

**CENTRO PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
FATEC SANTO ANDRÉ**

**Tecnologia em Mecatrônica Industrial**

**Gabriel Sugai Gonçalves Dias  
Pedro Henrique Azevedo Costa  
Renan Ferreira dos Santos de Souza**

**SISTEMA DE COMPRAR PARA INDÚSTRIA 4.0**

Santo André  
2019

**CENTRO PAULA SOUZA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**FATEC SANTO ANDRÉ**

**Tecnologia em Mecatrônica Industrial**

**Gabriel Sugai Gonçalves Dias**  
**Pedro Henrique Azevedo Costa**  
**Renan Ferreira dos Santos de Souza**

**SISTEMA DE COMPRAR PARA INDÚSTRIA 4.0**

Trabalho de Conclusão de Curso entregue à Fatec Santo André como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial

Prof. Orientador: Me. Murilo Zanini de Carvalho

Prof. Coorientador: Me. Paulo Tetsuo Hoashi

Santo André  
2019

## FICHA CATALOGRÁFICA

D541s

Dias, Gabriel Sugai Gonçalves  
Sistemas de compra para indústria 4.0 / Gabriel Sugai Gonçalves  
Dias, Pedro Henrique Azevedo Costa, Renan Ferreira dos Santos  
Souza. - Santo André, 2019. 81f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.  
Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, 2019.

Orientador: Prof. Murilo Zanini de Carvalho

1. Mecatrônica. 2. Indústrias. 3. Sistema semiautônomo. 4.  
Internet das coisas. 5. Robô. 6. Processo. 7. Sistema de  
comunicação. 8. Separação de itens. 9. Estoque. I. Costa, Pedro  
Henrique Azevedo. II. Souza, Renan Ferreira dos Santos. III.  
Sistema de compras para indústria 4.0.

005.13

## LISTA DE PRESENÇA

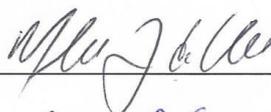
Santo André, 18 de Junho de 2019

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA: "SISTEMA  
DE COMPRAS PARA INDÚSTRIA 4.0" DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE  
DESTA U.E.

**BANCA**

PRESIDENTE:

PROF. MURILO ZANINI DE CARVALHO



MEMBROS:

TECNÓLOGO ÁLVARO CESAR GARCIA



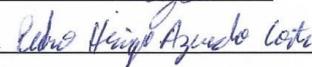
PROF. FERNANDO GARUP DALBO

**ALUNOS :**

GABRIEL SUGAI GONÇALVES DIAS



PEDRO HENRIQUE DE AZEVEDO COSTA



RENAN FERREIRA DOS SANTOS DE SOUZA



## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus, a esta faculdade pela oportunidade e conhecimento necessário para a execução do projeto.

Ao Prof. Me. Murilo Zanini de Carvalho pela orientação, correção e incentivo durante a realização do projeto e aos professores Fernando Dalbo Garup e Paulo Tetsuo Hoashi pela ajuda na execução e organização de todo projeto e documento.

## RESUMO

O projeto “sistemas de compras 4.0” consiste em coletar um pedido feito via internet por uma plataforma online, e enviar a um servidor que solicita a separação dos itens no estoque, para que o carro de transporte consiga cumprir sua função e encaminhar o pedido para os caminhões, a plataforma foi criada para conectar o usuário ao banco de dados. O servidor utiliza um *Raspberry Pi 3* como controlador e gerenciador de pedidos, recebendo suas informações por uma nuvem. Os pedidos realizados no site, depois de processados pela *Raspberry Pi 3*, são enviados para o sistema separador, que é responsável por deixar o material pronto para entrega ao robô de movimentação de materiais. O robô de movimentação de materiais por sua vez, tem como funcionalidade buscar o material selecionado nas prateleiras e colocar esse material no ponto de abastecimento para veículos comerciais de entrega. Toda a comunicação do robô e o sistema de controle da prateleira acontecem utilizando o protocolo *MQTT*. Para a movimentação autônoma do robô móvel foi utilizado cartões magnéticos que indicam ao robô a posição que ele se encontra, assim, ao chegar na posição onde se encontra o cartão referente a posição que está a prateleira o robô envia um sinal solicitando que a prateleira separe os produtos desejados. Após a separação dos produtos o robô segue até o próximo posto, onde, aguarda um operador retirar os produtos para embalagem, e em seguida o robô volta ao seu ponto inicial encerrando o processo até que chegue um novo pedido no servidor.

### **Palavras Chave:**

Industria 4.0, Internet das Coisas, Sistemas de compras, Comunicação, Tempo Real, Comércio eletrônico.

## ABSTRACT

The "shopping systems 4.0" project consists of collecting a request made via the internet through an online platform, and sending to a server that requests the separation of the items in the inventory, so the transport car can fulfill its function and forward the request for trucks station, the platform was created to accomplish this task, connect the user with the database. The server uses a Raspberry Pi 3 as controller and order manager, receiving its information through a cloud. Orders placed on the site, after being processed by Raspberry Pi 3, are sent to the separator system, which is responsible for leaving the material ready for delivery to the material handling robot. The material handling robot, in turn, has the ability to search the selected material on the shelves and place this material at the point of supply for commercial delivery vehicles. All communication of the robot and the system of control of the shelf happen using the protocol *MQTT*. Material separation was successfully performed on the shelf. The autonomous movement of the robot was performed with the aid of visual markers on the surface on which it moves. The other results obtained, such as interface and robot construction, are described throughout the paper.

### **Keywords:**

Industry 4.0, IOT, Internet of Things, Shopping Systems, Communication, Real Time, E-commerce.

## Lista de Figuras

Figura 1. Locomotiva a vapor.....	16
Figura 2. Linha de produção Henry Ford.....	17
Figura 3. Terceira Revolução Industrial.....	18
Figura 4. Pilares da Indústria 4.0. ....	22
Figura 5: Modelo de comunicação <i>publisher</i> e <i>subscriber</i> . ....	23
Figura 6. Diagrama de interação entre os periféricos do sistema.....	25
Figura 7. Diagrama de arquitetura de software dos periféricos do sistema.....	26
Figura 8. Diagrama da organização do desenvolvimento do projeto.....	27
Figura 9. Primeira prateleira confeccionada.....	31
Figura 10. Alteração feita na lateral da prateleira.....	31
Figura 11. Diagrama relação da comunicação usuário, site e banco de dados.....	32
Figura 12. Página inicial do site. ....	33
Figura 13. Página de produtos do site.....	34
Figura 14. Página de login.....	34
Figura 15. Página de cadastro.....	35
Figura 16. Página de contato.....	36
Figura 17. Página de confirmação de <i>login</i> .....	36
Figura 18. Página do carrinho de compras.....	37
Figura 19. Página de acompanhamento do pedido.....	38
Figura 20. Botão de confirmação de recebimento.....	38
Figura 21. Diagrama de funcionamento do site.....	39
Figura 22. Percurso guia do robô móvel.....	42
Figura 23. Base do robô móvel.....	42
Figura 24. Sensores infravermelhos e circuito ponte H.....	43
Figura 25. Sensor <i>NFC</i> .....	43
Figura 26. Diagrama interação <i>NodeMCU</i> e sensores.....	44
Figura 27. Cesta para armazenagem dos produtos.....	44
Figura 28. Bloco modelo que representa o produto no sistema.....	45
Figura 29. Robô robô móvel montado.....	46
Figura 30. Desenho da prateleira.....	47
Figura 31. Prateleira montada.....	48
Figura 32. Sistema completo vista superior.....	49
Figura 33. Sistema completo vista lateral.....	50
Figura 34. Estação de descanso.....	51
Figura 35. Estação de separação.....	51
Figura 36. Estação de despacho.....	52
Figura 37. Envio e resposta de dados através do <i>ThingSpeak</i> . ....	55
Figura 38. Envio e resposta de dados através do <i>ThingSpeak</i> transcrita.....	55
Figura 39. Primeiro resultado do teste de comunicação entre notebook, <i>RaspBerry</i> a e <i>RaspBerry</i> b. ....	56
Figura 40. Erro ao iniciar o <i>broker</i> . ....	57
Figura 41. Resultado da comunicação do <i>RaspBerry</i> e o <i>broker</i> .....	58
Figura 42. Resultado da comunicação do <i>NodeMCU</i> e o <i>broker</i> .....	59
Figura 43. Resultado do envio de dados através do <i>MQTT</i> . ....	59

Figura 44. Resultado primeiro teste da comunicação entre o site e o <i>RaspBerry</i> .....	60
Figura 45. Resultado do segundo teste da comunicação entre o site e o <i>RaspBerry</i> .....	60
Figura 46. Separação do objeto de leitura .....	60
Figura 47. Interpretação da separação do objeto de leitura.....	61

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Exemplo de codificação .....	29
--	----

## Lista de Abreviaturas e siglas

HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
MQTT	<i>Message Queue Telemetry Transport</i>
TI	Tecnologia da Informação
ID	<i>Identificação</i>
CLP	<i>Controle lógico programável</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
PDO	<i>PHP Data Object</i>
NFC	<i>Near Field Communication</i>

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	13
1.1. Motivação.....	14
1.2. Objetivo.....	14
1.3. Organização do trabalho .....	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1. Primeira Revolução Industrial.....	15
2.2. Segunda Revolução Industrial.....	16
2.3. Terceira Revolução Industrial .....	18
2.4. Indústria 4.0.....	20
2.5. MQTT - Message Queue Telemetry Transport.....	22
3. METODOLOGIA .....	24
3.1. Escolha do tema.....	24
3.2. Desenvolvimento do projeto .....	25
3.2.1. Site e Banco de dados.....	28
3.2.2. Robô móvel.....	29
3.2.3. Comunicação <i>NodeMCU</i> e <i>Raspberry Pi3</i> .....	29
4. DESENVOLVIMENTO .....	30
4.1. Alterações do projeto pensado para o projeto funcional.....	30
4.2. Construção do Site <i>Front-end</i> .....	32
4.3. Construção do site <i>Back-end</i> .....	39
4.4. Comunicação entre os periféricos do sistema .....	40
4.5. Desenvolvimento do robô móvel e o trajeto que ele deve percorrer .....	41
4.6. Separação do material .....	46
4.7. Projeto completo.....	49
5. RESULTADOS OBTIDOS .....	53
5.1. Hardware.....	53
5.2. Software .....	53
5.3. Comunicação .....	54
6. CONCLUSÕES .....	62
7. REFERÊNCIAS:.....	63
8. APÊNDICE .....	64
Apêndice A - Programas.....	64
Apêndice B – Robô móvel.....	65

Apêndice C - Prateleira.....	68
Apêndice D - Engrenagem.....	77
Apêndice E – Circuito elétrico.....	78
Apêndice F – Link para o vídeo do funcionamento do trabalho.....	80

# 1. INTRODUÇÃO

Desde o princípio o ser humano vem criando e descobrindo ferramentas e processos para simplificar suas atividades, as deixando mais rápidas e menos robustas. Isso pode ser dado pela criação de uma das primeiras ferramentas mais utilizadas e mais úteis já criadas pelo homem, onde foi usada para deixar o transporte de grande volume de objetos mais viável, e por esse fato simples ela é utilizada até hoje.

Quando o ser humano começou a comercializar os frutos de suas criações, a produção era simples, feita geralmente pelo dono das ferramentas utilizadas no processo (artesão) e seus aprendizes, onde todos faziam o processo completo de criação.

Com a necessidade de aumentar a produção, surgiram as primeiras máquinas a vapores, inicialmente utilizado nas fábricas têxteis, com a implantação dessas máquinas, as pessoas que trabalhavam nesta fábrica fornecendo mão de obra, deixaram de conhecer todo o processo para conhecer somente a parte pela qual ele ficou designado a desenvolver.

Devido a demanda de produtos, desenvolveram a produção em massa para atender o mercado, a princípio existia algumas restrições impostas pelo fabricante para deixar o custo de produção mais barato. Entretanto, nesse ponto foi quando começou a surgir as máquinas movidas a motores elétricos.

Logicamente, a tecnologia continuou crescendo e a indústria foi obrigada a acompanhar, começou a surgir ferramentas para automatizar a produção, com o surgimento da robótica e dos *CLP'S*, que por sua vez são controladores lógicos programáveis, onde é possível criar rotinas para processar dados e acionar ou fazer controle de saídas, conseqüentemente, o conhecimento do trabalhador com o processo diminuiu, ficando restringido apenas com a célula de trabalho dele, que pode ser definido como uma parte de parte do processo.

Atualmente, o mundo está seguindo para a automação total do processo, onde será normal empresas sem mão de obra, tudo isso devido à integração total do processo com a *IoT*, que é a transferência de dados feito entre meios robóticos, sendo possível controlar a empresa sem sair de casa.

### **1.1. Motivação**

A principal motivação desse projeto é criar uma melhoria para as empresas de e-commerce que também buscam efetividade e melhoria no processo é no atendimento ao cliente. Trazer valor para o cliente é uma busca constante nas empresas que vendem serviços, pois é uma forma de fidelizar esses consumidores.

Para uma empresa que depende de seus funcionários para produzir ou separar bens de consumo, o erro por falha humana é constante e a qualidade do trabalho é inconstante por diversos fatores. O projeto busca fazer um trabalho repetitivo sem variações no resultado, de uma forma mais rápida, e conseqüentemente, com uma menor taxa de erros.

### **1.2. Objetivo**

O projeto “sistema de compras 4.0” teve como objetivo disponibilizar um aplicativo responsável por realizar o pedido de um possível cliente e enviar esse mesmo pedido a um servidor, que irá solicitar a separação dos itens desejados e solicitar que o robô móvel realize a retirada no estoque. O robô móvel tem a função apenas de fazer a locomoção do item separado até uma área responsável para fazer a entrega, após o término dessa atividade, retornar até seu posto de descanso.

### **1.3. Organização do trabalho**

Este trabalho está organizado da seguinte forma, na fundamentação teórica deste trabalho foi ser destacado o conhecimento necessário a ser adquirido para que seja possível entender e realizar o projeto. Na metodologia foi descrito como o projeto inicialmente foi planejado, ou seja, o impacto inicial que foi desejado ao projeto. No desenvolvimento foi descrito o funcionamento final de cada parte do sistema. Nos resultados obtidos foram apresentados todos os testes feitos, juntos de seus resultados para que fosse possível alcançar o funcionamento do sistema. As conclusões demonstram o entendimento final dos autores com o projeto como um todo. O apêndice apresenta os materiais adicionais que compõem o trabalho.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste tópico foi abordada toda a base teórica que será utilizada ao decorrer do trabalho, desde a história de cada revolução industrial visando o avanço tecnológico de cada época até as tecnologias que foram utilizadas no desenvolvimento deste projeto.

### **2.1. Primeira Revolução Industrial**

Freitas (2018) aponta que com o avanço da ciência o setor indústria sofreu um impacto de grande importância, desencadeando uma série de novas tecnologias e transformando a forma de vida do homem em um novo padrão. Esta evolução refletiu de forma mais clara no método que era utilizado para produzir mercadorias, assim acelerando o desenvolvimento do setor indústria e consequentemente o sistema capitalista da época.

Historicamente esta evolução do setor Produtivo industrial foi denominada de Revolução Industrial, esse importante processo é marcado pela substituição da energia física, que pode ser tanto dos animais quanto do homem, pela energia mecânica. Posteriormente esse primeiro momento de transformação do setor industrial ficou conhecido como Primeira Revolução Industrial.

Segundo Freitas (2018) a primeira revolução industrial teve como berço a Inglaterra no ano de 1760, sendo pioneira na revolução, houve alguns fatores que fizeram a Inglaterra ganhar a corrida pela industrialização. Um fator foi o acúmulo de capital que foi impulsionado pelo comércio marítimo e pela exploração de suas colônias. Essa revolução girou em torno de alguns tipos de matérias primas que tinha em abundância no território inglês, sendo outro fator importante para evolução. A mão de obra barata foi um fator fundamental para o desenvolvimento da Inglaterra.

A busca por meios de aumentar a produtividade e os lucros se tornava cada vez mais próximo de serem alcançados, graças as novas tecnologias trazidas pela revolução. Com as novas descobertas da ciência, foi possível utilizar as matérias primas que existiam em abundância na época de forma mais efetiva, tais como o carvão, ferro e algodão.

Com o progresso da Inglaterra, o setor industrial sofreu um grande impulso, pois, com a chegada de novas tecnologias e um novo modo de se utilizar as matérias primas acabou causando

uma transformação na forma de se produzir mercadorias, e no transporte de matéria prima, essa mudanças ocorreram devido a recém-descoberta da utilização do carvão como meio de fonte de energia, conseqüentemente levando ao desenvolvimento da máquina a vapor e a locomotiva que pode ser observada na figura 1.

Figura 1. Locomotiva a vapor.



Fonte 1: [minicogarcia.wordpress.com](http://minicogarcia.wordpress.com)

Freitas (2018) relata também que a evolução não parou somente nas máquinas a vapor, a indústria aos poucos começou a substituir o homem que exercia trabalho de grande força física por máquinas a vapor que executavam o mesmo trabalho. Porém essa mudança proporcionou uma produtividade extremamente dinâmica.

## **2.2. Segunda Revolução Industrial**

Segundo Sousa (2018) a segunda revolução industrial ocorreu entre 1850 e 1870, essa fase representou um novo período da industrialização, que teve início na Inglaterra, mas se expandiu para outros países. Com o surgimento de máquinas e a introdução de novos meios de produção deram início a um novo momento, onde o ferro, o carvão e a energia a vapor, característicos da primeira revolução indústria trocam de lugar com o aço, eletricidade e o petróleo nessa segunda fase da revolução industrial.

Ainda que na incessante procura por novas tecnologias, descobertas e invenções, tudo com o objetivo de melhorar a qualidade de vida do homem e tornar o país mais competitivo

com os demais. As indústrias buscavam aumentar a produtividade e os lucros, através de novas tecnologias.

De acordo com Sousa (2018) novas fontes de energia foram descobertas, como o motor a combustão que gera energia a partir de um derivado do petróleo. Usinas começam a utilizar em grande escala a geração de energia elétrica a partir do movimento das águas, sendo denominadas de usinas hidroelétricas, e a utilização do urânio nas usinas nucleares.

Um setor da industrial que teve grande avanço foi o automobilístico. Sendo alavancado por Henry Ford proprietário da indústria Ford nos Estados Unidos. Henry Ford introduziu o conceito de linha de produção. Esse modelo foi inovador e revolucionou a forma de produção em massa, consequentemente com o passar do tempo esse método de linha produção ganhou o mundo, na figura 2 é possível ver a linha de produção idealizada e inicialmente aplicada por Ford.

Figura 2. Linha de produção Henry Ford.



Fonte 2: [tribunapr.com.br](http://tribunapr.com.br)

A linha de produção gerou um grande ganho no tempo de produção dos veículos como na especialização dos funcionários para executar a montagem, pois não era, mas necessário se conhecer todo processo de montagem, já cada funcionário ficava responsável por uma etapa da montagem. Por sua vez, este modelo de produção tornou os produtos acessíveis ao mercado consumidor em massa, na medida em que reduziu o custo da produção e barateou os artigos produzidos.

Sousa (2018) aponta também outro destaque nessa época foi Frederick Winslow Taylor, que criou um método administrativo que aproveitaria melhor do tempo e função de seus funcionários, já que na maioria das indústrias os trabalhadores eram vistos de outro modo.

Taylor desenvolveu métodos para reduzir e aperfeiçoar o tempo de execução das atividades, cujo principal objetivo era otimizar as operações da produção. Para que esse método funcionasse era necessário supervisionar e treinar seus trabalhadores. Como forma de incentivar os funcionários, foi criado um sistema de prêmio e gratificação, se o funcionário cumprisse com suas obrigações e destacasse era recompensado pelo empenho, caso contrário era punido, mas não de forma bruta ou imoral.

### **2.3. Terceira Revolução Industrial**

Segundo Sousa (2018) após a segunda guerra mundial, surgiu a terceira revolução industrial, nesse período houve uma profunda evolução no campo tecnológico. Nessa etapa do desenvolvimento todo conhecimento e pesquisa são compartilhados com setor industrial. Essa terceira fase da revolução industrial também ficou conhecida como Revolução Técnico-Científica-Informativa, na figura 3 podemos ver o resultado dessa revolução dentro da indústria.

Figura 3. Terceira Revolução Industrial.



Fonte 3: [epocanegocios.globo.com](http://epocanegocios.globo.com)

A terceira revolução industrial no século XX, a partir do ano de 1950, nesse momento diversos campos do conhecimento começaram a sofrer mudanças em consequência dos avanços tecnológicos. As indústrias começaram a desenvolver tecnologias de alto nível, dessa forma se sobressaindo em relação as indústrias que tiveram desataques nas fases anteriores da revolução industrial, como a metalúrgica, siderúrgica e a indústria automotiva.

Sousa (2018) afirma que com o grande e amplo campo de pesquisa que começou a imergir, tendo como destaque as atividades relacionadas a produção de computadores, softwares, microeletrônica, chips, transistores, circuitos eletrônicos, além da robótica com grande aceitação nas indústrias, telecomunicações, informática em geral.

Nesse momento a robótica, genética, informática, telecomunicações, eletrônica assumiram uma posição de destaque, os estudos desenvolvidos por essas áreas modificaram todo o sistema produtivo, com objetivo de aumentar a produção e reduzir o tempo, com a aplicação de tecnologias avançadas e qualificando a mão de obra, tornou possível assumir a liderança em todas as etapas de produção.

A terceira revolução industrial mudou as relações sociais e a relações entre o homem e o meio. Com o desenvolvimento de novas tecnologias, possibilitou que as informações fossem transmitidas cada vez mais rápidas, estimulando a interação entre as pessoas. Dessa maneira as pessoas passaram a estar conectadas de modo instantâneo, e esse rompimento de barreiras físicas e temporais que conectou culturas, tradições e línguas ficou conhecido como globalização.

Uma das características importantes quanto a inovação, foi a implementação e desenvolvimento de novos softwares e computadores que auxiliam na evolução das indústrias, proporcionando um destaque para produção de maiores índices lucrativos, tornando possível o investimento em tecnologia e desenvolvimento da indústria.

De acordo com Sousa (2018) a energia atômica passou a ser utilizada, criando foguetes de longo alcance, os satélites começaram a ser utilizados. Houve um grande desenvolvimento dos telefones, criando a telefonia móvel. A medicina sofreu grandes mudanças com a chegada de novas tecnologias, na área da genética foi desenvolvido novos medicamento, novas formas de prevenir doenças e novos tratamentos.

Apesar de todos os pontos positivos, essa fase da revolução trouxe consequências negativas. O avanço tecnológico mudou a relação do homem com o meio ambiente, o

conceito de produzir mais em menos tempo gera uma demanda cada vez mais intensa dos recursos naturais, dessa forma as gerações futuras podem sofrer as consequências.

#### **2.4. Indústria 4.0**

Segundo Silveira (2018) o conceito de indústria 4.0 surgiu de um projeto estratégico do governo alemão tendo como foco a tecnologia. Esse conceito teve sua primeira aparição na Feira de Hannover em 2011. Em abril de 2013 na mesma feira foi publicado o trabalho final sobre desenvolvimento da indústria 4.0.

Tendo como fundamento básico a conexão entre máquinas e sistemas, gerando redes inteligentes por toda planta industrial, podendo de forma autônoma controlar os módulos de produção, desta forma fabricas se tornam mais inteligentes e capazes de programar manutenções, evitar falhas no processo e adaptar a qualquer mudança sem planejamento na produção, realizando esses procedimentos de forma autônoma.

Silveira (2018) ainda relata que para o desenvolvimento e implantação da indústria 4.0 existem alguns princípios:

- Capacidade de operação em tempo real: Caracteriza-se pela capacidade de obtenção e tratamento dos dados de forma quase que instantaneamente, com isso as decisões serão tomadas em tempo real.
- Virtualização: Define-se pela existência de uma cópia virtual dos sistemas inteligentes, permitindo rastrear e monitorar todos os processos de forma remota.
- Descentralização: O sistema *cyber-físico* poderá tomar decisões conforme a necessidade da produção. Dessa forma as máquinas poderão transmitir informações sobre o processo que estão executando, assim as fabricas inteligentes poderão trabalhar de forma descentralizadas com a finalidade de otimizar os processos de fabricação.
- Orientação a serviços: O princípio da orientação e serviços está relacionado ao uso da *Internet of Services*, no qual ao entregar um produto ao cliente pode gerar um compromisso em longo prazo e com valor agregado que se adapta as novas exigências do mercado.

- Modularidade: Conforme a demanda de produção e possível fazer alteração nos módulos de produção proporcionando flexibilidade nas alterações de tarefas das máquinas.

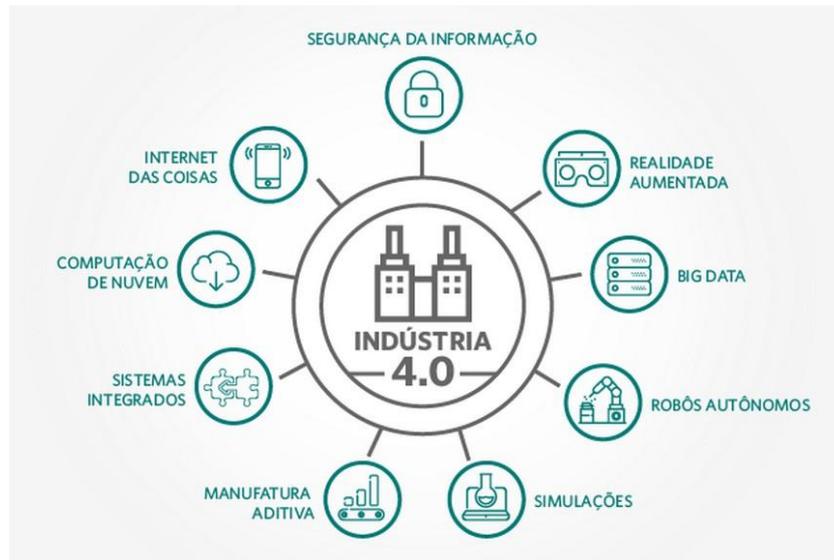
Silveira (2018) destaca também que a indústria 4.0 está baseada em alguns pilares, devido ao avanço tecnológico e o desenvolvimento do setor da tecnologia da informação e engenharia, os com uma importância maior são:

Internet das coisas (*Internet of Things – IoT*) trata-se da conexão em rede de meios físicos e virtuais através da Nuvem, permitindo a coleta e troca de dados. Sistemas integrados a internet das coisas são compostos de sensores e atuadores, sendo denominados de sistemas *cyber-physical* e são a base da indústria 4.0.

*Big-Data Analytics* trata-se da imensa quantidade de dados, que são armazenadas cada segundo, consequentemente gerando milhões de sistemas ligados à rede *IoT*, produzindo dados em tempo real. Por suas estruturas de dados serem muito extensa e complexa, é necessário que seja feito uma análise e gerenciamento das informações recebidas. Aplicada a indústria 4.0, a tecnologia de *Big Data* consiste em 6Cs para lidar com informações relevantes presentes na figura 4:

- Conexão: Refere-se a conexão com a rede industrial, sensores e *CLP's*.
- *Cloud*: Está ligada a computação e aos dados sob demanda.
- *Cyber*: Descreve o poder de processamento e a memória necessária para o processamento.
- Conteúdo: Refere-se aos conjuntos de dados e comunicações.
- Comunidade: Trata-se do compartilhamento das informações.
- Customização: É possibilidade de personalizar dos dados.

Figura 4. Pilares da Indústria 4.0.



Fonte 4 acontecendoaqui.com.br

Silveira (2018) demonstra ainda que a segurança é um grande desafio para o sucesso da quarta revolução industrial, problemas como falhas de transmissão na comunicação ou até mesmo atrasos nos sistemas podem causar perturbações na produção.

Um grande impacto que a indústria 4.0 causará, consiste no desenvolvimento de um novo modelo de negócio com um mercado cada vez mais exigente. Outro ponto será a pesquisa e desenvolvimento de sistemas de segurança em *TI*, que por sua vez, a tecnologia da informação é um conjunto de ferramentas utilizadas para o desenvolvimento de *softwares*. Dessa forma a tecnologia deve continuar a desenvolver para que se torne viável a adaptação das empresas para este novo padrão.

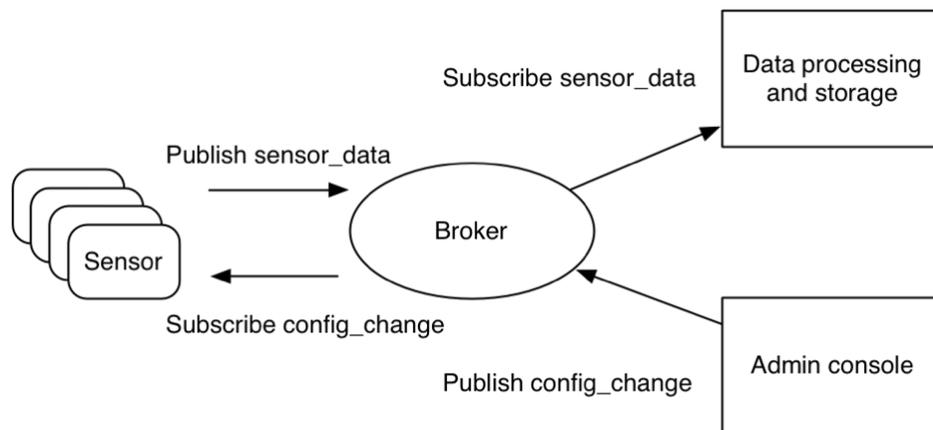
## 2.5. MQTT - Message Queue Telemetry Transport

Segundo Yuan (2017) o *MQTT* foi criado pela IBM no final da década de 90, com o intuito de interligar sensores de diversas aplicações. O *MQTT* é um protocolo de mensagens entre dispositivos, ou seja, é uma língua intermediária de comunicações em dois dispositivos diferentes.

Ele também afirma que, o *MQTT* é um protocolo versátil por poder ser implantado em dispositivos limitados em envio de dados e comunicação, o que o deixa sendo mais viável para o uso entre diversos dispositivos.

De acordo com Barros (2015), o *MQTT* atua em processo de pergunta e resposta ou *publisher* e *subscriber*, onde um dispositivo pede uma informação, essa requisição passa por um intermediário chamado de *Broker* que analisa e coordena esses pedidos. O *Publisher* é comandado a sempre publicar ao *Broker* os dados obtidos, conforme o modelo presente na figura 5.

Figura 5: Modelo de comunicação *publisher* e *subscriber*.



Fonte 5: ibm.com

De acordo com Choorang e Mangkalakeeree (2016) uma das utilizações possíveis para o *MQTT* é a comunicação para monitorar os batimentos cardíacos de uma pessoa através da pressão de sangue no dedo do usuário, com a pressão sanguínea aumentando a luz infravermelha do *led* presente no equipamento fica mais intensa e reflete para o sensor fotoelétrico, quanto maior a intensidade da luz maior a corrente do sensor fotoelétrico. O motivo de utilização é que normalmente o dispositivo pode ser utilizado em áreas onde não há conexão via *internet* e utilizando o protocolo *MQTT* junto do *broker* mosquitto que não necessita de *internet* para seu funcionamento o que o torna mais seguro, visto que, toda a comunicação é realizada através de uma rede local.

### **3. METODOLOGIA**

Neste tópico foi descrito detalhadamente as decisões tomadas pelo grupo em conjunto com o orientador, que foram necessárias para a realização deste projeto. Ao longo dele, foram apresentados as principais características e o procedimento para a elaboração e implantação desses recursos.

#### **3.1. Escolha do tema**

Inicialmente a ideia do projeto era algo totalmente diferente, a princípio, seria um supervisor para a indústria 4.0 que iria relatar o andamento da fábrica em tempo real, porém pela forma que foi apresentada, foi taxado como uma ideia fraca. Então, com a busca de uma nova ideia e ainda querendo manter a ideia de melhorar algo, uma pesquisa em cima de outros projetos já desenvolvidos foi iniciada.

Para chegar à ideia, foram estudados os conceitos abordados por dois outros projetos, um projeto sobre sistema em comboio de robôs móveis e o outro sobre comunicação entre meios robóticos. A ideia obtida pela junção dos dois foi um robô móvel de supermercado que seguia o comprador, mas ao analisar a ideia mais detalhadamente ela foi taxada inviável devido os diferentes obstáculos em que esse robô móvel teria que desviar.

Ao fazer a análise do problema que dificultou a ideia, decidimos que a falha estava no usuário do robô móvel, pelo simples fato de que ele não segue um padrão durante a compra, para resolver esse problema, foi escolhido retirar o ser humano do sistema, criando um robô móvel inteligente para fazer as compras por si só.

Assim, mais uma vez, a ideia foi apresentada ao orientador, que aprovou a ideia. No início do desenvolvimento foi pensado em um robô móvel com um braço robótico acoplado, onde o robô através de uma pista desenhada ele andaria até uma prateleira em que os produtos estariam disponíveis em fila na horizontal e o braço pegaria esses produtos e colocaria na cesta do robô móvel, após a aquisição de todos os itens, o robô móvel seguiria para a zona de transporte para a entrega em domicílio.

### 3.2. Desenvolvimento do projeto

Após todas as etapas que realizamos para o desenvolvimento do projeto foi obtido o resultado presente no diagrama da figura 6, sendo este diagrama o esquema final do trabalho, onde se encontra a exemplificação do projeto como um todo. A prateleira controlada pelo *RaspBerry* é o centro do processo, visto que, o *RaspBerry* é o servidor que realiza o controle do projeto. O servidor realiza requisições com o protocolo *HTTP* ao *website* para verificar a existência de novos pedidos realizados por clientes.

Assim que recebe um novo pedido o servidor utiliza o protocolo *MQTT* para realizar as comunicações com o robô móvel, solicitando que ele se dirija até a área de separação para realizar a retirada dos produtos pedidos pelo cliente em seguida envia uma mensagem ao robô móvel (também utilizando o protocolo *MQTT*) para que siga até a área de despacho para que os produtos sejam entregues ao operador que realizara o preparo para entrega. Em cada posição que o robô móvel se desloca, ele envia uma mensagem via *MQTT* para o servidor informando que chegou ao local, por sua vez o servidor realiza um post via protocolo *HTTP* para o *website* atualizando a etapa atual do pedido para o cliente, sendo as etapas: Pedido em separação, etapa na qual o robô móvel se encontra realizando a coleta dos produtos e Pedido enviado, etapa na qual o robô móvel chegou na estação de despacho e o operador realizou a coleta dos produtos e está preparando o envio.

Figura 6. Diagrama de interação entre os periféricos do sistema



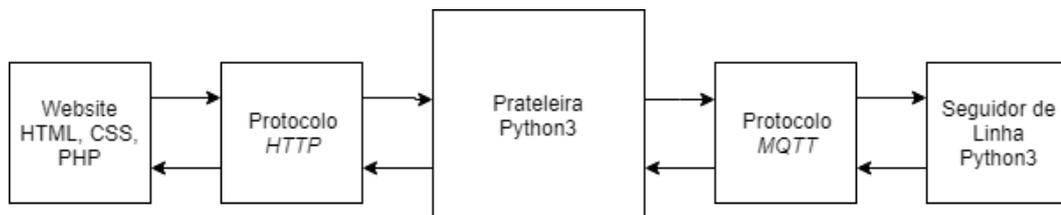
Fonte: O autor

O diagrama presente na figura 7 apresenta a arquitetura de software utilizada no desenvolvimento do projeto. Cada componente do projeto necessitou de diferentes tecnologias para o seu desenvolvimento, para o *Website* foi necessário a utilização das seguintes linguagens, *HTML* que se trata de uma linguagem para marcação de texto, que foi utilizada para formatar toda a parte textual do *website* desde os textos presentes nas páginas até as informações contidas nos menus e tabelas existentes no *website*. Para o desenvolvimento do

Front-end foi implementado o *CSS*, ou seja, toda a parte gráfica do site é responsável pelo *CSS*, que por sua vez foi também responsável por deixar o *website* responsivo, ou seja, uma página que se adapta conforme as dimensões da tela do usuário.

Para o desenvolvimento da comunicação entre o *website* e o banco de dados foi utilizada a linguagem *PHP*, que também foi responsável por transformar o *website* em páginas dinâmicas, ou seja, somente o conteúdo presente na partição primária da página é alterada, o cabeçalho e o rodapé são mantidos sem alteração durante a navegação do usuário pelas páginas, o *PHP* também é responsável por permitir a interação do usuário com a página, permitindo com que ele se comunique com o banco de dados através do *website*. Para o desenvolvimento da prateleira e do robô móvel foi utilizado o *Python3* buscando a necessidade de facilitar as comunicações necessárias, tendo em vista que as bibliotecas para utilizar os protocolos *HTTP* e *MQTT* são simples e de fácil acesso a conteúdo na rede, sua implantação foi rápida e prática, e nos auxiliou na finalização do projeto.

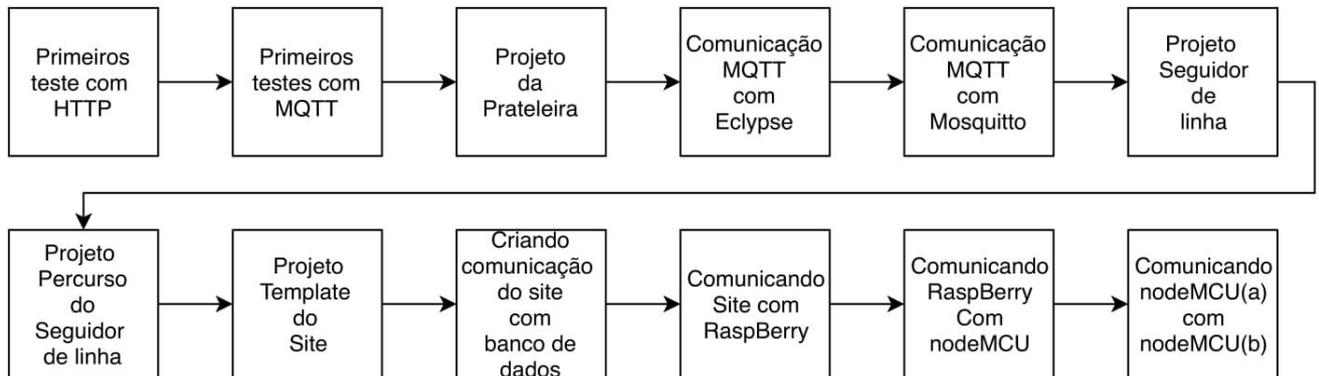
Figura 7. Diagrama de arquitetura de software dos periféricos do sistema



Fonte: O autor

O desenvolvimento foi dividido para que fosse possível desenvolver o trabalho sem perder a organização do andamento do projeto, deixando os testes mais complexos para serem iniciados o mais cedo possível para caso de contratempo ainda fosse possível fazer ajustes. A organização do projeto está disponível na figura 8.

Figura 8. Diagrama da organização do desenvolvimento do projeto.



Fonte: O autor

Com o objetivo do projeto definido, a próxima etapa foi a formação da base teórica do trabalho, onde, ficaram evidentes pontos de extrema importância para o funcionamento do projeto que deveriam ser tratados como os principais pontos, sendo alguns exemplos: a comunicação entre os dispositivos, a *IoT*.

O próximo passo foi definir como realizar a retirada dos produtos do estoque, então foi decidido modelar a prateleira, os produtos, e um robô móvel com um braço robótico acoplado a ele. Porém ao estudar esse sistema físico foi notado que esse acoplamento do braço robótico traria complicações ao balanceamento do robô móvel, dificultando a locomoção, portanto, o braço ficaria fixado a prateleira para fazer a separação e colocar o material no robô móvel.

Após definirmos como seria feita a separação dos produtos no estoque foi passado para a modelagem da prateleira e do compartimento de carga do robô móvel para realizar a modelagem e a impressão em 3D dos componentes mecânicos. Assim que impressos os componentes, foram iniciados os testes e o desenvolvimento do *software* do sistema. Iniciando pelo *HTTP* para verificar como iria se comportar o banco de dados durante o envio de dados.

Com a finalização do teste de *HTTP*, inicia-se o processo de comunicação, pois o padrão de saída dos dados pelo banco de dados já seria conhecido, porém era necessário dar uma finalidade a esses dados, com os primeiros testes para entender o funcionamento básico do *MQTT*, assim que entendido, foi iniciado o projeto da prateleira já que a comunicação feita pelo site seria somente com ela.

Para efetivar a comunicação *MQTT* entre o banco de dados foi iniciado a comunicação utilizando o *broker online eclipse*, assim que confirmado o funcionamento, a comunicação foi

passada para o *broker* mosquito para que fosse possibilitasse o funcionamento do projeto sem a conexão de internet.

Em seguida foi iniciado o projeto do robô móvel e seu percurso, com o funcionamento do robô móvel, foi passado para a criação do site, assim que o site já estava com sua base finalizada foi feito a sua comunicação com o banco de dados. E por fim, foi feito a comunicação entre os periféricos do sistema, sendo eles, comunicação entre a prateleira e o controlador principal do robô móvel, controlador secundário e principal do robô móvel, e controlador secundário e prateleira.

### 3.2.1. Site e Banco de dados

Para que o usuário possa fazer o seu pedido foi pensado em fazer um site para receber as informações do usuário e enviar a um banco de dados para armazenar essas informações e processá-las. Assim que essas informações forem processadas são devolvidas ao site para serem exibidas ao usuário.

Para deixa a comunicação mais dinâmica e rápida foi pensado em um sistema onde seria criado um pacote de informações com os dados do cliente, do pedido e do produto e enviado de uma só vez ao banco de dados para dar início ao processo de separação, o pacote de dados pode ser observado na tabela 1 que simula os dados que o site enviaria ao banco de dados, os primeiros 4 dígitos seria o número do pedido, logo após o número do cliente, seguido pela quantidade do item A, depois a quantidade do item B e assim adiante. Nesse caso o número do pedido é “0000”, para o usuário “0000”, que contém como itens 3 do item A, 1 do item B, 0 do item C e 2 do item D, totalizando um pedido de 6 itens.

Tabela 1 – exemplo de codificação.

<b>N° do pedido</b>	<b>N° do cliente</b>	<b>Item A</b>	<b>Item B</b>	<b>Item C</b>	<b>Item D</b>
<b>0000</b>	0000	3	1	0	2

Fonte: O autor

### 3.2.2. Robô móvel

O robô móvel desde o início do projeto foi pensado para se movimentar em cima de um percurso desenhado que passaria por todos os pontos de atividade e em cada ponto fosse realizado a ação determinada, em seu ponto de descanso o robô móvel deve permanecer ocioso até receber a informação que chegou um pedido, no ponto da prateleira para que o mesmo ficasse aguardando a separação do material, e no ponto de despacho o robô móvel esperava a liberação do funcionário que o material foi retirado. Para que tornar isso funcional foi pensado em utilizar o *NodeMCU* por ser um microcontrolador com o sistema de *WiFi* integrado e com o preço acessível

### 3.2.3. Comunicação *NodeMCU* e *Raspberry Pi3*

Para deixar a comunicação entre o *NodeMCU* instalado no Robô móvel e o *Raspberry Pi3* instalado na prateleira foi pensado em utilizar o protocolo de comunicação entre meios robóticos *MQTT*, pois o projeto foi pensado em deixar o *Raspberry* como centro da informações e como consequência ele irá comandar todo o processo, recebendo o papel de *publisher*, ou seja, ele irá enviar as informações ao *broker*, que por sua vez irá repassar as informações aos demais periféricos que foram determinados como *subscriber* de certos tópicos.

## **4. DESENVOLVIMENTO**

Neste capítulo foi abordado principalmente o funcionamento dos periféricos que compõem o sistema, desde como foi definido o seu sistema físico, as estratégias utilizadas na programação e seu funcionamento dentro do sistema. Para melhor destaque do processo de criação do projeto, também foram destacadas as diferenças entre o projeto pensado para o projeto final e o motivo dessas alterações.

### **4.1. Alterações do projeto pensado para o projeto funcional**

Inicialmente o projeto foi pensado para que houvesse um braço robótico e uma cesta acoplados ao robô móvel e esse braço iria pegar o material da prateleira e colocar dentro da cesta. Porém ao estudar um pouco a ideia foi notado que devido ao balanço e peso do braço o robô móvel iria perder o controle durante a locomoção e que seria necessário um mapeamento completo do estoque para que o braço pudesse se localizar na área e saber a localização de cada produto.

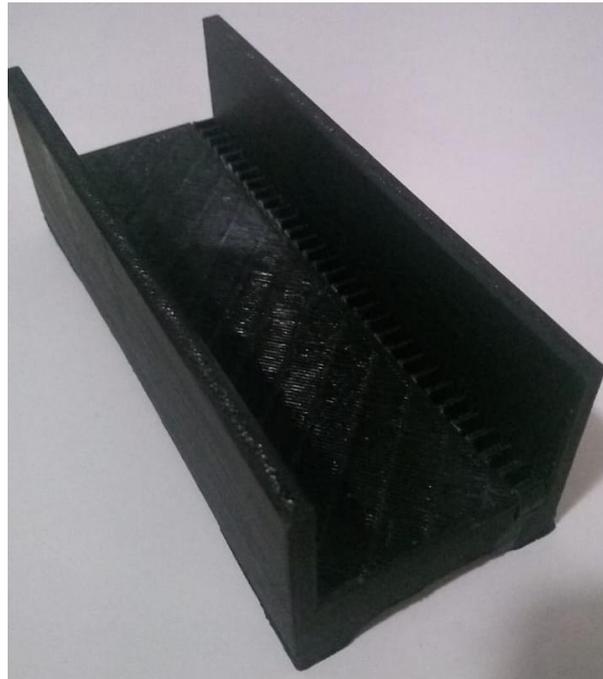
Tendo em vista estes problemas, caso fosse necessário adicionar um novo produto no estoque seria necessário mapear novamente todo o estoque completamente para que o braço robótico pudesse se referenciar novamente no espaço. Então foi pensado em retirar o braço robótico e colocar um pistão na prateleira atrás dos produtos para empurrar o material até o robô móvel.

A ideia foi descartada logo no início devido ao custo elevado para implantação. Finalmente foi determinada a ideia final onde foi colocado um motor de passo com uma engrenagem acoplada e conectado a uma cremalheira para empurrar o material dentro do cesto do robô móvel.

A prateleira inicialmente foi pensada para armazenar três tipos de material, porém devido ao custo elevado foi necessário diminuir essa quantidade para apenas um tipo de material, porém mesmo com a diminuição não houve alteração na representação do projeto como um todo. A outra alteração que a prateleira sofreu foi a necessidade de abrir um buraco em sua parede lateral, pois o primeiro motor o qual encaixava de forma exata dentro dela apresentou falha por quebra dos fios internos.

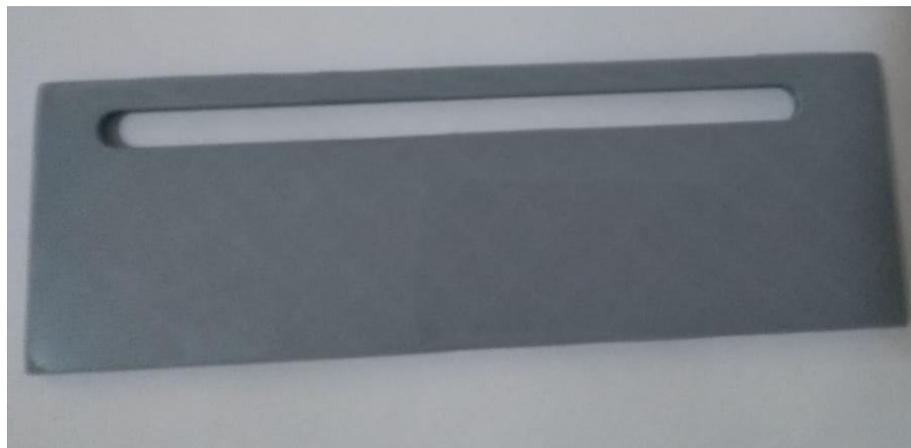
Houve então a necessidade de trocar adquirir um novo motor, com essa alteração o eixo do novo motor era mais comprido então para que ocorre a locomoção do motor desejada, foi necessário alterar o desenho da prateleira e colocar um buraco em sua lateral. Na figura 9 é possível observar a primeira prateleira confeccionada e na figura 10 é possível verificar a alteração feita na lateral.

Figura 9. Primeira prateleira confeccionada.



Fonte: O autor

Figura 10. Alteração feita na lateral da prateleira.



Fonte: O autor

Para a criação do banco de dados inicialmente foi especulado o *ThingSpeak* para a utilização, mas durante os testes o *ThingSpeak* apresentou algumas limitações então a ideia de sua utilização foi descartada, o que abriu portas para a ferramenta chamada *AwardSpace*. Essa ferramenta foi implantada com êxito no projeto por superar as limitações do *ThingSpeak* e também por poder criar o site em conjunto, não precisando de uma segunda ferramenta para trabalhar em conjunto, diferente do *ThingSpeak* onde era necessária uma segunda ferramenta para criação do site.

Para determinar as paradas dentro do percurso do robô móvel inicialmente foi pensado em utilizar um sistema em que cada parada iria receber uma cor e o robô teria um sensor de cor para efetuar a leitura da cor no chão para determinar em qual parada ele se encontraria, porém devido ao custo elevado do sensor. Foi optado por utilizar um sensor *NFC* e cartões com magnéticos para determinar cada parada (que através do contato magnético entre o sensor e o cartão os dois começam a trocar dados entre si), onde o sensor foi implantado no robô e foi colocado um cartão em cada parada para o robô localizar a parada em que ele se encontra, devido a esse acréscimo houve a necessidade também de adicionar um novo *NodeMCU* no robô para esse sensor, pois não havia mais pinos no primeiro controlador.

#### 4.2. Construção do Site *Front-end*

O site foi baseado em um modelo genérico, onde o usuário pode se cadastrar com suas informações, entrar em sua conta existente e fazer pedidos através dele. Todas essas informações são processadas pelo banco de dados, portanto o site ficou sendo um porta voz do usuário com o banco de dados, essa relação pode ser observada na figura 11.

Figura 11. Diagrama relação da comunicação usuário, site e banco de dados.



Fonte: O autor

Para a criação do site foi utilizado três linguagens de programação em conjunto, sendo elas, o *HTML (Hypertext Markup Language)* que ficou responsável pela parte de texto, o *PHP (Hypertext Preprocessor)* que consegue recolher as informações enviadas pelo usuário e interpreta-las e por último o *CSS (Cascading Style Sheets)* utilizando o frame *BootStrap* para melhorar a aparência do site. O programa está disponível no *link* presente no apêndice A.

A página inicial do site teve como intuito introduzir o usuário sobre o projeto e mostrar as opções do menu de navegação localizado na parte superior da tela. O menu apresenta as opções Sobre Produtos, *Login*, Cadastro e Contato, cada uma dessas opções direciona o usuário a uma página para realizar uma atividade. A página inicial pode ser observada na figura 12.

Figura 12. Página inicial do site.

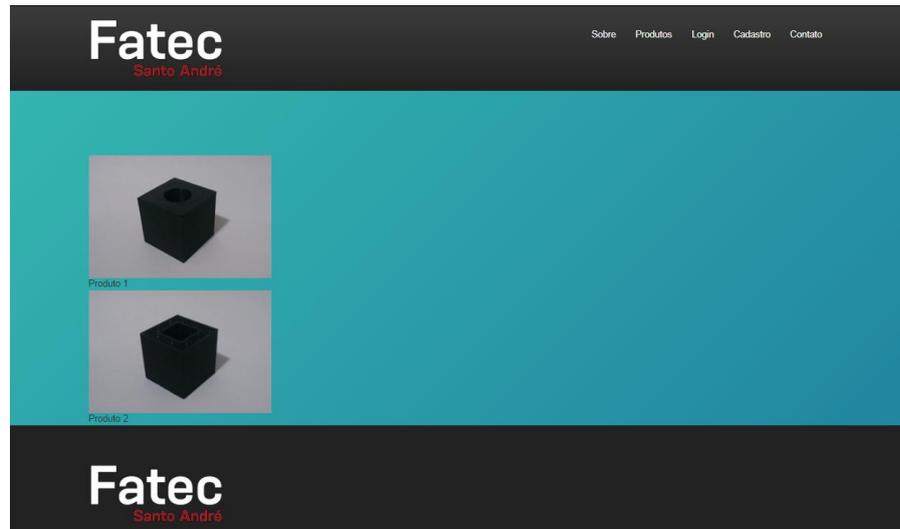


Fonte: o autor

Ao acessar a aba “sobre” no canto superior da página inicial presente na figura 12, o usuário é mantido na página, pois esse ícone foi considerado a página inicial, para que inicialmente antes de utilizar o site de forma efetiva, o usuário saiba um pouco sobre o projeto para qual o site foi criado.

A aba de produtos foi criada para que o usuário possa observar os produtos que o site comercializa, ao acessar o usuário possui acesso a imagem e o nome logo abaixo do material comercializado, porém ainda não está disponível a compra do material nessa etapa. Essa página do site pode ser observada na figura 13.

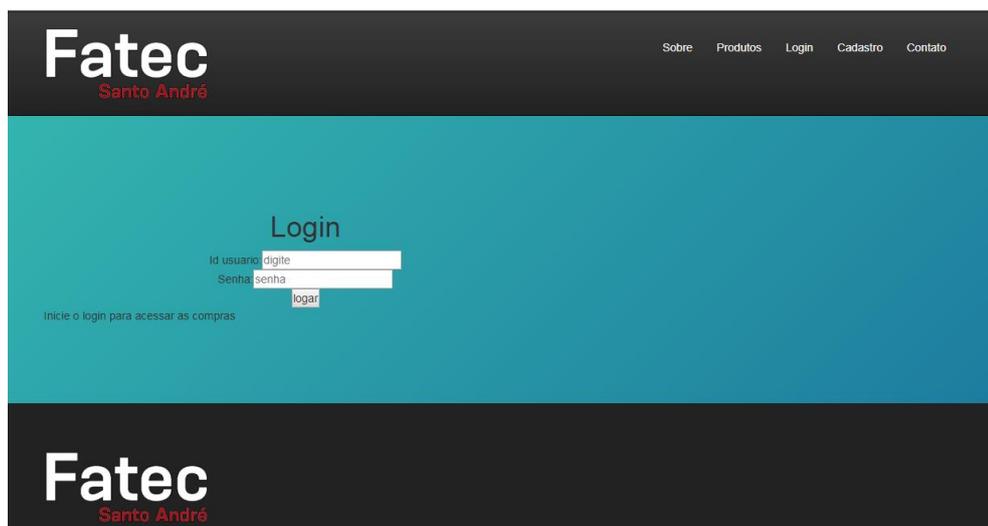
Figura 13. Página de produtos do site.



Fonte: O autor

Seguindo a ordem do menu presente na parte superior da página principal conforme a figura 12, vem a aba de *login*, onde o usuário pode acessar uma conta existente com o *ID* do usuário, que por sua vez é o número de identificação do usuário, e sua senha, caso seja um usuário válido irá acessar a conta desejada, caso alguma informação não corresponda em conjunto a um *ID* ou não exista, irá ser exibido a mensagem de usuário não autorizado, pode-se observar a tela de *login* na figura 14.

Figura 14. Página de login.



Fonte: O autor

Utilizando ainda como base a página inicial conforme a figura 12 em seguida no menu vem a página de cadastro, onde o usuário pode criar uma conta de acesso, enviando algumas mensagens, sendo elas, Nome (que ficou cadastrado para que o usuário fosse identificado), senha (chave de segurança do usuário) e e-mail, para futuros contatos. Assim que validado o cadastro foi gerado uma *ID* do usuário foi utilizado para o acesso. A página de cadastro foi registrada na figura 15.

Figura 15. Página de cadastro.

A imagem mostra a interface de usuário para o cadastro de login no site do Fatec Santo André. No topo, há um menu de navegação com as opções: Sobre, Produtos, Login, Cadastro e Contato. O formulário principal, intitulado 'Cadastro de Login', está centralizado e contém os seguintes campos e elementos:

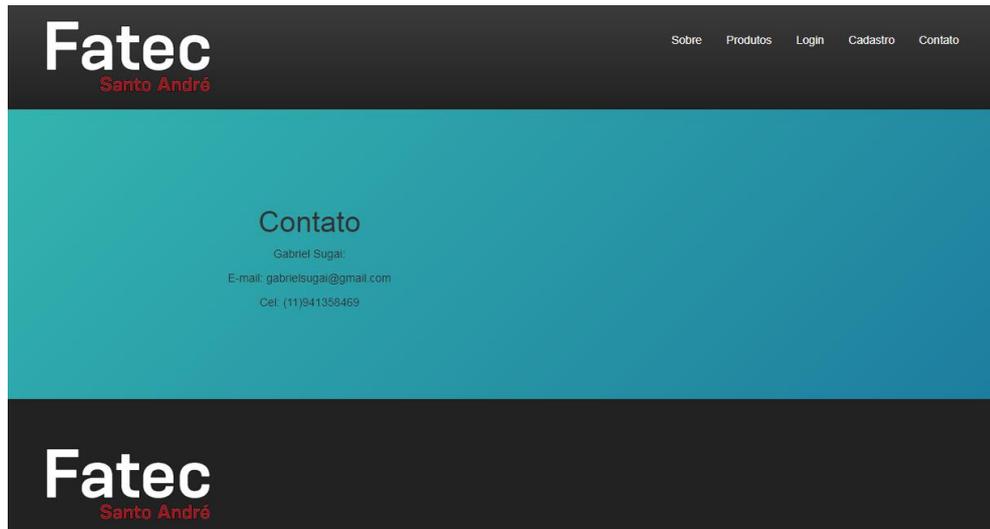
- Nome:  digite seu nome aqui
- e-mail:  digite um email valido
- Senha:  senha
- Botão:

O layout utiliza uma paleta de cores com um fundo principal em tons de verde-água e áreas de cabeçalho e rodapé em preto. O logo 'Fatec Santo André' é exibido em ambas as extremidades.

Fonte: O autor

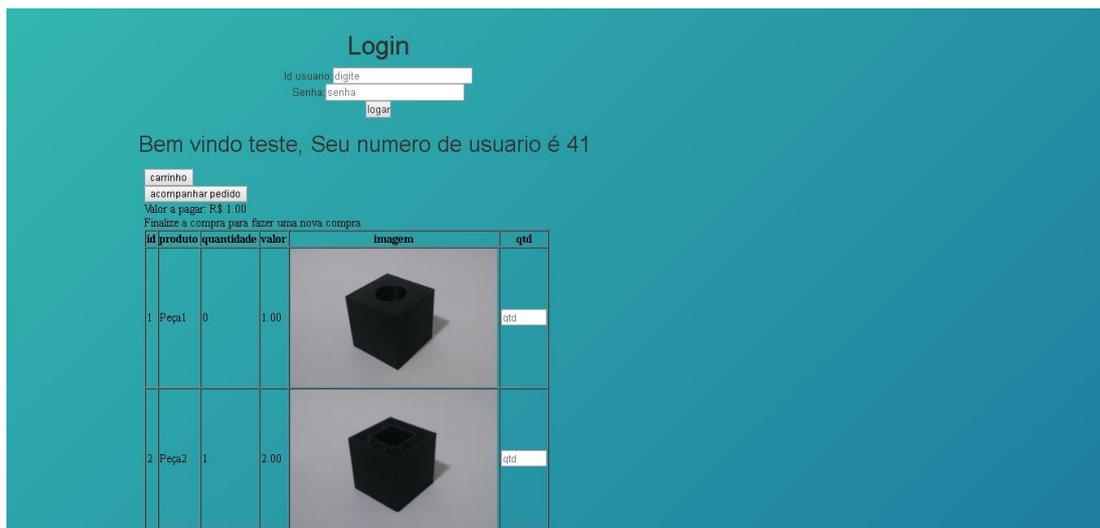
Mantendo o menu da página inicial registrada na figura 12, temos as abas laterais, onde ficou a informação de contato de um dos criadores do projeto, essa informação contém nome, número de celular e e-mail de contato. Para caso ocorresse algum problema durante a compra ou utilização do site, o usuário poderia entrar em contato para reportar o ocorrido. Esta aba pode ser observada na figura 16.

Figura 16. Página de contato



Fonte: O autor

O processo padrão para utilização do site foi, ao usuário ter o acesso ao site, acessar a aba cadastro (visível na figura 15) e então colocar suas informações para efetivar o cadastro e receber o seu *ID*, logo após acessar a aba do *login* (presente na figura 14) para acessar sua conta utilizando o seu *ID* e sua chave de segurança, assim que for validada, a página irá atualiza e aparecerá abaixo das caixas de login a mensagem de boas-vindas junto dos materiais disponíveis. A página de confirmação de *login* foi registrada na figura 17.

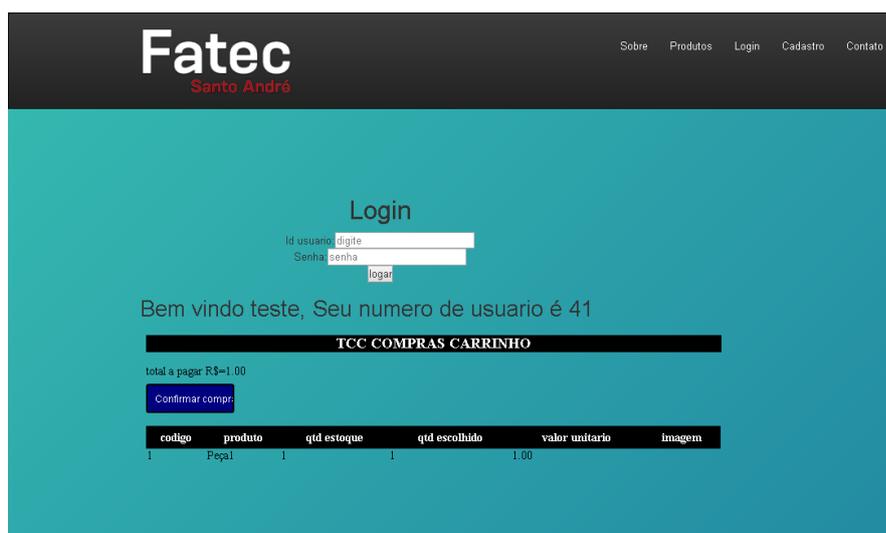
Figura 17. Página de confirmação de *login*

Fonte: O autor

A figura 17 apresenta também a página na qual o pedido será feito, onde há uma tabela com o *ID* do material, a descrição, quantidade presente no estoque, valor do material, uma imagem do material e na última coluna é onde o usuário insere a quantidade de compra. Para realizar a compra do material o usuário deve verificar primeiramente se há o material e estoque, caso a quantidade informada seja maior que a quantidade em estoque, ao clicar no carrinho irá encomendar somente a quantidade disponível.

Ao acessar o botão carrinho presente na tela de confirmação de *login* registrada na figura 17, o usuário é transferido para a página do carrinho, que pode ser observada na figura 18, nesta página as informações do material selecionado por usuário estão disponíveis para sua confirmação, caso o usuário esteja de acordo com o material solicitado, o usuário confirma o pedido.

Figura 18. Página do carrinho de compras



Fonte: O autor

Assim que o pedido for confirmado ou clicar no botão “acompanhar pedido” na página de confirmação de *login* presente na figura 17, o usuário será transferido até a página de acompanhamento presente na figura 19, nesta página é possível observar as informações do pedido e também acompanhar o seu andamento, onde através do estado é possível determinar a localização do pedido dentro do sistema, esses estados foram separados em:

- Enviando pedido ao fornecedor: O pedido foi efetuado e está na fila para separação;
- Pedido em separação: O material está no processo de separação;

- Pedido enviado: O material já está a caminho do endereço informado pelo cliente

Figura 19. Página de acompanhamento do pedido



Fonte: O autor

Quando o estado pedido chegar em “Pedido enviado” irá aparecer o botão de confirmar o recebimento, caso o cliente não selecione esse botão ele não conseguirá efetuar outra compra dentro do site. Assim que o recebimento for confirmado a compra estará finalizada. A página de acompanhamento do pedido com o botão de confirmação foi registrada a figura 20.

Figura 20. Botão de confirmação de recebimento

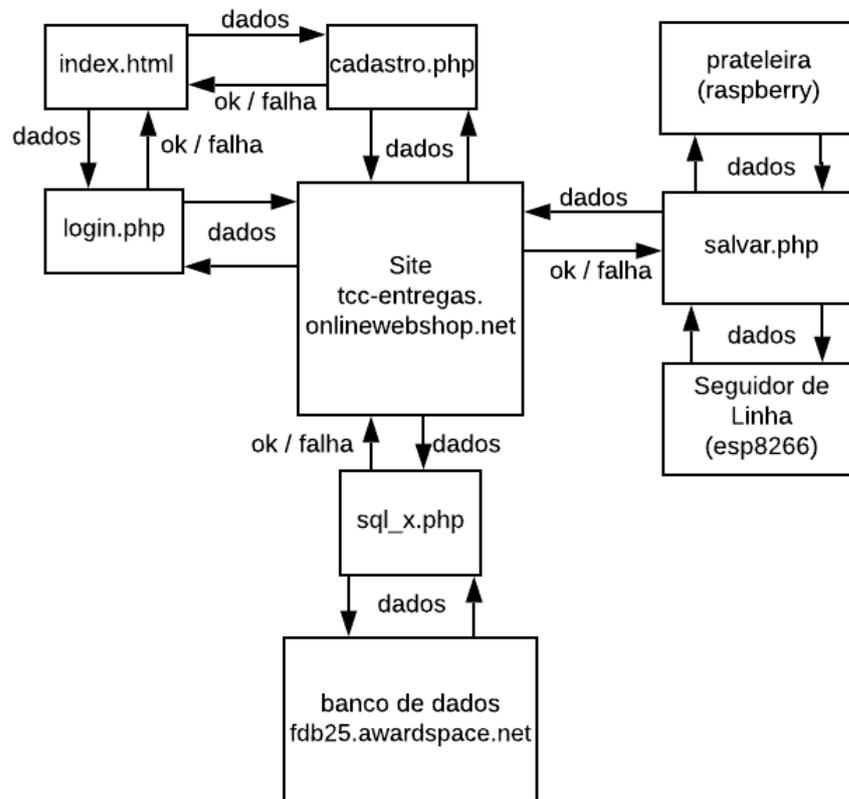


Fonte: O autor

### 4.3. Construção do site *Back-end*

Essa é a parte secundária do projeto que consiste na interface entre o servidor e o banco de dados, toda a programação pode ser encontrada no apêndice A. Na figura 21 é possível observar o diagrama de funcionamento do site.

Figura 21. Diagrama de funcionamento do site



Fonte: O autor

Ao observar a figura 21, temos diversas nomenclaturas diferentes, esses nomes são o nome dados aos programas feitos durante a criação do projeto, esses programas trocam dados entre si para verificar, como exemplo, a autenticidade de um usuário ao tentar acessar uma conta, as funcionalidades dos programas são:

- Index.html- É o diretório default, assim que o a página web do servidor e acessada, o usuário encontra essa tela para inserir os dados e continuar navegando na página.

- Login.php - Assim que o usuário inserir seu login e senha, é chamada a função `sql_x.php` e acessado o banco de dados, se a variável enviada pelo php for a mesma do banco de dados, e permitido acesso.
- Cadastro.php - O usuário insere os dados e são armazenados em variáveis, é chamada a função `sql_x.php` e acessado o banco de dados, caso os dados estejam de acordo com parâmetros pré-estabelecidos, os dados são armazenados, e uma mensagem é enviada que o usuário foi cadastrado com sucesso.
- `sql_x.php` - Essa função utiliza o PDO (PHP Data Object), a classe PDO em sua instancia pede como parâmetro primeiro o banco que será utilizado, O caminho do banco de dados e o nome da base de dados. Após devemos inserir o login e a senha do banco de dados. Essa função serve de interface entre todos os acessos externos ao banco de dados.
- Salvar.php - Interface entre os equipamentos externos ao banco de dados, inicialmente sua primeira conexão se dá através do servidor (site).

Conforme a figura 21, o site age somente como um porta-voz do usuário com o banco de dados, onde ao usuário efetuar um cadastro as informações são enviadas para o banco de dados para confirmação de que essas informações não existem e então cria um novo acesso para o usuário que retorna essa informação para o site que passa o resultado ao usuário. Quando o usuário for efetuar o acesso a uma conta, as informações são enviadas ao site que encaminha ao banco de dados que irá verificar se as informações existem e são correspondentes e retornar para o site se o usuário pode acessar ou não a conta, que irá informar o usuário se o acesso foi permitido ou não.

#### **4.4. Comunicação entre os periféricos do sistema**

O desenvolvimento do *MQTT* foi iniciado utilizando o *broker* online eclipse, realizamos alguns testes com trocar de dados entre o *RaspBerry* e um computador, assim que finalizamos os testes e validamos a comunicação iniciamos a implementação do mosquito. O mosquito é um *broker* local, ou seja, a partir da sua implementação nossos dispositivos passaram a não necessitar mais de internet para realizar as comunicações via *MQTT*.

Após a implantação do mosquito notamos que a troca de mensagens ficou mais rápida, tendo em vista que não havia mais a necessidade da comunicação com o servidor que hospedava o *broker* online, tudo acontecia na rede local. Com o êxito na implantação do mosquito foi iniciado a efetuar as comunicações efetivas do projeto sendo, a comunicação entre o site e o *RaspBerry*, entre o *RaspBerry* e o *NodeMCU* controlador do robô móvel, entre *RaspBerry* e o *NodeMCU* com sensor *NFC*, e por fim, entre o *NodeMCU* controlador do robô e o *NodeMCU* com o sensor *NFC*.

A comunicação entre o site e o *RaspBerry* foi feito para que a cada 5 segundos o *RaspBerry* acesse os pedidos disponíveis no banco de dados e compare com o último pedido de sua lista, caso seja diferente, ele adiciona no final da lista e separa o primeiro item da lista. E logo que iniciado o processo de separação inicia o processo de comunicação entre o *RaspBerry* e o *NodeMCU* controlador do robô móvel, para iniciar o processo.

O *RaspBerry* envia um sinal ao *NodeMCU* para que comece o processo de movimento do robô, que é a movimentação do robô dentro do caminho desenhado. Ao alcançar o cartão magnético, começa a comunicação com o *NodeMCU* com o sensor *NFC* que envia o sinal de para ao *NodeMCU* controlador do robô e então finaliza o processo de movimento do robô móvel. Caso o cartão magnético detectado seja o do ponto de separação é enviado também um sinal para o *RaspBerry* iniciar o processo de separação, assim que a separação for finalizada, o *RaspBerry* envia um sinal para que o *NodeMCU* controlador do robô continue o caminho iniciando o processo de movimento do robô.

Ao encontrar o ponto de despacho irá fazer outra parada e só irá repetir o processo de movimento caso receba um sinal representado por um botão e então seguirá até o ponto de descanso e aguardar ao novo chamado do *RaspBerry*. O código está disponível no apêndice A.

#### **4.5. Desenvolvimento do robô móvel e o trajeto que ele deve percorrer**

O percurso foi projetado para que o robô móvel o utilizasse como referência para se locomover entre as estações do sistema. Percurso foi construído utilizando uma placa de madeira e fita isolante para desenhar o caminho que orientará o robô móvel durante o funcionamento, a imagem do percurso desenhado está presente na figura 22.

Figura 22. Percurso guia do robô móvel



Fonte: O autor

Para a base do robô móvel foi utilizada uma base comercial, que já integra estrutura mecânica e motores, com o intuito de deixar o processo de criação física mais simples. A base é composta por duas placas, uma para fixar os motores e presa a ela, em cima a base para fixação da cesta do robô móvel. Na figura 23 é possível observar a imagem da base utilizada no projeto.

Figura 23. Base do robô móvel.

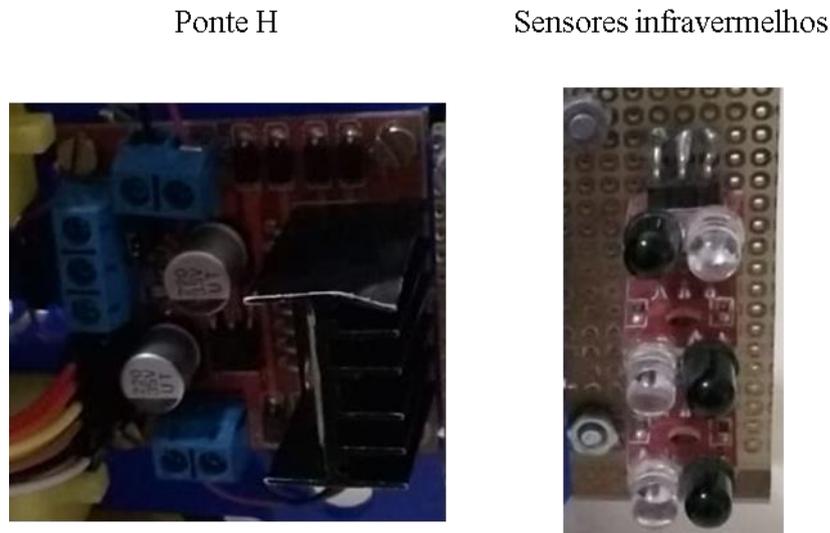


Fonte: [www.electrofun.pt](http://www.electrofun.pt)

Para realizar o funcionamento dos motores de locomoção do robô móvel foi utilizado um circuito pronto de ponte H, junto com três sensores infravermelhos para mantê-lo dentro do percurso desejado, os sensores e o circuito da ponte H estão presentes na figura 24, onde os sensores verificam se o robô está em cima do caminho desenhado, caso algum sensor da

extremidade comece a evadir o caminho desenhado, o motor corrige o andamento do robô móvel acelerando uma roda e deixando a outra parada até os sensores se encontrarem nas posições corretas no percurso.

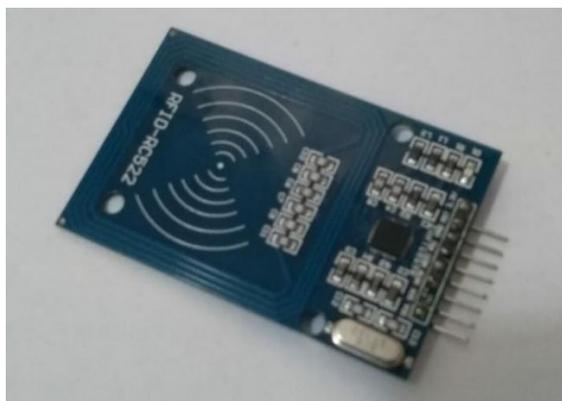
Figura 24. Sensores infravermelhos e circuito ponte H



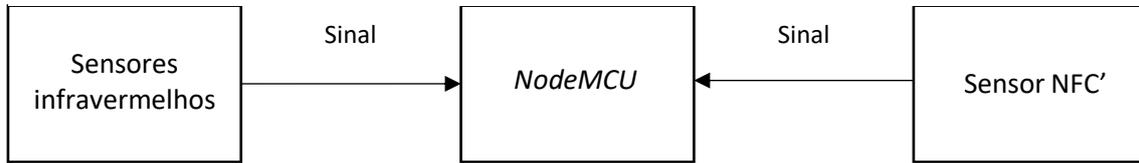
Fonte: O autor

Para detectar a estação em que o robô móvel se encontra e a qual o robô móvel deverá ir, foi usado um sensor *NFC* (*Near Field Communication*) que está visível na figura 25, que por sua vez é um sensor que recebe energia através de indução magnética, quando comunicação entre o cartão e o sensor estabiliza, o cartão começa a passar dados ao sensor. O sensor através do código de cada estação do percurso irá determinar a parada do robô móvel. O robô móvel só irá andar caso receba uma autorização externa. Na figura 26 e apresentado a interação entre os sensores e o *NodeMCU*.

Figura 25. Sensor *NFC*



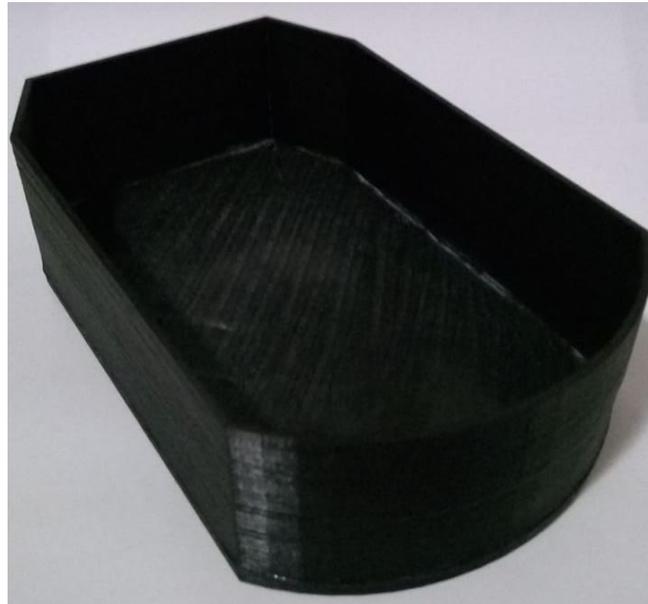
Fonte: O autor

Figura 26. Diagrama interação *NodeMCU* e sensores

Fonte: O Autor

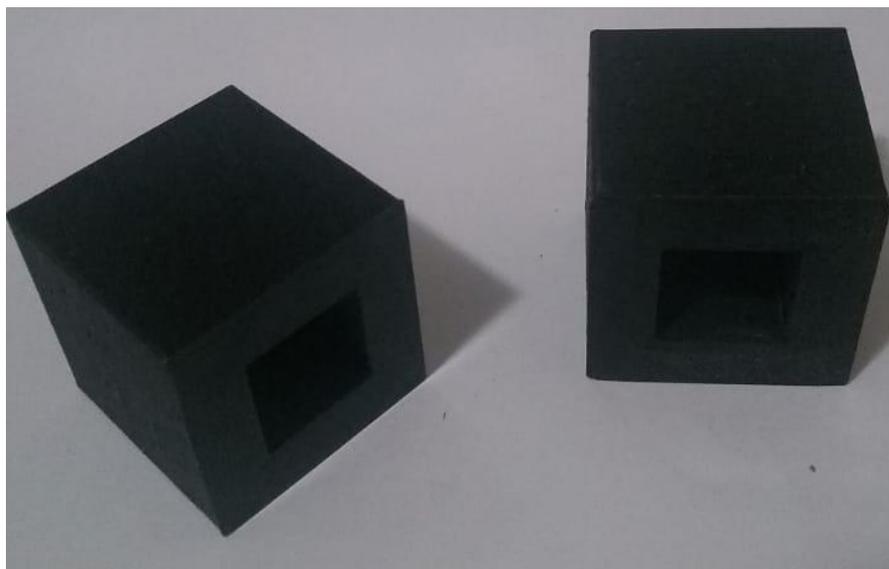
E finalmente, para armazenar os produtos durante o percurso foi desenhada e confeccionada em uma impressora 3D uma cesta que pode ser observada na figura 27 e no apêndice B com mais detalhes, essa cesta foi fixada na parte de cima do robô móvel. Nessa cesta é possível carregar um volume de até seis blocos que foram feitos para representar os produtos do sistema, na figura 28 é possível observar esse bloco modelo.

Figura 27. Cesta para armazenagem dos produtos



Fonte: O autor

Figura 28. Bloco modelo que representa o produto no sistema



Fonte: O autor

O robô móvel controlado pelo *NodeMCU* foi programado através do programa *uPyCraft* utilizando a linguagem *MicroPython*, que por sua vez é a própria linguagem Python porem com algumas alterações para que ficasse com mais simples e poder ser aplicada no Node MCU. A programação pode ser encontrada no apêndice A e o circuito elétrico no apêndice E.

Assim que montado, o robô móvel ficou responsável pela locomoção dos objetos dentro do sistema, que por sua vez estava separado em três paradas, sendo elas, o ponto de descanso do robô, o ponto de separação e o ponto de despacho. O ponto de descanso do robô foi feito para o robô permanecer ocioso aguardando o chamado da prateleira, assim que o chamado for feito, o robô seguirá até a prateleira para receber os materiais, assim que ele receber o sinal de que a separação foi feita, irá seguir até o ponto de despacho onde algo irá retirar o material de dentro dele, assim que o material for retirado, o robô seguirá para seu ponto de descanso. Na figura 29 ficou registrada imagem do robô móvel montado por completo.

Figura 29. Robô robô móvel montado



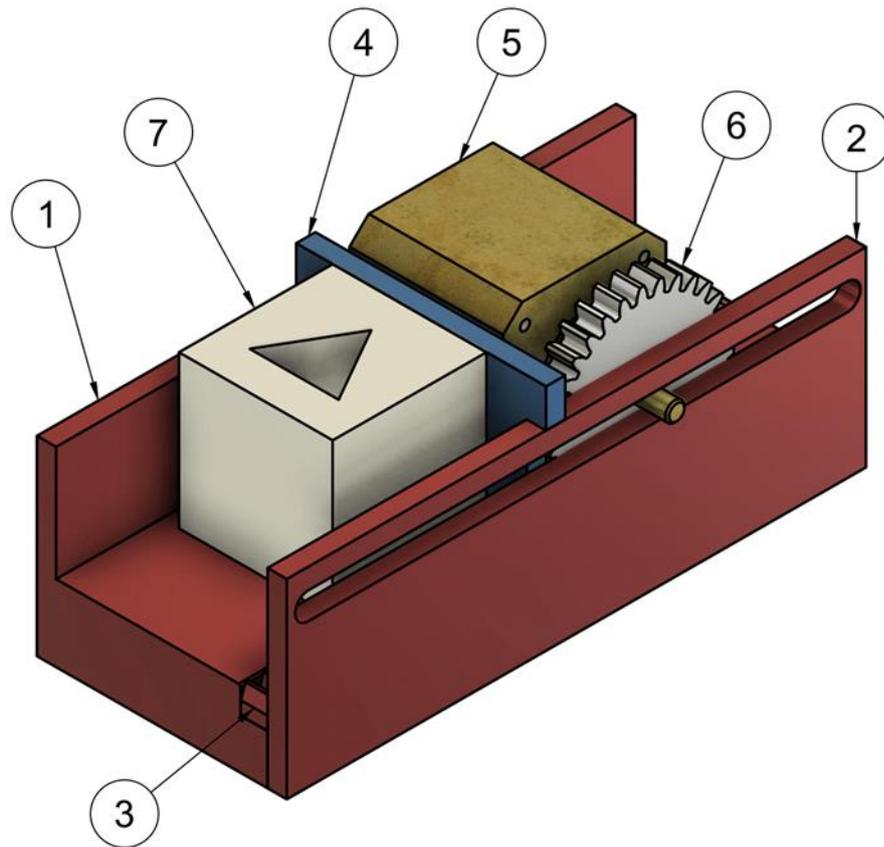
Fonte: O autor

#### 4.6. Separação do material

A separação do material ficou responsável pela prateleira e junto com essa tarefa, ela também ficou responsável pelo controle do sistema como, organizar a ordem dos pedidos, comandar a locomoção do robô móvel e sua principal função que é a separação do material.

A prateleira foi desenhada para que suportasse dois blocos modelos de produtos presentes na figura 28 e o motor em seu comprimento, sua dimensão lateral foi desenhada para suportar a largura do bloco modela mais a cremalheira de movimentação do motor. O desenho de montagem da prateleira pode ser observado na figura 30. Entretanto, foi necessário colocar um calço na prateleira para que sua altura possibilitasse a queda do material dentro da cesta do robô móvel, o calço pode ser observado no apêndice C.

Figura 30. Desenho da prateleira



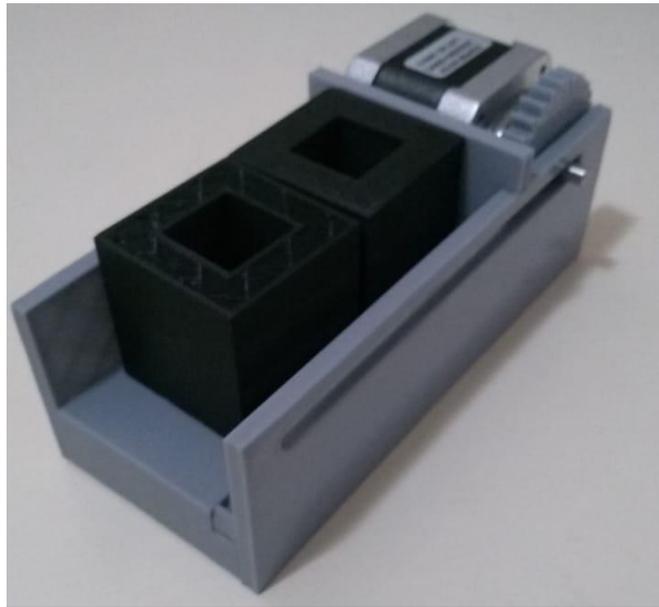
Fonte: O autor

Na figura 30 é possível observar o desenho da prateleira montada com cada peça indicada, todas as peças exceto o motor, foram confeccionadas utilizando uma impressora 3D, na figura 31 ficou registrada a prateleira montada. As sete indicações presentes na figura podem ser observadas separadamente no apêndice C, suas respectivas denominações são:

1. Base – Esta é a parte da prateleira onde todos os demais materiais se apoiaram ou foram fixados.
2. Lateral – Este item é a parede na qual o eixo motor irá direcionar devido ao oblongo para locomoção do motor, ela foi feita separa para que fosse possível encaixar o motor.
3. Cremalheira – Responsável por transformar a locomoção giratória da engrenagem em locomoção linear.
4. Divisória – Colocada somente para que o motor não fique em contato com a peça.

5. Motor – Junto com a engrenagem e a cremalheira, é responsável para empurrar o material até sua queda na cesta do robô móvel.
6. Engrenagem – Acoplada ao eixo do motor, responsável por transferir a rotação do motor para a cremalheira, ou seja, auxiliar na locomoção do motor. O cálculo para dimensionar a engrenagem está presente no apêndice D.
7. Bloco modelo – Representa o produto comercializado.

Figura 31. Prateleira montada



Fonte: O autor

Para efetuar a separação do pedido a prateleira entra recebe a informação de pedidos feitos no site e então compara com o último pedido que ela possui cadastrado caso as informações sejam diferentes, o novo pedido será adicionado no final de lista de espera e então ela segue com a separação do material do primeiro item da fila de espera.

Ao iniciar o processo de separação a prateleira chama o robô móvel para o ponto de separação, assim que o robô móvel chegar, a prateleira começa a fazer o avanço do motor ao longo da base para empurrar os blocos dentro da cesta do robô, assim que o material for separado ela envia o sinal para o robô móvel seguir até o próximo ponto. A programação pode ser encontrada no apêndice A e o circuito elétrico no apêndice E.

#### 4.7. Projeto completo

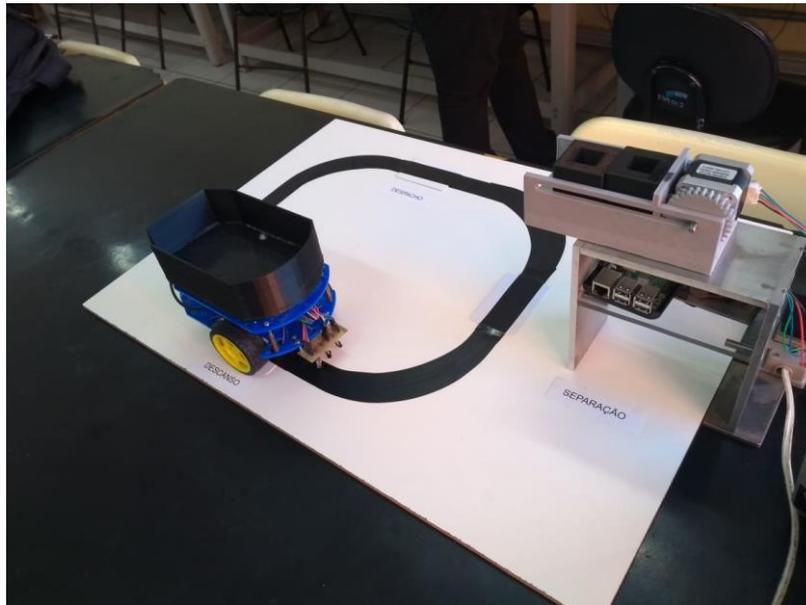
O projeto completo foi feito unificando todos os periféricos do sistema, isso inclui o site, a prateleira, o robô móvel e a comunicação entre eles. Tudo isso com o intuito de efetuar a separação e deixar disponível para a retirada. Na figura 32 é possível verificar a imagem da vista superior do sistema completa e na figura 33 é possível observar a imagem da vista lateral do sistema completo.

Figura 32. Sistema completo vista superior



Fonte: O autor

Figura 33. Sistema completo vista lateral



Fonte: O autor

O robô móvel possui três estações de parada sendo elas: descanso, separação e despacho. Cada estação possui uma função, a estação de descanso é onde o robô permanece aguardando o sinal do *RaspBerry* informar que um pedido foi recebido, e seguir até a estação de separação, a estação de separação é o local onde a prateleira fica posicionada, o robô móvel assim que chega a esta estação envia um sinal ao *RaspBerry* informando que pode ser realizada a separação, em seguida o robô segue para a estação de despacho, onde um operador retira os produtos do cesto do robô para embala-los e prepara-los para a entrega, realizando o envio para o cliente. Todas as três estações podem ser identificadas nas imagens a seguir sendo elas: estação de descanso figura 34, estação de separação figura 35, e pôr fim a estação de despacho figura 36.

Figura 34. Estação de descanso



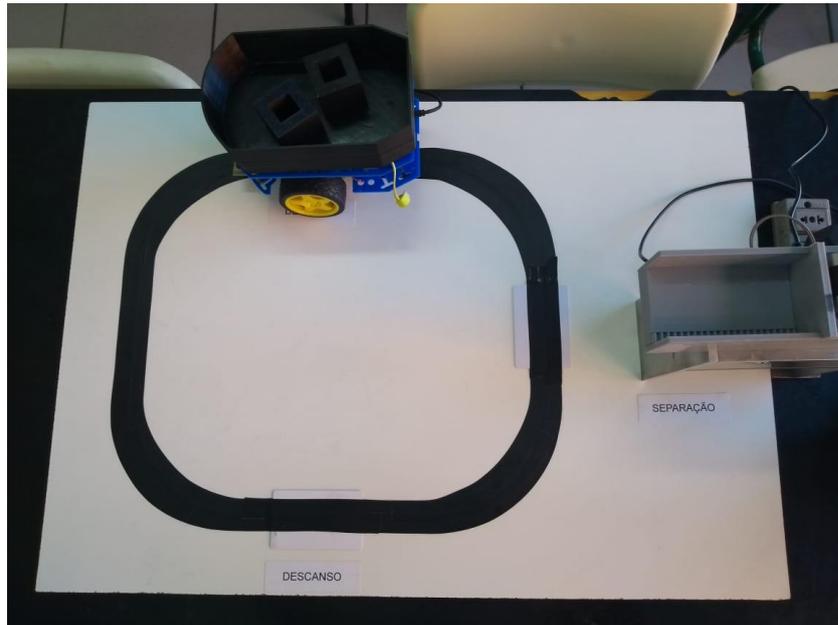
Fonte: O autor

Figura 35. Estação de separação



Fonte: O autor

Figura 36. Estação de despacho



Fonte: O autor

## 5. RESULTADOS OBTIDOS

Nesse capítulo serão apresentados os testes realizados para a validação do projeto e também os resultados desses testes. As informações dos testes foram separadas em *Hardware*, *software* e comunicação.

### 5.1. Hardware

O primeiro teste foi feito assim que o chassi do robô móvel foi recebido, para efetuar a montagem correta do mesmo, o motor foi testado para verificar o sentido de giro para que os ambos os motores girassem para o mesmo sentido.

Para testar o motor de passo foi realizado um simples teste gerando pulsos para gerar 200 passos (1 volta completa) em uma direção, após isso havia um *delay* de 0.5 segundo a direção era invertida e eram gerados 400 passos para concluir 2 voltas no sentido oposto. Após a conclusão desse teste, foi tida a certeza de que o *driver* e o motor estavam funcionando perfeitamente.

Como esperado o motor a relação entre engrenagem e cremalheira foi funcional para movimentação do motor na prateleira, e um ponto a se observar que já havia sido levado em conta, é que, devido a vibração do motor a engrenagem começa a sair do percurso em determinado ponto. Como dito anteriormente, este problema da vibração do motor já era esperado, por isso foram projetados o suporte e a lateral da prateleira para gerar um apoio ao motor e impedir que ele se mova lateralmente, impedindo assim, que a engrenagem saia da cremalheira.

### 5.2. Software

Neste primeiro teste realizado com o robô móvel, foi utilizado os sensores de linha como entrada, ou seja, caso o sensor recebesse sua luz refletida na parte branca do circuito, seu nível lógico ia para alto, com a junção da leitura dos sensores o controlador executava os testes de condições do código e tomava uma ação, porém não foi obtido sucesso, tendo em

vista que seu tempo de resposta não era rápido o suficiente fazendo com que o robô saísse da linha.

Então a lógica de funcionamento do código foi mudada, e ao invés de utilizar os sensores como entradas simples, passou a utilizar os sensores de linha como interrupções externas, ou seja, caso o nível do sensor fosse para alto gerava uma interrupção no programa, fazendo que o controlador acertasse o curso do robô. Porém por conta da rápida leitura das interrupções havia momentos em que o controlador era interrompido antes que o motor pudesse responder ao sinal enviado pelo controlador, por conta disso o robô móvel acabava saindo do seu percurso pois a resposta dos motores não era rápida o suficiente para corrigir o seu trajeto.

Por fim foi decidido trocar a lógica do programa, para uma interrupção interna por *timer*, assim a cada ciclo de tempo era realizada uma leitura dos sensores, e um sinal era enviado para os motores corrigirem o percurso, assim havia tempo suficiente para os motores agirem em resposta dos sensores de linha.

### 5.3. Comunicação

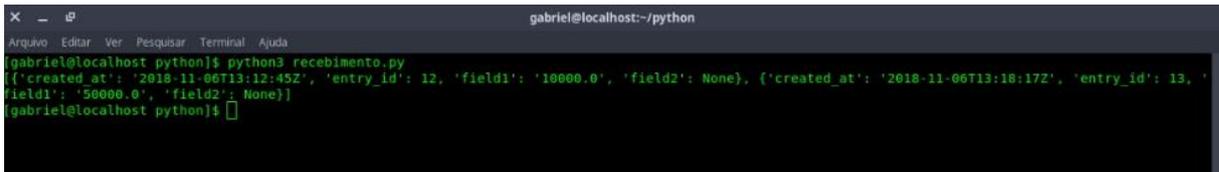
A ideia inicial do projeto era utilizar o *webservice* para a troca de dados entre nuvem e hardware, alguns testes foram realizados para a troca de dados, um dos testes realizados foi o envio de grandes valores para o *Thingspeak*, pois a troca de dados foi feita com base em uma codificação, onde seria enviado todos os dados dos pedidos em um único “frame” ou seja um único valor informaria o número do pedido, ID do usuário, quantidade do produto 1 e do produto 2. Com essa ideia de “pacote” de dados em mente, foram realizados testes de acordo com a necessidade, ou seja, foram enviados valores na casa de  $10^6$  para verificar o limite máximo de um valor que poderia ser alocado no *Thingspeak*.

Os testes com o envio de dados foram finalizados com sucesso, era realmente possível o envio de dados de larga escala no *Thingspeak* (lembrando, sempre respeitando a limitação de apenas uma troca de dados a cada 15 segundos por ser uma licença gratuita).

A maior dificuldade com o *Thingspeak* foi o recebimento de dados, foram enfrentados alguns empecilhos com o recebimento de dados, pois ao realizar uma requisição GET ao *webservice*, os dados recebidos foram um arquivo JSON com todas as informações retiradas

do site, ou seja, hora da requisição, data, nome do campo onde eram alocadas as leituras, leituras passadas e as novas realizadas como é possível observar na figura 37 que representa as informações de resposta do *ThingSpeak* em arquivo *JSON*, para melhor visualização a mensagem pode ser visualizada na figura 38.

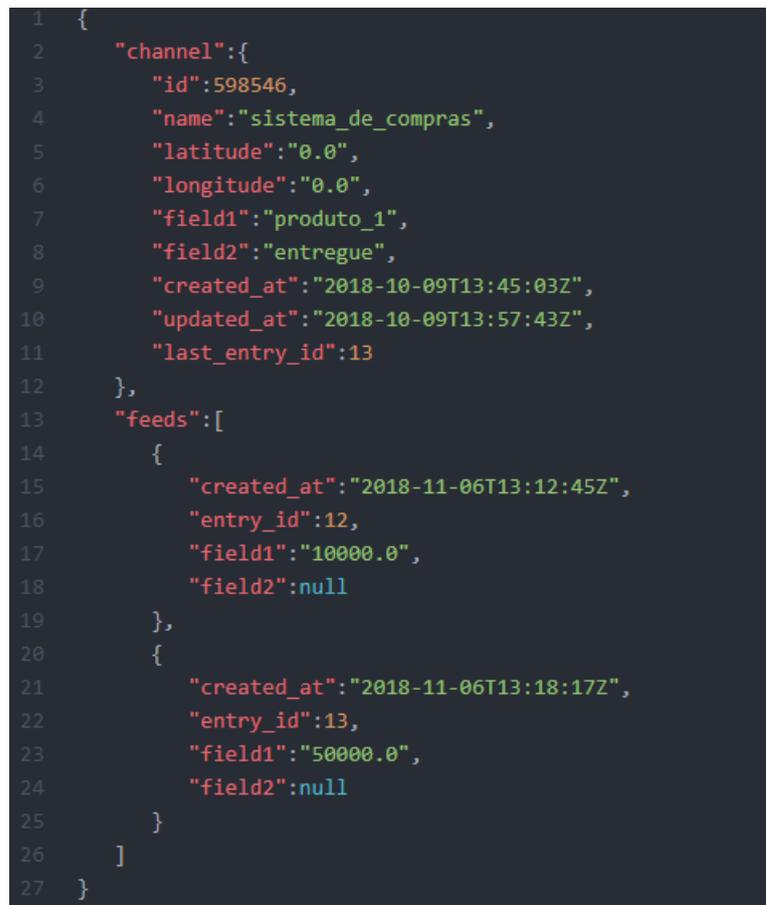
Figura 37. Envio e resposta de dados através do *ThingSpeak*.



```
gabriel@localhost:~/python
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
[gabriel@localhost python]$ python3 recebimento.py
[{'created_at': '2018-11-06T13:12:45Z', 'entry_id': 12, 'field1': '10000.0', 'field2': None}, {'created_at': '2018-11-06T13:18:17Z', 'entry_id': 13, 'field1': '50000.0', 'field2': None}]
[gabriel@localhost python]$
```

Fonte: O autor.

Figura 38. Envio e resposta de dados através do *ThingSpeak* transcrita.



```

1  {
2    "channel":{
3      "id":598546,
4      "name":"sistema_de_compras",
5      "latitude":"0.0",
6      "longitude":"0.0",
7      "field1":"produto_1",
8      "field2":"entregue",
9      "created_at":"2018-10-09T13:45:03Z",
10     "updated_at":"2018-10-09T13:57:43Z",
11     "last_entry_id":13
12   },
13   "feeds":[
14     {
15       "created_at":"2018-11-06T13:12:45Z",
16       "entry_id":12,
17       "field1":"10000.0",
18       "field2":null
19     },
20     {
21       "created_at":"2018-11-06T13:18:17Z",
22       "entry_id":13,
23       "field1":"50000.0",
24       "field2":null
25     }
26   ]
27 }
```

Fonte: O autor

O problema contido nesse arquivo *JSON*, é que tivemos grandes dificuldades em isolar o campo “*field1*” onde se encontrava o valor desejado que iríamos trabalhar. Após muitas tentativas conseguimos transformar o arquivo *JSON* em um dicionário. Dicionário em

*Python* são dados do tipo chave-valor, ou seja, uma chave principal recebe um atributo dando um valor para aquela chave. Ao conseguir transformar o arquivo JSON em um dicionário foi possível “desmembrar” o campo `fields1` do arquivo assim conseguindo trabalhar diretamente como valor desejado.

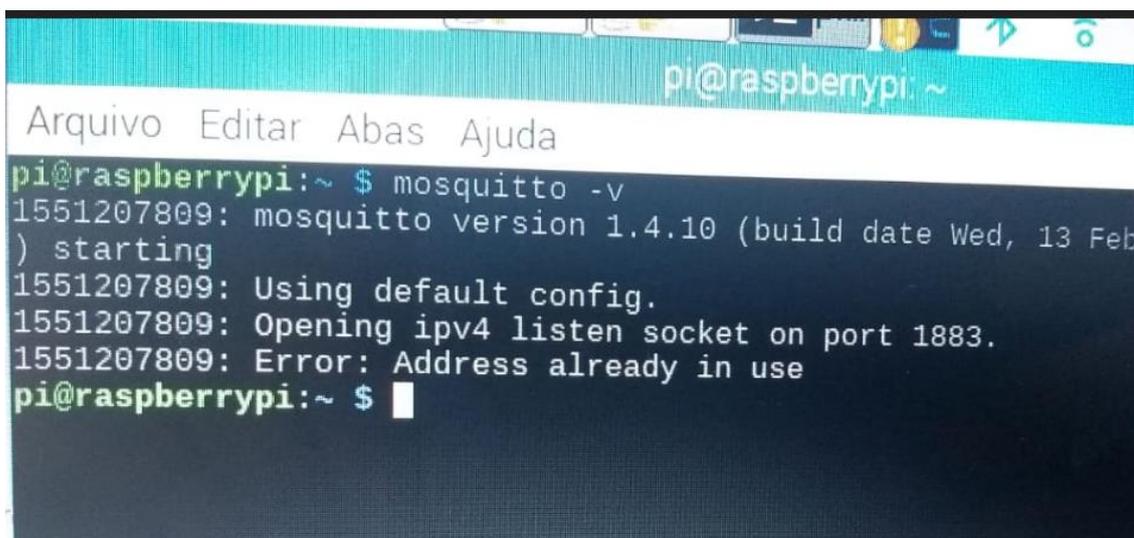
O *MQTT* é uma das principais chaves do projeto, basicamente, é ele quem realiza todo o trabalho bruto do processo, sendo responsável por toda a troca de dados entre as máquinas, ou seja, assim que o pedido é recebido, somente o *MQTT* é utilizado para a troca de dados. Porém utilizar o *MQTT* não foi uma tarefa tão simples, foram realizados vários testes até conseguir os resultados desejados.

O primeiro teste realizado com o *MQTT* foi utilizando 2 *RaspBerry* Pi3 (*RaspBerry* a e *RaspBerry* b) e um *notebook*, a ideia do teste era tentar enviar dados de um notebook para o *RaspBerry* a utilizando o *broker* *mosquitto* que se encontrava no próprio *RaspBerry* a, que após receber a mensagem a reenviaria para o próximo *RaspBerry* b. O primeiro resultado do teste está registrado na figura 39.

Figura 39. Primeiro resultado do teste de comunicação entre notebook, *RaspBerry* a e *RaspBerry* b.

Fonte: O autor.

É possível verificar a figura 39 que a conexão com o *broker* havia sido realizada, e que o *broker* recebeu os dados enviados pelo *client* no tópico *TEST*, porém o *broker* não realizou a ação de reenviar os dados para os *Subscribers* do tópico. Na primeira tentativa de corrigir esse problema foi pensado em fechar o terminal que estava rodando o *broker* e iniciar o *broker* novamente, foi então que obtivemos o erro de iniciação presente na figura 40.

Figura 40. Erro ao iniciar o *broker*A screenshot of a terminal window on a Raspberry Pi. The window title is 'pi@raspberrypi: ~'. The terminal shows the command 'mosquitto -v' being executed. The output is: '1551207809: mosquitto version 1.4.10 (build date Wed, 13 Feb) starting', '1551207809: Using default config.', '1551207809: Opening ipv4 listen socket on port 1883.', and '1551207809: Error: Address already in use'. The prompt 'pi@raspberrypi:~ \$' is visible at the end of the output.

```
Arquivo Editar Abas Ajuda
pi@raspberrypi:~ $ mosquitto -v
1551207809: mosquitto version 1.4.10 (build date Wed, 13 Feb)
) starting
1551207809: Using default config.
1551207809: Opening ipv4 listen socket on port 1883.
1551207809: Error: Address already in use
pi@raspberrypi:~ $
```

Fonte: O autor

Ao notar ao erro presente na figura 40, foi mudado o *broker* de testes para um *broker* online do eclipse “[iot.eclipse.org](http://iot.eclipse.org)”. Quando realizado a troca do *broker*, logo de cara foram notadas as diferenças, com poucas alterações nos códigos foi possível realizar a comunicação com o *broker*, e realizar a troca de dados. A partir desse resultado notou-se que o problema poderia ser a instalação do *broker* que deve ter sido feita de forma errada, ou corrompida de alguma forma.

O próximo passo tomado foi “descentralizar o processo”, ou seja, realocar os processos, para que isso fosse possível, foi decidido transferir o *broker* para um *notebook*, pois assim teria mais facilidade em observar a instalação, e maior auxílio em como configurar o *broker* visto que possuía mais material para pesquisa sobre como configurar o mosquitto em um *notebook* do que como configura-lo no *RaspBerry*. Entretanto ainda foi mantida a tarefa de controlar os pedidos no *RaspBerry*, recebendo os pedidos dos clientes e controlando a movimentação das máquinas no estoque.

Assim que colocado o mosquitto no notebook e inicializa-lo com o comando “mosquitto -v”, não foi apresentado falhas, porém, assim que foi tentado realizar uma comunicação foi notado que não era possível se conectar ao *broker*, com o seguimento dos testes foi percebido que para a comunicação ocorrer era necessário abrir as portas para comunicação no próprio firewall do sistema operacional do *notebook* utilizando os seguintes comandos:

```
firewall-cmd --permanent --add-port=1883/tcp
```

```
firewall-cmd --permanent --add-port=1883/udp
```

```
firewall-cmd --permanent --add-port=8883/tcp
```

```
firewall-cmd --permanent --add-port=8883/udp
```

Após o êxito em abrir as portas para comunicação entre o *broker* e os periféricos, foi buscado o motivo do erro de iniciação do *broker* mosquitto, então foi notado que o erro era devido ao processo de funcionamento que continuava em aberto.

Com o *broker* mosquitto funcionando e possibilitando a comunicação entre os periféricos estando *off-line* foi iniciado os testes enviando mensagens usando o protocolo, porém houve a mudança dos itens usados para a comunicação ficando um *RaspBerry* e um *NodeMCU*, inicialmente foi feito a comunicação entre os itens e o *broker*, obtendo as figuras 41 e 42 como resultado.

Figura 41. Resultado da comunicação do *RaspBerry* e o *broker*

The image shows two overlapping windows. The background window is a terminal titled 'gabriel : mosquitto - Konsole'. It displays the following log output:

```

[gabriel@ggpc ~]$ mosquitto -v
1559960343: mosquitto version 1.5.8 starting
1559960343: Using default config.
1559960343: Opening ipv4 listen socket on port 1883.
1559960343: Opening ipv6 listen socket on port 1883.
1560004251: New connection from 192.168.43.22 on port 1883.
1560004251: New client connected from 192.168.43.22 as 7f089611-8e47-4658-9375-7c11a89c6057 (c1, k60).
1560004251: No will message specified.
1560004251: Sending CONNACK to 7f089611-8e47-4658-9375-7c11a89c6057 (0, 0)
1560004251: Received SUBSCRIBE from 7f089611-8e47-4658-9375-7c11a89c6057
1560004251:   robol (QoS 0)
1560004251: 7f089611-8e47-4658-9375-7c11a89c6057 0 robol
1560004251: Sending SUBACK to 7f089611-8e47-4658-9375-7c11a89c6057
  
```

The foreground window is a VNC viewer titled '192.168.43.22 (raspberrypi) - VNC Viewer'. It shows a terminal window titled '\*Python 3.5.3 Shell\*' with the following output:

```

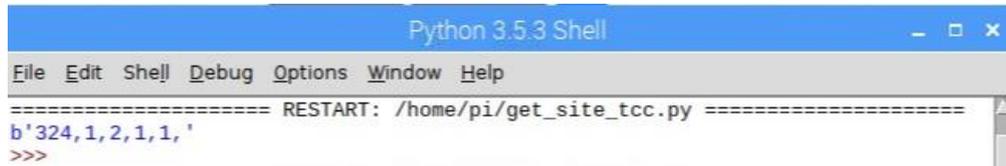
Python 3.5.3 (default, Sep 27 2018, 17:25:39)
[GCC 6.3.0 20170516] on linux
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
===== RESTART: /home/pi/mqtt_enviar_dados_esp.py =====
[STATUS] Inicializando MQTT...
[STATUS] Conectado ao Broker. Resultado de conexao: 0
  
```

Fonte: O autor



servidor utilizando o protocolo *HTTP* feito no site para verificar o que seria enviado através da comunicação para o *RaspBerry*, e foi obtido a mensagem presente na figura 44 como resposta

Figura 44. Resultado primeiro teste da comunicação entre o site e o *RaspBerry*



```
Python 3.5.3 Shell
File Edit Shell Debug Options Window Help
===== RESTART: /home/pi/get_site_tcc.py =====
b'324,1,2,1,1,'
>>>
```

Fonte: O autor

Ao receber a mensagem presente na figura 44 foi tentado quebrar a mensagem em partes para que cada um tivesse um significado dentro do pedido, tornando cada parte em uma posição de um *array*, como resultado obtivemos o erro presente na figura 45.

Figura 45. Resultado do segundo teste da comunicação entre o site e o *RaspBerry*

```
===== RESTART: /home/pi/get_site_tcc.py =====
b'325,1,2,1,1,'
Traceback (most recent call last):
  File "/home/pi/get_site_tcc.py", line 5, in <module>
    x = r.split(",")
AttributeError: 'Response' object has no attribute 'split'
>>>
```

Fonte: O autor

Foi verificado que o erro presente na figura 45 aconteceu, pois, o objeto que estava disponível para leitura e foi tentado dividir não era uma variável do tipo *string*, a partir do momento que foi separado apenas o conteúdo da requisição foi possível separar a *string* recebida, e assim realizar um *print* na posição zero do *array*. Obtendo o resultado presente na figura 46.

Figura 46. Separação do objeto de leitura

```
===== RESTART: /home/pi/get_site_tcc.py =====
b'325,1,1,1,'
['325', '1', '1', '1']
>>>
===== RESTART: /home/pi/get_site_tcc.py =====
b'325,1,1,1,'
325
>>>
```

Fonte: O autor

Como o material estava dividido na ordem já definida anteriormente, sendo, *ID* do usuário, número do pedido, produtos desejados, quantidade do produto 1 e quantidade do

produto 2, foi feita a separação efetiva para melhor visualização e finalização dos testes, conforme a figura 47.

Figura 47. Interpretação da separação do objeto de leitura

```
===== RESTART: /home/pi/get_site_tcc.py =====  
b'327,1,1,1,327,1,2,1,'  
['327', '1', '1', '1', '327', '1', '2', '1', '']  
Numero do pedido: 327  
Usuario: 1  
Produto(s) desejado(s): Produto1, Produto2  
Quantidade desejada do produto: Produto1 qtd: 1/ Produto2 qtd: 1  
>>> |  
Ln: 90 Col: 4
```

Fonte: O autor

## 6. CONCLUSÕES

Com a realização desse trabalho foi possível adquirir uma nova perspectiva principalmente da comunicação entre os meios robóticos utilizando as estratégias de *IoT*, como também que o setor de logística em uma empresa é de extrema importância, pois com a organização correta do estoque e de manejo do mesmo pode resultar em grandes ganhos seja em tempo, satisfação ou dinheiro, que são os pontos de interesse de qualquer empresa.

A comunicação entre meios robóticos aconteceu com sucesso, como pode ser visto pelos resultados obtidos nos testes realizados utilizando o *RaspBerry* e o *nodeMCU*, onde foi constatado a eficiência do *MQTT* como forma de troca de dados entre os meios robóticos.

A troca de mensagens entre os elementos do sistema ocorreu conforme o esperado, dado os resultados obtidos nos testes entre o *RaspBerry* e o *nodeMCU*, tendo em vista que foi possível realizar a troca de dados entre os dois dispositivos utilizando o *broker mosquitto*.

Como sugestão de trabalhos futuros, a possível substituição da prateleira pelo braço robótico para que seja possível manipular os objetos entre as prateleiras. Outra sugestão para os trabalhos futuros seria a implementação de outro braço robótico para realizar a retirada dos objetos do cesto do robô móvel, assim, automatizando a transição entre o cesto e o veículo de transporte. Uma adição ao projeto como trabalho futuro seria a implementação de um robô móvel que faria a reposição do estoque, assim, automatizando por completo todo o sistema.

## 7. REFERÊNCIAS:

- Barros, M. (27 de Setembro de 2018). *MQTT - Protocolos para IoT*. Fonte: Embarcados: <https://www.embarcados.com.br/mqtt-protocolos-para-iot/>
- Chooruang, K; Mangkalakeeree, P. (2016). Wireless Heart Rate Monitoring System using MQTT . pp. 160-163.
- Freitas, E. (14 de Setembro de 2018). *Primeira Revolução Industrial* . Fonte: Brasil Escola: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/primeira-revolucao-industrial.htm>
- Pena, R. F. (15 de Setembro de 2018). *Terceira Revolução Industrial*. Fonte: Brasil Escola: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/terceira-revolucao-industrial.htm>
- Silveira, C. B. (s.d.). Acesso em 10 de 11 de 2018, disponível em <https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>
- Sousa, R. (2018). Acesso em 21 de Junho de 2019, disponível em <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/terceira-revolucao-industrial.htm>
- Yuan, M. (2017). *IBM*. Acesso em 23 de Setembro de 2018, disponível em <https://www.ibm.com/developerworks/br/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html>

## **8. APÊNDICE**

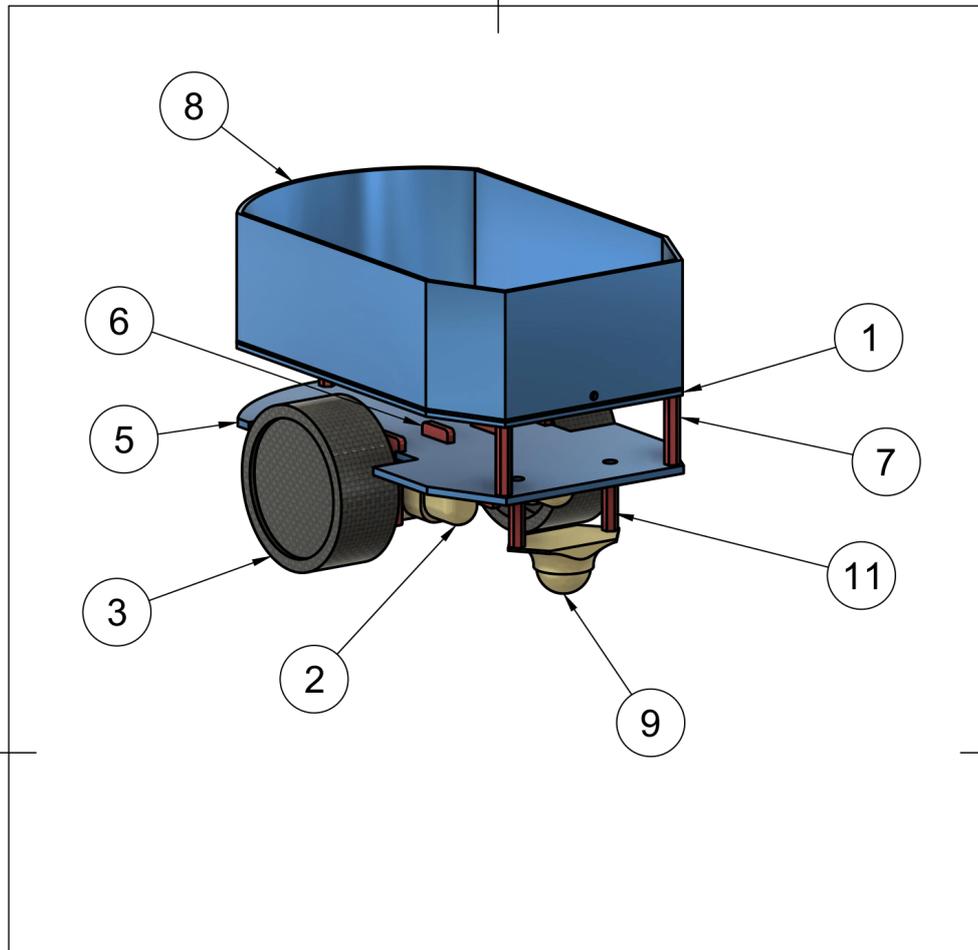
### **Apêndice A - Programas**

Todos os códigos referentes a este trabalho podem ser encontrados no link a seguir.

[https://github.com/gabrielsugai/TCC\\_Entregas](https://github.com/gabrielsugai/TCC_Entregas)

## Apêndice B – Robô móvel

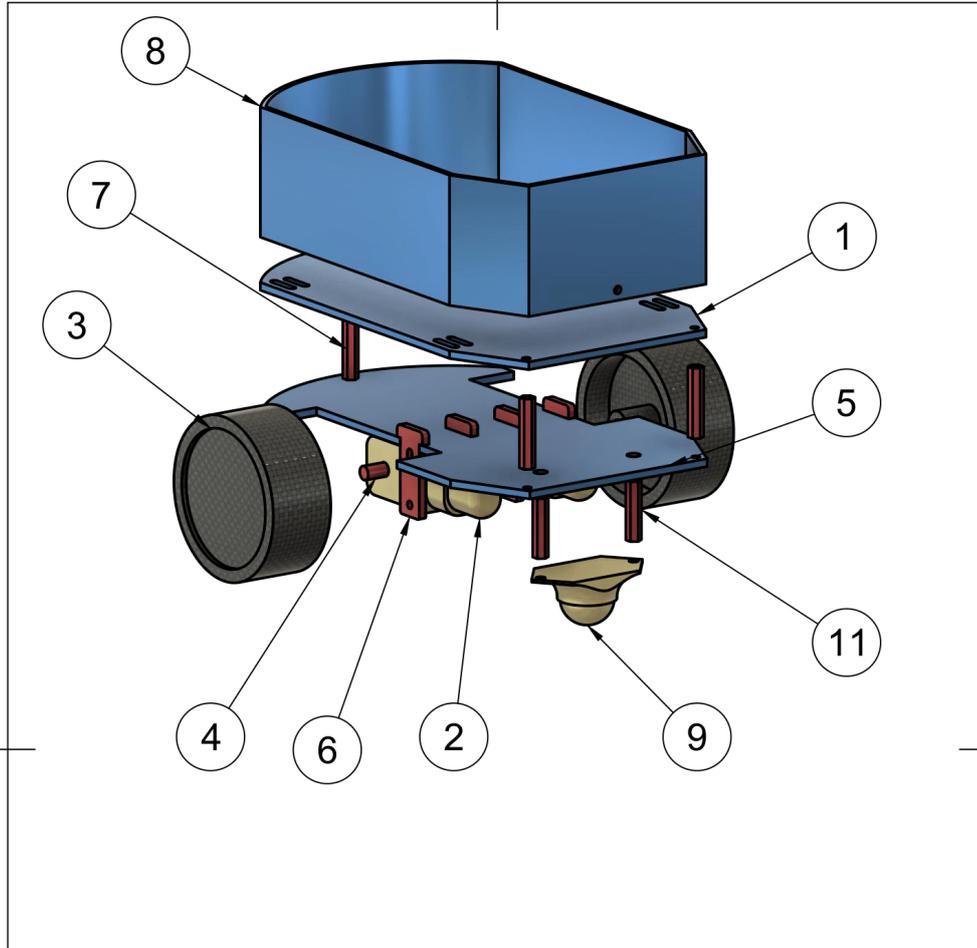
### Robô móvel



#### Lista de Componentes

Item	Qtd	Peça	Item	Qtd	Peça
1	1	Base do Cesto	7	3	Prolongador 27 mm
2	2	Motor	8	1	Cesto
3	2	Roda Traseira	9	1	Roda Dianteira
5	1	Base Motor	11	2	Prolongador 23 mm
6	4	Suporte Motor			

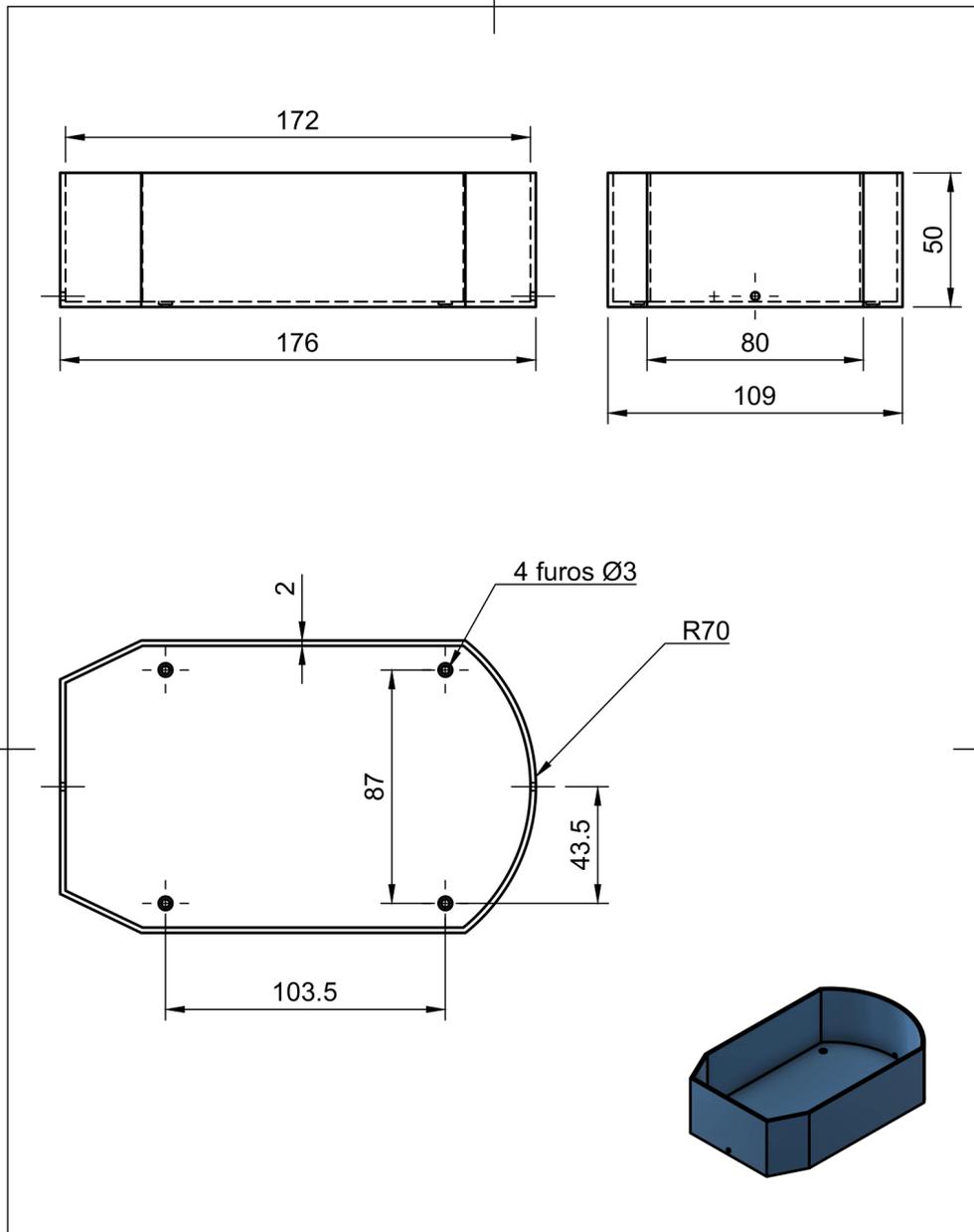
Dept. FATEC	Technical reference	Created by Renan Ferreira 28/05/2019	Approved by		
		Document type Desenho	Document status		
		Title Conjunto Seguidor de Linha Montagem	DWG No. 1		
Rev.	Date of issue 28/05/2019	Sheet 1/1			



Lista de Componentes

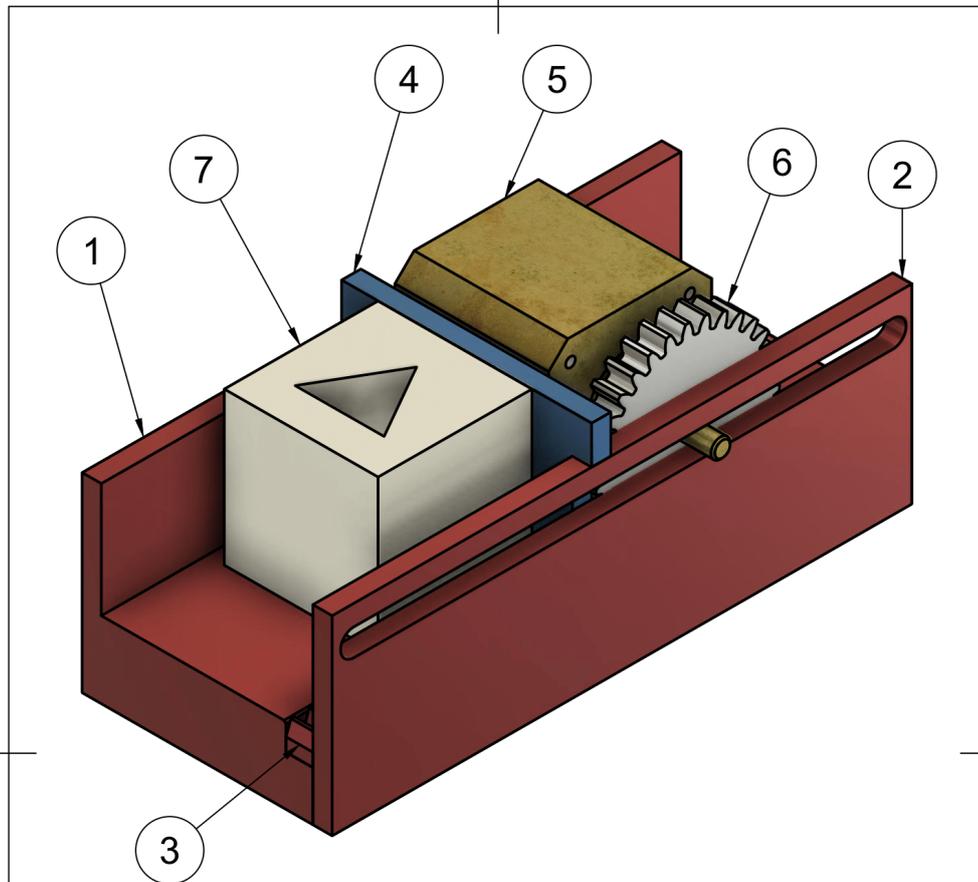
Item	Qtd.	Peça	Item	Qtd.	Peça
1	1	Base do Cesto	6	4	Suporte do Motor
2	2	Motor	7	3	Prolongador 27 mm
3	2	Roda Traseira	8	1	Cesto
4	2	Eixo Motor	9	1	Roda Dianteira
5	1	Base do Motor	11	2	Prolondador 23 mm

Dept. FATEC	Technical reference	Created by Renan Ferreira 28/05/2019	Approved by
		Document type Desenho	Document status
		Title Conjunto Seguidor de Linha	DWG No. 1
Rev.	Date of issue 28/05/2019	Sheet 1/2	



Dept. <b>FATEC</b>	Technical reference	Created by <b>Renan Ferreira 29/05/2019</b>	Approved by
		Document type <b>Desenho</b>	Document status
		Title <b>Cesto</b>	DWG No. <b>2</b>
		Rev.	Date of issue <b>28/05/2019</b>

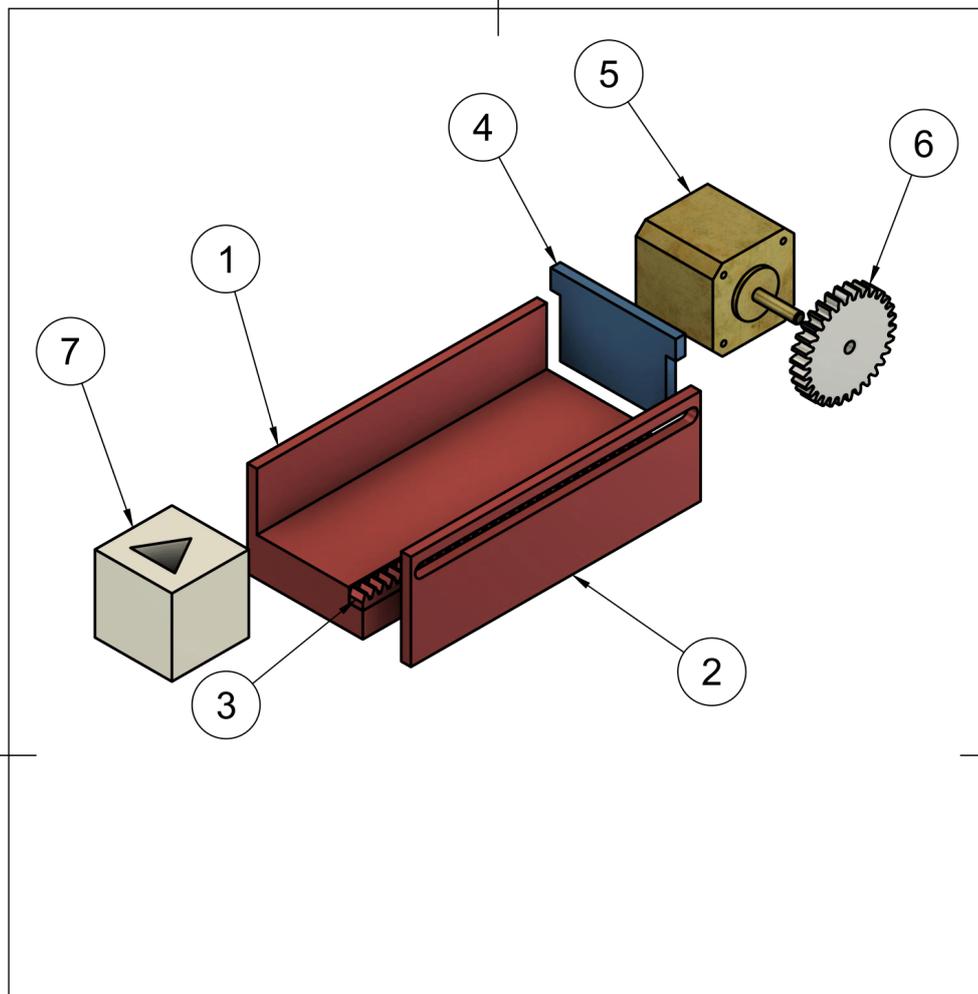
### Apêndice C - Prateleira



#### Lista de Componentes

Item	Qtd.	Peça	Item	Qtd.	Peça
1	1	Prateleira	5	1	Motor
2	1	Lateral Prateleira	6	1	Engrenagem
3	1	Cremalheira	7	1	Bloco Padrão
4	1	Suporte Motor			

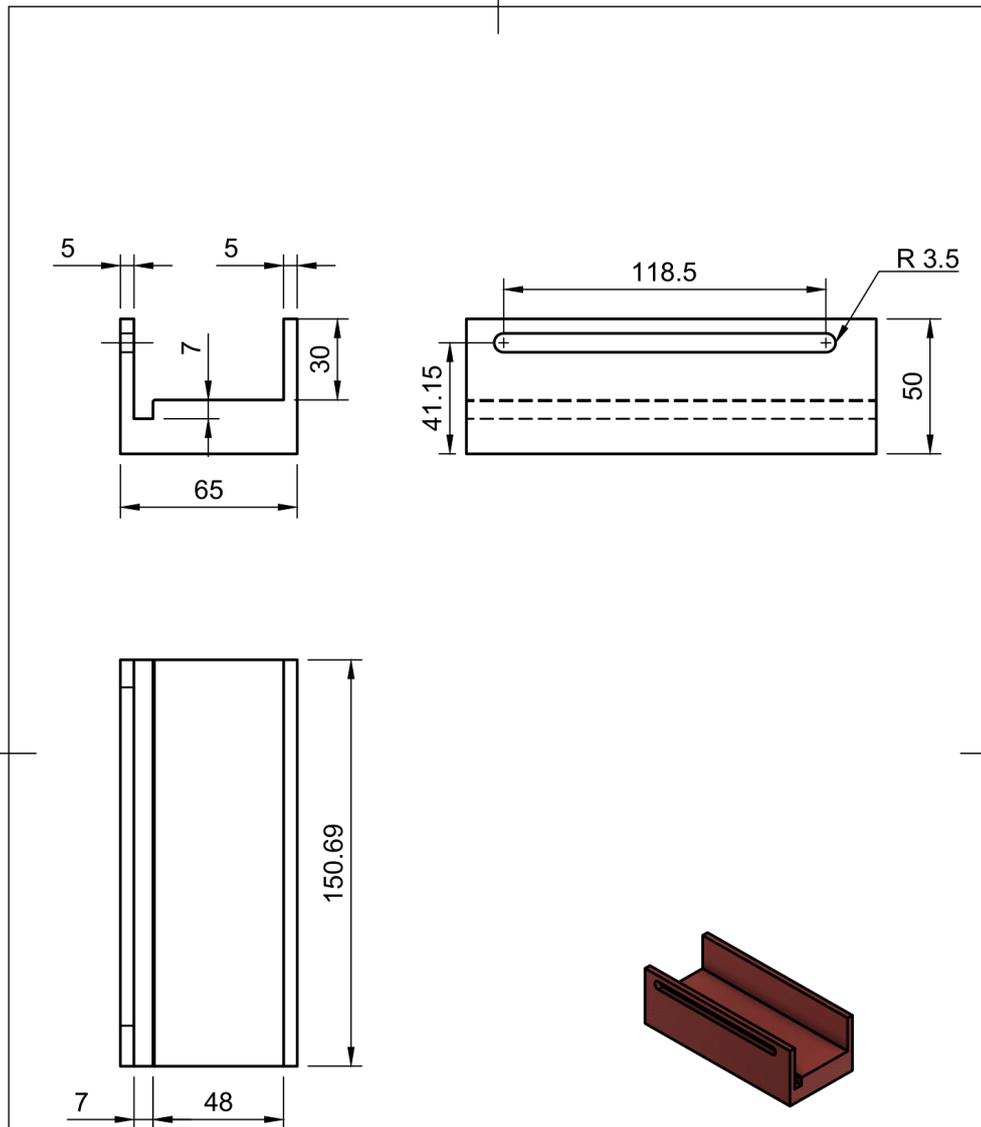
Dept. FATEC	Technical reference	Created by Renan Ferreira 28/05/2019	Approved by		
		Document type Desenho	Document status		
		Title Conjunto Prateleira Montagem	DWG No. 1		
Rev.	Date of issue 28/05/2019	Sheet 1/1			



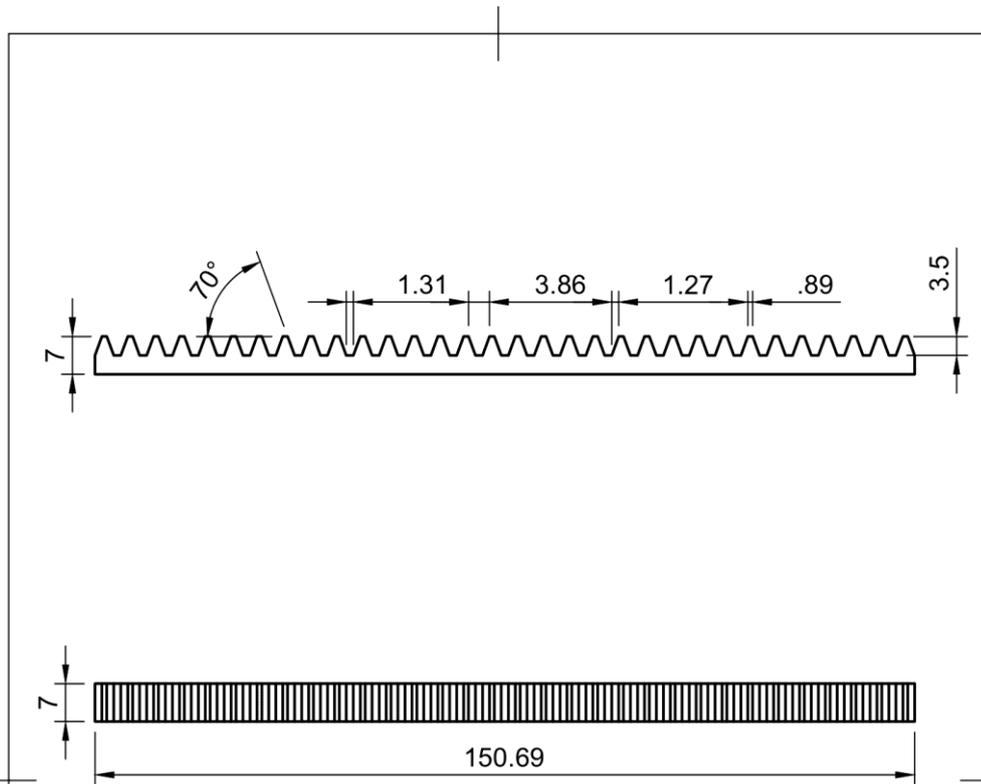
Lista de Componentes

Item	Qtd.	Peça	Item	Qtd.	Peça
1	1	Prateleira	5	1	Motor
2	1	Lateral Prateleira	6	1	Engrenagem
3	1	Cremalheira	7	1	Bloco Padrão
4	1	Suporte Motor			

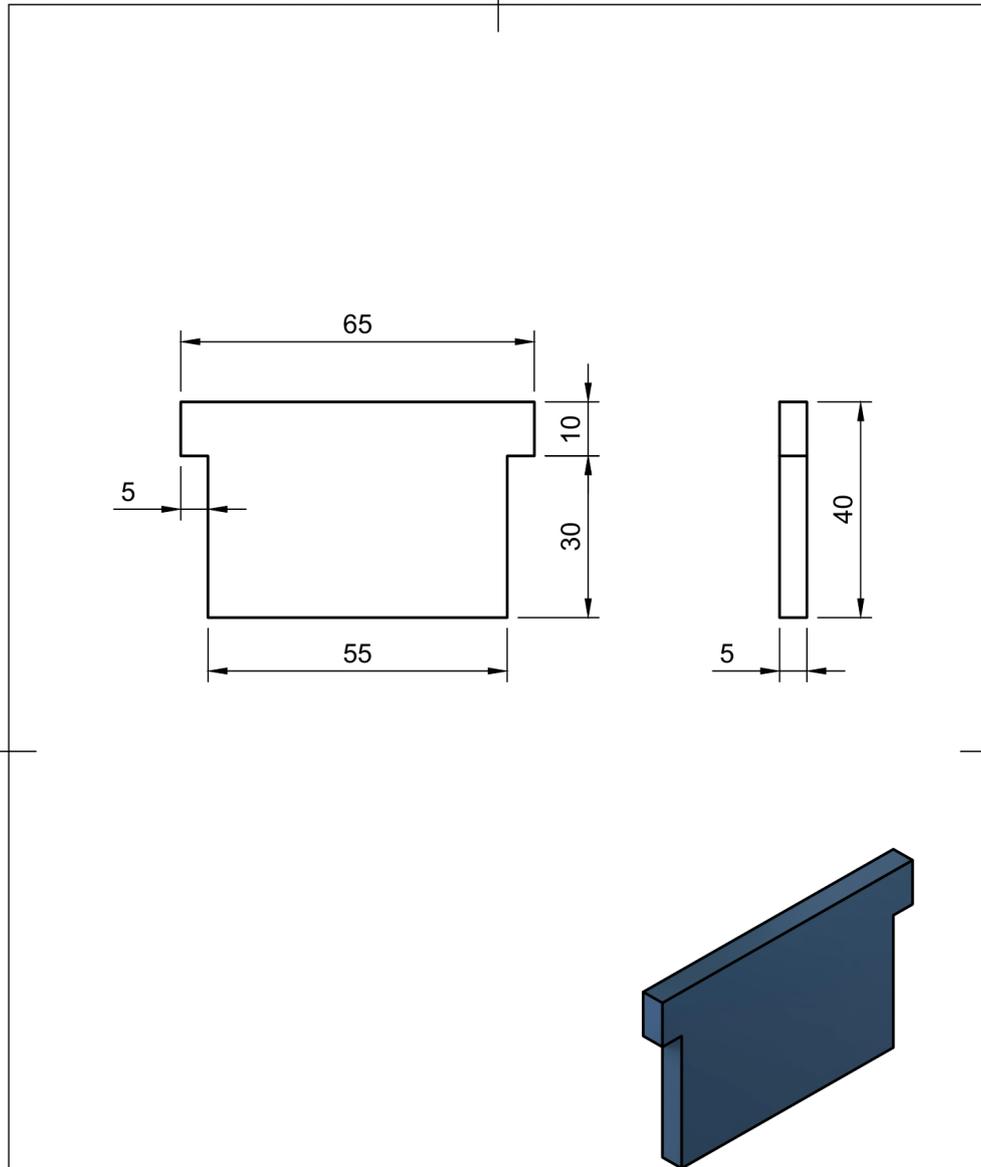
Dept. FATEC	Technical reference	Created by Renan Ferreira 28/05/2019	Approved by
		Document type Desenho	Document status
		Title Conjunto Prateleira Explodido	DWG No. 1
	Rev.	Date of issue 28/05/2019	Sheet 1/1



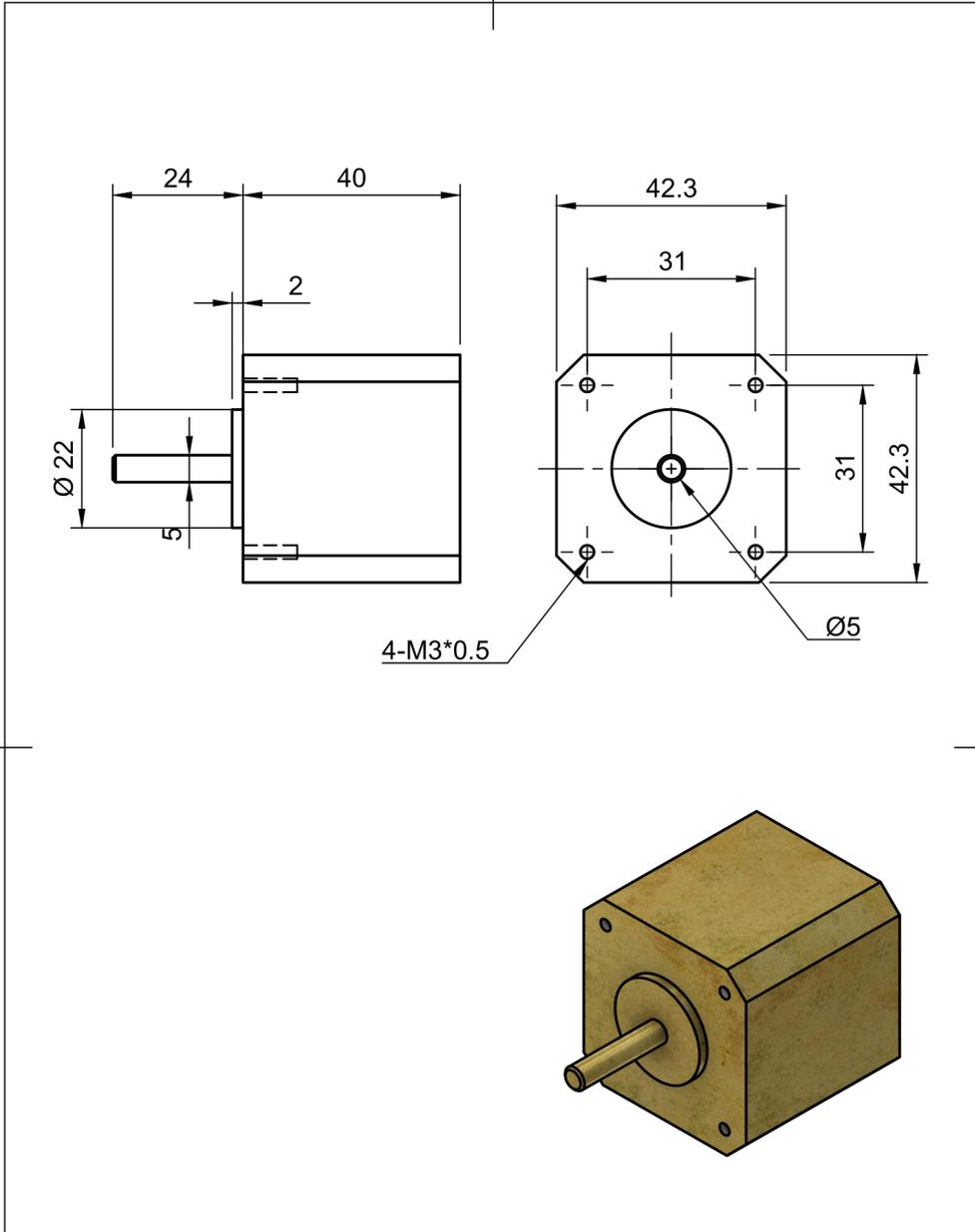
Dept. <b>FATEC</b>	Technical reference	Created by <b>Renan Ferreira 27/05/2019</b>	Approved by
		Document type <b>Desenho</b>	Document status
		Title <b>Prateleira Peça 1 e 2</b>	DWG No. <b>2</b>
		Rev.	Date of issue <b>27/05/2019</b>



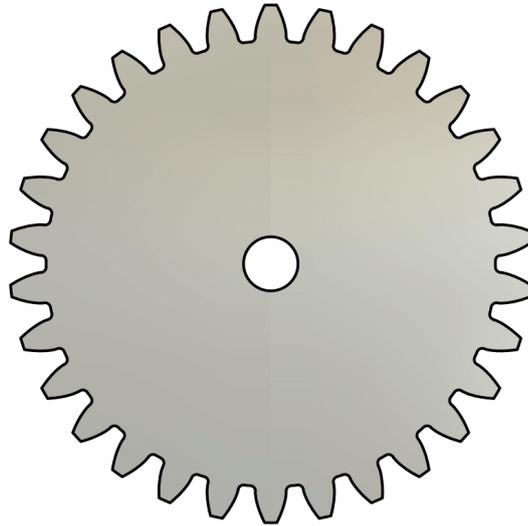
Dept. <b>FATEC</b>	Technical reference	Created by <b>Renan Ferreira 27/05/2019</b>	Approved by	
		Document type <b>Desenho</b>	Document status	
		Title <b>Cremalheira</b>	DWG No. <b>3</b>	
		Rev.	Date of issue <b>27/05/2019</b>	Sheet <b>3/7</b>



Dept. <b>Fatec</b>	Technical reference	Created by <b>Renan Ferreira 27/05/2019</b>	Approved by	
		Document type <b>Desenho</b>	Document status	
		Title <b>Suporte Motor</b>	DWG No. <b>4</b>	
		Rev.	Date of issue <b>27/05/2019</b>	Sheet <b>4/7</b>



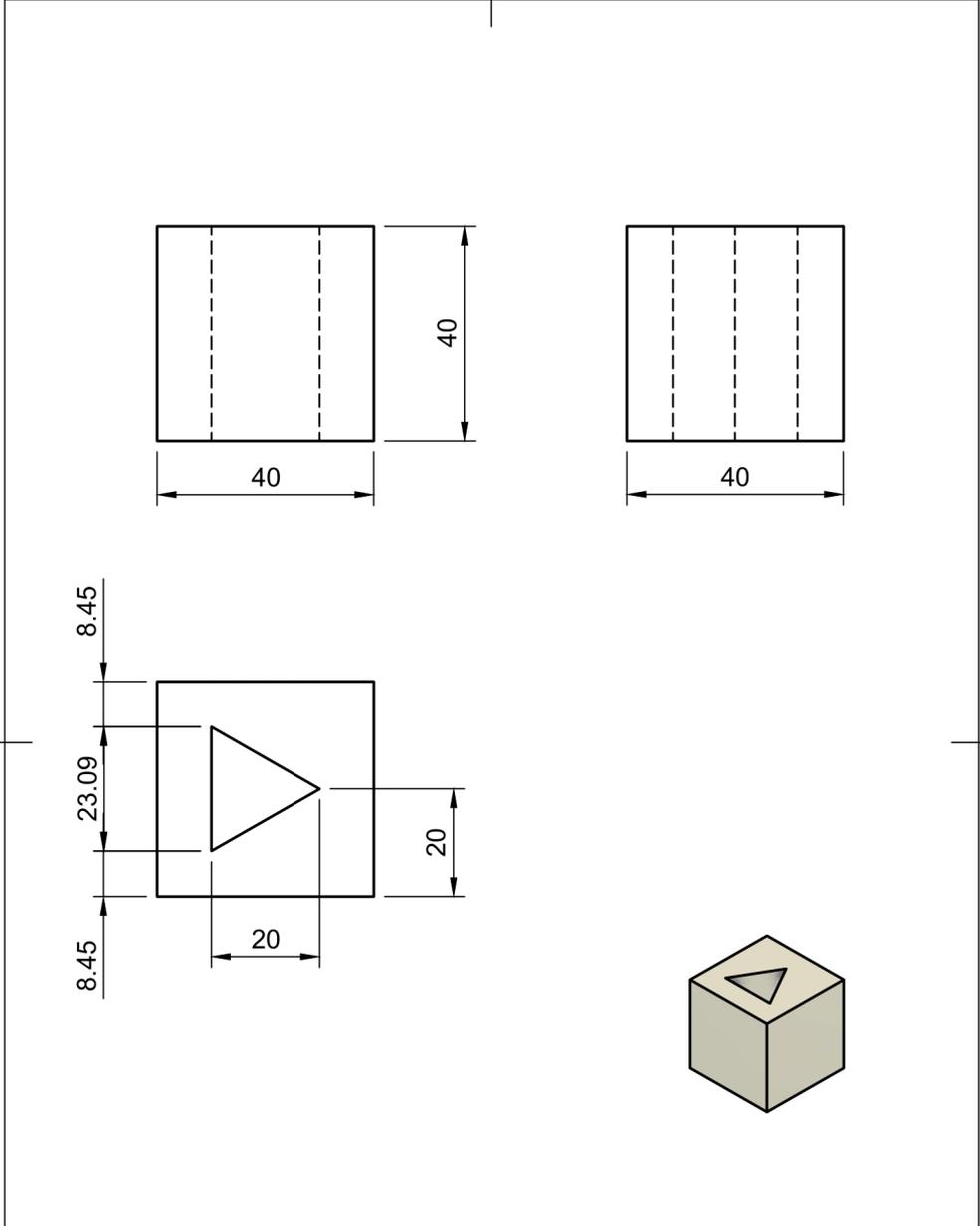
Dept. <b>FATEC</b>	Technical reference	Created by <b>Renan Ferreira 27/05/2019</b>	Approved by
		Document type <b>Desenho</b>	Document status
		Title <b>Motor</b>	DWG No. <b>5</b>
		Rev.	Date of issue <b>27/05/2019</b>



**Valores Para Construção da Engrenagem**

Módulo	1,5	Diâmetro Interno	41,75
Diâmetro Primitivo	45	Número de Dentes	30
Espessura da Engrenagem	7	Altura do Dente	3,25
Passo	4,71	Espessura do dente	2,35
Diâmetro Externo	48	Ângulo de Pressão	20°
Diâmetro do Furo	4,5		

Dept. <b>FATEC</b>	Technical reference	Created by <b>Renan Ferreira 27/05/2019</b>	Approved by
		Document type <b>Desenho</b>	Document status
		Title <b>Engrenagem</b>	DWG No. <b>6</b>
		Rev.	Date of issue <b>27/05/2019</b>
			Sheet <b>6/7</b>



Dept. <b>FATEC</b>	Technical reference	Created by <b>Renan Ferreira 27/05/2019</b>	Approved by
		Document type <b>Desenho</b>	Document status
		Title <b>Bloco Padrão</b>	DWG No. <b>7</b>
		Rev.	Date of issue <b>27/05/2019</b>



Suporte para prateleira

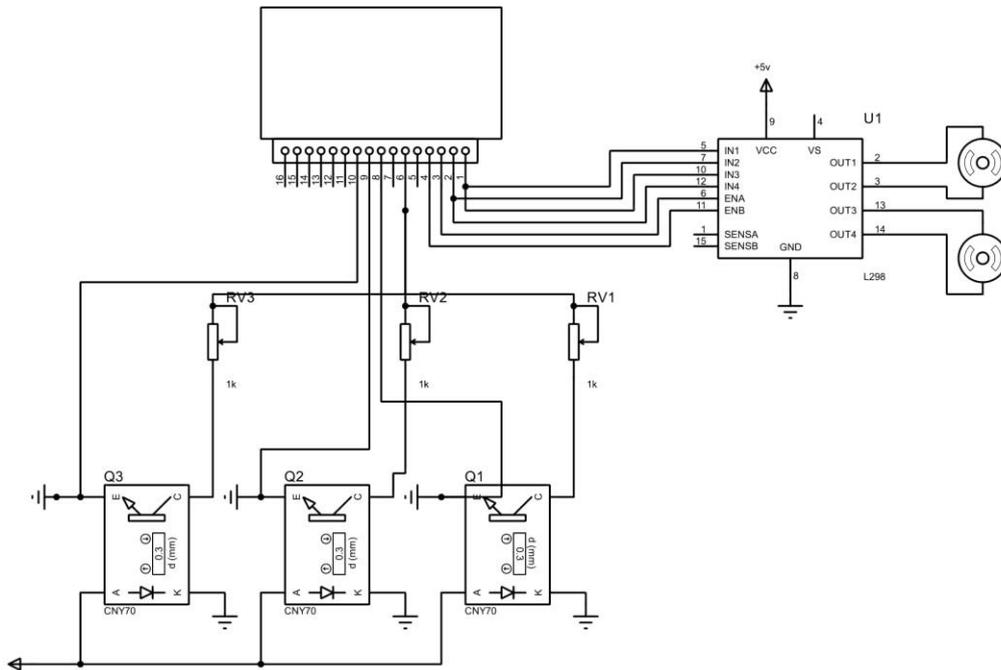
## Apêndice D - Engrenagem

### Cálculo da engrenagem

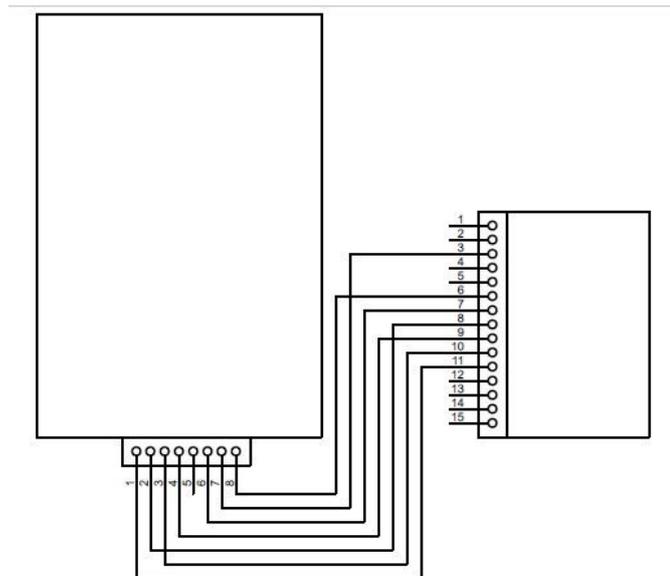
<b>Módulo</b>	M	O passo (Pr)	$M = P / \pi$	Adotado 1,5
<b>Diâmetro Externo</b>	De	O Módulo (M) e o Número de Dentes (Z)	$De = M * (2 * Z)$	Adotado 48 mm
<b>Espessura da Engrenagem</b>	b	O Módulo (M)	$b = 6 \text{ a } 10 * M$	Adotado 7 mm
<b>Passo</b>	Pr	O Módulo (M)	$Pr = M * \pi$	4,71 mm
<b>Diâmetro Primitivo</b>	Dp	O Módulo (M) e o Diâmetro Externo (De)	$Dp = De - (2 * M)$	45 mm
<b>Diâmetro Interno</b>	Di	O Diâmetro Primitivo (Pr) e o Módulo (M)	$Di = Dp - (2,166 * M)$	41,75 mm
<b>Número de Dentes</b>	Z	O Diâmetro Primitivo (Pr) e o Módulo (M)	$Z = Dp / M$	30 dentes
<b>Altura do Dente</b>	h	O Módulo (M)	$h = 2,166 * M$	3,25 mm
<b>Espessura Dente</b>	s	O Módulo (M)	$s = 1,57 * M$	2,35 mm
<b>Ângulo de Pressão</b>	$\alpha$		$\alpha = 20^\circ$	20°

## Apêndice E – Circuito elétrico

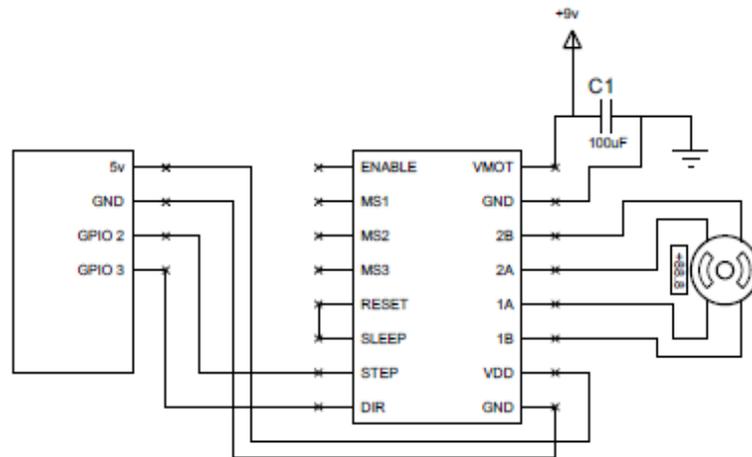
### Controlador principal do seguidor de linha



### Controlador responsável pelo leitor de cartões NFC



Controlador do motor de passo presente na prateleira



## **Apêndice F – Link para o vídeo do funcionamento do trabalho**

Segue o link para o vídeo contendo a explicação e o funcionamento do trabalho.

<https://www.youtube.com/watch?v=uOB0Msp8SE0>