



**BEATRIZ DA SILVA COSTA VALENTE
GUSTAVO HENRIQUE MOURA VIEIRA**

**Trabalho acadêmico integrador I:
Robô autônomo com garra**

Arcos - MG

2018

**BEATRIZ DA SILVA COSTA VALENTE
GUSTAVO HENRIQUE MOURA VIEIRA**

**Trabalho acadêmico integrador I:
Robô autônomo com garra**

Relatório apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, do Instituto Federal de Minas Gerais para obtenção dos pontos de todas as disciplinas.

Orientador: Prof. Dr. Niltom Vieira Junior.

Arcos – MG

2018

RESUMO

O grupo visou construir um robô capaz de ajudar em tarefas domésticas simples, como realocar objetos deixados no chão, para assim facilitar a vida do ser humano. Usufruido do aplicativo de Lego Mindstorms o grupo criou uma programação, na qual o robô identifica um objeto, vai até ele, fecha a garra e leva o objeto para um ponto predeterminado. Para a construção do protótipo robô foram utilizados sensores, engrenagens, eixos e porcas de lego e peças de MDF.

LISTA DE FIGRAS

Figura 1. Robôs industriais.....	4
Figura 2. Robô aquático	5
Figura 3. Robô aéreo	5
Figura 4. Robô terrestre	6
Figura 5. Garra dois dedos.....	7
Figura 6. Garra três dedos	7
Figura 7. Garra para objetos cilíndricos	8
Figura 8. Garra para objetos frágeis.....	8
Figura 9. Motor grande	9
Figura 10. Bloco de inteligência	9
Figura 11. Explicação do eixo	10
Figura 12. Eixo	10
Figura 13. Motor médio	11
Figura 14. Sensor de distância.....	11
Figura 15. Esteiras	12
Figura 16. Sensor de cor e luz	12
Figura 17. Peças de lego	14
Figura 18. Peças de MDF.....	14
Figura 19. Base montada	15
Figura 20. Conjunto com esteira	15
Figura 21. Vista inferior	16
<i>Figura 22. Vista frontal com a garra</i>	<i>16</i>
Figura 23. Sensor montado.....	17
Figura 24. Protótipo finalizado.....	17
Figura 25. Gráfico da velocidade média.....	19
Figura 26. Velocidade média.....	19
Figura 27. Desenhos para o corte a laser.	21
Figura 28. Vista frontal, lateral esquerda e superior.....	21
Figura 29. Dimensionamento das peças	22
Figura 30. Sequência de Fibonacci	22

Figura 31. Base em MDF	23
Figura 32. Gráfico da velocidade.....	28
Figura 33. Comando polyfit	28
Figura 34. Dimensionamento	29
Figura 35. Dimensionamento	29
Figura 36. Dimensionamento	30
Figura 37. dimensionamento.....	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Cronograma	13
Quadro 2. Dados coletados.....	18
Quadro 3. Orçamento.....	23

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	OBJETIVOS.....	2
2.1.	OBJETIVOS GERAIS	2
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
3.	JUSTIFICATIVA.....	3
4.	REFERENCIAL TEÓRICO	4
4.1.	ROBÔS AUTONÔMOS.....	4
4.2.	TIPOS DE ROBÔS	4
4.2.1.	ROBÔS AQUÁTICOS	5
4.2.2.	ROBÔS AÉREOS	5
4.2.3.	ROBÔS TERRESTRES	6
4.3.	TIPOS DE GARRA	6
4.3.1.	GARRA DE DOIS DEDOS	6
4.3.2.	GARRA DE TRÊS DEDOS.....	7
4.3.3.	GARRA PARA OBJETOS CILINDRICOS.....	7
4.3.4.	GARRA PARA OBJETOS FRÁGEIS.....	8
4.4.	COMPONENTES	8
4.4.1.	MOTOR GRANDE.....	8
4.4.2.	BLOCO DE INTELIGÊNCIA.....	9
4.4.3.	EIXO	9
4.4.4.	MOTOR MÉDIO.....	11
4.4.5.	SENSOR DE DISTÂNCIA.....	11
4.4.6.	ESTEIRA.....	12
5.	METODOLOGIA	13
5.1.	MONTAGEM	14
5.2.	DESENVOLVIMENTO.....	17
6.	CONCLUSÃO	24
7.	TRABALHO FUTURO	25
8.	REFERÊNCIAS.....	26
9.	APÊNDICE	28
9.1.	Derivada da função velocidade:.....	28

1. INTRODUÇÃO

O projeto foi elaborado pelos alunos do curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Arcos, com a finalidade de produzir um protótipo de um robô autônomo com garra. Robô autônomo pode ser definido como uma máquina capaz de realizar funções sem o auxílio do controle humano, para tal finalidade será necessário a implementação de uma rotina computacional previamente programada.

O protótipo construído tem como principal função a locomoção de pequenos objetos como latinhas que serão levados de um lugar pré-determinado a outro. Os objetos utilizados serão de peso leve, já que, o projeto tem como um dos objetivos demonstrar como que o avanço da tecnologia possibilita o desenvolvimento de robôs capazes de realizar atividades que facilitam a vida humana. Neste projeto serão utilizadas peças da LEGO Mindstorms, linha de brinquedos da LEGO, como rodas, motores, sensores e sistema de programação, além de peças de MDF criadas pelos alunos.

O grupo optou utilizar peças de LEGO porque um dos integrantes do grupo já possuía esse material fazendo com que o custo do projeto ficasse baixo.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho tem como intuito além de integrar os conceitos praticados no período presente de Engenharia Mecânica, também desenvolver um robô autônomo acoplado com uma garra que tem o objetivo de agarrar e transportar objetos á lugares predeterminados.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos desempenham a função de detalhar o que o projeto pretende apresentar.

- Identificar latas pré-selecionadas e agarra-las.
- Transportar objetos para lugares no qual futuramente serão recolhidos.

3. JUSTIFICATIVA

O grupo escolheu este projeto para tentar facilitar o cotidiano do ser humano, fazendo com que o robô pegasse objetos espalhados pela residência e levasse a lugares predeterminados. O grupo optou por usar Lego Mindstorms para criar o protótipo, já que, um dos integrantes do grupo já possuía esse material fazendo com que o custo de projeto fosse menor.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. ROBÔS AUTONÔMOS

Existem vários tipos de robôs, que são desenvolvidos para executar das tarefas mais simples às mais complexas, desde a faxina de um local ou desarmamento de bombas e resgate de sobreviventes em locais de difícil acesso.

A definição de robô pode ser entendida como “maquina controlada por computador”, dessa forma, são programadas para se locomover, exercer diversos trabalhos, além de mover objetos. A ideia de se usar robôs em lugares de humanos é para realizar atividades de forma mais rápidas e de forma repetitiva sem cansaço ou qualquer outro desgaste (PSCHEIDT, 2007).

Nesse âmbito, os robôs utilizados em indústria têm o principal objetivo de otimizar e melhorar a eficiência da produção, dessa forma, aumentando a velocidade, além de executar trabalhos que seriam prejudiciais para os funcionários assim como na figura abaixo.

Figura 1. Robôs industriais



Fonte: <http://portaldasgerais.com.br/robos-industriais-batem-recorde-de-comercializacao-em-todo-mundo/> (Acesso em: 29 jun. 2018)

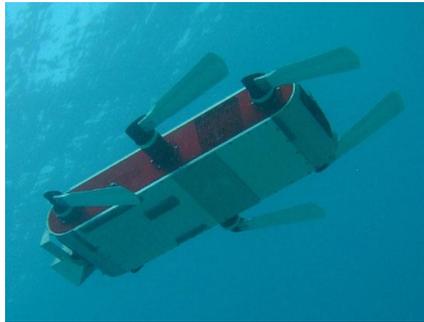
4.2. TIPOS DE ROBÔS

Na atualidade existem tentativas de classificar os robôs, porém nenhuma é absoluta (PSCHEIDT,2007). Assim, os robôs serão classificados da seguinte forma: robôs aquáticos, robôs aéreos e robôs terrestres.

4.2.1. ROBÔS AQUÁTICOS

Robôs aquáticos, normalmente são utilizados em lugares de alta profundidade e pressão, são usados para estudos de espécies marinhas que vivem no fundo do oceano e são usadas para monitor o uso de substâncias no fundo do mar.

Figura 2. Robô aquático



Fonte: <http://triangulomecatronico.blogspot.com.br/2012/09/como-escolher-plataforma-robotica-ideal.html> (Acesso em: 22 mai. 2018)

4.2.2. ROBÔS AÉREOS

Robôs aéreos, que servem para dar uma visão mais ampla de um lugar, pois quanto mais alto estiver, melhor será a angulação de visão do robô. Sendo assim um grande avanço para vários setores, como o da agricultura que apresentará uma melhora no monitoramento de produção.

Figura 3. Robô aéreo



Fonte: http://eesc.usp.br/portaleesc/images/noticias/robopelican_1.JPG (Acesso em: 22 mai. 2018)

4.2.3. ROBÔS TERRESTRES

Os mais utilizados, os robôs terrestres, que se locomovem em terra e tem a função de substituir o homem tornando a vida humana mais simplificada. Os robôs terrestres podem ser tanto com pernas que normalmente servem para trabalhar em ambientes específicos como por exemplo escadas ou se locomover com rodas, que são mais comuns pela simplicidade de ser implantada pelo fato de não necessitar de uma programação tão avançada e um maior alcance de velocidade.

Figura 4. Robô terrestre



Fonte: <http://triangulomecatronico.blogspot.com.br/2012/09/como-escolher-plataforma-robotica-ideal.html> (Acesso em: 22 mai. 2018)

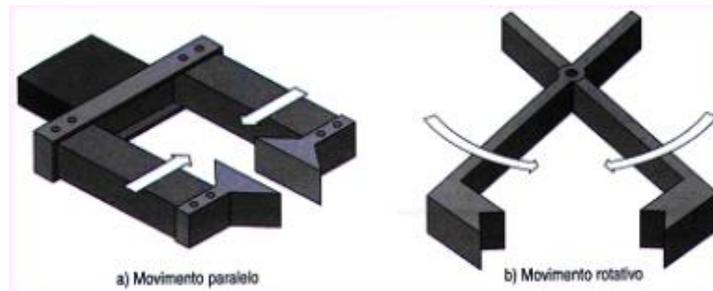
4.3. TIPOS DE GARRA

A seguir serão listados alguns tipos de garras.

4.3.1. GARRA DE DOIS DEDOS

Esse é o tipo mais comum de garra, ele possui uma grande variedade de formas. Para diferencia-la é importante saber o tamanho e o movimento dos dedos.

Figura 5. Garra dois dedos

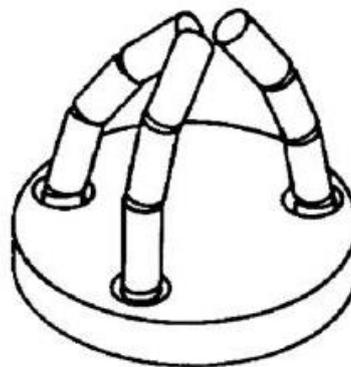


Fonte: tipos de garras robóticas <<https://prezi.com/bqiiivsacrqm/tipos-de-garras-roboticas/>> (Acesso em: 23 mai. 2018)

4.3.2. GARRA DE TRÊS DEDOS

Esta garra é similar a garra de dois dedos, com a simples diferença de que permite segurar objetos com mais segurança, além de facilitar segurar objetos arredondados e cilíndricos. Essa garra também pode ser articulada.

Figura 6. Garra três dedos

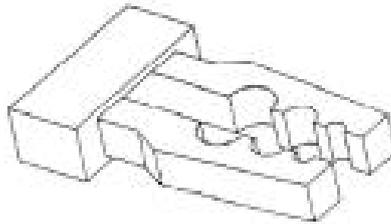


Fonte: <https://www.slideserve.com/kaycee/helder-anibal-hermini> (Acesso em: 08 jul. 2018)

4.3.3. GARRA PARA OBJETOS CILÍNDRICOS

Essa garra consiste em dois dedos cada um com três ou mais depressões circulares, para pegar objetos cilíndricos de diferentes tamanhos.

Figura 7. Garra para objetos cilíndricos

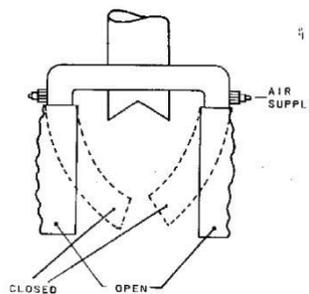


Fonte: <http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAAgx5QAB-13.jpg> (Acesso em: 23 mai. 2018)

4.3.4. GARRA PARA OBJETOS FRÁGEIS

Essas garras aplicam força controlada para pegar os objetos, afim de não haver dano.

Figura 8. Garra para objetos frágeis



Fonte: <http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAABS20AE-23.jpg> (Acesso em: 23 de mai. 2018)

4.4. COMPONENTES

A seguir será mostrado os componentes mais importantes presente no projeto.

4.4.1. MOTOR GRANDE

O servo motor grande é um motor poderoso que usa *feedback* para um controle preciso. Utilizando sensor de rotação interna pode ser feita para se alinhar com os outros motores no robô de modo a conduzir numa linha reta com a mesma velocidade. O seu *design* torna mais fácil montar trens de engrenagem, faz de 160 a 170 rpm, torque de operação de 20 N.cm, torque de 12 N.cm

Figura 9. Motor grande



Fonte: próprios autores

4.4.2. BLOCO DE INTELIGÊNCIA

Esse tijolo programável inteligente serve como coração e cérebro do robô. Possui um leitor de cartão *sd* mini, quatro entradas e quatro saídas, também possui *usb*, *bluetooth* e *wi-fi* com o computador, e possui um app para programação, possui alimentação de seis pilhas aa. Ele possui 16g de memória flash e 64 de *ram*.

Figura 10. Bloco de inteligência



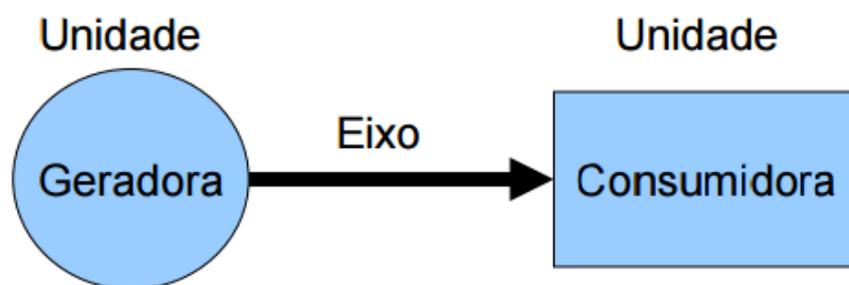
Fonte: próprios autores

4.4.3. EIXO

Por definição, eixo é elemento de máquina utilizado para suportar componentes rotativos e/ou transmitir potência ou movimento rotativo ou axial.

São, normalmente, constituídos por material metálico de formato cilíndrico, apresentando perfis lisos ou compostos. O eixo é utilizado em máquinas que rotativo para transmitir movimento. Em sua extremidade é colocado uma unidade motora ou geradora, que produz movimento, enquanto na outra extremidade é colocado uma unidade movida ou consumidora, como na figura a seguir:

Figura 11. Explicação do eixo



Fonte: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasalan/AT102-Aula01.pdf> (Acesso em: 07 jun. 2018).

O eixo utilizado será o disponibilizado pela LEGO, constituindo de plástico e com o comprimento de 55 mm como na figura abaixo:

Figura 12. Eixo



Fonte: próprios autores

4.4.4. MOTOR MÉDIO

Ele é ideal para menores cargas aplicação de maior velocidade e quando é necessário um tempo de resposta mais rápido (como a garra para o qual vai ser utilizado) ele utiliza um tacho de *feedback* para controle preciso dentro de um grau de precisão e tem um sensor de rotação embutido, ele possui rotação de 240-250 rpm, torque de funcionamento de 8 N.cm, alto de torque e de 12N.cm.

Figura 13. Motor médio



Fonte: próprios autores

4.4.5. SENSOR DE DISTÂNCIA

Esse sensor utiliza a mesma tecnologia que se encontra em controle de tv e sistema de vigilância, por exemplo, sendo chamado de *infrared sensor*, ele é fabricado e disponibilizado pela "LEGO". Tendo um alcance de dois metros e medição de distância entre 50 a 70 cm.

Figura 14. Sensor de distância



Fonte: <http://www.wskits.com.br/sensor-ir-ev3>.

4.4.6. ESTEIRA

O grupo optou por utilizar esteiras, pois elas distribuem melhor o peso e reduzem o deslizamento.

Figura 15. Esteiras



Fonte: próprios autores.

4.4.7. SENSOR DE COR E LUZ

Esse sensor pode distinguir oito cores (preto, branco, azul, verde, amarelo, vermelho, branco e marrom) e detecta a ausência de luz. É possível fazer linhas de cores diferentes para que o robô siga.

Figura 16. Sensor de cor e luz



Fonte: próprios autores

5. METODOLOGIA

Para definição do projeto foram realizadas reuniões, chegando à conclusão de que seria desenvolvido um protótipo de um robô autônomo com garra. Um cronograma foi criado com reuniões semanais com etapas a serem seguidas, para desenvolver o trabalho foram feitas pesquisas na internet, além de definir quais componentes seriam utilizados na montagem que foram lego Mindstorms e MDF para base. O grupo optou utilizar MDF pelo baixo custo, além de ser produzido por madeira de reflorestamento, com isso podendo integrar as peças de lego para criar o protótipo do robô. A base foi toda desenvolvida no AutoCAD, já que, um dos programas utilizados pela máquina de corte a laser é o AutoCAD.

Quadro 1. Cronograma

Atividade	Mês							
	1 ^o Quinzena	2 ^o Quinzena	3 ^o Quinzena	4 ^o Quinzena	5 ^o Quinzena	6 ^o Quinzena	7 ^o Quinzena	8 ^o Quinzena
Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X
Pesquisa e desenvolvimento	X	X						
Pesquisas dos materiais para o projeto			X	X				
Aquisição dos materiais para construção do protótipo				X	X			
Testes do protótipo						X	X	X
Montagem do protótipo					X	X		
Desenvolvimento de relatório	X	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: próprios autores

5.1. MONTAGEM

A seguir serão mostradas imagens da construção do protótipo. A imagem abaixo mostra as peças de LEGO utilizadas na construção do protótipo.

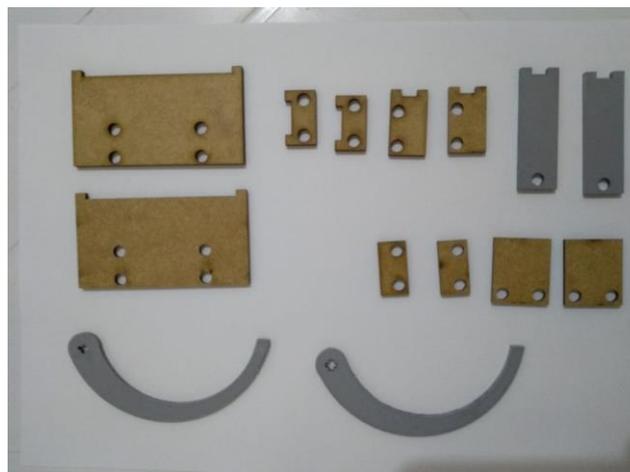
Figura 17. Peças de lego



Fonte: próprios autores

Após o MDF ser cortado começou a montagem da estrutura do robô.

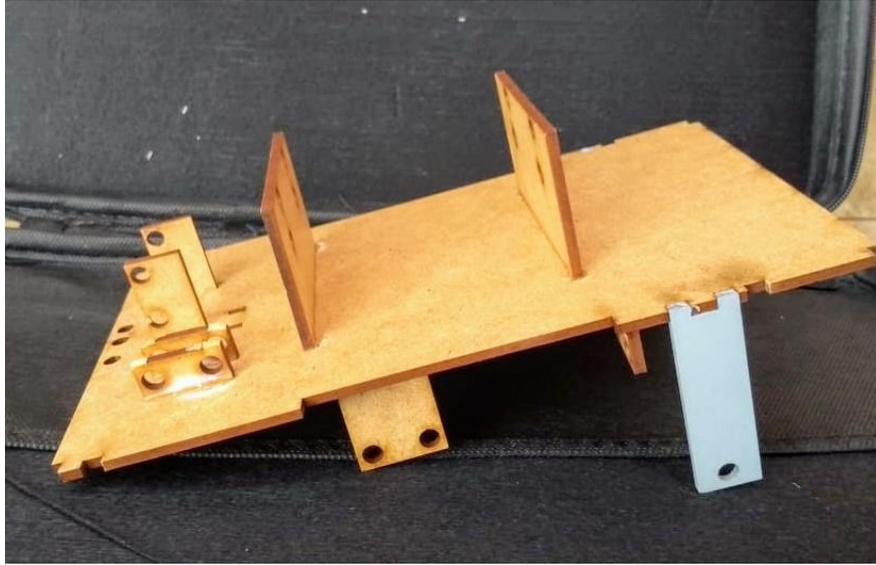
Figura 18. Peças de MDF



Fonte: próprios autores

Todas a partes de MDF foram interligadas com cola de secagem rápido.

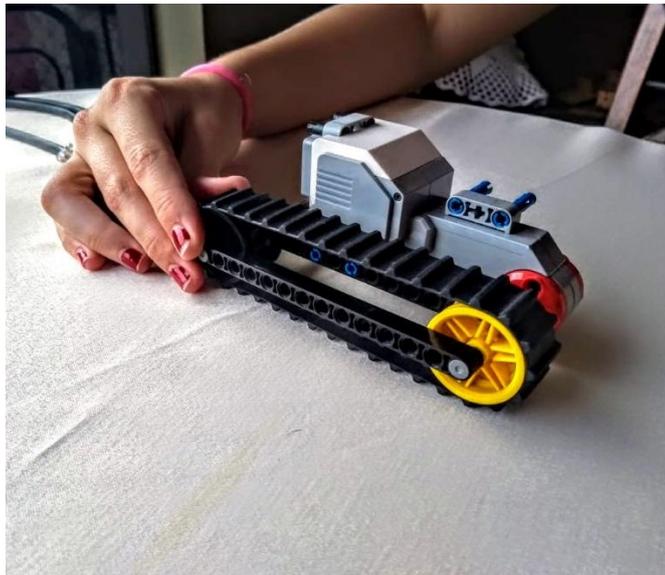
Figura 19. Base montada



Fonte: próprios autores

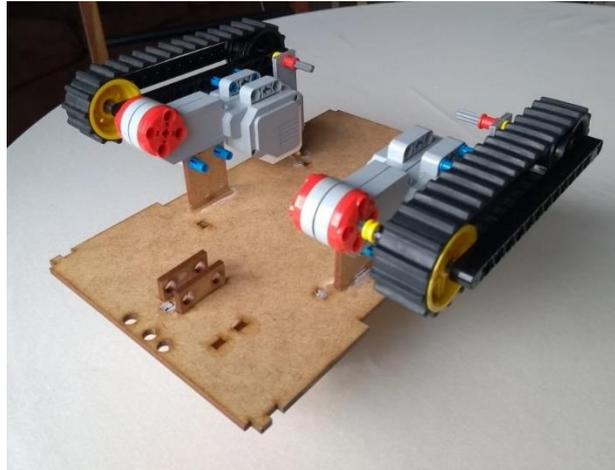
Com a estrutura pronta começou a montagem dos componentes de lego, a primeira parte a ser montada foi as esteiras do robô.

Figura 20. Conjunto com esteira



Fonte: próprios autores

Figura 21. Vista inferior



Fonte: próprios autores

Com as esteiras prontas, o próximo passo foi encaixar o motor médio e a garra.

Figura 22. Vista frontal com a garra



Fonte: próprios autores

Após a montagem da garra, o sensor foi encaixado na estrutura.

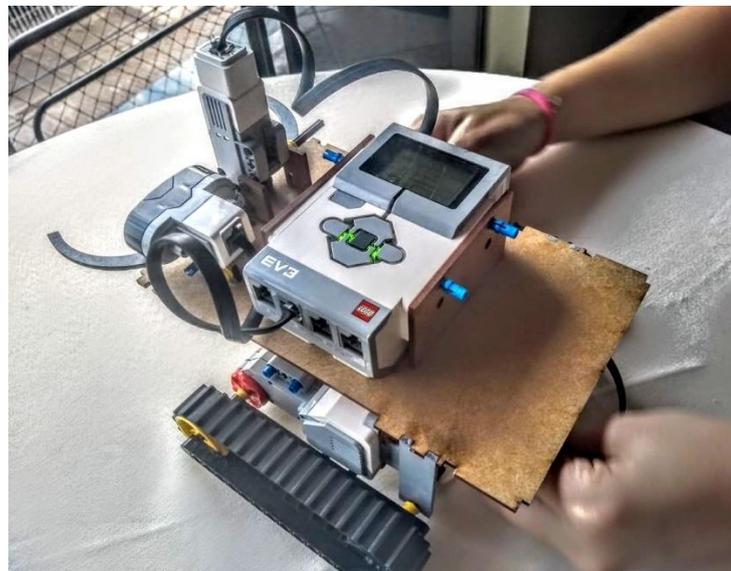
Figura 23. Sensor montado



Fonte: próprios autores

Por último, foi acoplado o bloco de inteligência na estrutura, ligando os cabos aos demais componentes

Figura 24. Protótipo finalizado



Fonte: próprios autores

5.2. DESENVOLVIMENTO

O programa Matlab foi utilizado para facilitar as resoluções dos cálculos e construir gráficos que possibilita uma melhor compressão no desempenho do projeto.

O quadro a seguir mostra os dados coletados no teste para o cálculo da velocidade média do protótipo, o teste foi realizado no espaço de 1m no qual foram marcados a distância percorrida a cada segundo.

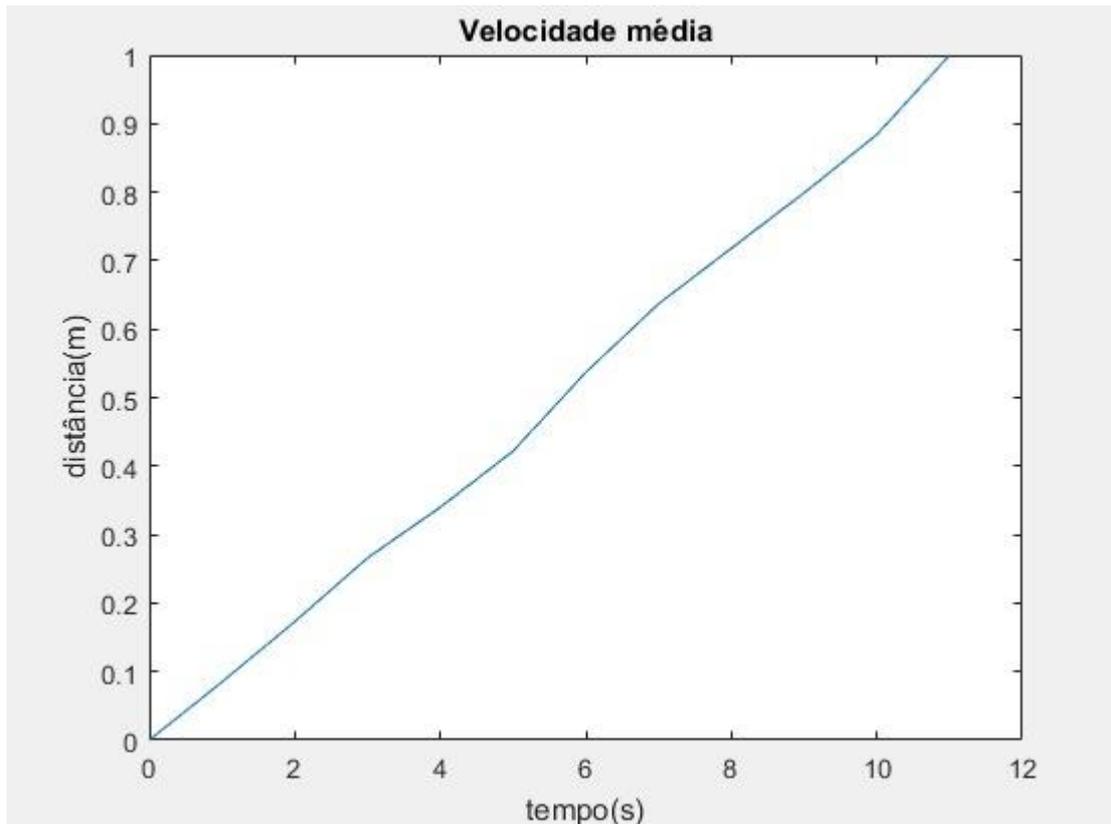
Quadro 2. Dados coletados

Dados coletados	
TEMPO (segundos)	DISTÂNCIA PERCORRIDA (metros)
0	0
1s	0,085m
2s	0,173m
3s	0,266m
4s	0,34m
5s	0,422m
6s	0,537m
7s	0,637m
8s	0,718m
9s	0,799m
10s	0,884m
11s	1m

Fonte: próprios autores

A imagem a seguir mostrará o esboço do gráfico da velocidade média, dada em metros por segundo.

Figura 25. Gráfico da velocidade média



Fonte: próprios autores

Para achar a velocidade média basta dividir a distância percorrida pelo tempo como mostra a imagem a seguir

Figura 26. Velocidade média

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Fonte: <http://formulasdefisica.org/index.php/velocidade-media-escalar/> (Acesso em: 08 jul. 2018)

Dessa forma, a velocidade média do robô é de:

$$V_m = \frac{1}{11} \cong 0,09 \text{ m/s}$$

Para uma melhor análise da velocidade foi utilizado um ajuste de gráfico para que possa achar a equação da velocidade e, dessa forma, poder achar a velocidade em qualquer ponto. Para poder fazer isso foi utilizado o comando polyfit presente no Matlab que gerou a seguinte equação:

$$v = 0,0903x - 0,0085$$

Desse modo, pode-se saber qual é a velocidade em qualquer intervalo de tempo. Sendo assim, segue um exemplo:

Ex: $t = 0,5$

$$v = 0,0903(0,5) - 0,0085 = 0,0366 \text{ m/s}$$

Derivadas

“A taxa de variação da velocidade em relação ao tempo é chamada **aceleração** $a(t)$ do objeto. Assim, a função aceleração é a derivada da função velocidade e, portanto, é a segunda derivada da função posição:” (STEWART, 2010, p. 146).

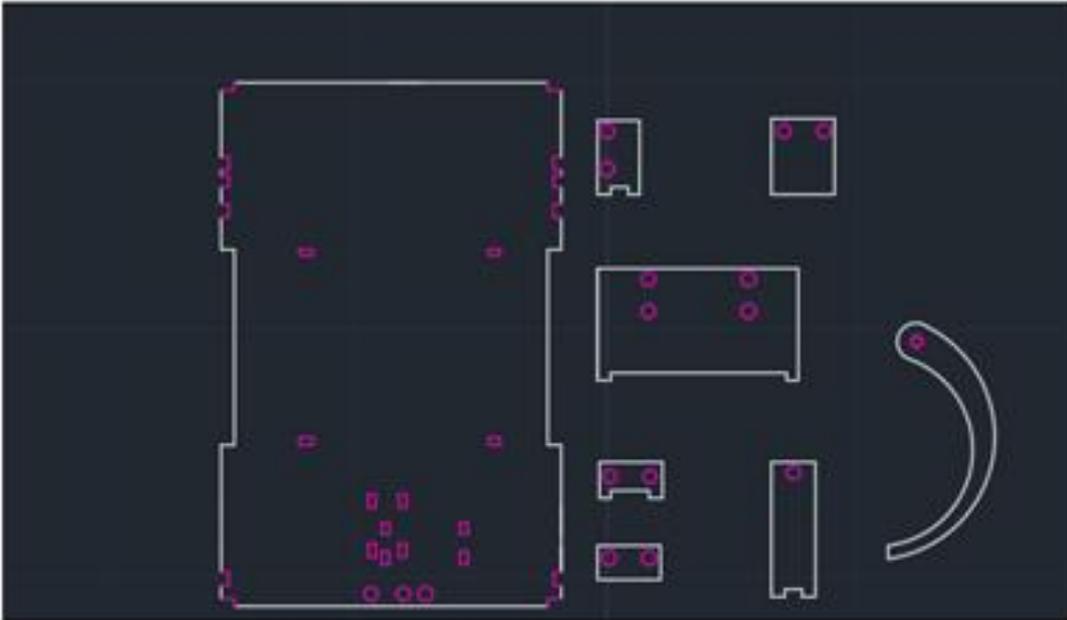
$$a(t) = v'(t) = s''(t)$$

Para achar a aceleração do protótipo basta derivar a função velocidade, como dito acima. Assim, temos:

$$a = 0,0903 \text{ m/s}^2$$

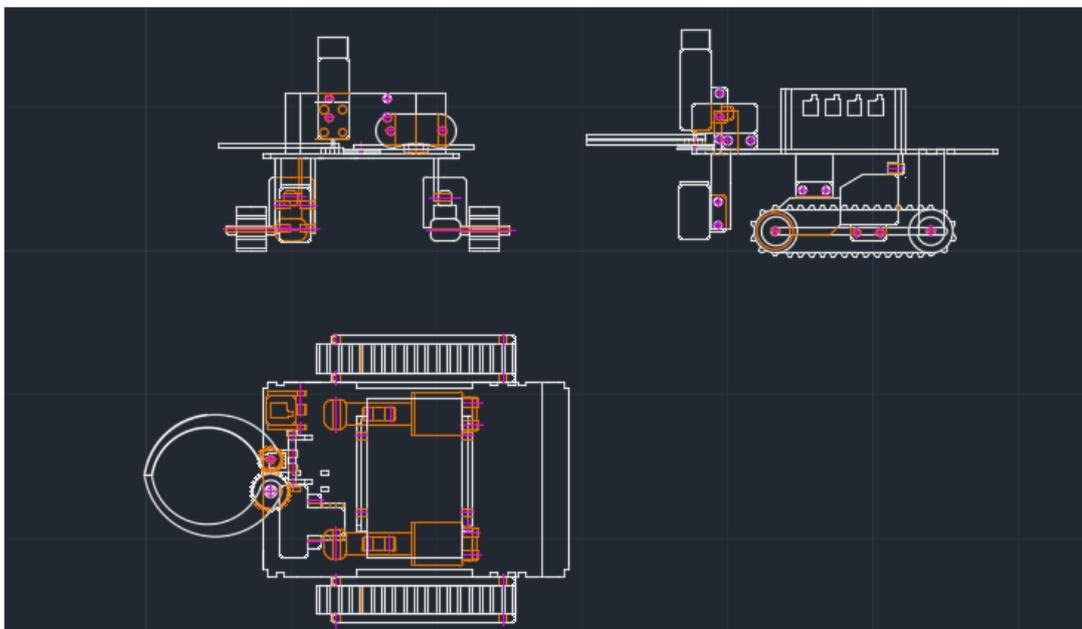
O AutoCAD foi fundamental para construção, pois toda a base foi desenvolvida nele para que os cortes as laser pudessem ser realizados.

Figura 27. Desenhos para o corte a laser.



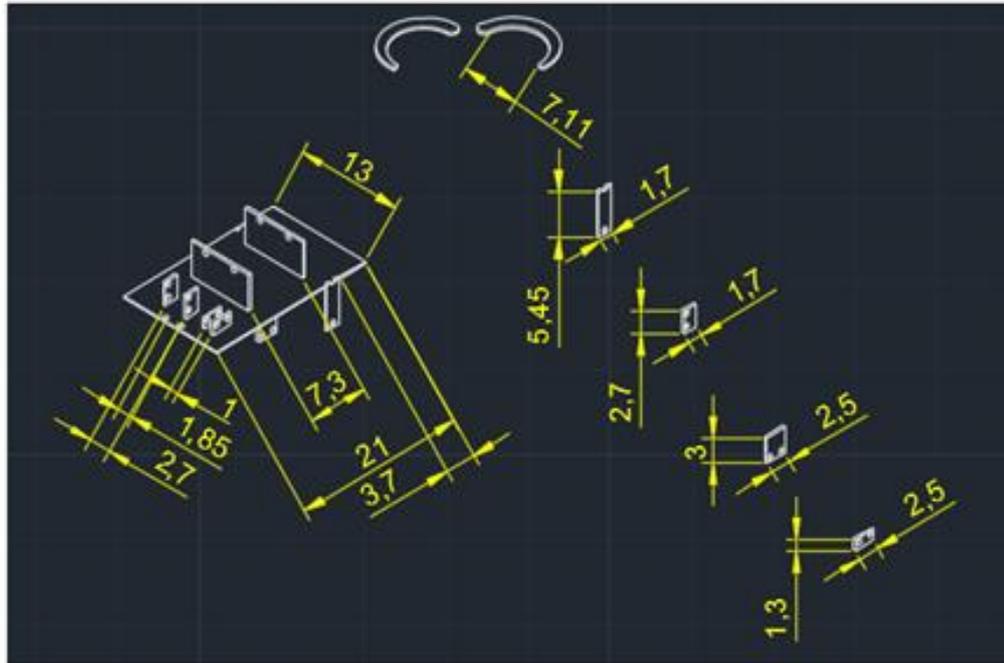
Fonte: próprios autores

Figura 28. Vista frontal, lateral esquerda e superior



Fonte: próprios autores

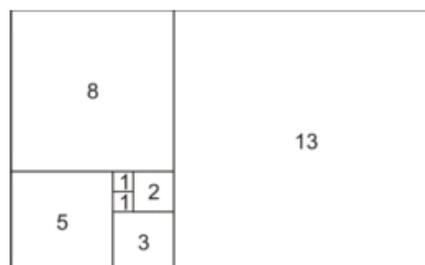
Figura 29. Dimensionamento das peças



Fonte: próprios autores

Na parte de geometria analítica foi utilizada a sequência de Fibonacci para criar uma aparência mais agradável no produto, muito utilizados em obras de artes, como a Mona Lisa. A sequência de Fibonacci que consiste em uma sucessão de números que aparece em muitos fenômenos da natureza. Essa sequência é infinita começando de 0 e 1, os próximos números da sequência são sempre a soma dos dois números anteriores. Transformando essa números em quadrados e dispô-los de maneira geométrica, é possível traçar uma espiral perfeita, assim como na figura a seguir.

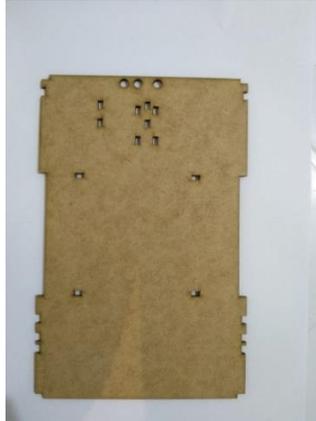
Figura 30. Sequência de Fibonacci



Fonte: http://www.macoratti.net/10/05/vbn_nfb1.htm (Acesso em: 05 jun. 2018)

O Grupo utilizou as medidas de 21 cm de comprimento e 13 cm de largura

Figura 31. Base em MDF



Fonte: próprios autores

A primeira opção do grupo para a construção do robô era de Arduino, mas após o orçamento constou-se que o valor ficaria em torno de R\$ 250,00. Pelo valor apresentado o grupo buscou soluções alternativas para a construção, o grupo focou na utilização de MDF para sua base, pois ele é construído a partir de madeira reutilizada e de baixo custo, utilizou-se também peças de lego que o grupo já tinha a sua disposição, fazendo com que o custo fosse baixo. A ideia inicial era de que o protótipo auxiliasse na vida agitada dos trabalhadores atuais, porém com as limitações apresentadas, como a altura mínima de 9cm que o objeto precisa ter para que possa ser agarrado pelo o robô, o grupo propôs objetivos que seriam possíveis a ser concluídos.

Quadro 3. Orçamento

Componentes	Preços
MDF cortado	R\$ 30,00
Peças lego	R\$ 0,00
Tinta	R\$ 11,33
Cola	R\$ 0,00
Orçamento total	R\$ 41,33

Fonte: próprios autores

6. CONCLUSÃO

A criação do protótipo do robô autônomo com garra proporcionou ao grupo um maior conhecimento sobre robótica e um maior aprofundamento nas disciplinas estudadas no período presente.

O projeto não realizou a ideia inicial como o esperado devido a fatores limitantes, como altura, pois o protótipo não consegue pegar objetos menores que 9 cm e não consegue identificar todo tipo de objeto. No entanto, cumpriu com todos os objetivos estabelecidos pelo grupo.

7. TRABALHO FUTURO

Participar no torneio juvenil de robótica (TJR), é um torneio gratuito de abrangência nacional e tem como intuito difundir a robótica no ambiente escolar da Educação básica até a superior, nas categorias de resgate de alto risco e resgate no plano. A primeira é classe de desafios em que os robôs têm de percorrer de maneira autônoma as linhas que definem o trajeto e buscar nos ambientes os objetos que deverão ser recolocados nos respectivos lugares de destino. O segundo é semelhante ao primeiro tendo a diferença que este será somente e superfície plana.

8. REFERÊNCIAS

BLOGGER. **Como escolher uma plataforma robótica.** Disponível em: <<http://triangulomecatronico.blogspot.com.br/2012/09/como-escolher-plataforma-robotica-ideal.html>>. Acesso em: 22 mai. 2018.

PSCHEIDT, Élio Rubens. **ROBÔ AUTÔNOMO – MODELO CHÃO DE FABRICA.** Monografia. Engenharia da Computação, Centro Universitário Positivo Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas da Computação, 2007. Disponível em: <<https://www.up.edu.br/blogs/engenharia-da-computacao/wp-content/uploads/sites/6/2015/06/2007.11.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

BUILDBOT. **Como seu robô vai ser mover?** Disponível em: <<http://buildbot.com.br/blog/como-seu-robo-vai-se-mover/>>. Acesso em: 26 mai. 2018.

CNIDIGITAL. **Conceitos: Robôs autônomos (série “pilares da indústria 4.0, parte 2 de 9).** Disponível em: <<http://www.cnidigital.org/artigo/conceitos-robo-s-auto-nomos-s-ries-pilares-da-ind-stria-4-0-parte-2-de-9>>. Acesso em: 22 mai. 2018.

BLOGLOGÍSTICA. **BMW introduz robôs autônomos em processo logísticos.** Disponível em: <<https://www.bloglogistica.com.br/mercado/1879/>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

WORDPRESS. **Robôs autônomos.** Disponível em: <<https://pedrogarcia12av1.wordpress.com/about/robos-autonomos/>>. Acesso em: 23 mai. 2018.

WSKITS. **Bloco inteligência robô lego Mindstorms EV3, EV3intelligent Brick 45500.** Disponível em: <<http://www.wskits.com.br/ev3-brick>>. Acesso em: 18 mai. 2018.

QUENEMBANANA. **Servo motor grande 45502 robótica Lego EV3.** Disponível em: <<https://quenembanana.com/loja/servo-motor-grande-45502-robotica-lego-ev3/>>. Acesso em: 19 mai. 2018.

WSKITS. **Servo motor médio Lego Mindstorms EV3 – 45503 medium servo motor.** Disponível em: <<http://www.wskits.com.br/ev3-brick>>. Acesso em: 18 mai. 2018.

WSKITS. **Sensor infra vermelho robô Lego Minstorms EV3, 45509 ir sensor.** Disponível em: <<https://www.wskits.com.br/sensor-ir-ev3>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

TORNEIOJROBOTICA. **TJR Torneio Juvenil de Robótica.** Disponível em: <http://www.torneiojrobotica.org/index.php?option=com_content&view=article&id=201&Itemid=82>. Acesso em: 02 jun. 2018.

MATEMATICAZAP. **Sequência de Fibonacci.** Disponível em: <<https://matematicazup.com.br/sequencia-de-Fibonacci/>>. Acesso em: 21 mai. 2018

WSKITS. **Sensor de cor e luz para Lego Minstorms EV3, color Sensor EV3.** Disponível em: <<http://www.wskits.com.br/sensor-cor-ev3>>. Acesso em: 19 mai. 2018

GILAT, Amos. **Matlab: com aplicações em engenharia.** 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

STEWART, James. **Cálculo.** 6.ed. Editora Pioneira Thomson Learning, 2009.

9. APÊNDICE

A seguir serão mostrados o *script* utilizados no Matlab:

Figura 32. Gráfico da velocidade

```
% Gráfico da velocidade média.
% Valores do tempo em segundo.
t=[0:1:11];
% Valores da distância em metross.
d=[0 0.085 0.173 0.266 0.34 0.422 0.537 0.637 0.718 0.799 0.884 1];

% Gráfico
plot(t,d)
xlabel('tempo(s)')
ylabel('distância(m)')
title('Velocidade média')
```

Fonte: próprios autores

Figura 33. Comando *polyfit*

```
% Comando para achar a velocidade média.
% Comando polyfit.
% Valores do tempo em segundo.
t=[0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11];
% Valores da distância em metross.
d=[0 0.085 0.173 0.266 0.34 0.422 0.537 0.637 0.718 0.799 0.884 1];

% Equação da posição.
Vm= polyfit(t,d,1)
```

Fonte: próprios autores

9.1. Derivada da função velocidade:

$$a(t) = v'(t)$$

$$v'(t) = \frac{d(0,0903x)}{dx} - \frac{d(0,0085)}{dx}$$

$$a = 0,0903 \text{ m/s}^2$$

As imagens abaixo são o dimensionamento das peças:

Figura 34. Dimensionamento



Fonte: próprios autores

Figura 35. Dimensionamento



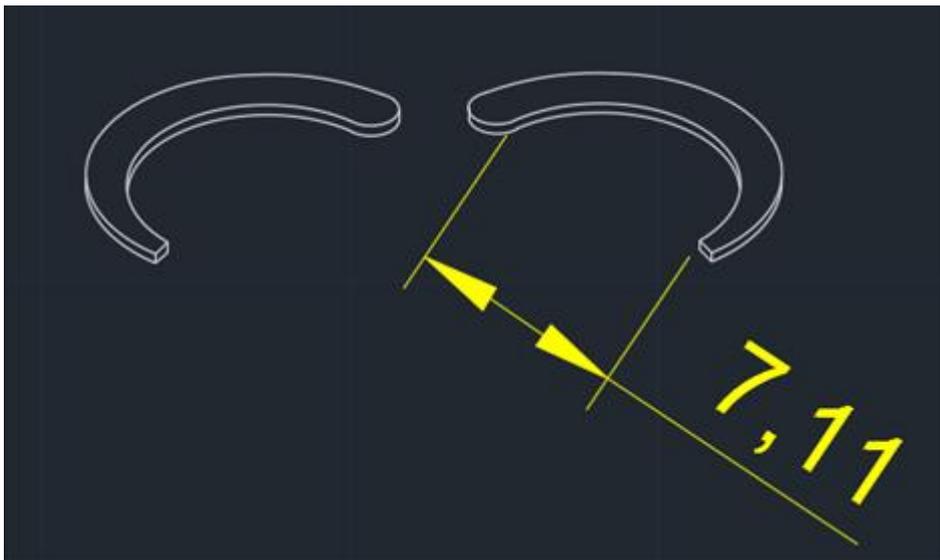
Fonte: próprios autores

Figura 36. Dimensionamento



Fonte próprios autores

Figura 37. dimensionamento



Fonte: próprios autores