1.00 – 2.47	59 - 77	0.23 – 3.5	66 / 114

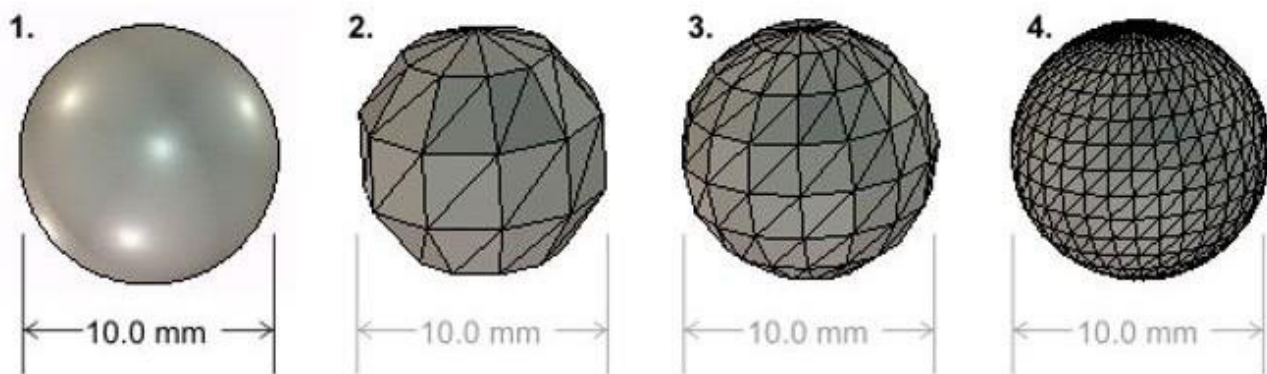
Dentre os listados, os materiais mais utilizados em impressões 3D são os polímeros ABS e o PLA.

Criação de um protótipo inicia-se criando um modelo da peça em software CAD 3D ou obtêm-se seus dados digitalizados por varrimento. Em seguida, o arquivo gerado deve ser convertido para um padrão aceito pela impressora. O formato STL é largamente utilizado, e consiste na representação geométrica da superfície do modelo em malha triangular, sem detalhes de cores ou texturas comuns em sistemas CAD, mas desnecessários na prototipagem. Cada triângulo define um único vetor normal, acompanhado pelas coordenadas de um sistema cartesiano tridimensional (RAULINO, 2011).

Quanto as etapas de fabricação para se chegar ao protótipo e com as dimensões desejadas, segue-se cinco etapas relacionadas ao processo de fabricação de objetos em impressoras 3D, respectivamente: Modelagem computacional em 3D; Geração de modelo de malha STL; Geração de camadas e planejamento de fabricação; Construção de objeto; Pós-processamento e acabamento (SILVA, 2021).

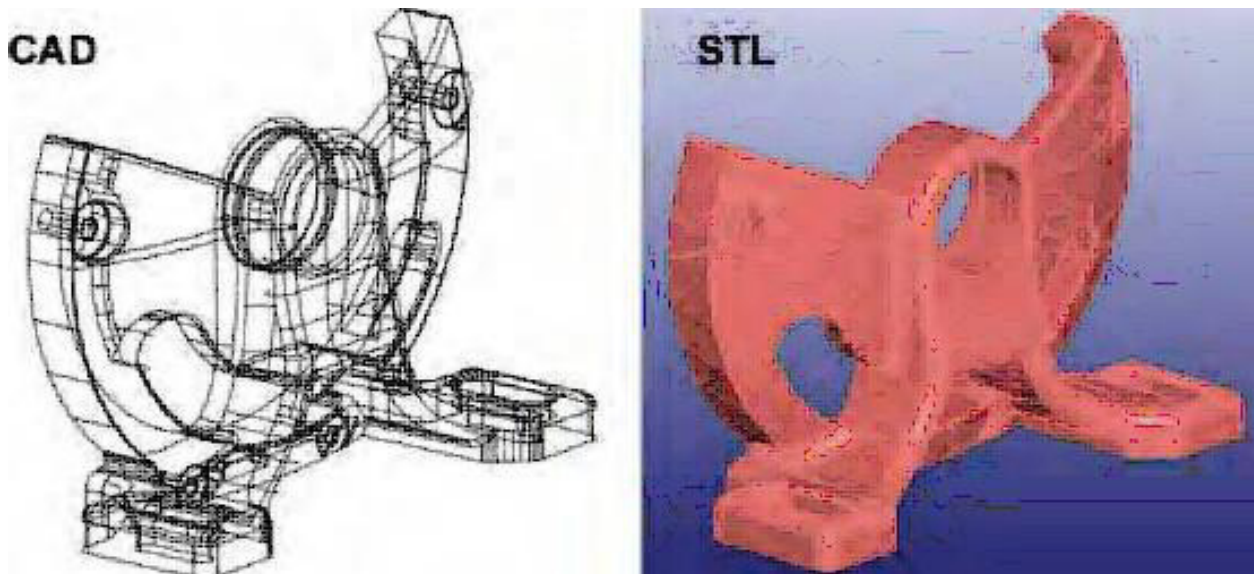
Explicando o processo de manufatura Raulino (2011), esclarece que, no pré-processamento, cria-se um modelo da peça em software CAD 3D ou obtêm-se seus dados digitalizados por varrimento. Em seguida, o arquivo gerado deve ser convertido para um padrão aceito pela máquina de manufatura. O formato STL é largamente utilizado, e consiste na representação geométrica da superfície do modelo em malha triangular, sem detalhes de cores ou texturas comuns em sistemas CAD, mas desnecessários na prototipagem. Cada triângulo define um único vetor normal, acompanhado pelas coordenadas de um sistema cartesiano tridimensional.

Figura 10 Diferentes resoluções de impressão 3D (SOLIDWORK, 2015)



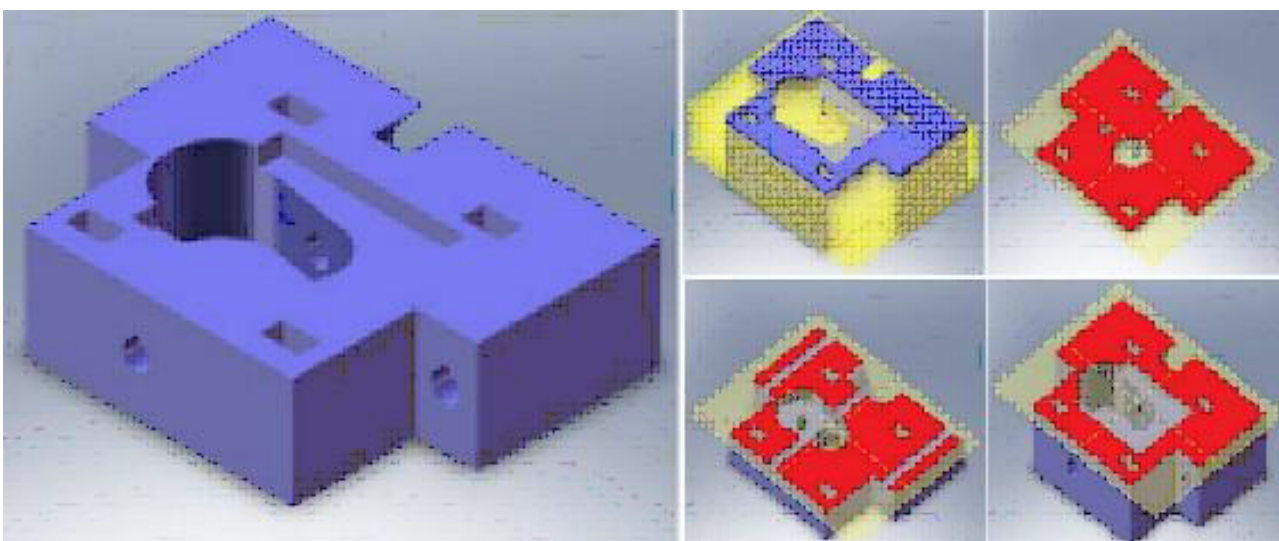
O processamento das informações contidas no arquivo STL é feito inicialmente através da preparação do modelo, necessária às fases seguintes. Ele é submetido a uma série de ajustes referentes à validação e correção do modelo. É feita a definição da orientação do objeto, o que afeta diversas características do protótipo final, como o total de fatias geradas no slicing e a quantidade de suporte necessária (quando disponível na máquina). O suporte é necessário sempre que a ação da gravidade pode afetar alguma face do sólido, provocando a queda ou desestabilização da mesma, é normalmente feito de um material diferente do que de fato construirá o protótipo. Após o processo, é possível removê-lo facilmente de maneira mecânica ou química. No objeto da figura 11, os furos passantes na horizontal constituem features que necessitariam de suporte para uma reprodução perfeita. Além da sustentação, em algumas tecnologias também se utiliza uma camada de suportena base para facilitar a remoção do objeto e evitar deformações físicas.

Figura. 11 Desenho em CAD convertido para STL. (BUDZIK, 2010)



Na etapa seguinte, o sólido é fatiado em camadas que serão construídas de forma sequencial na máquina de impressão. As fatias representam um plano de seção transversal associado a uma espessura uniforme, e cada uma é varrida (scan) para que se possa determinar com exatidão o formato desejado e o planejamento da trajetória de adição. Envolve definição de rotas para preenchimento de bordas, deposição de material e deposição de suporte (quando se aplica). Esta etapa possui várias configurações que variam com cada tecnologia, e é muito importante, pois determina o tempo de construção e a qualidade final.

Figura. 12 Fatiamentos do sólido em camadas (RAULINO, 2011)



A próxima fase corresponde ao controle de geração do objeto e tem como função propiciar de fato a fabricação do modelo físico, através da emissão de sinais de controle que monitoram ou guiam o processo de adição.

Finalmente, ocorre o pós-processamento, que compreende as atividades de cura, remoção da estrutura de suporte e limpeza da peça para conferir o acabamento final. (RAULINO, 2011)

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ELABORAÇÃO DO PROJETO

O Projeto de máquina agrícola é elaborado a partir da definição do produto a ser desenvolvido, e considerado nessa primeira etapa que a máquina seja de baixo custo de produção, disponibilidade de materiais disponíveis no mercado, resistência e durabilidade dos componentes, a partir daí se inicia a definição do conceito da máquina.

Utilizando o modelo de referencia para projeto de máquinas agrícolas proposto por ROMANO (2003) em que divide as etapas de desenvolvimento do projeto em: Planejamento do projeto, Projeto informacional, Projeto conceitual, Projeto preliminar, Projeto detalhado.

Estas etapas tratam sobre o controle da execução do desenvolvimento da máquina agrícola (Romano, 2003)

4.1.1 PROJETO INFORMACIONAL

Apresenta os objetivos que a máquina deve alcançar de modo a atender aos requisitos do mercado. As especificações de projeto são usadas para orientar o desenvolvimento do projeto conceitual, preliminar e detalhado da máquina agrícola. (ROMANO, 2003)

O principal objetivo desse projeto é realizar o processo de abertura de covas e deposição de adubos de maneira pontual, precisa e sincronizada com o mecanismo punçador.

O processo de desenvolvimento e manufatura do mecanismo adubador será através de software CAD e impressora 3D, tendo em vista o baixo custo para desenvolvimento de protótipos.

Os adubos utilizados serão do tipo granular, por serem os mais utilizados na agricultura nacional.

4.1.2 PROJETO CONCEITUAL

No projeto conceitual foi definido mecanismo com punções que penetram o solo com maior eficiência por realizar aplicações pontuais com espaçamentos pré-definidos, que vão depositar o adubo do tipo granular, mais utilizando no mercado.

Material escolhido para impressão dos componentes foi termoplásticos PLA, por sua resistência e baixo custo de aquisição.

4.1.3 PROJETO PRELIMINAR

A viabilidade econômica se dá em grande parte pelo desenvolvimento em software CAD INVENTOR que permite além do desenvolvimento dos componentes, a simulação de montagem e movimento das partes envolvidas, podendo assim identificar possíveis falhas de projeto na montagem.

4.1.4 PROJETO DETALHADO

Iniciando o projeto com os desenhos dos componentes em software 3D INVENTOR, tivemos por referência de dimensões, os limites de manufatura da impressora 3D que são de 220x220x240 mm, tendo esses valores por limites podemos dimensionar os componentes do mecanismo puncionador dosador de adubos.

O mecanismo puncionador é composto por anel puncionador, câmara do puncionador, centro do dosador, flanges, punção interna e externa, puncionador maior e menor, rotor do dosador, todos descritos nas imagens a seguir.

Concluído os desenhos dos componentes e posterior conversão para códigos de impressão STL e enviados para o software de impressão.

O software de impressão utilizado foi o ULTIMAKER CURA

Tabela 2 Características do termoplástico PLA.

Parâmetros	Valor atribuído
Material	PLA
Altura da camada	0,3 mm
Largura de extrusão	0,4 mm
Temperatura de impressão	210°C
Temperatura da mesa impressora	60°C
Velocidade de impressão	45 mm/s
Custo médio do filamento	2300 mm/R\$

O termoplástico utilizado como matéria prima de manufatura foi o PLA devido a sua facilidade de trabalho em impressoras 3D, propriedades mecânicas e baixo custo. a impressora de modelo TRONXY P820M através de códigos GCode realizou a manufatura dos componentes do mecanismo adubador.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 PROJETO INFORMACIONAL

As características comerciais necessárias ao mecanismo adubador que o tornem acessível e confiável para a agricultura convencional foi listadas abaixo:

1. Ser de fácil fabricação com componentes amplamente difundidos no mercado
2. Segurança durante a operação ou manuseio da máquina.
3. Desempenho e eficiência da máquina
4. Manutenibilidade da máquina.
5. Fácil montagem: mecanismos de simples considerando que o mecanismo e de baixo custo.
6. Eficiente na dosagem do adubo dentro da dosagem desejado pelo aplicador.
7. Abertura eficiente e uniforme de covas.
8. Material resistente a abrasão com o solo, e o mais leve possível para maior eficiência energética na operação.

5.2 PROJETO CONCEITUAL

Foi elaborada uma matriz morfológica em busca dos princípios de solução para o protótipo a ser desenvolvido.

Figura 13 Matriz morfológica.

Funções	Lista de soluções				
	1	2	3	4	5
Forma de distribuição	Linha contínua	Cova	Lanço contínuo	Lanço localizado	
Forma de acionamento	Manual	Tracionado	Motorizado		
Mecanismo dosador de adubo	Rotor dentado	Acanalado	Vertical	Helicoidais	Horizontal rotativo
Tipo de reservatório	Individual	Compartilhado			
Mecanismo de abertura de covas	Hastes	Disco duplo	Disco simples	Punções	Enxadas

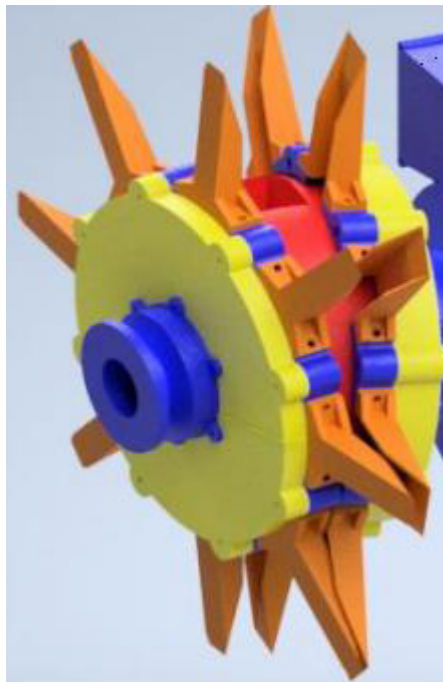
O mecanismo puncionador mostra-se ter grande potencial por abrir covas pontualmente sem desperdício de energia com sulcos que não serão totalmente utilizados. Atribui-se ao mecanismo oito punções de forma radial equidistantes.

A abertura das covas ocorre no momento em que as punções se unem penetrando no solo, no momento seguinte em que se inicia a abertura das punções, ocorre à dosagem dos adubos sólidos

5.3 PROJETO PRELIMINAR

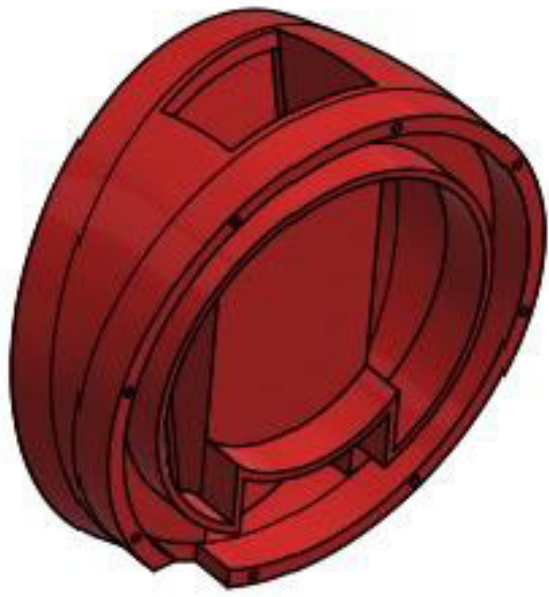
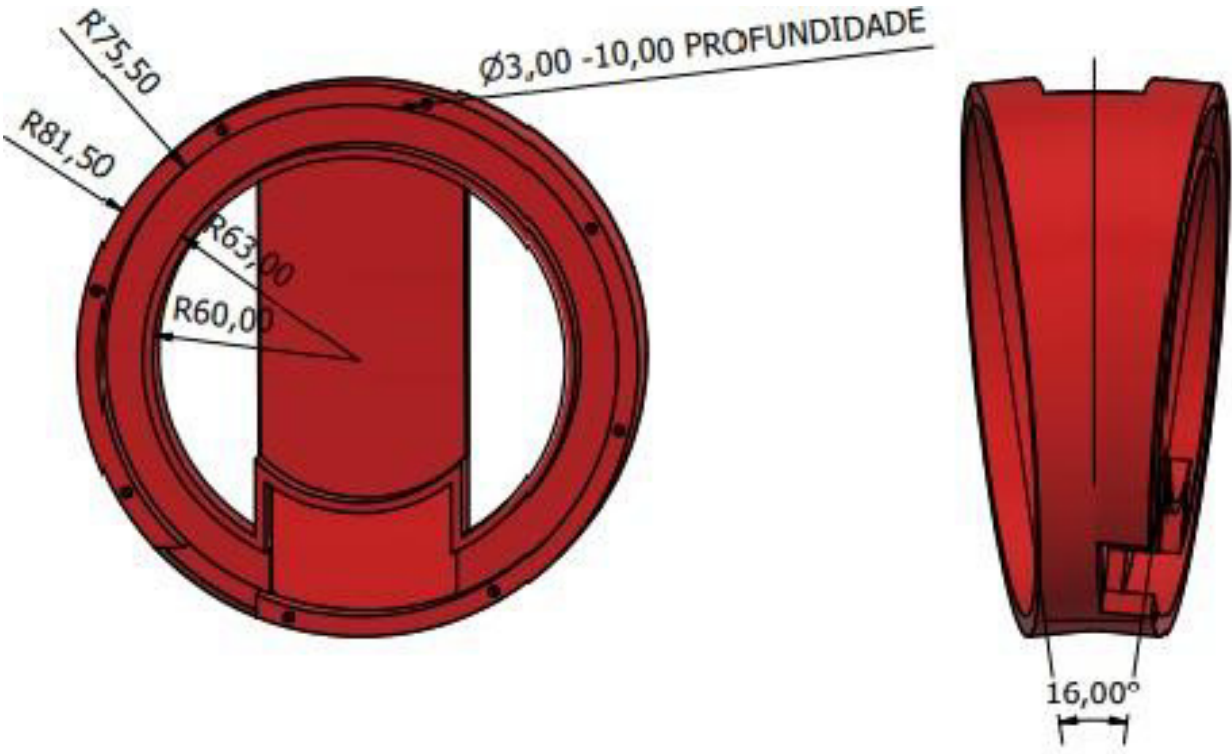
Representação final do mecanismo adubador puncionador 3D abaixo:

Figura 14. Mecanismo adubador em imagem 3D

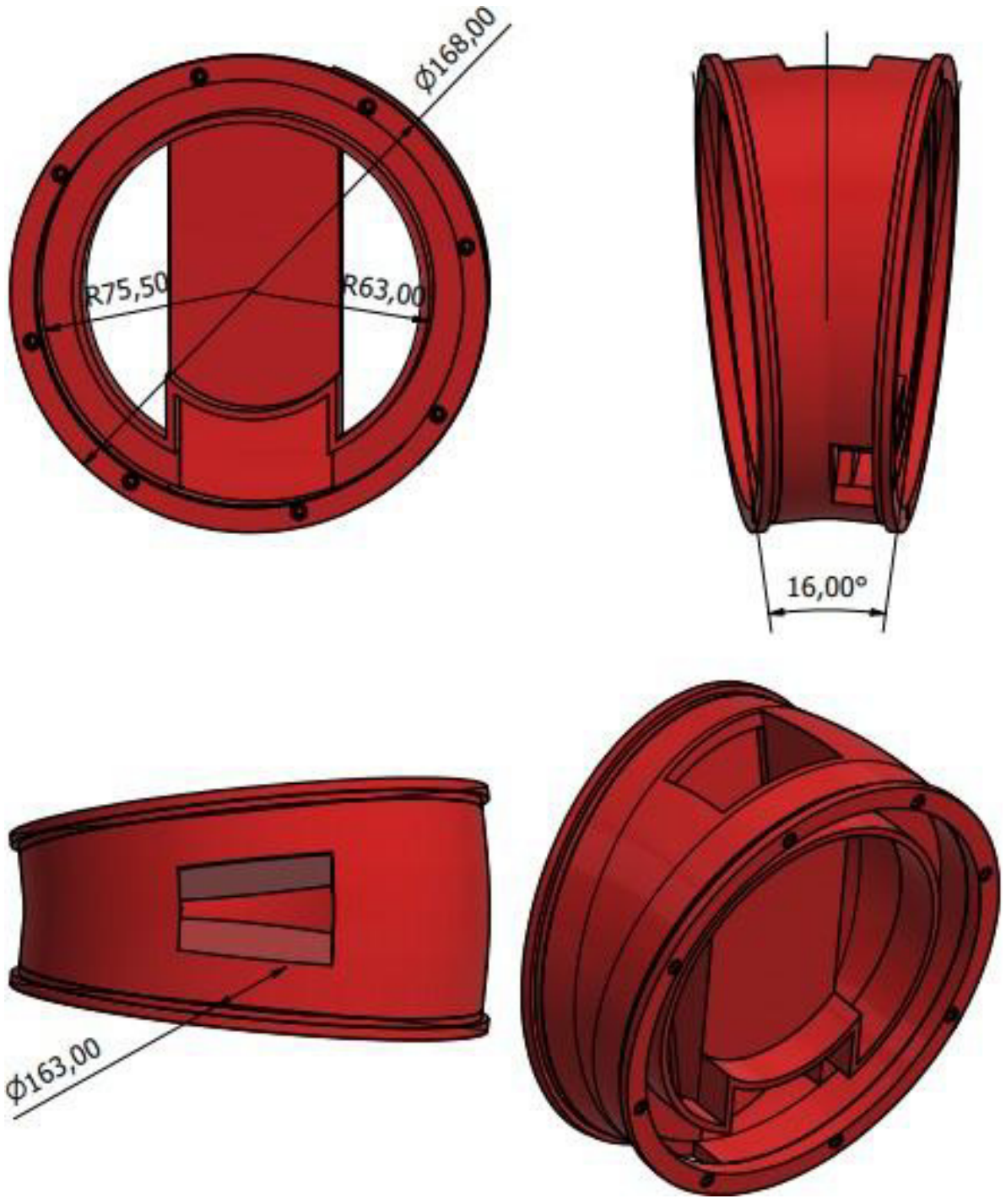


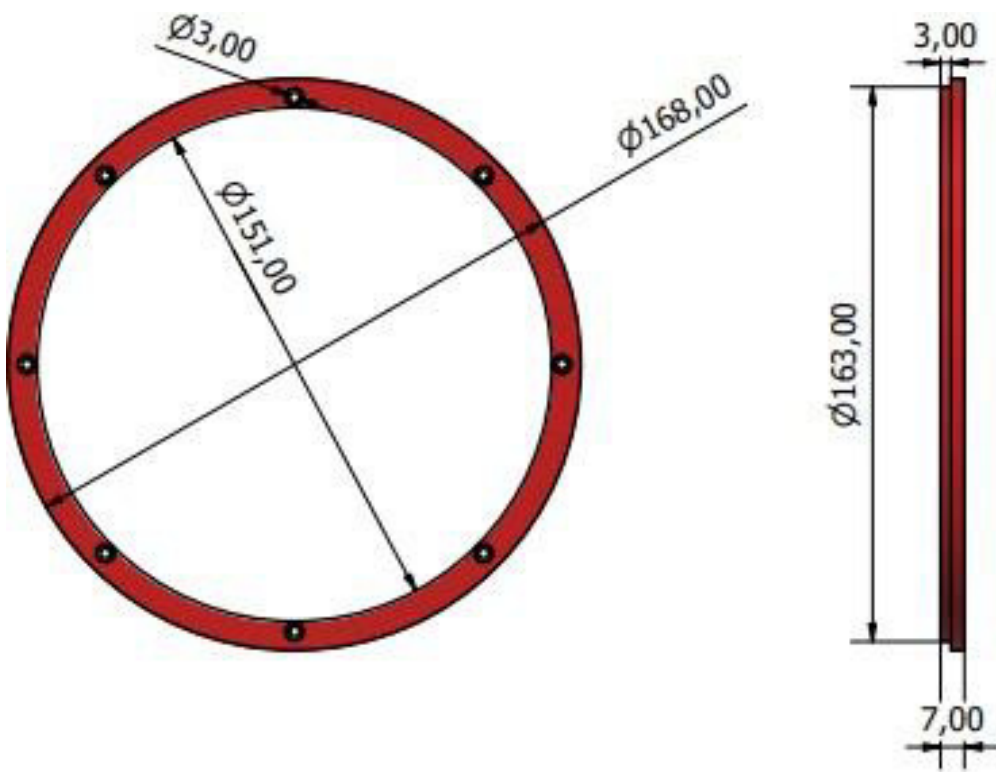
5.3.1 CENTRO DO DOSADOR

Peça responsável pelo encaixe de todos os componentes do mecanismo adubador

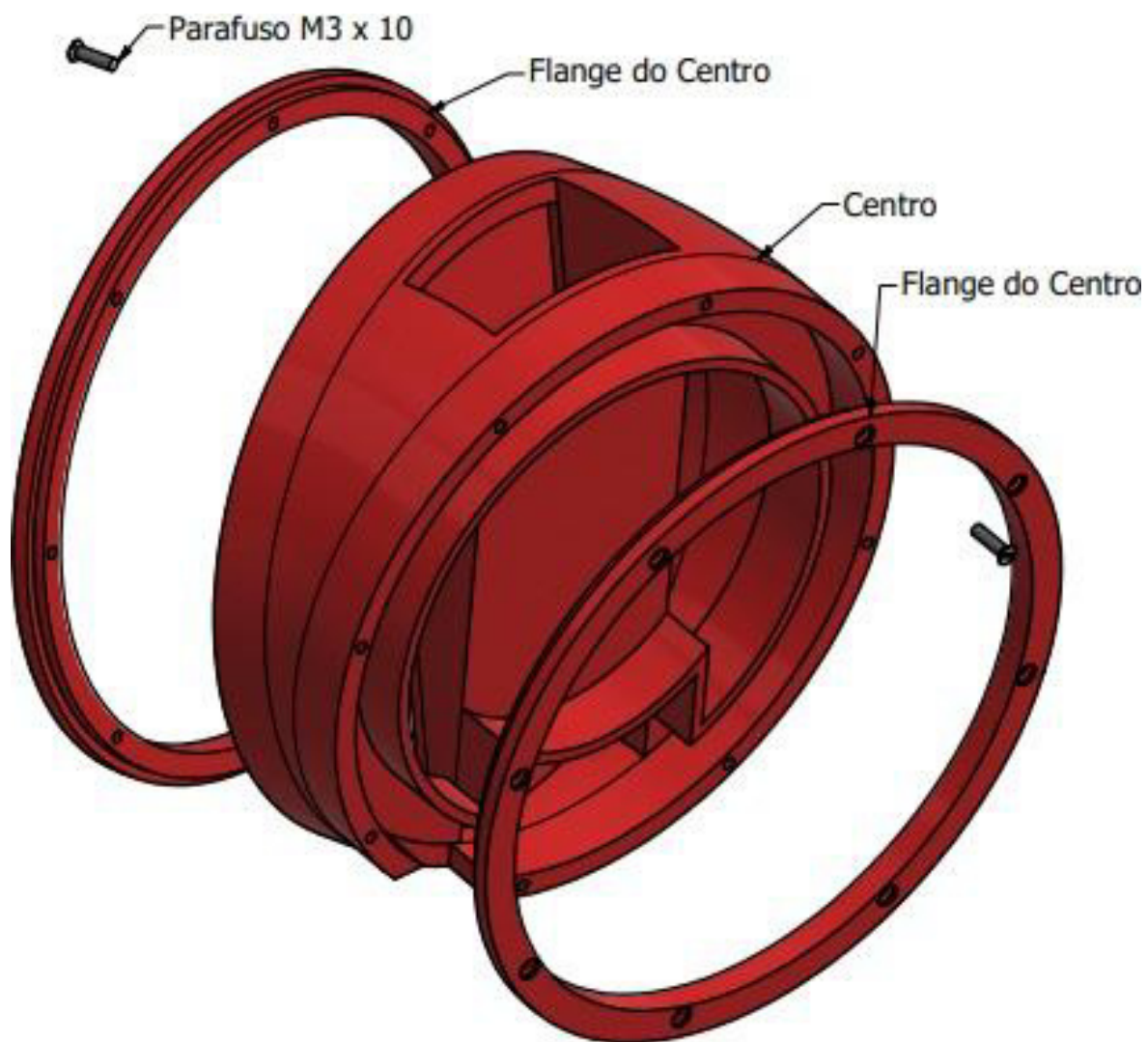


Material Utilizado: PLA
Filamento Utilizado: 105343 mm
Tempo de Impressão: 11h 7min 33 seg
Custo de Produção: R\$ 45,00





Material Utilizado: PLA
Filamento Utilizado: 10573 mm
Tempo de Impressão: 1h 12min 58 seg
Custo de Produção: R\$ 4,55

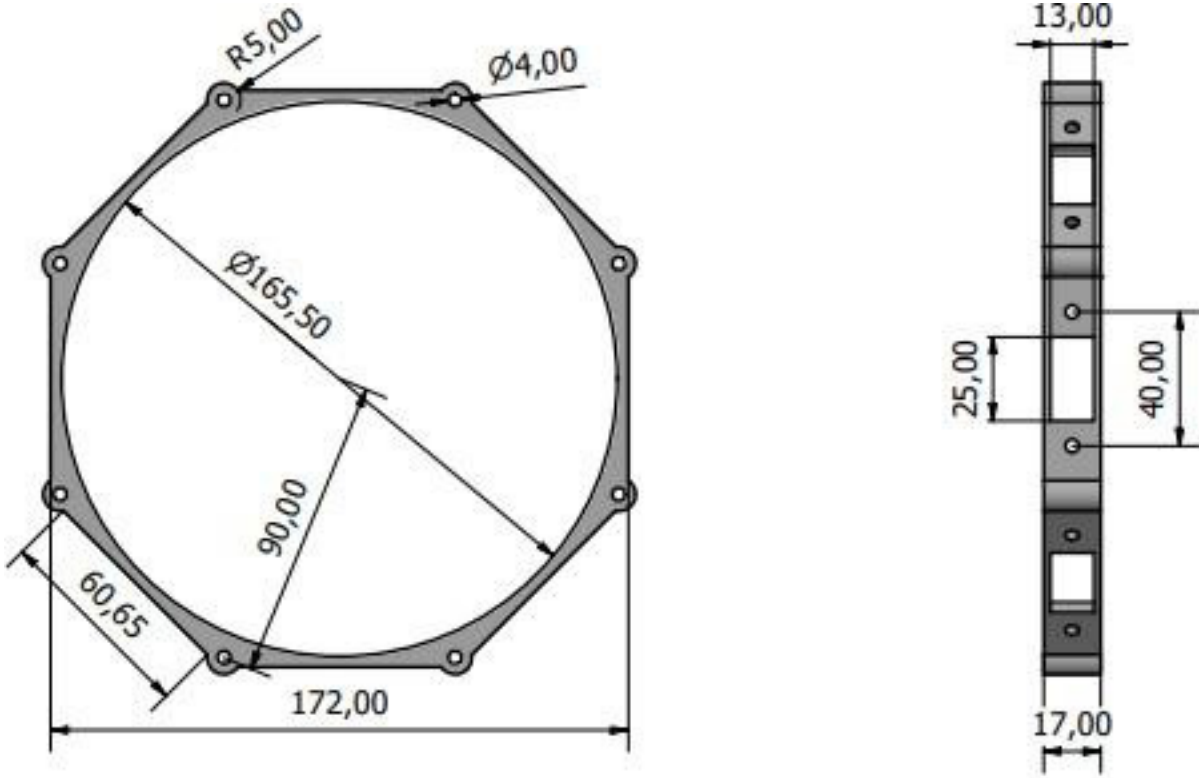


Montagem do Centro do Dosador

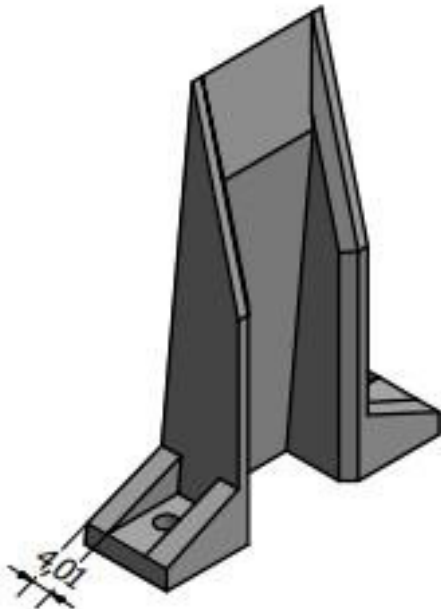
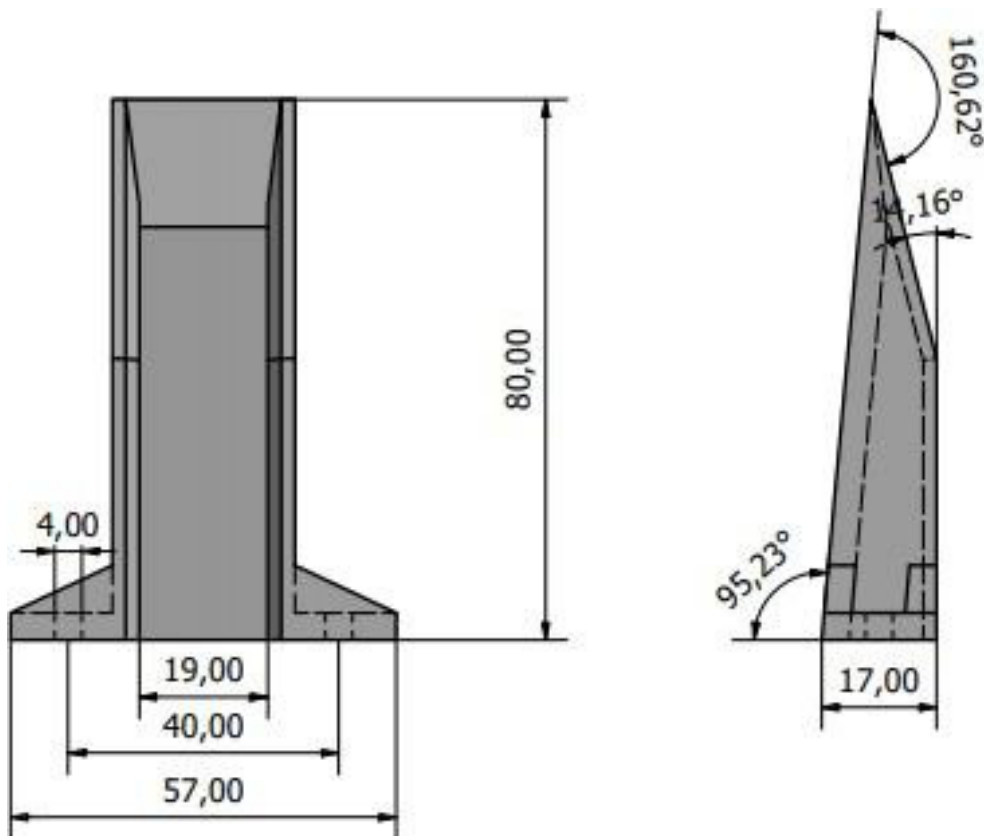
Componente	Quantidade
Centro	1 un
Flange do Centro	2 un
Parafuso M3 x 10	16 un

5.3.2 MECANISMO PUNÇONADOR

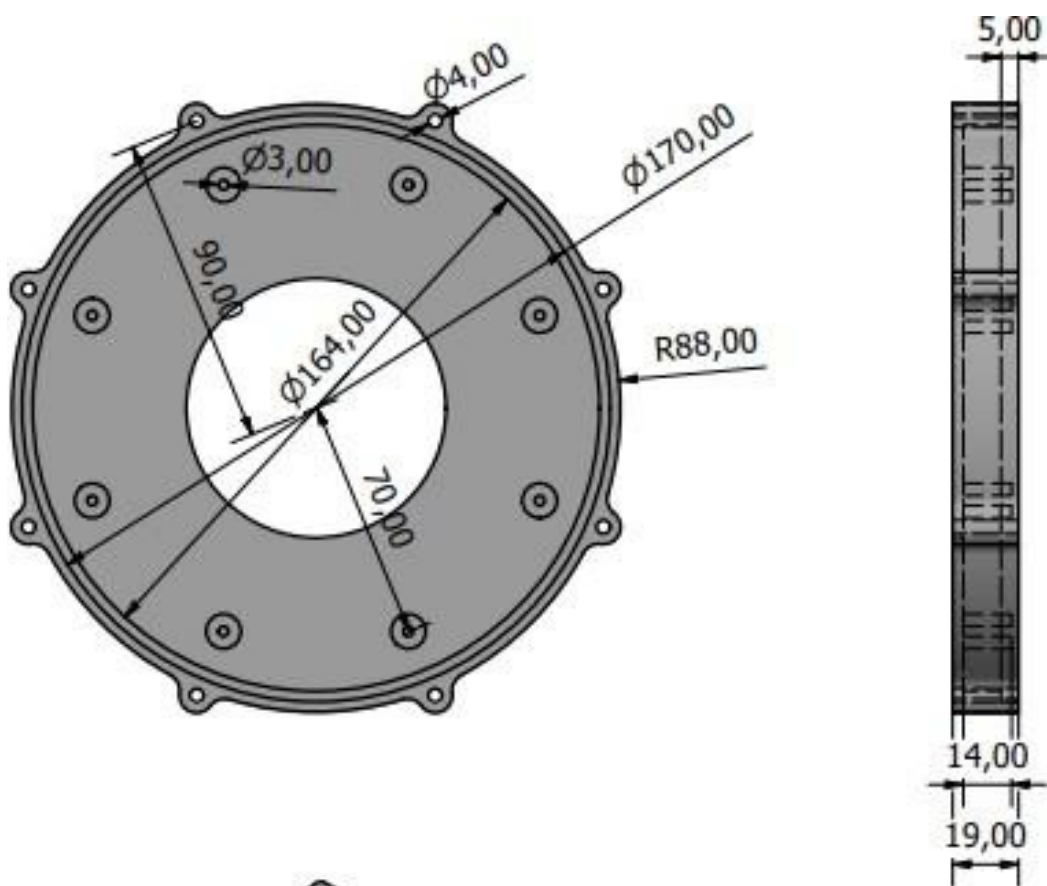
Desenho 3D das punções e modo de montagem.



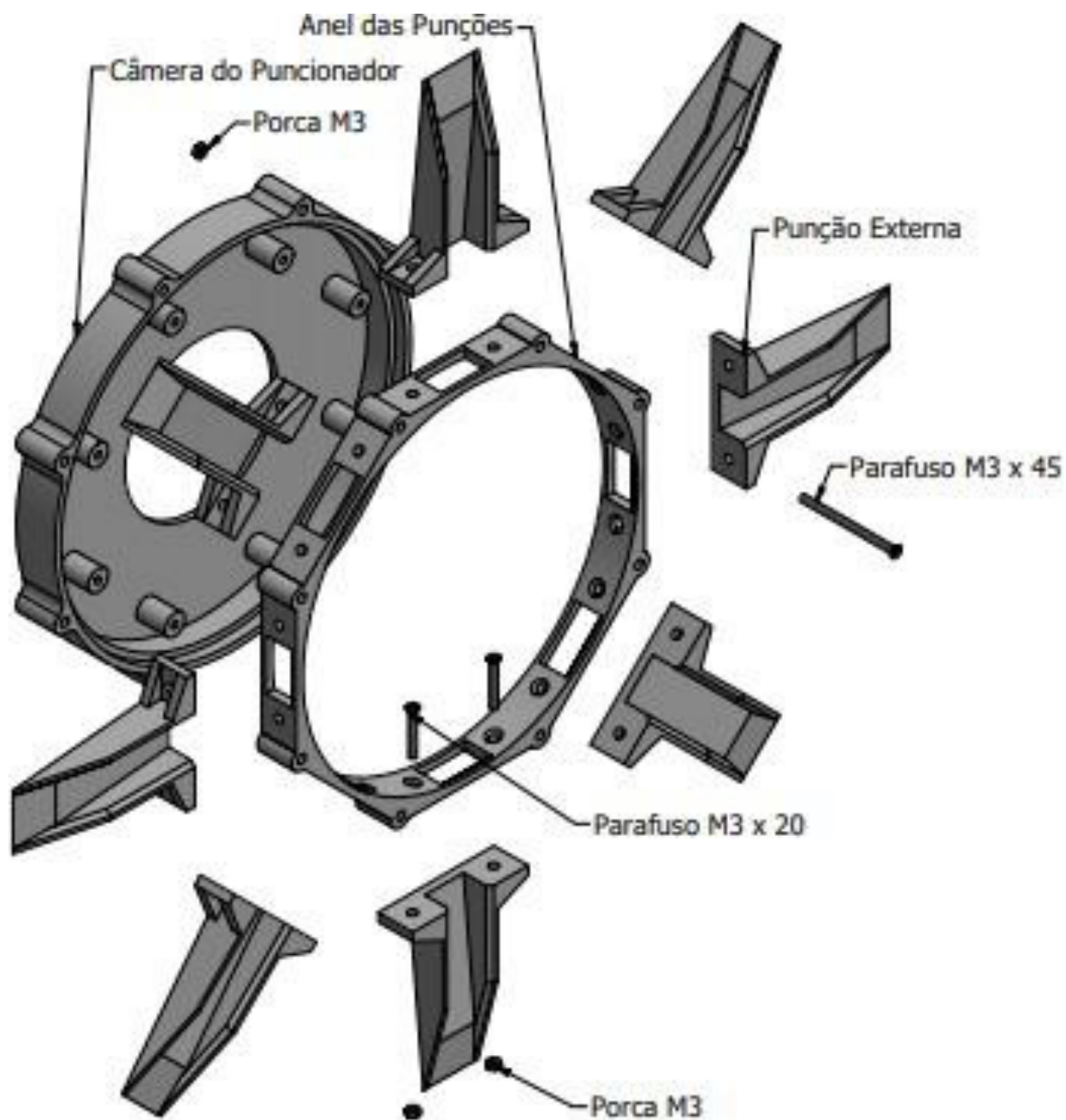
Material Utilizado: PLA
 Filamento Utilizado: 17718 mm
 Tempo de Impressão: 1h 58 min 55 seg
 Custo de Produção: R\$ 7,60



Material Utilizado: PLA
 Filamento Utilizado: 6269 mm
 Tempo de Impressão: 42 min 43 seg
 Custo de Produção: R\$ 2,70

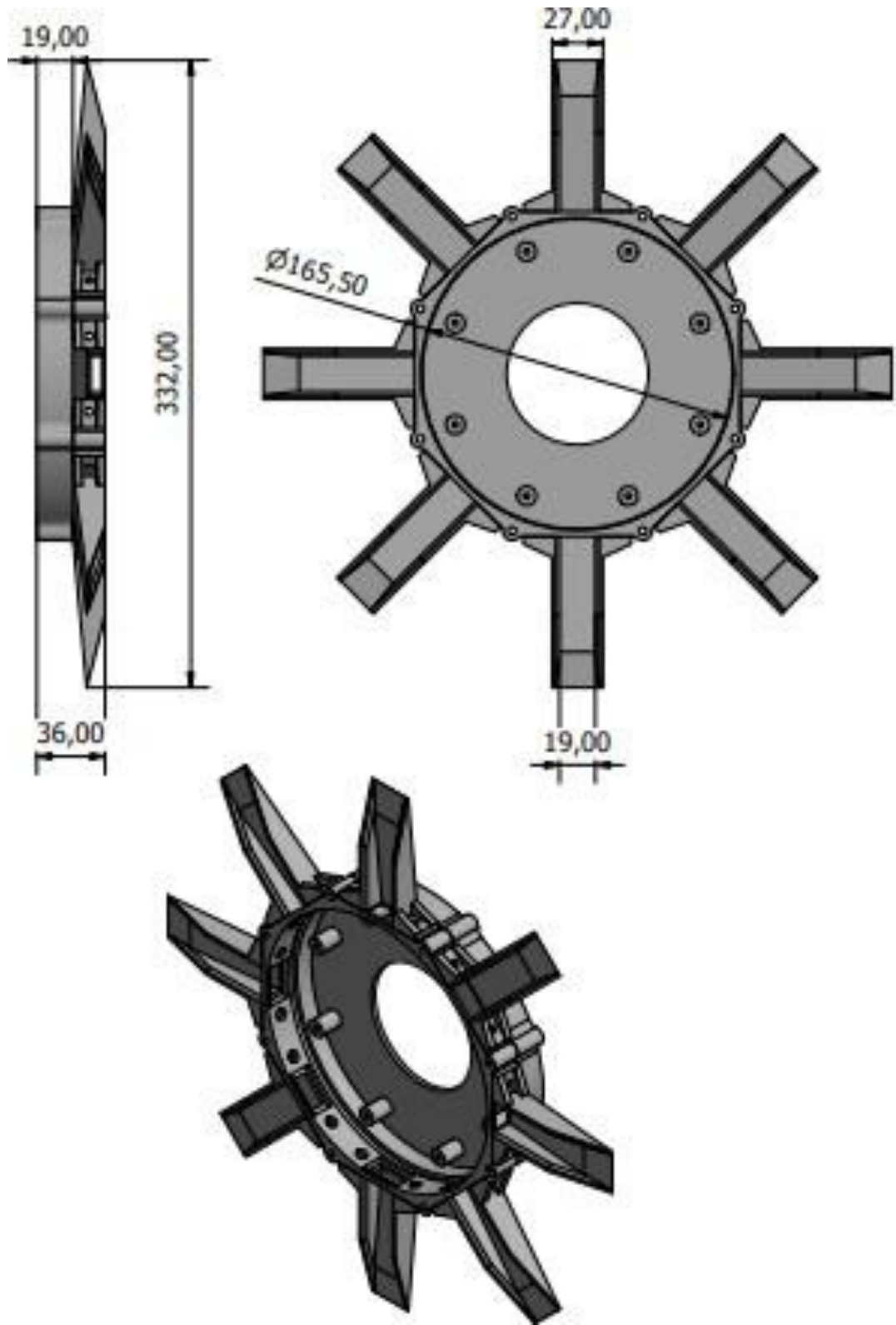


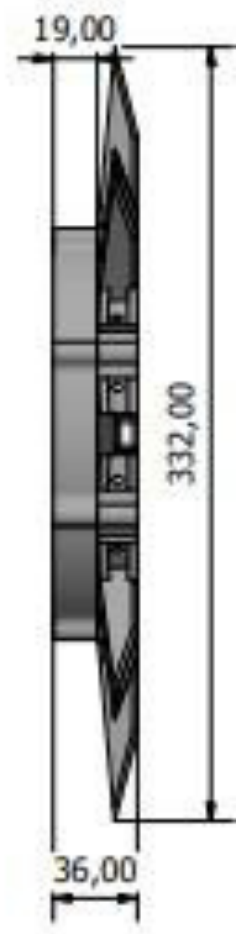
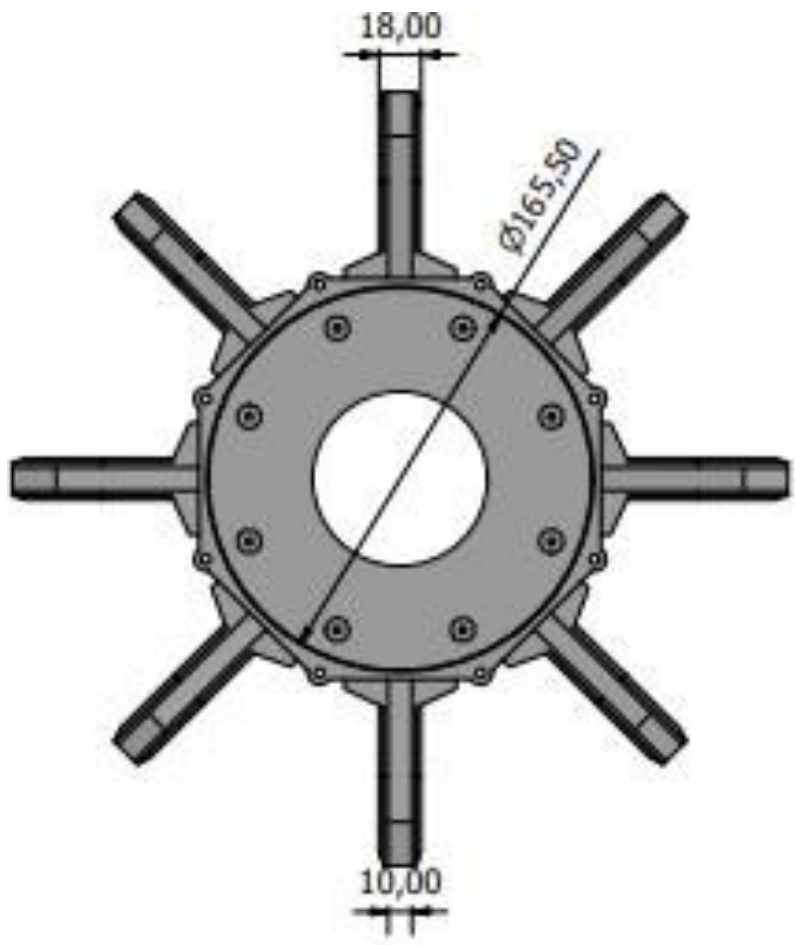
Material Utilizado: PLA
Filamento Utilizado: 50321mm
Tempo de Impressão: 5h 47 min 55 seg
Custo de Produção: R\$ 21,60



Montagem do Puncionador Externo

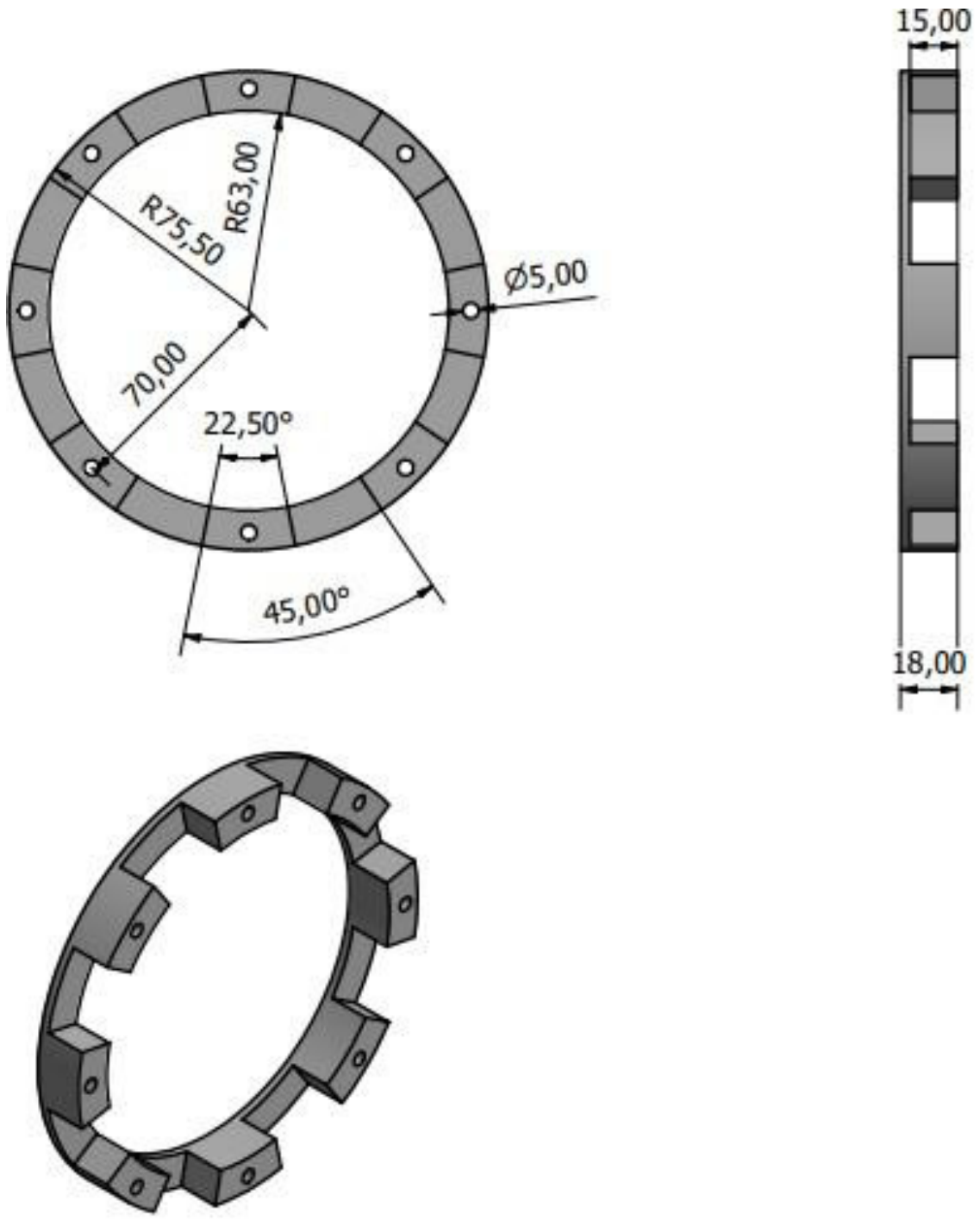
Componente	Quantidade
Câmara do Puncionador	1 un
Anel das Punções	1 un
Punção Externa	8 un
Parafuso M3 x 45	8 un
Parafuso M3 x 20	16 un
Porca M3	24 un





5.3.3 MECANISMO DOSADOR

Peça responsável pela dosagem e distribuição do adubo.



Material Utilizado: PLA
Filamento Utilizado: 22977 mm
Tempo de Impressão: 2h 32 min 56 seg
Custo de Produção: R\$ 9,90

Figura 28. Rotor do dosador de adubos.

5.3.4 SISTEMA DE ACIONAMENTO

O conjunto motriz do mecanismo é por correias que pode ser acionado por motores elétricos ou por outra engrenagem motriz.



Figura 29 Suporte da polia de acionamento.

5.4 PROJETO DETALHADO

Descrição dos componentes, quantidade de filamento e tempo utilizado.

Tabela 3. Número de componentes, Quantidade em metros de filamento utilizado na impressão dos componentes, tempo de impressão e custo médio de produção.

Peça	Unidades	Filamento	Tempo de impressão
Punção menor	8	6,18 m	54 m
Punção maior	8	5,14 m	46 m
Anel puncionador	2	17,06 m	2 h 48 m
Rolete	16	0,29 m	4 m
Centro do dosador	1	93 m	13 h 43 m
Disco dosador	1	13,12 m	1 h 41 m
Rotor	1	35,07 m	5 h 15 m
Polia de acionamento	1	30,79 m	4 h 40 m
Suporte de polia	1	40,06 m	5 h 24 m
Flange polia	1	38,14 m	4 h 47 m
Total	40	278,85 m	79 h 1 m
Custo médio		121,24 R\$	

6 CONCLUSÃO

O protótipo apresenta grande potencial de realizar com eficiência e precisão a abertura de covas e deposição de adubos.

O protótipo apresentou baixo custo de produção com materiais de boa resistência. Tempo de impressão e um fator que deve ser melhorado, com 79 horas de funcionamento para realizar a impressão de todos os componentes, é o fator que exige melhorias.

Resta a avaliação em condições de campo em diferentes tipos de solo, umidade e velocidade de deslocamento, para aferição da eficiência do mecanismo.

REFERÊNCIAS

SILVA, L A D.; FERNANDES, Natasha Morete. **A cadeia produtiva de adubos e fertilizantes**, ENCIGESP, PraiaGrande, p. 1-15, 2017

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA) **Pesquisa setorial**, dados2021. Disponível em: http://anda.org.br/pesquisa_setorial/

AURÉLIO, B. F. H. **Dicionário Aurélio**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2010.

AZEVEDO, F. M. **Estudo e projeto de melhoria em maquina de impressão 3d**. (Trabalho de conclusão de curso) Universidade de São Paulo, 2013.

BUDZIK, G. KOZIK, B. PACANA, J. ZMUDA, B. **Modelling abd prototyping of aeronautical planetary gear de-monstrator**. Journal of KONES powertrain and transport, vol 17. No. 3 2010.

FELDENS, L. **O homem a agricultura a história**. 1. ed. Lajeado: Univates, 2018. 171p.
HAUSMAN, K. K. HOME, R. **3D printing for dummies**. Hoboken: John Wiley e Sons, 2014.

MAZOYER, M. ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo**. ed. São Paulo: Unesp, 2008. 568p.

MOREIRA, M. D. **Concepção de um sistema de medição sem contacto da temperatura do polímero a saída de uma impressora 3D FDM**. (Dissertação de mestrado) Faculdade de Engenharia do Porto, 2016.

NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

RAULINO, B. R. **Manufatura aditiva: Desenvolvimento de uma máquina de prototipagem rápida baseada na tecnologia FDM (modelagem por fusão e deposição)**. (Trabalho de conclusão de curso) Brasília: Universidade de Brasília, 2011. 142p.

ROMANO, L. N. **Modelo de referencia para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas**. (Tese de dou-torado) Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. 266p.

SARUGA, F. **Evolução da Mecanização Agrícola**. Voz da Terra. Paranapanema, p.17-26
Disponível em: https://www.fsantos.utad.pt/bibliografia/vtjulho2002_filipesaruga.pdf

SILVA, J. B. **Desenvolvimento e avaliação de um mecanismo puncionador para dosagem de sementes**. (Trabalho de conclusão de curso) Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2021. 70p.

SOLIDWORKS, T. B. **Preparing SOLIDWORKS Models for 3d printing**. disponível em: <https://blogs.solid-works.com/tech/2015/05/preparing-solidworks-models-3d-printing.html>

ALMEIDA, M. V. L. C. **Construção de uma impressora 3d de baixo custo utilizando o arduino mega 2560**

(Trabalho de Conclusão de Curso) Universidade Federal Rural Do Semiárido, 2018.

PORTELLA, J. A. **Mecanismos Dosadores de Sementes e de Fertilizantes em Máquinas Agrícolas**. ed. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1997. 40p.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. ed São Paulo:. Manole, 1990. 307p.

RESENDE, R. C. **Design of a movel punch planter capable of producing equidistant seed spacing of irregular shaped seeds**. 2002. 229p. (Tese de Doutorado) Cranfield University -- Silsoe, Inglaterra.

VILLIBOR, G. P. **Avaliação do desempenho do protótipo de uma semeadora adubadora puncionadora para plantio direto**. 2008. 71p. Dissertação (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2008.

YAMAMOTO, N. T. **Desenvolvimento de um mecanismo para adubação pontual em cobertura em sistema de plantio direto**. 71 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa - Viçosa -MG, 2005.