

CENTRO PAULA SOUZA
FATEC SANTO ANDRÉ
Tecnologia em Mecatrônica Industrial

Eduardo Zacharias Militani Costa
Elias Dias da Silva

ESTEIRA SEPARADORA POR CÂMERA INTELIGENTE

Santo André
2022

Eduardo Zacharias Militani Costa

Elias Dias da Silva

ESTEIRA SEPARADORA POR CÂMERA INTELIGENTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial da Fatec Santo André orientado pelo Prof. Me. Luiz Vasco Puglia como requisito parcial para obtenção do título de tecnólogo em Mecatrônica.

Santo André

2022

C837e

Costa, Eduardo Zacharias Militani
Esteira separadora por câmera inteligente / Eduardo Zacharias
Militani Costa, Elias Dias da Silva. - Santo André, 2022. – 71f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, 2022.

Orientador: Prof. Me. Luiz Vasco Puglia

1. Mecatrônica. 2. Projeto. 3. Esteira transportadora. 4. Robô. 5.
Tecnologia. 6. Controladores. 7. Sensores. 8. Câmera. 9.
Separação de peças. 10. Automação. I. Silva, Elias Dias da. II.
Esteira separadora por câmera inteligente.

LISTA DE PRESENÇA

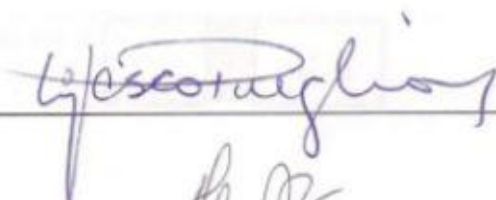
Santo André, 29 DE JUNHO DE 2022.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA:
"ESTEIRA SEPARADORA POR CÂMERA INTELIGENTE" DOS
ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

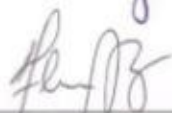
PRESIDENTE:

PROF. LUIZ VASCO PUGLIA



MEMBROS:

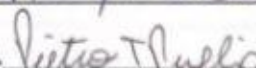
PROF. FLÁVIO AUGUSTO BARRELLA



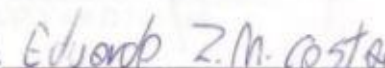
PROFª. SUELY MIDORI AOKI

ausente p/ saúde

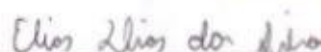
PROFª. PIETRO TREVISANELLO PUGLIA

**ALUNO:**

EDUARDO ZACHARIAS MILITANI COSTA



ELIAS DIAS DA SILVA



Dedicado aos nossos familiares que sempre nos motivaram e apoiaram.

AGRADECIMENTO

Ao Prof. Luiz Vasco Puglia que se dispôs a nos orientar na realização deste trabalho; aos professores que nos compreenderam e nos ensinaram diversas coisas ao longo do curso, nossos companheiros de classe dividiram ideias e propagaram conhecimento e aos nossos familiares que sempre nos motivaram ao longo do curso.

“A tecnologia tem que servir para potencializar as nossas habilidades e as nossas competências”.

Francisco Tupy

RESUMO

Na indústria sempre foi necessário separar peças e materiais a fim manter a organização e qualidade de um processo, era comum em fábricas a separação de um item e o transporte de um setor para outro seja feito por pessoas de forma manual e por controle visual. Mas sabe-se que esse sistema pode gerar falhas humanas, ou talvez não seja possível fazer essa verificação completamente, além disso essa não é uma forma tão viável no quesito custo-benefício. Com o avanço de novas tecnologias no setor industrial esse processo de separação foi um dos que foi mais necessário automatizar. Atualmente o transporte dentro de uma linha de produção é feito por esteiras, robôs, transportadores em geral etc. Para controlar tudo isso são utilizados sensores e controladores dos mais diversos tipos como por exemplo; sensores de peso, sensores de temperatura, sensores indutivos entre outros. Esses sensores podem garantir a qualidade ou separação correta de uma peça de maneira rápida sem necessidade de uma pessoa para monitorar. Esses processos automatizados e a troca de dados entre eles são o que permitem a produção em grande escala. A ideia de separar peças de acordo com um sensor é o que se baseia este projeto, mais especificamente uma esteira que utiliza como princípio de seleção uma câmera inteligente programada via computação visual que diferencia o tipo de peça pela sua forma e depois é separada de acordo com os dados obtidos pela câmera. Neste projeto será utilizado uma peça circular e uma quadrada para teste de diferenciação.

Palavras-chave: Esteira transportadora. Automação. Câmera. Sensores. Separação de peças.

ABSTRACT

In the industry it has always been necessary to separate parts and materials in order to maintain the organization and quality of a process, it was common in factories to separate an item and transport it from one sector to another to be done by people manually and by visual control. But it is known that this system can generate human errors, or it may not be possible to do this verification completely, in addition, this is not a viable way in terms of beneficial cost. With the advancement of new technologies in the industrial sector, this separation process was one of the most necessary to automate. Currently, transport within a production line is done by conveyors, robots, conveyors in general, etc. To control all this, sensors and controllers of the most diverse types are used, such as; weight sensors, temperature sensors, inductive sensors among others. These sensors can ensure the quality or correct separation of a part quickly without needing a person to monitor. These automated processes and the exchange of data between them are what enable large-scale production. The idea of separating parts according to a sensor is what this project is based on, more specifically a belt that uses as a selection principle an intelligent camera programmed via visual computation that differentiates the type of part by its shape and then is separated according to with the data obtained by the camera. In this project we will use a circular and a square piece for differentiation test.

Keywords: Conveyor belt. Automation. Camera. Sensors. Parts Separation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pinagem ESP8266.....	17
Figura 2 - Fluxograma de funcionamento.....	21
Figura 3 - Esteira contínua montada vista frontal.....	22
Figura 4 - Esteira contínua montada vista de cima.....	23
Figura 5 - Esteira contínua montada vista lateral.....	23
Figura 6 - Disco.....	24
Figura 7 - Cubo com catraca de bicicleta.....	24
Figura 8 - Disco com cubo e catraca.....	25
Figura 9 - Micromotor DC com caixa de Redução.....	25
Figura 10 - Suporte para o Motor.....	26
Figura 11 - Guias da corrente.....	27
Figura 12 - Motor montado e acoplado no Disco.....	27
Figura 13 - Sensor infravermelho E18-D80NK.....	28
Figura 14 - Suporte para os sensores 'A' e 'B'.....	29
Figura 15 - Suporte sensor de entrada.....	29
Figura 16 - Suporte sensor de parada.....	29
Figura 17 - Resistor 10k Ω	30
Figura 18 - Especificação.....	30
Figura 19 - Suporte montado 'A' e 'B'.....	31
Figura 20 - Suporte montado Entrada.....	31
Figura 21 - Suporte montado Parada.....	32
Figura 22 - Servo motor 9g SG90.....	33
Figura 23 - Haste de direcionamento.....	33
Figura 24 - Suporte do sistema de entrada.....	34
Figura 25 - Especificações.....	34
Figura 26 - Montagem do Sistema de Entrada.....	35
Figura 27 - Servo MG995 180°.....	35
Figura 28 - Haste de alumínio.....	36
Figura 29 - Especificações.....	37
Figura 30 - Calha aberta.....	37
Figura 31 - Calha Fechada.....	37

Figura 32 - Câmera	38
Figura 33 - Suporte da Câmera.....	38
Figura 34 - Câmera acoplada ao suporte	39
Figura 35 - Peças	39
Figura 36 - Peças impressas.....	40
Figura 37 - Modelo da placa.....	41
Figura 38 - Driver Ponte H L298N.....	42
Figura 39 - Placa	43
Figura 40 - Solda da Placa	43
Figura 41 - Montagem Final	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempo de uma peça dar uma volta completa.....	47
Tabela 2 - Tempo de separação de peças em serie com as duas estações.....	47
Tabela 3 - Cronograma do TCC 2021 a 2022.....	47
Tabela 4 - Componentes e Custos.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GPIO	General Purpose Input/Output
PWM	Pulse Width Modulation

Lista de símbolos

Ω (resistência elétrica)

\varnothing (diâmetro)

\square (Todos os lados são iguais)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Objetivo	16
1.2	Motivação	16
1.3	Conteúdo.....	16
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	17
2.1	Microcontrolador NodeMcu ESP8266	17
2.2	SOFTWARES.....	18
2.3	Python	18
2.4	Arduino IDE	19
2.5	OpenCV.....	19
2.6	Fusion 360.....	19
2.7	Fritzing.....	20
3	PROJETO.....	21
3.1	Esteira	22
3.2	Materiais utilizados	24
3.2.1	Disco e catraca.....	24
3.2.2	Base	25
3.2.3	Motor	25
3.2.4	Sensores de posição da peça	28
3.2.5	Atuador de entrada.....	33
3.2.6	Calhas de separação	35
3.2.7	Câmera selecionadora	38
3.2.8	Peças Teste	39
3.3	Eletrônica e programação do Projeto	41
3.3.1	Placa	41
3.3.2	Driver Motor Ponte H - L298N.....	42
3.3.3	Lógica de programação.....	44
4	FUNCIONAMENTO DA ESTEIRA.....	45
4.1	Funcionamento Microcontrolador	45
4.2	Funcionamento Câmera	45
5	MONTAGEM FINAL E RESULTADOS.....	46
5.1	Roteiro do projeto.....	48
5.2	Custos	49
6	CONCLUSÃO.....	50

PROPOSTAS FUTURAS	51
REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

Por volta do século XX o avanço das tecnologias proporcionou diversos avanços na produção industrial, automatizando processos e reduzindo custos que levaram ao aumento do volume da produção e da qualidade. Com a implementação da automação industrial foi possível um maior controle de qualidade, com maior agilidade e precisão nas inspeções, sendo assim, reduzindo o tempo e esforço. De acordo com Frank Lamb (2015) esse termo automação industrial foi criado na década de 40 por um engenheiro da Ford, que descreveu vários sistemas nos quais ações e controles automáticos substituíam o esforço e a inteligência humana. Com isso é possível a separação mais eficaz dos produtos fabricados com não conformidade.

As esteiras transportadoras surgiram por volta do século XVII, e tinha a finalidade de transportar sacos de grãos, eram bem simples, feitas de cintas de couro, lona ou borracha. Na indústria são muito usadas e surgiram em 1919 e servem muito bem para reduzir tempo e custo dentro de uma linha de produção, implementado por Henry Ford, as esteiras com correias transportadoras tiveram um grande papel na revolução da indústria, nos dias de hoje com o avanço da tecnologia as esteiras estão muito mais automatizadas possibilitando além do transporte de peças a separação delas através de sensores.

Neste contexto que se baseia esse projeto de conclusão de curso, integrar uma esteira separadora circular a uma câmera com um software que identifica as características da peça, podendo ser programada com base em diversas peças diferentes, assim, fazendo a separação completa que foi desejada.

Em 2020 Adrison Freire Silva e José Roberto Branco Ramos Filho fizeram um projeto didático e uma esteira separadora utilizando sensores indutivos para separar peças metálicas e não metálicas, a esteira era linear com atuadores fazendo a separação. Este projeto de esteira circular é um diferencial, pois não foi encontrado algo parecido, além de utilizarmos um sensor câmera para detectar o tipo e características das peças que entram na esteira.

1.1 Objetivo

Este projeto tem o objetivo de desenvolver uma esteira circular que consiga diferenciar e separar peças de acordo com o formato através da leitura de uma câmera com um software de visão computacional, que pode ser programado via Python para identificar outros objetos diferentes que passem pela esteira.

1.2 Motivação

Aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso neste projeto, torná-lo eficiente dentro do contexto e construir uma esteira contínua junto com a programação da câmera é o que mantém este trabalho em desenvolvimento e para isso certas metas devem ser seguidas; fazer um programa de visão computacional em Python com as informações obtidas pela câmera e integrar o microcontrolador em C++, desenvolver o modelo e parte eletrônica da esteira, testar o funcionamento e desenvolver melhorias.

1.3 Conteúdo

No primeiro capítulo deste trabalho foi apresentado a introdução ao projeto, em seguida no segundo capítulo será apresentado os fundamentos teóricos, no terceiro a descrição do projeto, no quarto o funcionamento da esteira, no quinto os resultados obtidos, no sexto a conclusão e por fim as propostas futuras para o projeto e as referências bibliográficas.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Microcontrolador NodeMcu ESP8266

NodeMcu WiFi ESP8266

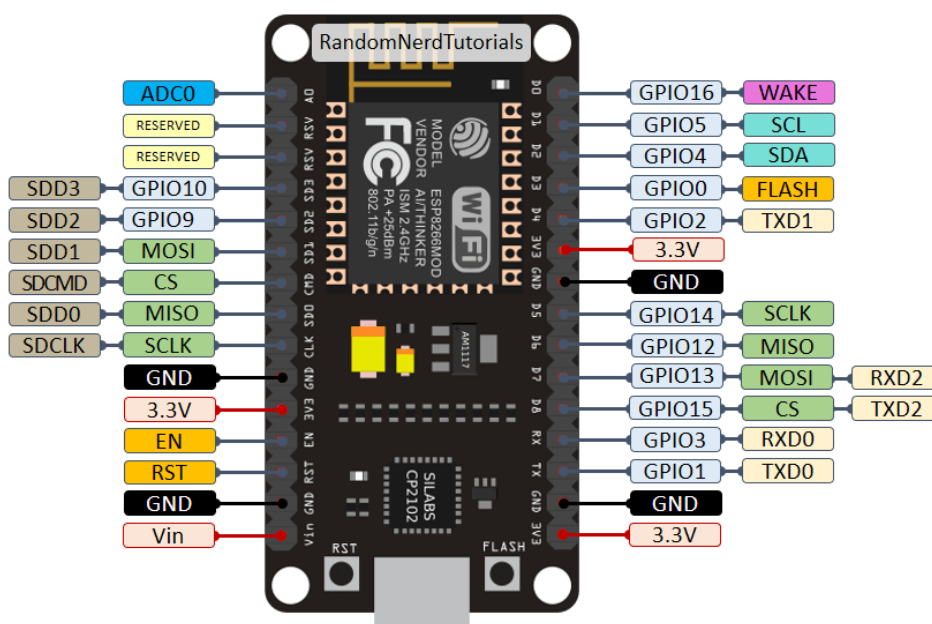
O módulo Wifi ESP8266 NodeMCU é uma placa de desenvolvimento que combina o chip ESP8266, uma interface usb-serial e um regulador de tensão 3.3V. A programação pode ser feita usando LUA ou a IDE do Arduino, utilizando a comunicação via cabo micro-usb. (<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-wifi-esp8266-nodemcu-esp-12/> , Acesso em: 21 de Nov, 2021).

Este será o microcontrolador utilizado para desenvolver o funcionamento do programa da esteira, que será usado o IDE Arduino em código C++. Foi escolhido pois foi o utilizado em aula, por ser mais barato e potente que outros microcontroladores.

Pinagem

A pinagem do Módulo NodeMCU-ESP8266, como ser visto na figura 1.

Figura 1 - Pinagem ESP8266



Fonte: <https://randomnerdtutorials.com/esp8266-pinout-reference-gpios/>, Acesso em: 21 de Nov, 2021

Especificações do Módulo:

Especificações:

- Módulo NodeMcu Lua ESP-12E
- Versão do módulo: V2
- Memória flash: 4 MB
- Tensão de operação:
 - Pinos Digitais: 3,3 V
 - Pino Analógico: 1,0 V
- Wireless padrão 802.11 b/g/n
- Antena embutida
- Conector micro-usb para programação e alimentação
- Modos de operação: STA/AP/STA+AP
- Suporta 5 conexões TCP/IP
- Portas GPIO: 13
 - *D0 (GPIO16) só pode ser usado como entrada ou saída, não suporta outras funções (interrupção, PWM, I2C, etc)*
- GPIO com funções de PWM, I2C, SPI, etc
- Resolução do PWM: 10 bits (valores de 0 a 1023)
- 01x Conversor analógico digital (ADC)
- Distância entre pinos: 2,54 mm
- Dimensões: 49 x 26 x 7 mm (sem considerar os pinos)

(<https://www.robocore.net/wifi/nodemcu-esp8266-12-v2>, Acesso em: 21 de Nov, 2021)

2.2 SOFTWARES

Software é um conjunto de instruções e dados para controlar um funcionamento em um computador. E neste tópico será detalhado os softwares que foram utilizados para o desenvolvimento do projeto e peças que o compõem.

2.3 Python

Python é uma linguagem de alto nível e Open-Source, ou seja, livre para desenvolver e publicar. Lançada em 1991, hoje em dia é uma das linguagens de programação mais utilizada pelos programadores ao redor do mundo, seja por sua facilidade de escrever e ler códigos, por sua biblioteca vasta e recursos poderosos. Para este projeto utilizaremos a última versão disponível no momento a 3.9.12. Esta linguagem foi a escolhida por possuir os recursos e compatibilidade necessária que conecte todos os componentes que serão utilizados no sistema.

Fonte: <https://www.python.org>, Acesso em: 21 de Nov, 2021

Para desenvolver e compilar os programas será usado a plataforma de código aberto Spyder que é um ambiente de desenvolvimento em Python. Onde também será necessário fazer o download de algumas bibliotecas necessárias.

Fonte: <https://www.spyder-ide.org>, Acesso em: 04 de Jun, 2022

Através do PIP do Spyder é necessário instalar as seguintes bibliotecas usando estes comandos de instalação de pacotes:

Opencv: `pip install opencv-python`

Pyserial: `python -m pip install pyserial`

2.4 Arduino IDE

Arduino Integrated Development Environment é uma plataforma de desenvolvimento de códigos em C e C ++ feita para ser usada em qualquer placa Arduino ou outras que suporte esta IDE. No caso utilizaremos o Módulo WiFi ESP8266 NodeMcu que suporta a IDE do Arduino para escrever códigos.

Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arduino_Logo.svg, Acesso em: 21 de Nov, 2021

2.5 OpenCV

O OpenCV é uma biblioteca Python de livre acesso para desenvolvimento de aplicativos de visão computacional desenvolvida pela Intel, em 2000. Ele serve para processar em tempo real imagens obtidas por uma câmera, reconhecendo objetos e fazendo análises visuais.

Fonte: <https://opencv.org>, Acesso em: 21 de Nov, 2021

2.6 Fusion 360

O Autodesk Fusion 360 é uma plataforma de software de modelagem 3D, usada para fabricar e projetar peças e produtos. Neste projeto foi utilizado este software na versão gratuita para modelagem e plotagem de todas as peças fabricadas que compões a esteira e a partir das cotas foram fabricadas as peças necessárias.

Fonte: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/fusion-360-extensions/fusion-logo/>,
Acesso em: 21 de Nov, 2021

2.7 Fritzing

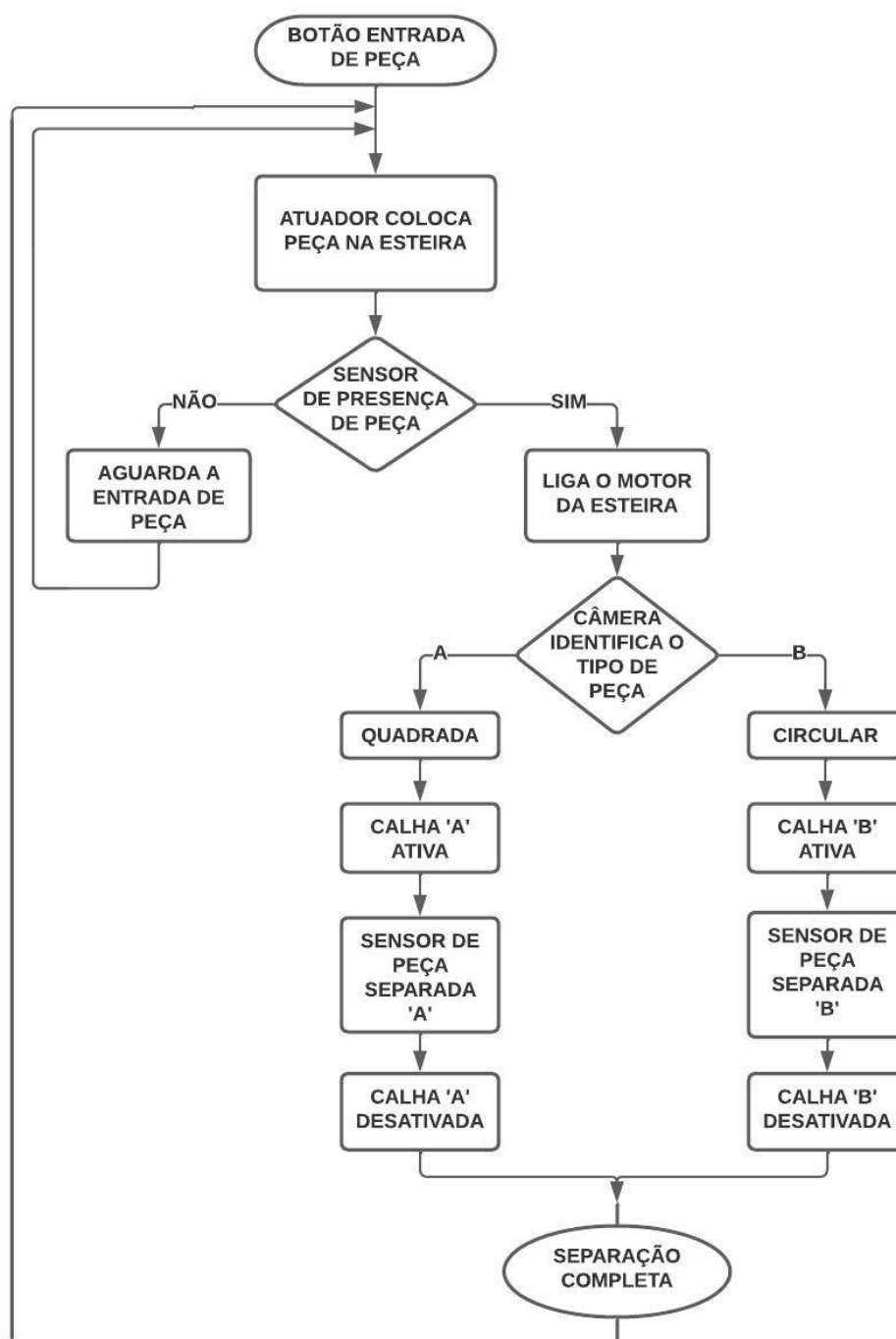
O Fritzing é uma plataforma de desenvolvimento de software tipo CAD amador para design de hardware eletrônico, possui uma biblioteca muito grande de componentes além ser possível fazer download de componentes criados por outros usuários. Para a modelagem da placa deste projeto foi usado este software em questão.

Fonte: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fritzing_logo_\(new\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fritzing_logo_(new).png), Acesso em: 4 de Jun, 2022.

3 PROJETO

A figura 2 apresenta o fluxograma de como irá funcionar a esteira, desde a entrada da peça até a saída, com ele é possível ter uma boa noção de como vai funcionar o projeto e as estações da esteira.

Figura 2 - Fluxograma de funcionamento



3.1 Esteira

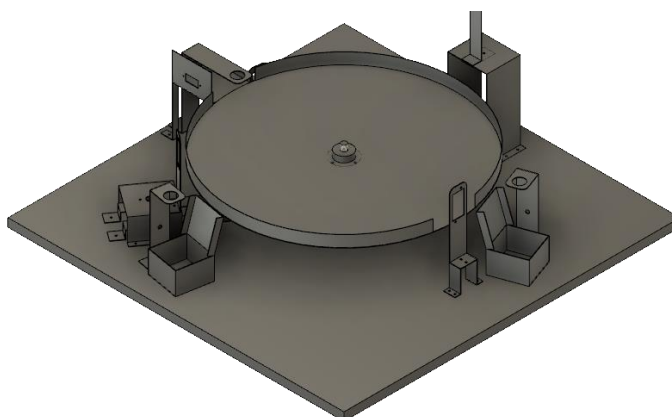
Nas figuras 3, 4 e 5 pode-se ver o modelo de esteira circular que foi escolhida, pois, a proposta é que seja um processo contínuo, que haja uma economia de espaço fabril e de recursos para fabricá-la, além de ser um projeto que nunca tinha sido visto anteriormente, ou seja, algo fora dos padrões por ter uma base rotacionada.

A princípio o movimento da esteira é basicamente um disco de alumínio fixado horizontalmente em uma base, onde um motor acoplado gira ela fazendo o transporte da peça.

A maioria dos componentes foram feitos com uma chapa de alumínio de 500 x 1000 x 1,0 mm, pois o custo não é tão alto, é maleável para cortar e modelar, porém, resistente para suportar todos os esforços necessários do projeto. A base é em MDF, pois é uma madeira resistente e barata, ela tem um revestimento superficial que aumenta a dureza superficial, ou seja, é muito difícil ela se deformar e comprometer as estruturas que nela estão.

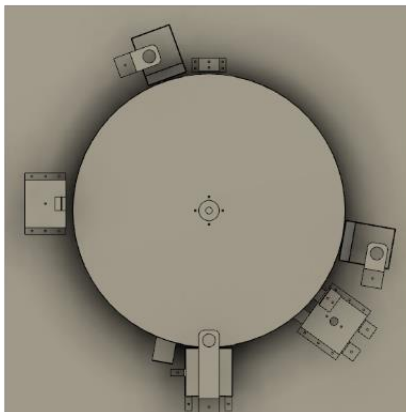
Para fabricar os componentes foi seguido um método que desse agilidade. Fazia-se o desenho da peça na chapa, se houvesse furos, seria a primeira operação, furava-se tudo com o diâmetro menor e depois escariava com um diâmetro maior para evitar rebarbas. Cortava-se a chapa seguindo o desenho que havia sido marcado, depois lixava-se as bordas para evitar cantos vivos e rebarbas.

Figura 3 - Esteira contínua montada vista frontal



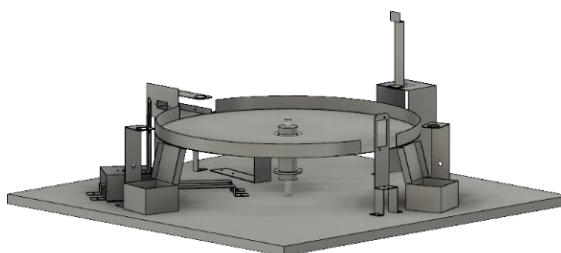
Fonte: Autores, 2022.

Figura 4 - Esteira contínua montada vista de cima



Fonte: Autores, 2022.

Figura 5 - Esteira contínua montada vista lateral



Fonte: Autores, 2022.

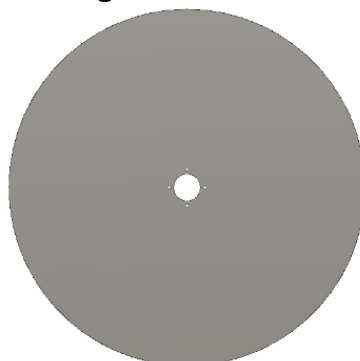
3.2 Materiais utilizados

Foi necessária uma chapa de alumínio de 1000 x 500 x 1 mm, uma base de MDF de 600 x 600 x 15 mm, quatro sensores infravermelho, um motor DC com caixa de redução, uma corrente de bicicleta, uma catraca de bicicleta, um cubo de roda traseira de bicicleta, uma ponte H LN298, um ESP 8266 Node MCU, um botão de pulso, alguns fios para conexão, três servo motores, duas barras de pinos, uma placa de fenolite ilhada etc.

3.2.1 Disco e catraca

Na figura 6 pode-se ver o disco de alumínio que foi utilizado, onde será necessária uma adaptação para a transmissão do movimento com um cubo e com uma catraca de bicicleta na figura 7. Além de uma corrente de bicicleta e duas guias de suporte.

Figura 6 - Disco



Fonte: Autores, 2021.

Figura 7 - Cubo com catraca de bicicleta



Fonte: <https://www.foegerbicicletas.com.br/DetalhesProduto.aspx?id=18676>, Acesso em: 15 de Nov. 2021

Montagem

Na figura 8 pode-se ver a montagem do cubo no disco utilizando parafusos.

Figura 8 - Disco com cubo e catraca



Fonte: Autores, 2021.

3.2.2 Base

A base do projeto será uma madeira de MDF de 600 x 600 x 15 mm de espessura. Onde a esteira e todos os outros suportes serão parafusados nela.

3.2.3 Motor

A figura 9 mostra o motor que foi dimensionado de modo que não fosse tão rápido para ter o tempo de leitura e saída da peça da esteira, além de ser necessário que ele tenha um torque alto para poder movimentar toda a estrutura que pesa cerca de 1KG. Ele possui uma caixa de redução, para aumentar o torque já que a estrutura não é leve, assim não é necessário utilizar um motor muito potente diminuindo o custo do projeto.

Foi testado um motor 330rpm e 0,63 kgf.cm onde não atendeu a necessidade do projeto, ele não tinha a força necessária e a sua velocidade é muito alta.

Figura 9 - Micromotor DC com caixa de Redução



Fonte: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQUyzQ0oplUs8jYmj0dehcmDMfybEGtcY3liMPxzIMYjF8bdYTATIUCDD86Cim_BkccgCc&usqp=CAU, Acesso em: 12 de Nov. 2021.

Especificações do Motor:

Marca: Akiyama

Modelo: AK380/5.5MF24R35CE

Tensão de Operação: 12v

Rotação em vazio: 83rpm

Rotação com carga máxima: 65,4rpm

Torque: 11,10 kgf.cm

Corrente: 6A

Potência: 72W

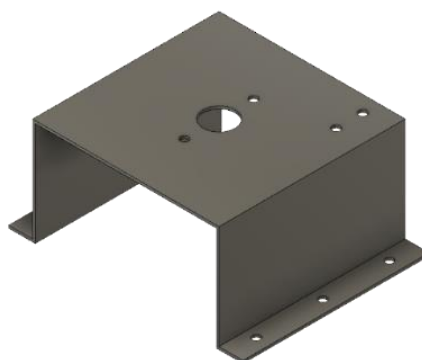
Diâmetro do eixo: 6mm

Peso: 310g

Dimensão: 37x108,6mm

A figura 10 mostra o suporte do motor que foi dimensionado para ser robusto e suportar o esforço que o motor faz para girar o conjunto, ele já foi pensado para o motor ser acoplado e já servir de base para o suporte do servo motor Mg995 que será utilizado para direcionar a peça para a saída.

Figura 10 - Suporte para o Motor



Fonte: Autores, 2021

A figura 11 mostra as guias da corrente que são extremamente necessárias para que o motor transmita o giro para a catraca através de uma corrente sem ela ficar caindo. Normalmente os sistemas de transmissão por corrente são feitos com os elos no sentido horizontal, assim, não tendo problema de caimento por gravidade, somente

se a catraca e o pinhão estiverem desalinhados, mas neste caso ela está com os elos no sentido vertical, por conta disso ela apresenta um caimento por gravidade. Portanto é necessário colocar guias de apoio de modo que a corrente deslize sobre delas.

Figura 11 - Guias da corrente

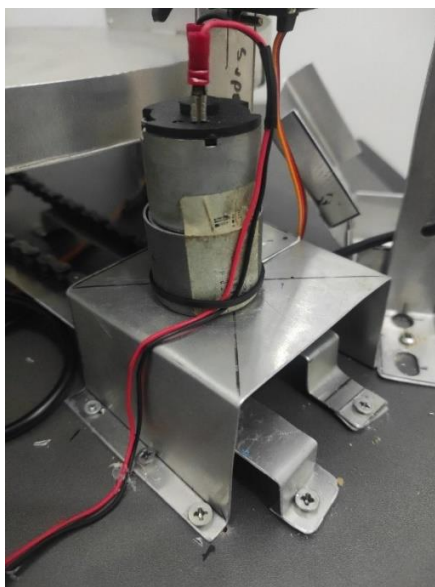


Fonte: Autores, 2021

Montagem

Na figura 12 é possível ver a montagem do motor no suporte e as guias parafusadas na base.

Figura 12 - Motor montado e acoplado no Disco



Fonte: Autores, 2022

3.2.4 Sensores de posição da peça

Nas figuras 13, 14, 15, 16, 17 e 18 estão os componentes que foram utilizados. O Sensor de Proximidade Infravermelho E18-D80NK para captar a entrada de peça, parada e separação de peça tipo 'A' e tipo 'B' após a separação quando as peças caírem na caixa. E será necessário um suporte para cada um dos sensores, onde a altura deles foi dimensionada para a melhor captação do sensor em relação ao tamanho da caixinha.

Componentes:

4x Sensores de Proximidade Infravermelho E18-D80NK OEM

4x Resistores de 10k Ω

4x Suportes para os Sensores

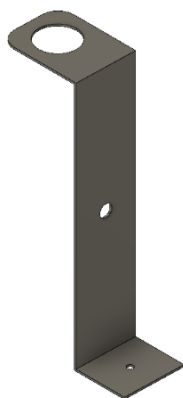
Figura 13 - Sensor infravermelho E18-D80NK



Fonte: <https://www.baudaeletronica.com.br/sensor-de-proximidade-infravermelho-e18-d80nk.html>, 9 de MAI, 2022.

Este é um sensor profissional e muito preciso, ideal para esta aplicação. Funciona de maneira simples igual outros tipos de infravermelhos onde um transmissor e um receptor infravermelho detectam a peça e pode ser regulado de 3cm a 80cm de distância de detecção. Onde ele manda um sinal de saída digital para a leitura do microcontrolador.

Figura 14 - Suporte para os sensores 'A' e 'B'



Fonte: Autores, 2021

Figura 15 - Suporte sensor de entrada



Fonte: Autores, 2022

Figura 16 - Suporte sensor de parada



Fonte: Autores, 2022

Figura 17 - Resistor 10kΩ



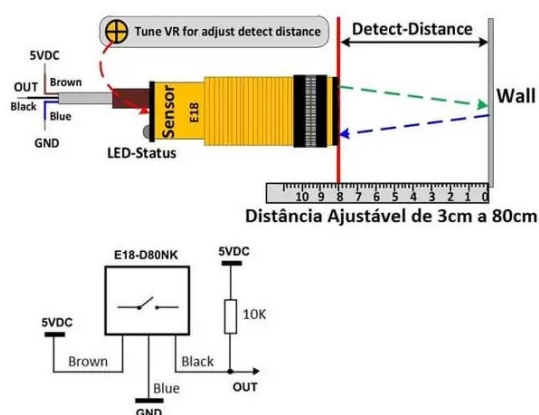
Fonte: <https://www.baudaeletronica.com.br/resistor-10k-5-1-4w.html>, Acesso em: 04 de JUN, 2022.

Especificações do Sensor E18-D80NK:

- Marca: OEM
- Modelo: E18-D80NK
- Tensão de entrada: +5V DC
- Consumo de corrente: > 25mA (min) ~ 100mA (max)
- Dimensão: 1,7 cm (diâmetro) x 4,5 cm (comprimento)
- Comprimento do cabo: 45cm
- Detecção de objetos: transparentes ou opacos
- Tipo refletivo difuso
- Faixa de detecção: 3cm a 80cm (depende da superfície do obstáculo)
- Saída NPN (normalmente alta)
- Temperatura ambiente: -25 °C ~ 55 °C
- Configuração de pinos
- Fio Marrom: +5V
- Fio Azul: GND
- Fio Preto: SAÍDA DIGITAL

(https://www.usinainfo.com.br/index.php?controller=attachment&id_attachment=75) Acesso em: 4 de Jun, 2022.

Figura 18 - Especificação



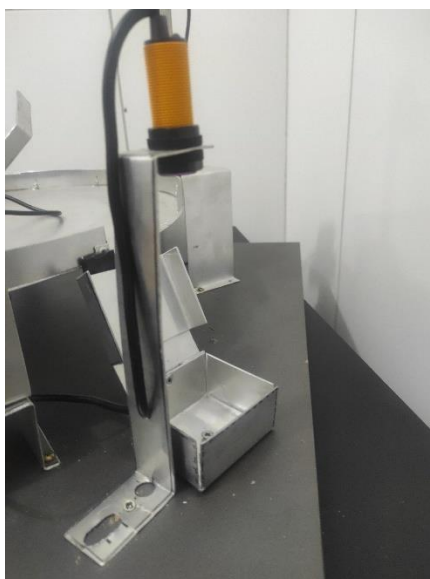
Fonte: <https://www.adrobotica.com/produto/sensor-de-reflectancia-infravermelho-e18-d80nk/>, Acesso em: 9 de MAI, 2022.

Para este tipo de sensor é necessário o uso do resistor de $10K\Omega$ na saída de 5V (coletor aberto PNP).

Montagem

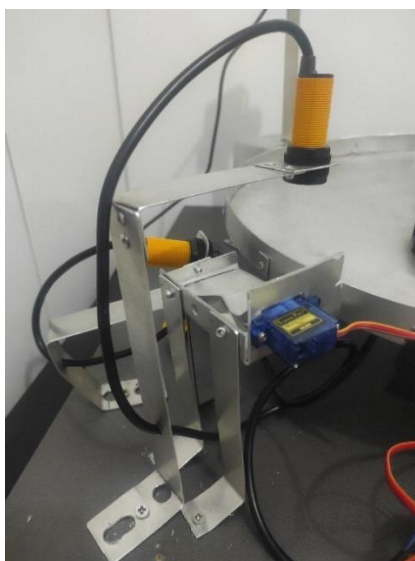
Nas figuras 19, 20, 21 é possível ver a montagem de cada um dos conjuntos de sensor e suporte.

Figura 19 - Suporte montado 'A' e 'B'



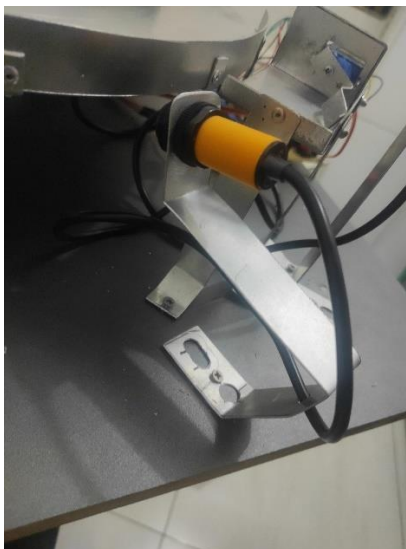
Fonte: Autores, 2022.

Figura 20 - Suporte montado Entrada



Fonte: Autores, 2022.

Figura 21 - Suporte montado Parada



Fonte: Autores, 2022.

3.2.5 Atuador de entrada

Para a entrada de peça será utilizado um atuador que empurra a peça para dentro da esteira para dar o início do processo como está mostrado nas figuras 22, 23, 24 e 25. Onde o operador posiciona a peça na base e aciona o botão para ela entrar na esteira. Para isso será necessário montar este atuador com um servo, uma haste de direção e o suporte do sistema.

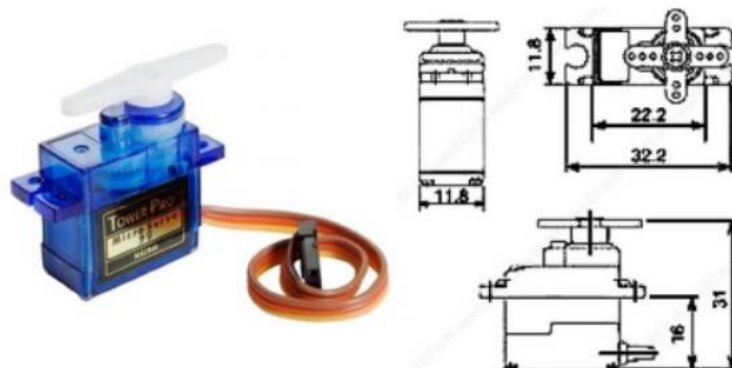
Componentes:

1x Servo 9g SG90 Tower Pro;

1x Haste de alumínio;

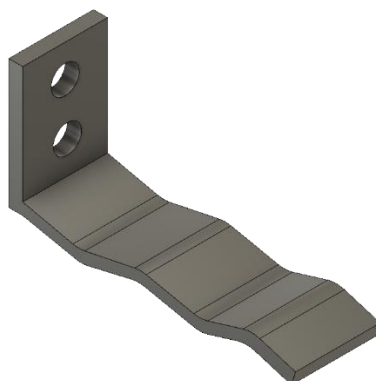
1x Suporte base.

Figura 22 - Servo motor 9g SG90



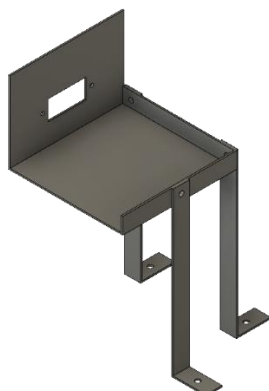
Fonte: <https://datasheetspdf.com/pdf/791970/TowerPro/SG90/1>, Acesso em: 04 de JUN, 2022.

Figura 23 - Haste de direcionamento



Fonte: Autores, 2022.

Figura 24 - Suporte do sistema de entrada

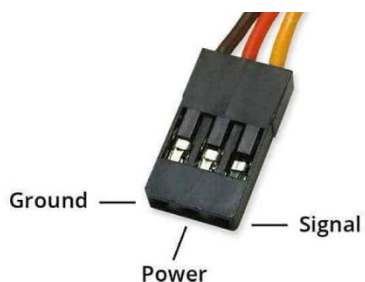


Fonte: Autores, 2022.

Especificações do Servo 9g SG90:

- Modelo: SG90
- Marca: CF Sunbird / Tower Pro
- Peso: 9 g
- Dimensão: 22,2 x 11,8 x 31 mm aprox.
- Torque de estol: 1,8 kgf·cm
- Velocidade de operação: 0,1 s/60 graus
- Tensão de operação: 4,8 V (~5V)
- Largura da banda morta: 10 μ s
- Faixa de temperatura: 0 °C - 55 °C

Figura 25 - Especificações



Vermelho = VCC (+)

Marrom = GND (-)

Laranja = Sinal

Fonte: <https://www.pcboard.ca/sg90-servo>, Acesso em: 04 de JUN, 2022.

Montagem

Na figura 26 está a montagem do sistema de entrada da esteira.

Figura 26 - Montagem do Sistema de Entrada



Fonte: Autores, 2022.

3.2.6 Calhas de separação

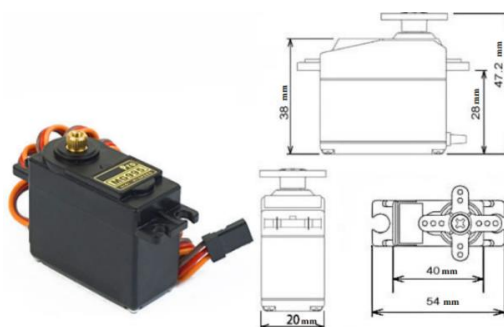
Nas figuras 27, 28 e 29 pode-se ver os componentes necessários para direcionar as peças para as saídas. Para separar a peça para fora da esteira será usado um Servo MG995 180° com uma haste de alumínio levemente inclinada acoplada nele, para que tal forma a peça seja direcionada para fora da esteira. Seja para o tipo 'A' ou tipo 'B'.

Componentes:

2x Servos MG995 180° Tower Pro

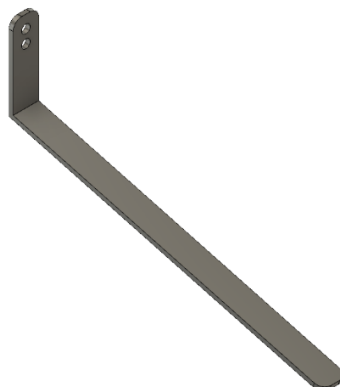
2x Calhas de alumínio

Figura 27 - Servo MG995 180°



Fonte: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132435/ETC2/MG995.html>, Acesso em: 13 de MAI, 2022.

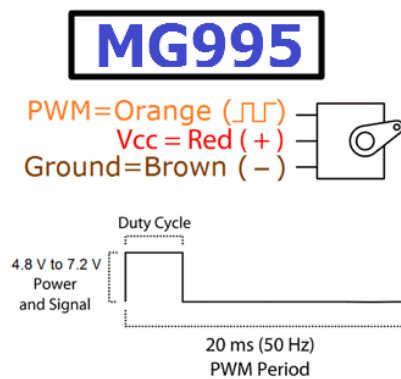
Figura 28 - Haste de alumínio



Fonte: Autores, 2021

Especificações do Servo MG995:

- Marca: CF Sunbird / Tower Pro
- Modelo: MG995
- Peso: 55 g
- Dimensão: 40,7 x 19,7 x 42,9 mm aprox.
- Torque de parada: 8,5 kgf.cm (4,8 V), 10 kgf.cm (6 V)
- Velocidade de operação: 0,2 s/60° (4,8 V), 0,16 s/60° (6 V)
- Tensão de operação: 4,8 V a 7,2 V
- Largura da banda morta: 5 µs
- Projeto de rolamento de esferas duplo estável e à prova de choque
- Faixa de temperatura: 0 °C – 55 °C31150-MP
- Ângulo de rotação: 120°. (+- 60 do centro)
- Engrenagens de Metal para maior vida útil

Figura 29 - Especificações

Fonte: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132435/ETC2/MG995.html>, Acesso em: 13 de MAI, 2022.

Montagem

Na figura 30 é possível ver o sistema com a calha aberta e na figura 31 com a calha fechada.

Figura 30 - Calha aberta

Fonte: Autores, 2022

Figura 31 - Calha Fechada

Fonte: Autores, 2022

3.2.7 Câmera selecionadora

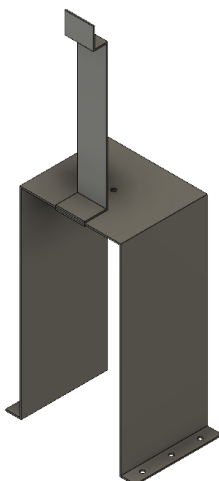
Será necessária uma Webcam USB de qualquer tipo para este projeto, no caso será utilizada a da figura 32 que é um modelo FULL HD 1080P da marca Multitrust. Onde ela será usada para capturar a imagem das peças que passarem por ela, enviando o sinal para a porta serial do Arduino e sendo tratado pelo microcontrolador e por fim fazendo a decisão para os atuadores que farão a separação das peças. Além de um suporte para a câmera no projeto que está demonstrado na figura 29, com altura de 240 mm para a melhor visualização das peças, onde essa altura implica na programação dos parâmetros de identificação de cada peça.

Figura 32 - Câmera



Fonte: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1785435957-webcam-full-hd-1080p-usb-mini-cmera-computador-c-microfone-_JM, Acesso em: 18 de Nov. 2021.

Figura 33 - Suporte da Câmera

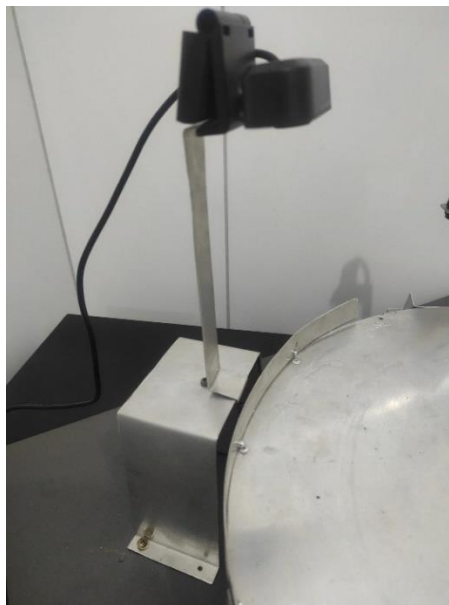


Fonte: Autores, 2022.

Montagem

Na figura 34 pode-se ver como ficou a montagem da câmera no seu respectivo suporte.

Figura 34 - Câmera acoplada ao suporte

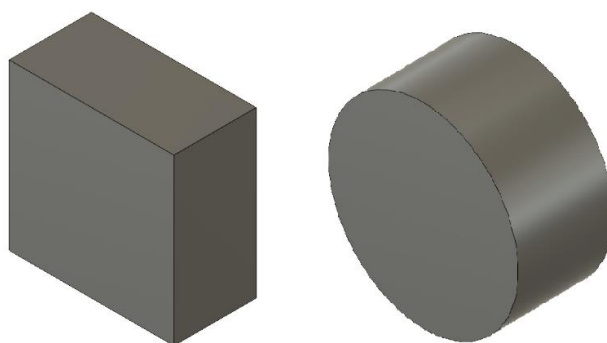


Fonte: Autores, 2022.

3.2.8 Peças Teste

Para testar a seleção da câmera e o programa visual será utilizado duas peças que estão representadas na figura 35; uma quadrada (tipo 'A') e uma circular (tipo 'B'). Onde o objetivo é fazer com que o software consiga diferenciá-las.

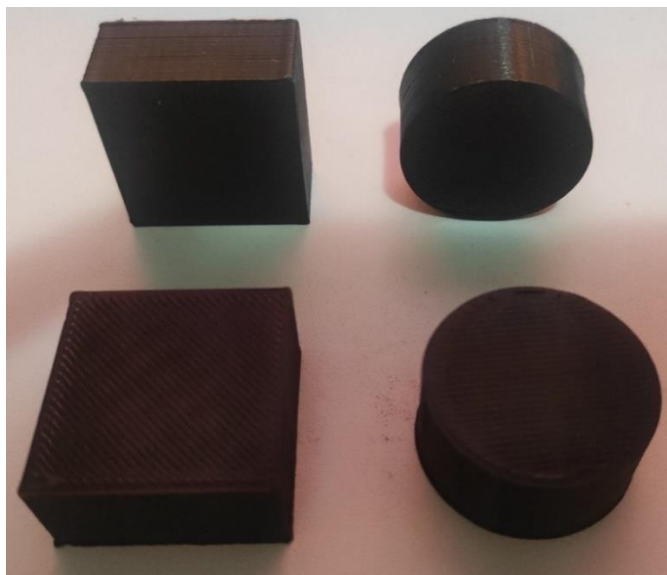
Figura 35 - Peças



Fonte: Autores, 2022

A figura 36 mostra as peças que foram modeladas e impressas dois pares na impressora 3D da Fatec Santo André, utilizando o filamento PLA preto para ter um contraste melhor com o alumínio facilitando a visão da câmera. A peça quadrada tem 30 x 30 mm de largura e espessura de 15 mm e a peça redonda tem 30 mm de diâmetro e 15 mm de espessura, essas são as dimensões que cabem no projeto.

Figura 36 - Peças impressas



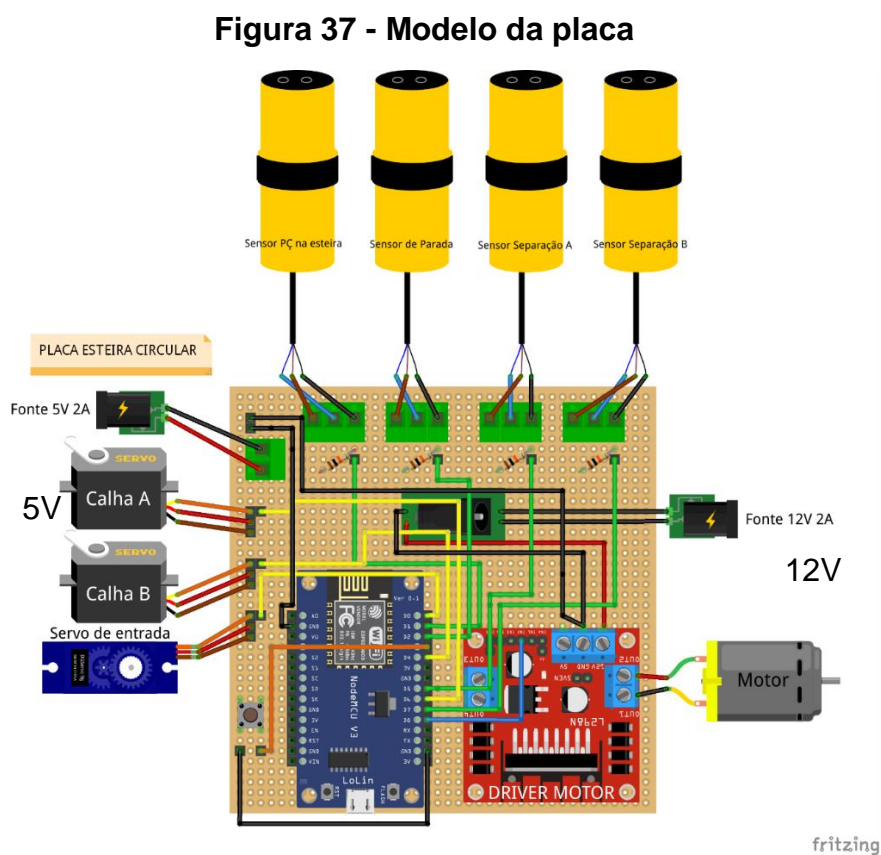
Fonte: Autores, 2022

3.3 Eletrônica e programação do Projeto

Nos próximos tópicos estará disponível toda a parte eletrônica com detalhes de componentes e como foram escolhidos. Além dos detalhes da programação e integração das duas linguagens.

3.3.1 Placa

Na figura 37 pode ser visto a placa que foi desenvolvida para a alimentação do projeto e pinagem com o NodeMCU. Foi necessária uma placa eletrônica de fenolite perfurada. Além dos componentes que serão soldados nela e módulos que iram ser colados com cola quente.



Fonte: Autores, 2022.

Componentes:

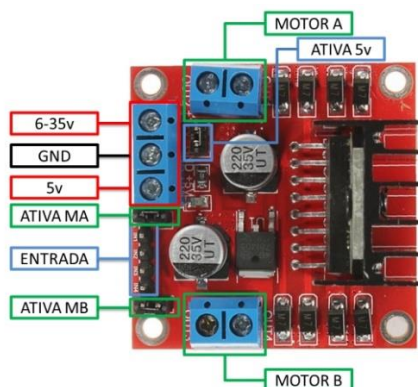
- 1x Placa de fenolite perfurada 10x10mm
- 1x Fonte 5V 2A
- 1x Fonte 12V 2A P4
- 1x Push Botton

- 4x Bornes 3 vias
- 1x Borne 2 vias
- 1x Modulo de alimentação jack P4
- 2x Barras de pino Macho
- 1x Barra de pino Fêmea
- 1x Driver Motor Ponte H - L298N
- 1x Pacote de Jumpers Fêmea-Fêmea
- 1x Nodemcu ESP8266

3.3.2 Driver Motor Ponte H - L298N

Na figura 38 pode-se ver a ponte H, que é um módulo de controle de cargas, motores etc. que permite controlar o sentido e a rotação do motor utilizando a modulação PWM do microcontrolador. No caso deste projeto utilizaremos a porta D8 PWM do ESP 8266.

Figura 38 - Driver Ponte H L298N



Fonte: <https://www.filipeflop.com/blog/motor-dc-arduino-ponte-h-l298n/>, Acesso em: 4 de JUN, 2022.

ESPECIFICAÇÕES PONTE H L298N:

Tensão de Operação: 4~35v

Chip: ST L298N

Controle de 2 motores DC ou 1 motor de passo

Corrente de Operação máxima: 2A por canal ou 4A max

Tensão lógica: 5v

Corrente lógica: 0~36mA

Limites de Temperatura: -20 a +135°C

Potência Máxima: 25W

Dimensões: 43 x 43 x 27mm

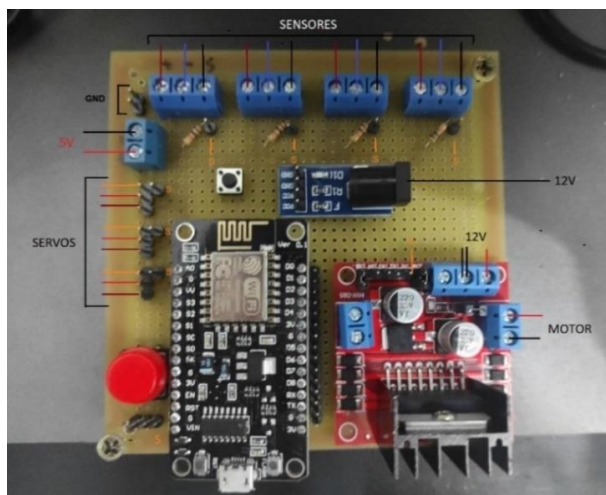
Peso: 30g

(<https://www.filipeflop.com/blog/motor-dc-arduino-ponte-h-l298n/>, Acesso em: 4 de Jun, 2022)

Montagem

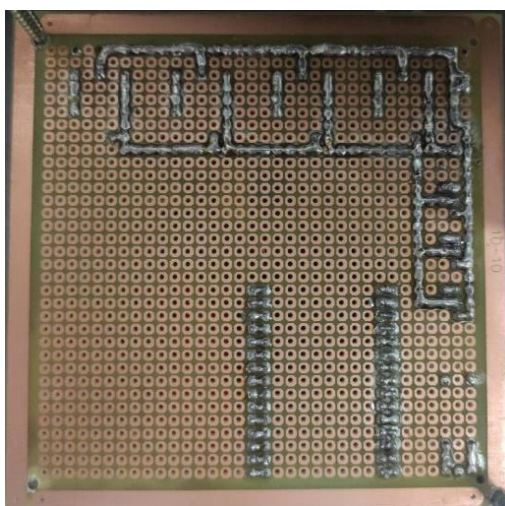
Nas figuras 39 e 40 pode-se ver a montagem da placa eletrônica do projeto.

Figura 39 - Placa



Fonte: Autores, 2022.

Figura 40 - Solda da Placa



Fonte: Autores, 2022.

3.3.3 Lógica de programação

A estrutura do programa da esteira funciona dessa forma: os sensores indicam onde a peça está e dessa forma os atuadores são acionados ou desligados, seja o motor ou os servomotores. A câmera funciona como um sensor que indica o tipo de peça e a partir disso é feita a separação. Onde o programa de funcionamento da esteira é feito pelo microcontrolador no Arduino IDE e a seleção da câmera no OpenCV via Spyder.

Para início da programação é necessário configurar o que é entrada e saída. Entradas são por exemplo: sensores, botões, potenciômetros etc. Saídas são motores, leds, atuadores etc. Que são definidas para a lógica do microcontrolador, o que ele irá ler e o que ele vai escrever o estado.

Para este projeto serão utilizadas as seguintes entradas e saídas:

- Entradas:

- Botão de entrada de peça – Start;

- Sensor de entrada de peça;

- Sensor de Parada de posição inicial;

- Sensor de peça separada na caixa A;

- Sensor de peça separada na caixa B.

- Saídas

- Servo atuador de entrada

- Motor;

- Servo calha A;

- Servo calha B.

4 FUNCIONAMENTO DA ESTEIRA

O funcionamento da esteira, dos componentes e dos programas estarão detalhados nos próximos tópicos.

4.1 Funcionamento Microcontrolador

Após as configurações, a lógica de programação funciona de maneira que quando é colocado uma peça na entrada de peça e apertado o botão de entrada de peça; o atuador coloca a peça na esteira que aciona o sensor de presença de peça e a partir dessa confirmação o motor liga, senão houver peça aguarda a entrada de peça.

A seleção de qual calha fechará é feita por Comunicação Serial da porta do Microcontrolador enviado pelo programa funcionando no Spyder onde foi feito a identificação do formato das duas peças. Se o software da câmera enviar o caractere 'A' significa que a peça é quadrada e a calha 'A' será acionada e a peça cairá na caixa de peças quadradas e quando o sensor de peça separada 'A' for acionado a calha 'A' é desativada. A mesma lógica se aplica a peça circular com o caractere 'B' que aciona a calha 'B' e cai na segunda caixa e quando acionado o sensor de peça separada 'B' a calha 'B' é desativada.

Quando as peças estiverem nas caixas significa que a separação foi completa. Se houver peça nas duas caixas o motor desliga quando é acionado o sensor de parada de posição inicial.

4.2 Funcionamento Câmera

A webcam pode ser de qualquer tipo, serve apenas para visualizar a imagem no software e a qualidade dela pode interferir no programa de visão computacional por isso a webcam utilizada é FULL HD para melhor nitidez. Primeiramente é conectado ela no USB do computador junto com o microcontrolador.

O OpenCV reconhece a webcam quando é conectada e consegue abrir sua imagem dentro do Spyder. Além disso ele permite o desenvolvimento de um programa a partir de uma imagem, dessa forma definir qual o formato da peça. A imagem é transformada em cinza para melhor contraste de cores e depois desfocada para remoção de ruídos.

O Pyserial envia a informação de qual peça está na esteira para o microcontrolador via porta serial COM, a porta depende de qual entrada USB ele está. Se a peça for quadrada é enviado o caractere 'A' para o microcontrolador e se for circular é enviado o caractere 'B'.

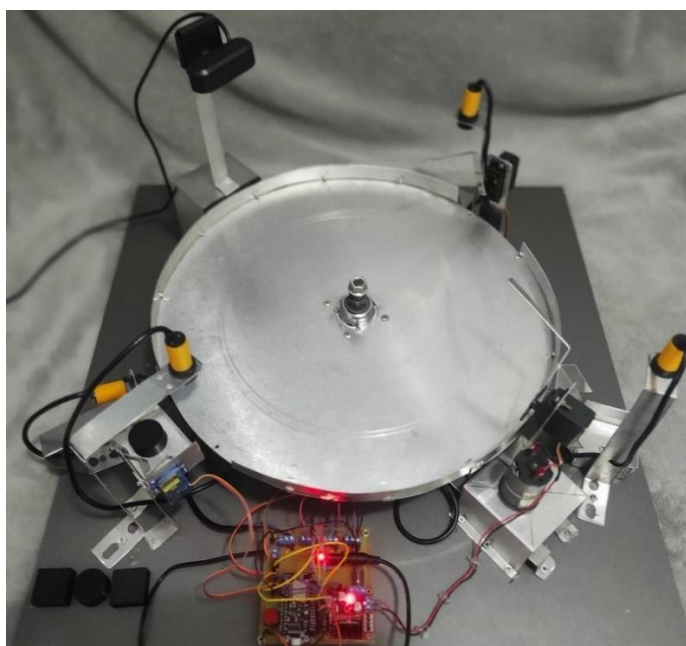
Para diferenciar a peça quadrada da circular será usado uma técnica matemática chamada **Transformada de Hough** onde ela é utilizada para detecção de formas geométricas. Existe um comando no OpenCV que permite utilizar as funções HoughCircles e HoughLines, onde serão usadas para decidir se a peça é circular ou quadrada respectivamente. Além disso é possível ajustar os parâmetros de detecção, como tamanho máximo, mínimo e precisão do objeto.

Para este projeto os parâmetros dentro do programa foram definidos para melhor precisão de detecção levando em conta as duas funções utilizadas. Para o círculo foi necessário parâmetros menores e para o quadrado parâmetros maiores. A altura da câmera em relação a esteira foi definida após vários testes com base nesses parâmetros, e a altura final foi a que serviu para este projeto.

5 MONTAGEM FINAL E RESULTADOS

Na figura 41 pode-se ver a montagem final do projeto proposto.

Figura 41 - Montagem Final



Fonte: Autores, 2022.

Depois de muitos testes, na montagem final foi utilizado a velocidade no motor de padrão 33 RPM, onde foi obtido resultados satisfatórios e com o menos números de erros e falhas na esteira, é possível aumentar a rotação no programa, mas pode gerar falhas no processo. E para diversas situações de seleção foi obtido os seguintes dados.

Tabela 1 - Tempo de uma peça dar uma volta completa

Peça	Tempo
Quadrada	10 segundos
Circular	15 segundos

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 2 - Tempo de separação de peças em serie com as duas estações

Peça	Tempo
Quadrada	20 segundos
Circular	25 segundos

Fonte: Autores, 2022.

Ou seja, em média a esteira consegue separar 160 peças por hora.

5.1 Roteiro do projeto

Tabela 3 - Cronograma do TCC 2021 a 2022

	2021					2022						
	Jun	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Ma	Jun
Discussão do tema	x	x	x									
Procurando Orientador	x											
Pesquisa do Projeto	x	x	x	x	x		x	x	x	x		
Atualizando Monografia		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Pesquisando Componentes		x	x	x	x		x	x	x			
Projetando Componentes		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Fabricando Componentes				x	x	x	x	x	x	x	x	
Testes de Componentes							x	x	x	x	x	
Testes do Projeto								x	x	x	x	x

Fonte: Autores, 2022.

5.2 Custos

Tabela 4 - Componentes e Custos

Componentes	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Borne 2 Vias	1	R\$ 1,00	R\$ 1,00
Borne 3vias	4	R\$ 1,25	R\$ 5,00
Catraca de Bicicleta	1	R\$ 15,97	R\$ 15,97
Chapa de Alumínio 500 x 1000 x 1 mm	1	R\$ 118,41	R\$ 118,41
Chapa de MDF	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Corrente de Bicicleta	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Cubo de Bicicleta	1	R\$ 18,00	R\$ 18,00
Disco de Corte	1	R\$ 4,00	R\$ 4,00
Esmerilhadeira	1	R\$ 4,00	R\$ 4,00
Esp8266 NodeMCU	1	R\$ 40,00	R\$ 40,00
Micromotor DC 12 V	1	R\$ 116,97	R\$ 116,97
Módulo de Alimentação jack P4 Arduino	1	R\$ 8,00	R\$ 8,00
Modulo Ponte H	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Pacote de Arrebite C/ 20	2	R\$ 5,00	R\$ 10,00
Pacote Jumper Arduino	1	R\$ 23,00	R\$ 23,00
Parafusos Rosca M3 10mm C/ Porca	10	R\$ 0,30	R\$ 3,00
Parafusos Rosca Soberba P/ Madeira 10x3mm	20	R\$ 0,15	R\$ 3,00
Placa Fenolite	1	R\$ 11,00	R\$ 11,00
Push Boton	1	R\$ 1,00	R\$ 1,00
Resistor 10kOhm	4	RS 0,10	R\$ 0,40
Roldana de Câmbio	1	R\$ 19,99	R\$ 18,00
Sensor E18-d80nk	4	26,25	R\$ 105,00
Servo 9g MG90 180°	1	R\$ 18,00	R\$ 18,00
Servo MG995 180°	2	R\$ 50,00	R\$ 100,00
Total	62		R\$ 694,75

Fonte: Autores, 2022.

6 CONCLUSÃO

Ao final deste projeto e de todos os testes realizados foi obtido sucesso dentro da proposta inicial, que era de construir uma esteira circular, identificar e separar peças via câmera, além de integrar os sistemas para o pleno funcionamento da esteira. Ainda foi obtido êxito em correlacionar as matérias do Curso de Mecatrônica com as partes do projeto; fabricação mecânica, modelagem, eletrônica, lógica de programação, gestão de projetos, redes, inglês e comunicação.

Sobre a fabricação dos componentes foram necessárias muitas modificações ao longo do projeto para melhorias de funcionamento, para se adaptar aos componentes eletrônicos e lógica de funcionamento. A maioria dos componentes são de fabricação caseira utilizando ferramentas simples de fácil manuseio, como; esmerilhadeira, morsa, lima, furadeira e esmeril.

A parte eletrônica do projeto foi necessária muita pesquisa de funcionamento dos componentes eletrônicos utilizados, pinagem, leitura de datashet's, comunicação e melhor maneira de conservação destes. A parte de montagem dos componentes foi a parte mais difícil também, por ser necessário diversos ajustes.

Na programação foi necessário utilizar e integrar duas linguagens diferentes o C++ e Python, onde o Python foi a que gerou mais dificuldades pelo pouco uso dela anteriormente. Mas ao longo do último semestre esta linguagem foi muito utilizada, dessa forma houve grande evolução nesta etapa, além que foi necessário estudo de cursos online sobre o tema.

Os parâmetros que foram definidos para este projeto levam em consideração os diversos testes feitos de acordo com a estrutura do projeto como: velocidade, estações de entrada e saídas da esteira, distância de detecção dos sensores e precisão de leitura da câmera. É possível diversas melhorias nesses parâmetros, alterando até mesmo a estrutura da esteira, mas dentro do conceito inicial foram parâmetros que serviram para este projeto. Sem falar do custo que pode ser levado em consideração para possíveis alterações visando economia.

PROPOSTAS FUTURAS

Ao final do projeto proposto ainda existem diversas ideias de melhorias para serem possivelmente desenvolvidas no futuro. Onde estas melhorias deixariam este projeto mais completo e com outras funções adicionais.

Propostas:

Otimizar o tamanho da esteira para o tamanho das peças e alterar as estações de entrada e saída. Como fazer a entrada e saída de forma automática, integrando outro sistema.

Criar um sistema que consiga escanear outros tipos de peças e fazer com que a câmera as diferencie. Bem como diferenciar peças com defeitos de forma e marcas de peças boas.

Criar uma visualização das peças na câmera e uma interface que conte quantas peças foram separadas, ou uma interface que permita decidir o destino da peça de acordo com possíveis variações geométricas.

Ou ainda fazer com que as estações de saída levem para outro processo diferente para as peças.

REFERÊNCIAS

Referências principais:

- BARELLI, Felipe. Introdução à Orientação a Objetos com C++ e Python. (2018). Editora Casa do Código. São Paulo, Brasil.
- LUIZ, Stevan. Internet das Coisas -Fundamentos e Aplicações em Arduino e NodeMCU. (2018). Érica Saraiva. São Paulo, Brasil.

Endereços Eletrônicos:

CUBO AL. C/ROLAMENTO ROSA 6200/6000 SCORPION. Disponível em: <<https://www.foegerbicycletas.com.br/DetalhesProduto.aspx?id=18676> > Acesso em: 15 de Jan, 2022.

Datashet E18-D80NK. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/index.php?controller=attachment&id_attachment=75> Acesso em: 4 de Jun, 2022.

ESP8266 Pinout Reference: Which GPIO pins should you use?. Disponível em: <<https://randomnerdtutorials.com/esp8266-pinout-reference-gpios/>> Acesso em: 21 de Nov, 2021.

Fritzing. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fritzing_logo_\(new\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fritzing_logo_(new).png) > Acesso em: 4 de Jun, 2022.

Fusion 360. Disponível em: < <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> > Acesso em: 4 de Jun, 2022.

Home – OpenCV. Disponível em: <<https://opencv.org>> Acesso em: 21 de Nov, 2021.

MG995 Datasheet (PDF). Disponível em: < <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132435/ETC2/MG995.html> > Acesso em: 4 de Jun, 2022.

MG995 Datasheet, PDF. Disponível em: <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Mg995%20datasheet&gclid=Cj0KCQjwheyUBhD-ARIsAHJNM-Mprk8NUUELbH4dDUhr9k_4XijcOCyULyrFy5m0V1y06itr3q9ENzgaAjj-EALw_wcB > Acesso em: 4 de Jun, 2022.

Micro Motor Dc Com Caixa Redução 12v 83rpm 11.10kgf.cm. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1378365023-micro-motor-dc-com-caixa-reduco-12v-83rpm-1110kgfcm-_JM > Acesso em: 15 de Jan, 2022.

Módulo WiFi ESP8266 NodeMcu ESP-12. Disponível em:
<<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-wifi-esp8266-nodemcu-esp-12/>> Acesso em: 20 de Nov, 2021.

Motor DC com Driver Ponte H L298N. Disponível em:
<<https://www.filipeflop.com/blog/motor-dc-arduino-ponte-h-l298n/>> Acesso em: 22 de Abr, 2022.

OpenCV. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/OpenCV>> Acesso em: 21 de Nov, 2021.

Resistor 10K 5% (1/4W). Disponível em:
<<https://www.baudaeletronica.com.br/resistor-10k-5-1-4w.html>> Acesso em: 4 de Jun, 2022.

Sensor de Proximidade E18-D80NK Infravermelho NPN - Detecção 3 a 80cm. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-proximidade/sensor-de-proximidade-e18-d80nk-infravermelho-npn-deteccao-3-a-80cm-2791.html>> Acesso em: 4 de Jun, 2022.

Sensor de Proximidade Infravermelho E18-D80NK. Disponível em:
<<https://www.baudaeletronica.com.br/sensor-de-proximidade-infravermelho-e18-d80nk.html>> Acesso em: 9 de Mai, 2022.

Sensor De Reflectância Infravermelho E18-D80nk. Disponível em:
<<https://www.adrobotica.com/produto/sensor-de-reflectancia-infravermelho-e18-d80nk/>> Acesso em: 4 de Jun, 2022.

Servo TowerPro MG995 Metálico. Disponível em:
<<https://www.filipeflop.com/produto/servo-towerpro-mg995-metalico/>> Acesso em: 13 de Mai, 2022.

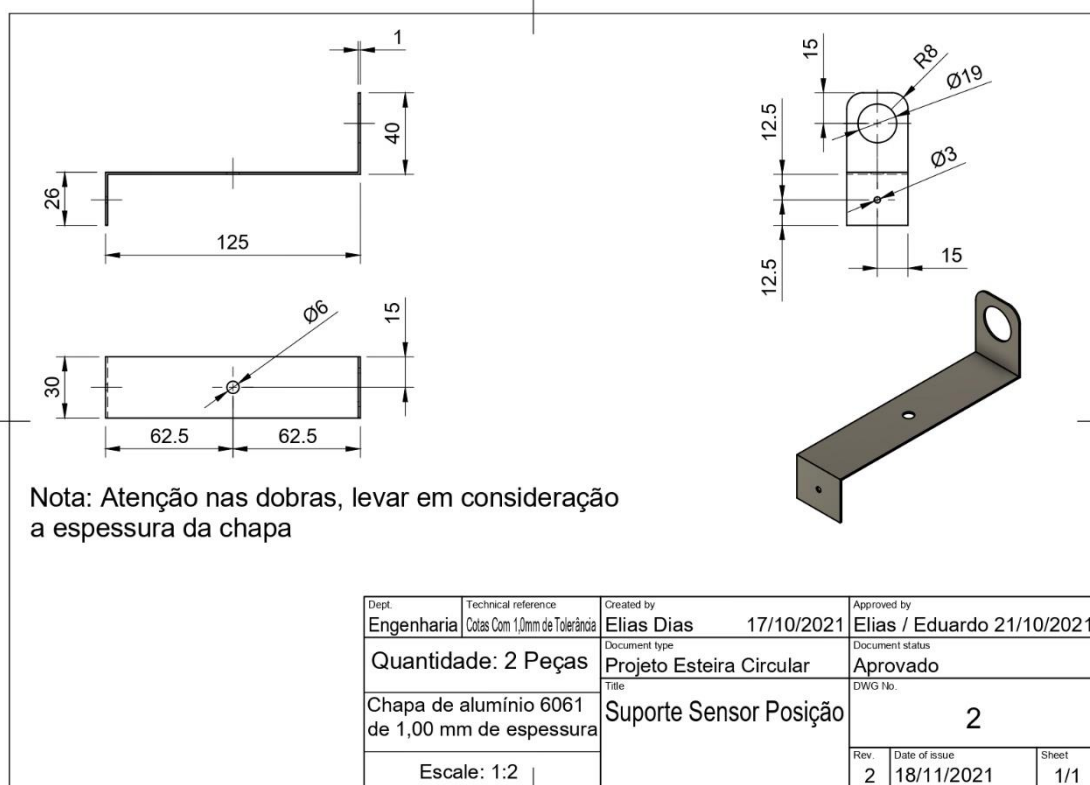
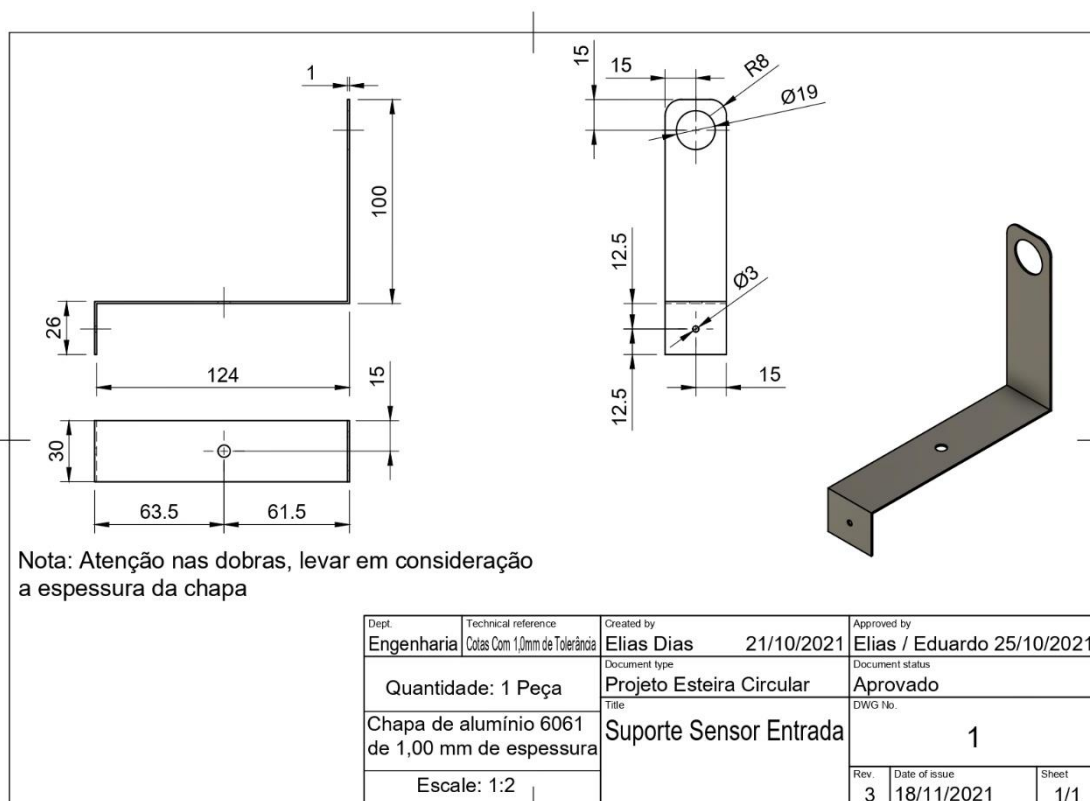
SG90 datashet. Disponível em: < <https://datasheetspdf.com/pdf-file/791970/TowerPro/SG90/1> > Acesso em: 4 de Jun, 2022.

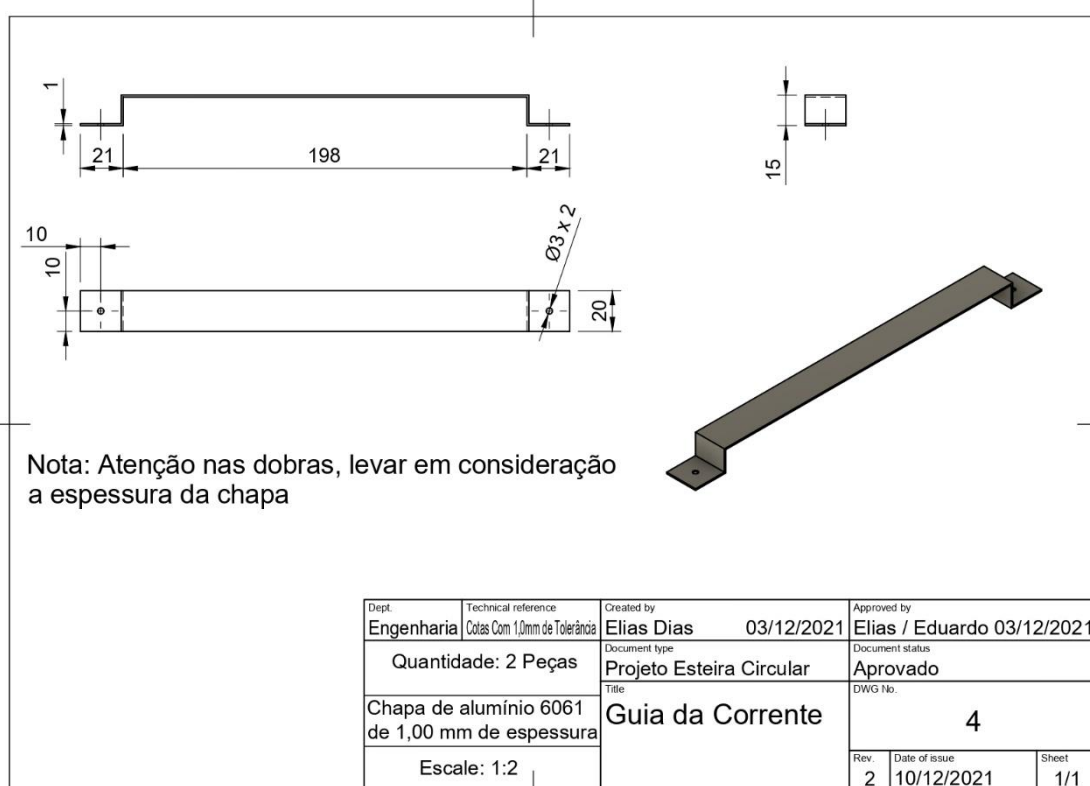
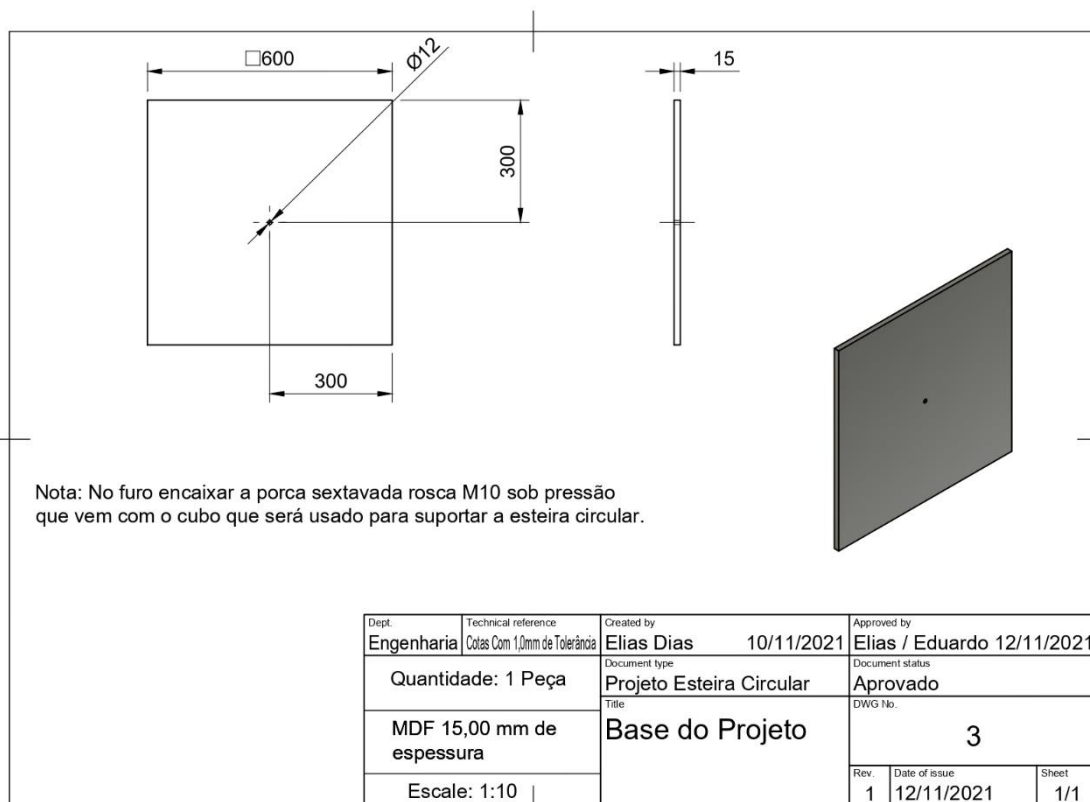
SG90 9g Micro Servo. Disponível em: < <https://www.pcboard.ca/sg90-servo> > Acesso em: 4 de Jun, 2022.

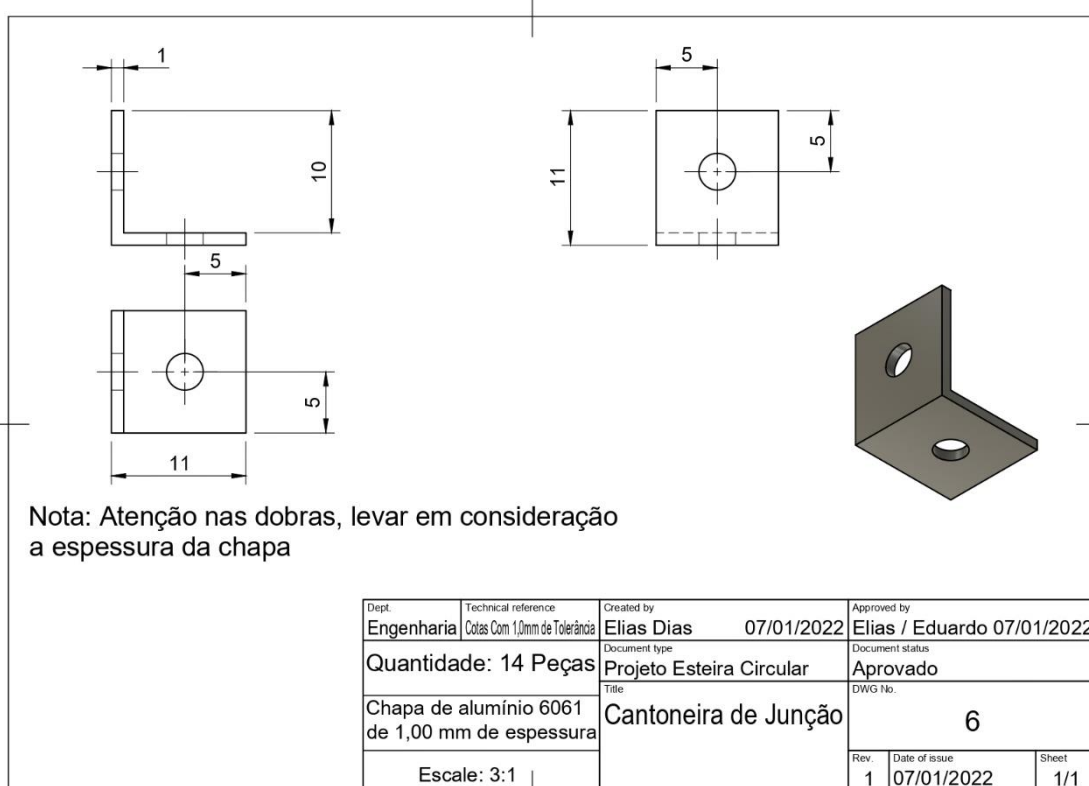
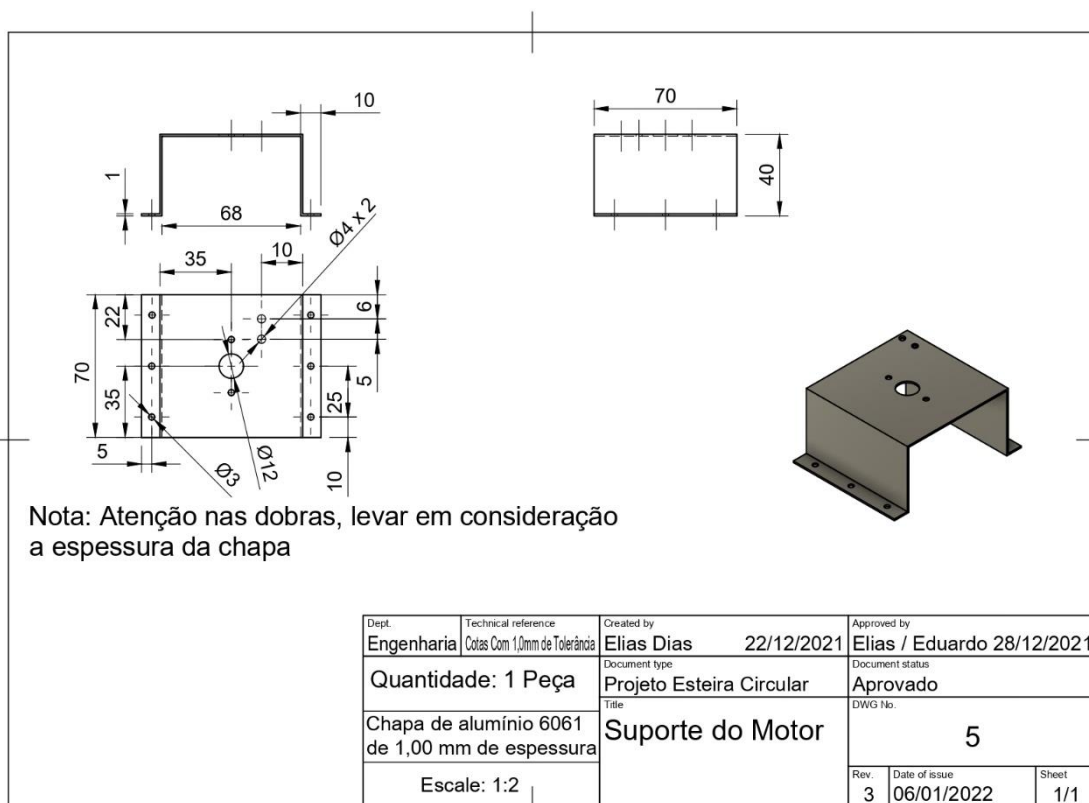
Software Arduino. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/software>> Acesso em: 21 de Nov, 2021.

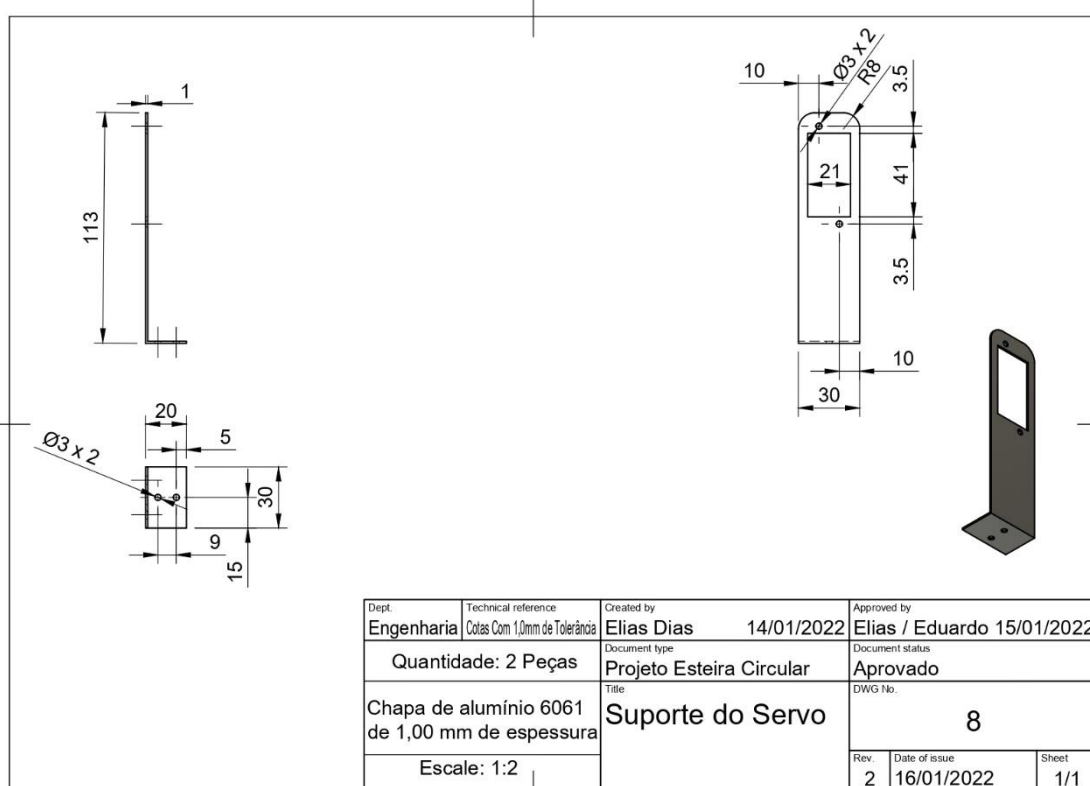
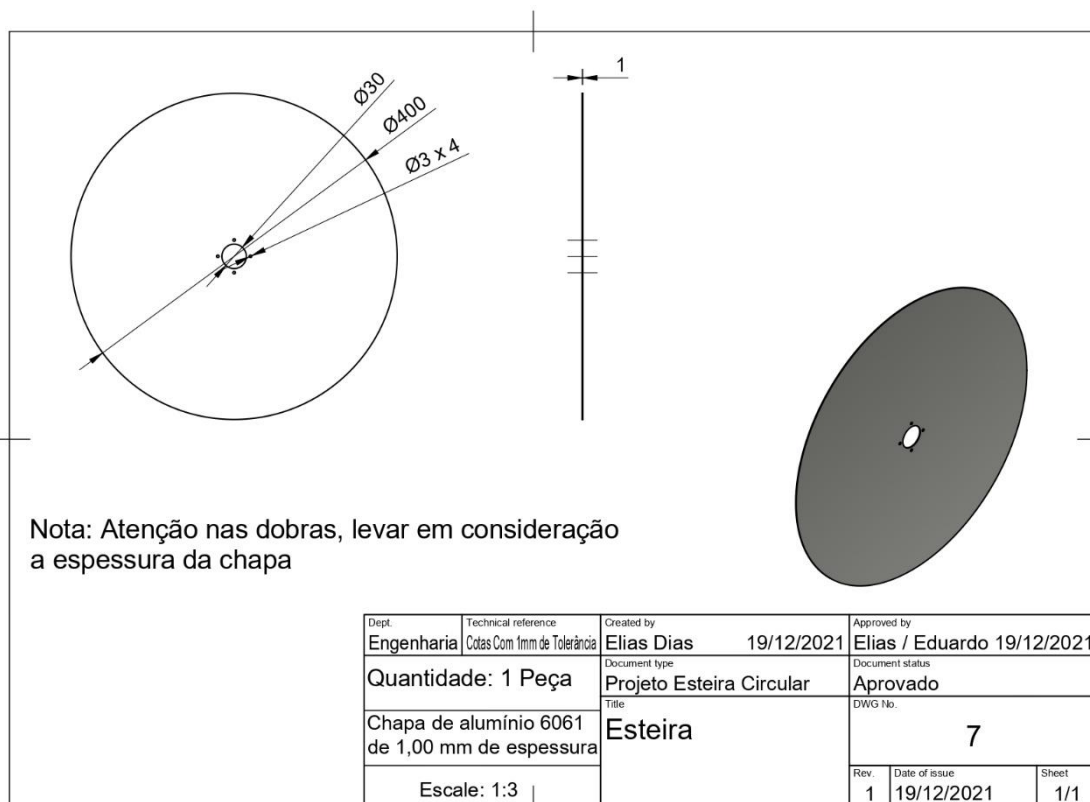
Webcam Full Hd 1080p Usb Mini Câmera Computador C/ Microfone. Disponível em: < https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1785435957-webcam-full-hd-1080p-usb-mini-cmera-computador-c-microfone-_JM > Acesso em: 17 de Fev, 2022.

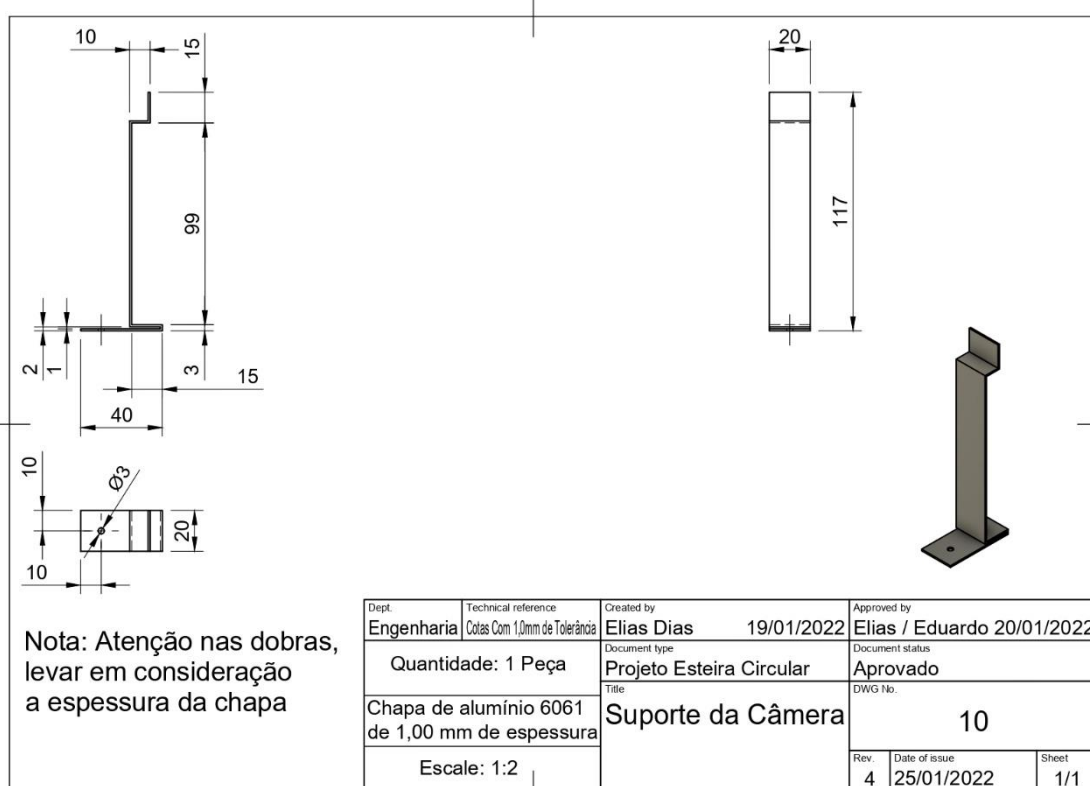
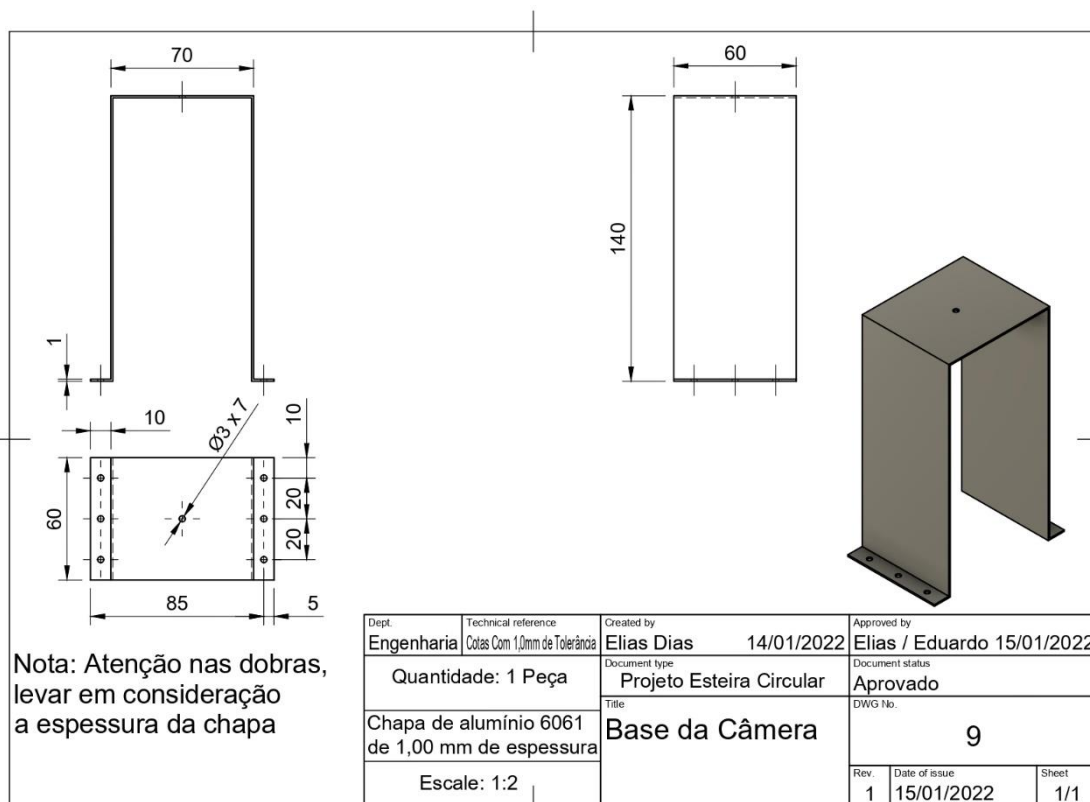
APÊNDICE A – Desenhos técnicos das peças que compõe o projeto.

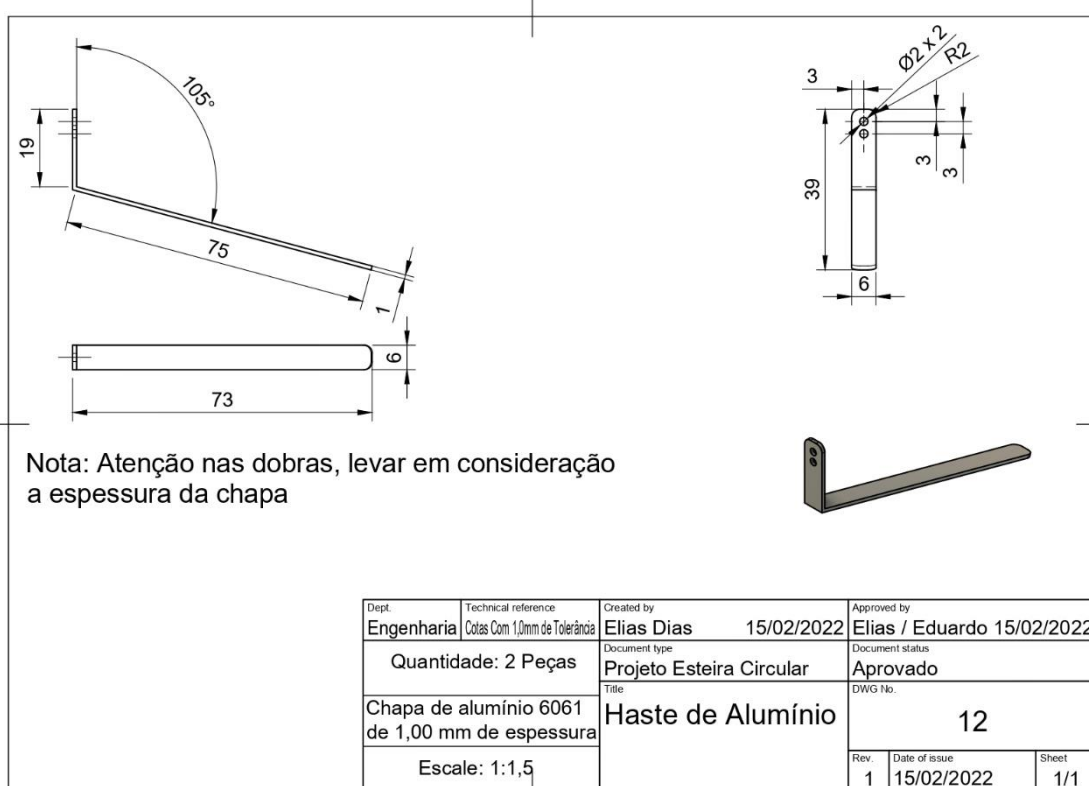
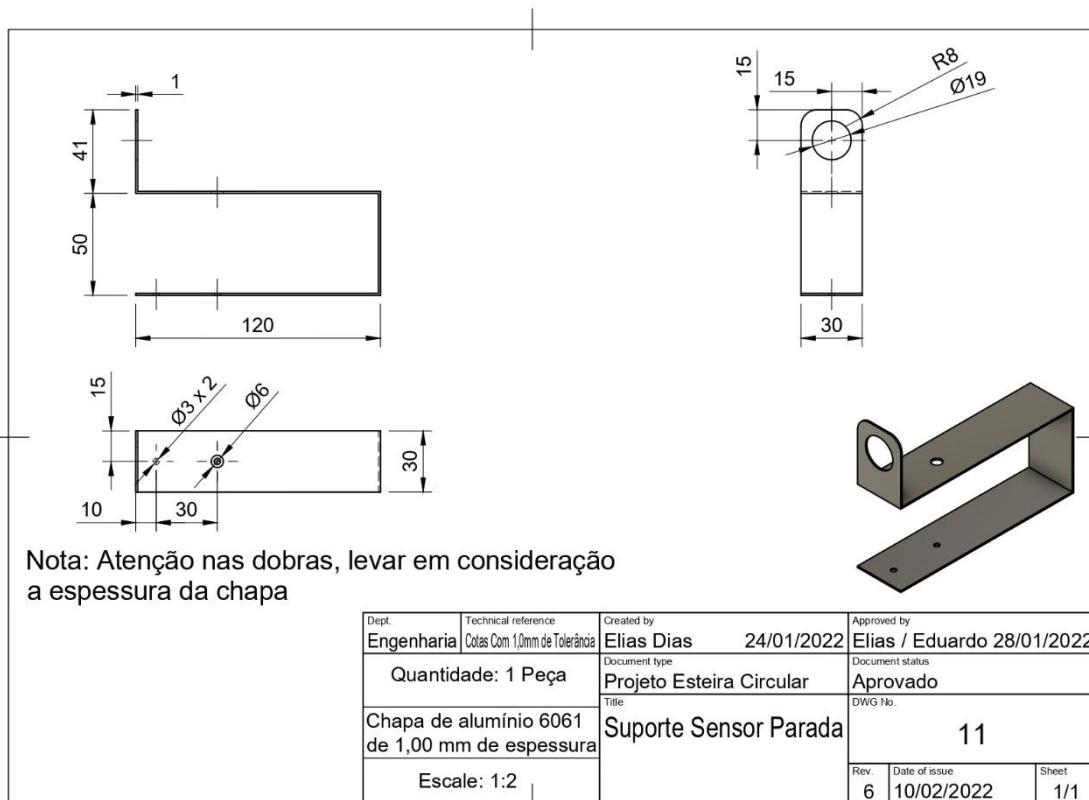






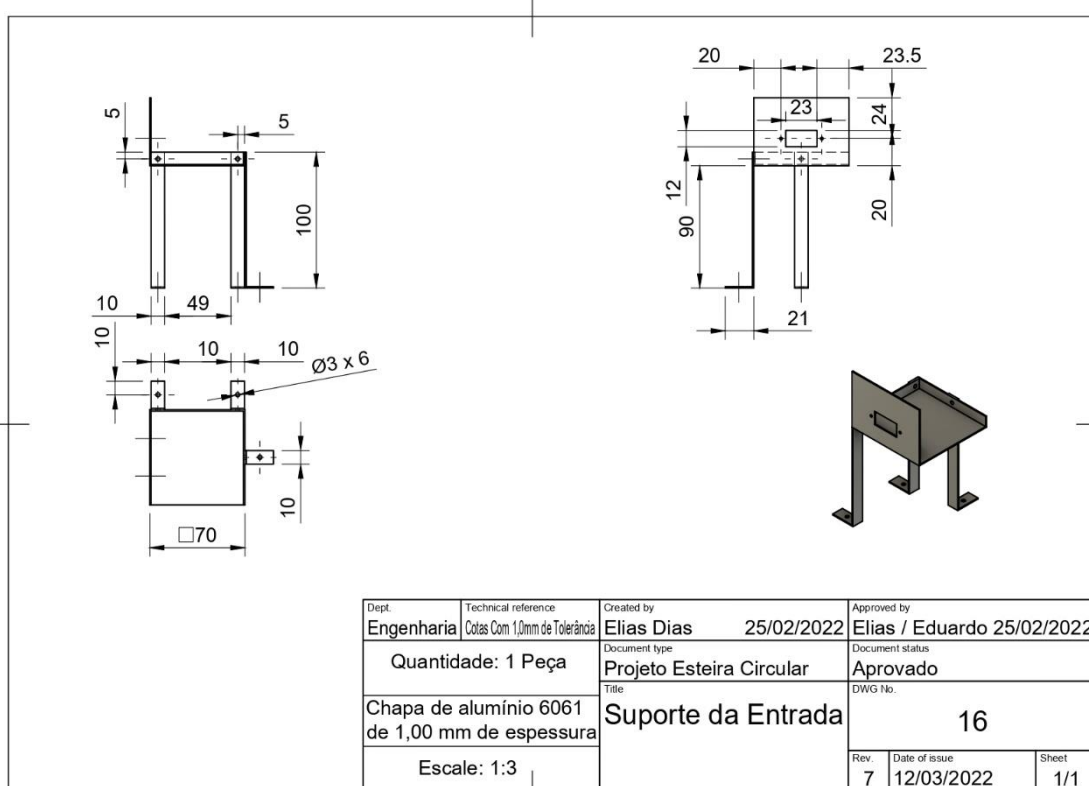
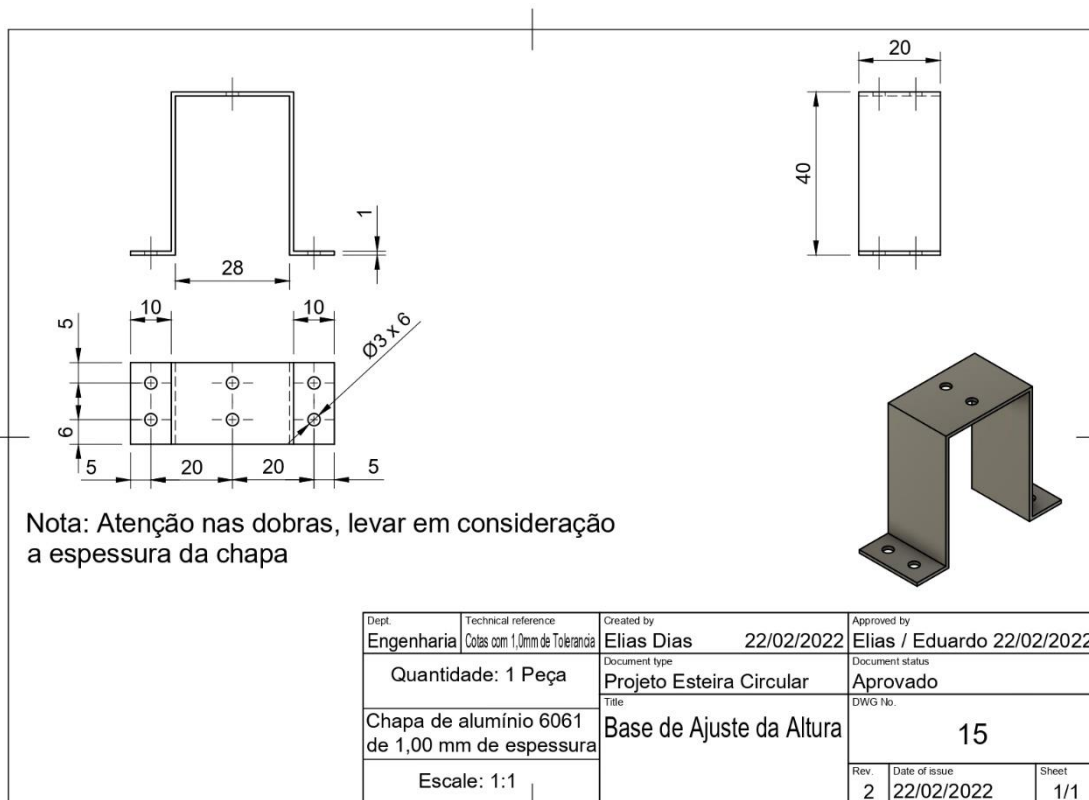


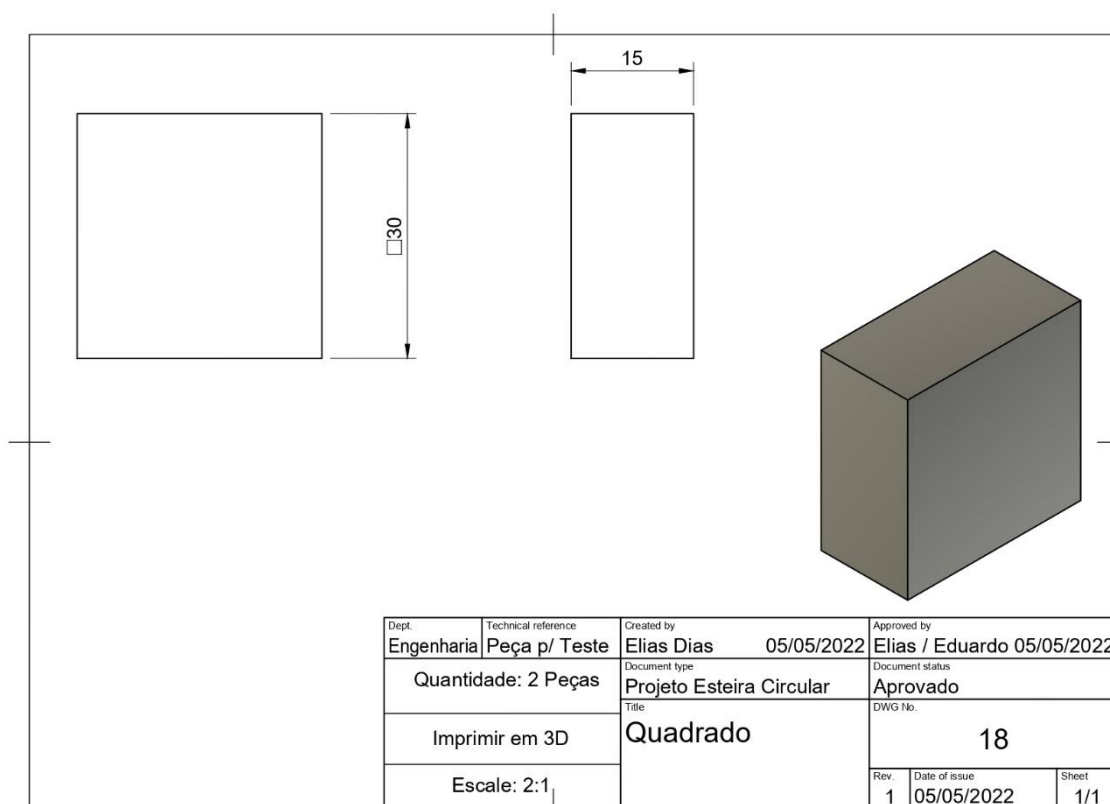
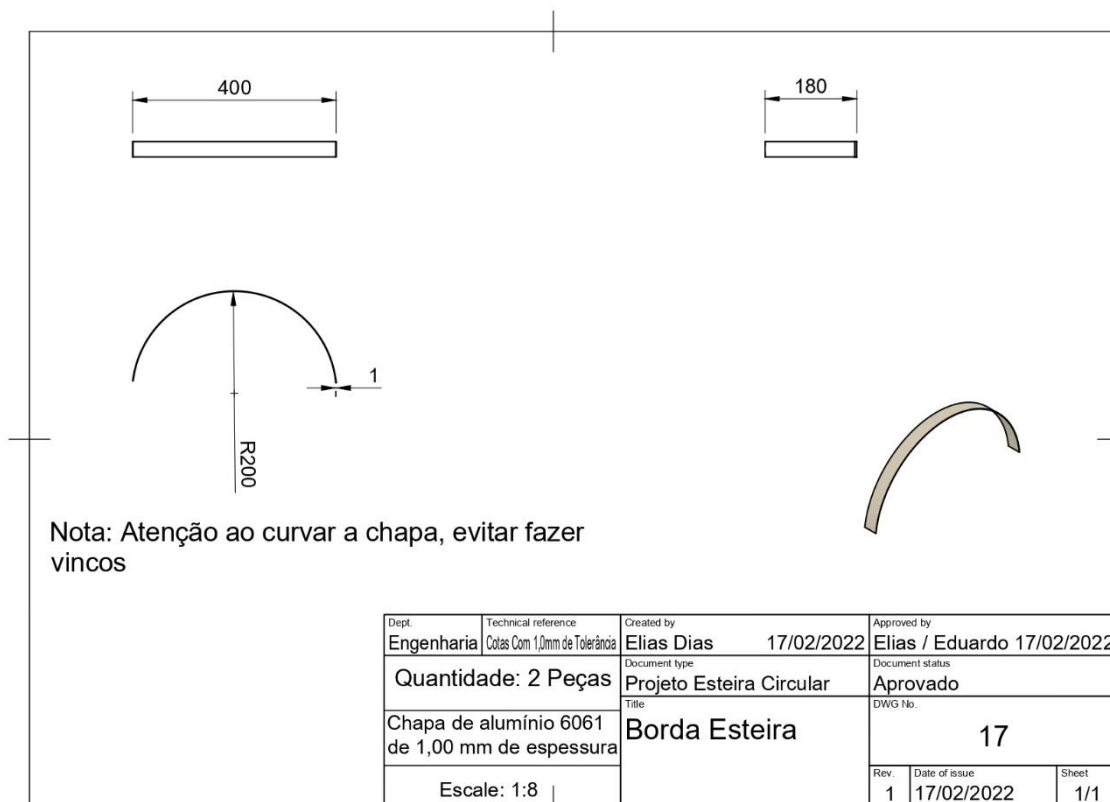




Dept. Engenharia	Technical reference Cotas Com 1,0mm de Tolerância	Created by Elias Dias	18/02/2022	Approved by Elias / Eduardo	18/02/2022
Quantidade: 1 Peça		Document type Projeto Esteira Circular		Document status Aprovado	
Chapa de alumínio 6061 de 1,00 mm de espessura		Title Haste de Direcionamento		DWG No. 13	
Escale: 3:1		Rev. 2	Date of issue 18/02/2022	Sheet 1/1	

Dept. Engenharia	Technical reference Cotas Com 1,0mm de Tolerância	Created by Elias Dias	04/06/2022	Approved by Elias / Eduardo	21/02/2022
Quantidade: 2 Peças		Document type Projeto Esteira Circular		Document status Aprovado	
Chapa de alumínio 6061 de 1,00 mm de espessura		Title Caixa Padrão		DWG No. 14	
Escale: 1:2		Rev. 1	Date of issue 21/02/2022	Sheet 1/1	





Dept.	Technical reference	Created by	Approved by
Engenharia	Peça p/ Teste	Elias Dias 05/05/2022	Elias / Eduardo 05/05/2022
Quantidade: 2 Peças		Document type	Document status
Imprimir em 3D		Projeto Esteira Circular	Aprovado
Escale: 2:1		Title	DWG No.
		Círculo	19
Rev.	Date of issue	Sheet	
1	05/05/2022	1/1	

Item	Qty	Peça	Descrição	Material
17	1	Suporte Sensor Parada	Chapa de 1,00 mm de espessura	Alumínio
16	1	Base Ajuste de Altura	Chapa de 1,00 mm de espessura	Alumínio
15	1	Caixa Padrão	Chapa de 1,00 mm de espessura	Alumínio
14	1	Caixa Padrão	Chapa de 1,00 mm de espessura	Alumínio
13	1	Suporte Sensor Posição	Chapa de 1,00 mm de espessura	Alumínio
12	1	Suporte Sensor Posição	Chapa de 1,00 mm de espessura	Alumínio
11	1	Esteira	Chapa de 1,00 mm de espessura	Alumínio
10	1	Guia da Corrente	Chapa de 1,00 mm de espessura	Alumínio
9	1	Suporte Servo Entrada	Chapa de 1,00 mm de espessura	Alumínio
8	1	Guia da Corrente	Chapa de 1,00 mm de espessura	Alumínio
7	1	Suporte Câmera	Chapa de 1,00 mm de espessura	Alumínio
6	1	Base	Chapa de MDF 600x600x15 mm	Madeira
5	1	Suporte Entrada	Chapa de 1,00 mm de espessura	Alumínio
4	1	Suporte Servo Saída	Chapa de 1,00 mm de espessura	Alumínio
3	1	Base do Motor	Chapa de 1,00 mm de espessura	Alumínio
2	1	Entrada	Chapa de 1,00 mm de espessura	Alumínio
1	1	Base da Câmera	Chapa de 1,00 mm de espessura	Alumínio

Lista de Peças			
Dept.	Technical reference	Created by	Approved by
Engenharia	Componentes da Montagem	Elias Dias 05/04/2022	Elias / Eduardo 30/04/2022
Escale: 1:5		Document type	Document status
		Projeto Esteira Circular	Aprovado
		Title	DWG No.
		Montagem Final Esteira	20
Rev.	Date of issue	Sheet	
5	01/05/2022	1/1	

APÊNDICE B – Programa que utilizamos no Arduino

// Programa Esteira Circular Aprovado

```
#include <Servo.h> //Inclui a biblioteca do Servo
```

```
// *** Definicao de Portas ***
```

```
// Sensores
```

```
#define Sensor_PÇ_Na_Esteira D1
```

```
#define Sensor_Parada D2
```

```
#define Sensor_Separação_A D5
```

```
#define Sensor_Separação_B D7
```

```
// Botao
```

```
#define BotaoStart D3
```

```
//Atuadores
```

```
#define Motor D8
```

```
#define ServoA D6
```

```
#define ServoB D4
```

```
#define ServoEntrada D0
```

```
// *** Definicao Servo ***
```

```
Servo Calha_A;
```

```
Servo Calha_B;
```

```
Servo Entrada;
```

```
void setup() {
```

```
Serial.begin(9600); // Inicia a Comunicacao Serial

// *** Definindo pinos como Entrada ou Saida ***

// Entradas
pinMode(Sensor_PÇ_Na_Esteira, INPUT);
pinMode(Sensor_Parada, INPUT);
pinMode(Sensor_Separação_A, INPUT);
pinMode(Sensor_Separação_B, INPUT);
pinMode(BotaoStart, INPUT_PULLUP);

// Saídas
pinMode(Motor, OUTPUT);
pinMode(ServoA, OUTPUT);
pinMode(ServoB, OUTPUT);
pinMode(ServoEntrada, OUTPUT);

// *** Posicao Inicial dos Servos ***
Entrada.attach(ServoEntrada);
Entrada.write(180); // Inicia o Atuador recuado

Calha_A.attach(ServoA);
Calha_A.write(0); // Inicia a Calha Aberta

Calha_B.attach(ServoB);
Calha_B.write(0); // Inicia a Calha Aberta

}

void loop() {
```

```
// *** Teste de Leitura das entradas ***
//Serial.print(digitalRead(Sensor_PÇ_Na_Esteira));
//Serial.print(digitalRead(Sensor_Parada));
//Serial.print(digitalRead(Sensor_Separação_A));
//Serial.print(digitalRead(Sensor_Separação_B));
//Serial.print(digitalRead(BotaoStart));

if (digitalRead(BotaoStart) == 0){
  Entrada.write(0);
  delay(500);
  Entrada.write(180);
}

if (digitalRead(Sensor_Separação_A) == 0 && digitalRead(Sensor_Separação_B)
== 0){
  if (digitalRead(Sensor_Parada) == 1){
    analogWrite(Motor, 0);
  }
}

if (digitalRead(Sensor_PÇ_Na_Esteira) == 0){
  analogWrite(Motor, 80);
}

if (Serial.available() > 0) {
  if(Serial.read() == 'B'){
    Calha_B.write(180);
  }
}
```

```

if (digitalRead(Sensor_Separação_B) == 0){
  Calha_B.write(0);
}

```

```

if (Serial.available() > 0) {
  if(Serial.read() == 'A'){
    Calha_A.write(180);
  }
}

```

```

if (digitalRead(Sensor_Separação_A) == 0){
  Calha_A.write(0);
}
}

```

Apêndice C – Programa do tratamento de imagem em Python

#Primeiramente o programa importa as bibliotecas necessárias já citadas que são a comunicação serial e o OpenCV

```
import cv2
```

```
import numpy as np
```

```
import serial
```

#Após isso é conectado a porta COM do ESP8266 para envio de dados via serial

```
ser = serial.Serial('COM8', 9600)
```

Com as funções do OpenCV ele abre a câmera e é necessário transformar a imagem em cinza e desfocada para o melhor tratamento da imagem.

```
cap = cv2.VideoCapture(0)
```

```
while cap.isOpened():
```

```
    ret, imagem = cap.read()
```

```
if not ret:
```

```
    break
```

```
gray = cv2.cvtColor(imagem, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
```

```
blur = cv2.GaussianBlur(gray, (17,17), 0)
```

#Após a leitura da imagem e detecção das funções Hough a lógica da câmera funciona dessa maneira

#Detecção do Circulo - Se HoughCircles for verdadeiro significa que ele encontrou círculos na nossa imagem da câmera, ou seja, a peça é a circular. Então ele envia o caractere 'B' para a porta Serial.

```
circulo = cv2.HoughCircles(blur, cv2.HOUGH_GRADIENT, 1.2, 100, param1=100,
param2=35, minRadius=5, maxRadius=1000)
```

```
if circulo is not None:
```

```
    ser.write('B'.encode())
```

#Detecção do Quadrado - Se HoughLines for verdadeiro significa que ele encontrou linhas retas na imagem, portando a peça é a quadrada e não a circular. Então ele envia o caractere 'A' para a porta Serial.

```
dst = cv2.Canny(blur, 50, 100, None, 3)
```

```
cdst = cv2.cvtColor(dst, cv2.COLOR_GRAY2BGR)
```

```
cdstP = np.copy(cdst)
```

```
linhas = cv2.HoughLines(dst, 8, np.pi / 180, 150, None, 0, 0)
```

```
if linhas is not None:
```

```
    ser.write('A'.encode())
```

```
cv2.imshow("Circulos e Quadrados", imagem)
```

```
key = cv2.waitKey(50)
```

```
if key == ord('q'):
```

```
break
```

```
cv2.destroyAllWindows()
```

```
cap.release()
```