

INSTITUTO FEDERAL

Minas Gerais

Campus Avançado Arcos

João Vitor Teixeira

Jorge Augusto Souto Fernandes

Raphael de Jesus Paula

Vinícius Oliveira Andrade

VEÍCULO ROBÔ PARA TERRENOS IRREGULARES

TRABALHO ACADÊMICO INTEGRADOR I

Arcos MG

Junho/2018

João Vitor Teixeira

Jorge Augusto Souto Fernandes

Raphael de Jesus Paula

Vinícius Oliveira Andrade

VEÍCULO ROBÔ PARA TERRENOS IRREGULARES

Projeto apresentado à disciplina de TAI – Trabalho Acadêmico Integrador do curso de Engenharia Mecânica ministrado no Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Avançado Arcos como requisito à aprovação parcial de todas as disciplinas.

Instituto Federal de Minas Gerais

Campus Avançado Arcos

Graduação em Engenharia Mecânica

Orientador: Niltom Vieira Júnior

Arcos MG

Junho/2018

RESUMO

A missão Mars Science Laboratory (MSL), desenvolvida pela NASA, enviou a Marte o veículo robô Curiosity, em 2011, com objetivo de ser jipe capaz de locomover em todo solo o marciano. Essa meta deve-se ao sistema Rocker Bogie, o qual equipa o arranjo das suspensões do veículo robô. Com isso, a ideia do projeto foi implantar o Rocker Bogie e construir um projeto protótipo de um miniveículo robô para se locomover em terrenos acidentados, o qual necessita de um inteligente sistema de suspensões para contorná-los. Esse complexo, além de ser o design mais bem desenvolvido e preferido para trabalhar na substituição dos humanos em muitas atividades como locomover em locais inóspitos, tem o melhor custo-benefício, pois é um conjunto simples e não utiliza molas ou amortecedores. O sistema é composto com 6 motores independentes e para cada motor uma roda fixa nas extremidades dos braços. O seu funcionamento é composto por um braço de arrasto ou suspensão em "V", denominado Bogie, que utiliza uma angulação de 90° graus entre seus braços laterais e possui quatro rodas com propósito de contornar objetos com ângulos retos e duas suspensões elevadas, denominadas Rocker, que utiliza duas rodas com o objetivo de dar apoio ao veículo quando o mesmo estiver superando um obstáculo.

Palavras-chaves: Curiosity, Rocker Bogie, Veículo robô.

Lista de ilustrações

Figura 1 - Veículo robô	14
Figura 2 - O curiosity.....	15
Figura 3 - Sistema Rocker Bogie	16
Figura 4 - Motores e caixas de redução utilizados.....	17
Figura 5 - Rodas e pneus utilizados.....	17
Figura 6 - Teorema de Tales de Mileto	18
Figura 7 - Triângulo retângulo.....	28
Figura 8 - Dimensionamento do Bogie	21
Figura 9 - Valor da hipotenusa.....	21
Figura 10 - Angulações	21
Figura 11 - Distância do Bogie ao Rocker	21
Figura 12 - Resultado do Teorema de Tales	21
Figura 13 - Altura do robô.....	21
Figura 14 - Dimensionamento do Rocker	22
Figura 15 - Dimensionamento do chassi.....	22
Figura 16 - Relação entre as rodas e o veículo	22
Figura 17 - Sistema de suspensão central.....	24
Figura 18 - Inclinações até 45°.....	24
Figura 19 - Sistema de suspensões comuns	24
Figura 20 - Configuração do sistema.....	25
Figura 21 - Sistema de rotação	25
Figura 22 - Placa receptora RRC-200	26
Figura 23 - Fonte de alimentação	26
Figura 24 - Programação dos relês.....	27
Figura 25 - Relês da placa.....	27
Figura 26 - Relês externos.....	27
Figura 27 - Conector	28
Figura 28 - Transistor 7806	28
Figura 29 - Passo a passo do veículo na superação de um obstáculo vertical	29
Figura 30 – Montagem do chassi.....	33

Figura 31 - Montagem do Bogie	33
Figura 32 - Montagem do Rocker	33
Figura 33 - Posicionamento da placa de metal	34
Figura 34 - Posicionamento do parafusos	34
Figura 35 - Encaixe das rodas	34
Figura 36 - Resultado final do protótipo	35

Lista de tabelas

Tabela 1 - Cronograma.....	30
Tabela 2 - Materiais	31
Tabela 3 - Orçamento	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Justificativa	9
1.2.1 Objetivos Gerais.....	10
1.2.2 Objetivos Específicos.....	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 Revisão bibliográfica	11
3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO.....	12
3.1 Definição de robôs.....	13
3.1.1 Tipos de robôs.....	13
3.1.2 Veículo-robô	14
3.2 O Curiosity.....	14
3.2.1 Mars Science Laboratory (MSL)	15
3.3 Rocker Bogie.....	16
3.4 Motores e caixas de redução	16
3.5 Rodas e pneus.....	17
4 DIMENSIONAMENTO	18
4.1 Teorema de Tales de Mileto.....	18
4.2 Teorema de Pitágoras	18
4.3 Angulações.....	19
5 CONTRUÇÃO DO PROTÓTIPO	23
5.1 Sistema Bogie.....	23
5.2 Sistema Rocker.....	23
5.3 Chassi.....	23
5.4 Sistema de suspensão central	23
5.5 Design	24
5.5.1 Sistema de suspensões comuns.....	24
5.6 Sistema de direção e sentido	25
5.7 Circuito elétrico.....	25
5.7.1 Placa Receptora RRC-200.....	26
5.7.2 Fonte.....	26
5.7.3 Relês.....	27
5.7.4 Transistor 7806	28

6 FUNCIONAMENTO	29
7 CRONOGRAMA.....	30
7.1 Materiais utilizados.....	31
7.2 Orçamento.....	32
8 MONTAGEM	33
9 CONCLUSÃO E RESULTADOS OBTIDOS.....	35
10 REFERÊNCIAS BIOGRÁFICAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

Não se pode negar que a humanidade está passando por uma evolução tecnológica, onde os robôs estão dominando o território espacial, principalmente o solo marciano, com o objetivo de descobrir, por meio de testes geológicos, se o planeta algum dia já reuniu as condições necessárias para abrigar vida.

Nesse sentido, segundo Santiago (2012), a missão Mars Science Laboratory (MSL), desenvolvido pela NASA, enviou a Marte o veículo robô Curiosity, em 2011, com objetivo de ser um jipe capaz de locomover os solos acidentados. A partir desse robô, surgiu a ideia de construir um protótipo utilizando o mesmo sistema de suspensões, o Rocker Bogie, um complexo de seis rodas motrizes capazes de ultrapassar obstáculos com o dobro do diâmetro das rodas e contornar solos irregulares sem comprometer a sua estabilidade.

O projeto protótipo não possui molas ou eixos para cada roda, permitindo que o robô não fique preso em pedras ou obstáculos, o que mantém sempre as seis rodas no solo, além de possui um complexo 6×6, que distribui o peso do veículo entre as rodas, fazendo com que elas tenham a mesma força. Esse conjunto faz-se necessário para vencer alguns trechos, principalmente onde aparecem algumas erosões ou em subidas íngremes com a presença de muitas pedras.

1.1 Justificativa

Segundo a Radio e Televisão Record S.A. (2014), os especialistas consideram que esse é o momento de se investir em robóticas móvel e inteligente, pois a tecnologia se tornou mais acessível e comum. Atualmente, é possível incluir recursos nas máquinas por um custo que vale a pena para o consumidor. Trata-se de uma tendência da robótica que faz com que eles saiam do mundo da ficção e passem a fazer parte do dia a dia da população. Diante disso, este estudo se justifica pela importância de se buscar soluções tecnológicas no ramo da automação. Dessa forma, o projeto tem grande relevância na sociedade, visto que o desenvolvimento do veículo facilitará o trabalho de exploração e

busca, já que o mesmo pode superar terrenos acidentados, devido sua estrutura de elos sem molas e eixo de torção.

1.2.1 Objetivos Gerais

Com o estudo da tecnologia Rocker Bogie utilizada na exploração espacial, desenvolveu-se um veículo robô para ser usado nas situações adversas do cotidiano, como por exemplo de busca e de exploração em solos acidentados. Desenvolvendo o projeto, ganha-se também, experiência que ajudará futuramente na vida profissional em gestão de projetos, além da aprovação parcial em todas as disciplinas.

1.2.2 Objetivos Específicos

Aprimorando o conhecimento sobre veículos com base na tecnologia Rocker Bogie, têm-se o objetivo de:

- Trazer a tecnologia utilizada no espaço para situações cotidianas;
- Atender as necessidades da sociedade;
- Explorar e buscar terrenos de difícil acesso;
- Ganhar experiência em gestão de projetos;

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Revisão bibliográfica

A Patente, US4840394, publicada em 1989, de direitos legais da NASA, sobre a invenção de Donald B. Bicker, do sistema de suspensão articulada, no qual o veículo contém duas suspensões laterais ligadas diretamente ao chassi. Em um veículo que conta com seis rodas, cada suspensão lateral inclui uma roda central, de forma a interligar as suspensões dianteiras e traseiras a roda central. Donald também afirma que o veículo consegue andar em um terreno acidentado com facilidade, e a flexibilidade do sistema de mobilidade permitiu à Sojourner explorar a superfície e investigar rochas como o Yogi, que parecia ser similar ao basalto comum encontrado na Terra.

Sojourner é um robô lançado pela NASA para circular em solo marciano, que fez parte da missão Mars Pathfinder em 1997. Este foi o primeiro veículo a transitar em Marte e foi a base dos estudos e construção do Curiosity.

O livro Mechanical Engineering (BICKER, 1998), explica a relação entre atrito e quantidade de rodas, de tal forma que seis rodas são mais eficientes do que quatro na hora de superar um obstáculo vertical, uma vez que o aumento da quantidade de rodas em suspensões, diminui o atrito necessário com a superfície do obstáculo a ser superado.

Segundo Miller e Lee (2003), robôs com o sistema de suspensões Rocker Bogie, não foram projetados para adquirirem velocidades muito altas, sendo sua principal função, superar obstáculos, tendo em vista que, segundo testes o veículo ao se movimentar em uma velocidade muito elevada, tende a capotar, ou sofrer danos em sua estrutura.

3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

Para chegar nos parâmetros necessários e ideias para a construção do projeto, primeiramente houve uma reunião entre o grupo para a definição do tema, o qual partiu da ideia de trazer uma tecnologia espacial para o cotidiano e o mesmo fosse benéfico a sociedade. Então, os estudos direcionaram-se ao mais recente robô que foi enviado a Marte, em 2011, pela NASA, conhecido como o Curiosity da missão Mars Science Laboratory (MSL), que tem como principal seu sistema de suspensões, o Rocker Bogie. Nesse sentido, chegou-se à conclusão de que a construção de um protótipo de um veículo robô que pudesse se locomover em terrenos irregulares seria um bom tema a se desenvolver no momento.

O desenvolvimento do trabalho começou pelos cálculos a partir do Teorema de Tales de Mileto e suas relações envolvendo semelhança entre triângulos e o estudo da geometria dos componentes. Assim, decidiu-se os tamanhos e os tipos de materiais que seriam então utilizados para uma relação otimizável entre o Bogie e o Rocker, os quais funcionam pela semelhança de triângulos. Além do ponto chave, onde o protótipo pudesse ultrapassar obstáculos com o dobro do diâmetro das rodas e contornar solos irregulares sem comprometer a sua estabilidade.

Determinou-se o desenho do projeto com a altura do chassi, o tamanho dos braços e as angulações entre os mesmos. Então, para a redução de gastos e ter uma visão final do protótipo, o desenho foi projetado no AutoCAD.

Com a projeção 2D do projeto pode-se começar a estudar a parte elétrica, onde houve um estudo cauteloso em relação aos motores e seus funcionamentos. Como base na Geometria Analítica sobre os estudos de Torque, concluiu-se que os motores deveriam conter uma caixa de redução para ampliar o torque e diminuir a velocidade e rodas fixadas aos centros com diâmetros entre 50 e 70 mm. Posteriormente, iniciou-se as aplicações na placa de comando para o direcionamento a distância do veículo. Assim, determinou-se que seria utilizado placa-mãe de portão eletrônico, pelo fato da acessibilidade ao produto e seus componentes elementares.

Dessa forma, houve a montagem do protótipo e foram feitos vários testes seguidos para a avaliação dos resultados obtidos. Assim, pode ser feitos os cálculos de

velocidade e a utilização do MatLab para imprimir os gráficos e a programação das medidas dos tubos, torque e velocidade do veículo e seus funcionamentos.

3.1 Definição de robôs

Segundo a Revista Época (2000), robô é uma tecnologia equipada com dispositivos eletromecânicos (combinação das ciências e técnicas da eletrotécnica com as da mecânica) ou biomecânicos (estudo da mecânica dos organismos vivos), capazes de realizar trabalhos de maneira autônoma, pré-programada, ou através do controle humano.

3.1.1 Tipos de robôs

Segundo Raposa (2015), os robôs se classificam em:

Mobilidade da base:

⇒ Fixos_ Manipuladores e braços robóticos.

⇒ Móveis_ Com restrições: Gruas.

_ Sem restrições: Veículos.

Estrutura cinética:

⇒ Fixos_ Paralelos e em séries.

⇒ Móveis_ Aquáticos, terrestres e aéreos.

Mecanismo de locomoção:

⇒ Móveis_ Pernas, rodas, esteiras e propulsão.

Local de atuação:

⇒ Fixos e móveis_ Indoor: Locais fechados, internos.

_ Outdoor: estruturados e não estruturados.

Autonomia:

- ⇒ Controle e ações pré-destinadas.
- ⇒ Tele-operados ou Tele-comandados.
- ⇒ Semi-autônomos_ Tele-operados + ações independentes)
- ⇒ Autônomos_ Sem a intervenção humana durante a operação.

3.1.2 Veículo-robô

É um robô que apresenta uma base móvel, sem restrições, pois é um tipo de veículo terrestre autônomo, criado para atuar em áreas outdoor de difíceis acesso.

Figura 1 - Veículo robô



Fonte: <www.oglobo.globo.com> (Acesso em : 15 mar. 2018).

3.2 O Curiosity

Segundo Morales (2012), a sonda Curiosity é a mais completa a pousar no planeta Marte e é composta por 10 instrumentos científicos. O robô é capaz de colher amostras do solo marciano e analisá-las em um "laboratório" interno, com o auxílio de câmeras de alta precisão e espectrômetros, que analisam o espectro eletromagnético.

De acordo com o Laboratório de Propulsão a Jato da NASA, a sonda, que pesa uma tonelada, é capaz de percorrer até 200 metros por dia no território e subir em elevações de até 65 metros de altura. O robô é alimentado por um gerador radioativo com plutônio-238, que garante energia suficiente para 678 dias terrestres de exploração em Marte.

O robô é equipado com uma câmera principal, formada por duas com resolução de 2 megapixels, e capaz de gravar imagens em três dimensões. Os 'olhos' do robô ainda são capazes de gravar imagens em alta definição e toda vez que ele mudar de localização, a equipe na Terra receberá uma imagem panorâmica do novo espaço onde ele está. Além disso, o veículo possui uma câmera colorida que permitirá que os pesquisadores apliquem zoom sobre as imagens de rochas e elementos do solo.

Para fazer as análises do solo, a sonda é equipada com um laser de aquecimento, capaz de derreter parte do solo a cerca de sete metros de distância, podendo, junto com um telescópio de 110 mm, analisar os elementos químicos do solo.

O local escolhido para a aterrissagem do robô foi a cratera de Gale, o principal local na superfície do planeta capaz de conter indícios de existência de vida (por ser um dos pontos mais baixos do planeta, acredita-se que possíveis rios existentes no passado teriam arrastado sedimentos e materiais orgânicos para lá)."

A missão do Curiosity visa preparar o terreno para futuras expedições que serão capazes de determinar a existência de vida e até para uma missão tripulada em um futuro próximo."

Figura 2 - O Curiosity



Fonte: <www.canaltech.com.br> . (Acesso em : 15 mar. 2018).

3.2.1 Mars Science Laboratory (MSL)

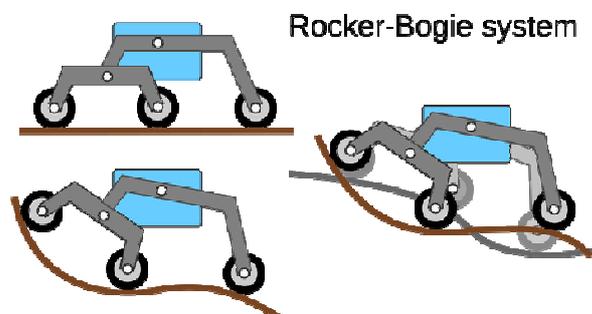
Segundo Santiago (2012), Mars Science Laboratory (MSL) é uma missão robótica sonda espacial para Marte lançada pela NASA em 26 de novembro de 2011, que conseguiu pousar o Curiosity, um veículo-robô, em Marte, em Gale (cratera

de impacto, que possui aproximadamente 150 km de diâmetro e se situa próxima à borda das terras baixas da segunda maior região vulcânica de Marte, Elysium Planitia), em 6 de agosto de 2012. Os objetivos gerais incluem investigar a habitabilidade de Marte, estudar seu clima, geologia e coletar dados para uma missão tripulada a Marte.

3.3 Rocker Bogie

O sistema de suspensão Rocker Bogie, onde cada par de rodas laterais estão conectadas por uma barra com um grau de liberdade, permite que veículos trafeguem em terrenos extremamente acidentados, garantindo que todas as rodas mantêm contato com o solo, ou seja, um sistema de braços de reação que mantém os eixos alinhados no plano horizontal, mesmo nas condições extremas de movimentação, sendo os inferiores em pares e reguláveis e fixos, e os superiores em forma de “V”.

Figura 3 - Sistema Rocker Bogie



Fonte: < www.quora.com>. (Acesso em : 20 mar. 2018).

3.4 Motores e caixas de redução

Os motores apresentam tensão de operação entre 3-6VDC, produzindo 4.320 RPM (3V) e 9.600 RPM (6V). Porém precisa-se de torque para movimentar o veículo e pouca velocidade, assim utilizou-se uma caixa de redução de 1:48, contendo 8 engrenagens para produzirem 0.8kgfcm e 200 RPM (6V) e 0.35kgfcm e 90 RPM (3V). A voltagem utilizada é 6 V, porque os motores fornecem maior torque, tendo assim,

maior força para tirar o veículo do estado de inércia, e maior aceleração para a velocidade final ao robô.

Figura 4 - Motores e caixas de redução utilizados



Fonte: < www.filipeflop.com.br > (Acesso em: 20 mai. 2018).

3.5 Rodas e pneus

As rodas são reesponsáveis por ligar o veículo ao chão, assim são fundamentais no desenvolvimento dos veículos. O seu tamanho interfere na velocidade e torque, onde rodas pequenas são utilizadas para terem maior velocidade e pouco torque, e as grandes para menor velocidade e muito torque. Com isso, as rodas utilizadas no projeto são de tamanho médio, apresentando 54 mm e 68 mm com os pneus encaixados, pois necessita-se conciliar o torque e a velocidade.

Os pneus são feitos de borracha para aumentar o atrito com o solo e auxiliar o veículo na hora de escalar obstáculos de diferentes angulações. Eles apresentam raio de 27 mm, 7 mm de altura e 25 mm de espessura.

Figura 5 - Rodas e pneus utilizados



Fonte: < www.filipeflop.com.br > (Acesso em: 20 mai. 2018).

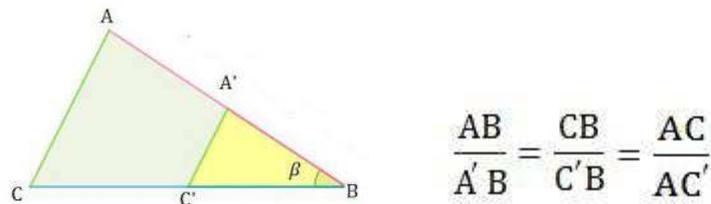
4 DIMENSIONAMENTO

4.1 Teorema de Tales de Mileto

Segundo Bezerra (2018), as relações de triângulos do sistema Rocker Bogie está relacionado com o Teorema de Tales de Mileto e as funções trigonométricas, onde as retas paralelas e transversais formam segmentos proporcionais.

Triângulos semelhantes: O Teorema de Tales é determinado pela intersecção entre retas paralelas e transversais, que formam segmentos proporcionais.

Figura 6 - Teorema de Tales de Mileto

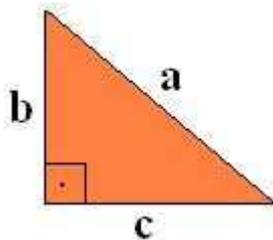


Fonte: <www.universoformulas.com > (2018). (Acesso em : 22 mar. 2018).

4.2 Teorema de Pitágoras

Segundo Silva (2016), o Teorema de Pitágoras é uma expressão que pode ser aplicada em qualquer triângulo retângulo (triângulo que tem um ângulo de 90°). O teorema de Pitágoras diz que o quadrado da hipotenusa é igual à soma dos quadrados dos catetos. Podemos utilizar esse teorema para facilitar o cálculo da diagonal de um quadrado e altura de um triângulo equilátero (triângulo com os lados iguais).

Figura 7 - Triângulo retângulo



a = hipotenusa

b = cateto

c = cateto

Fórmula:

$$a^2 = b^2 + c^2$$

Fonte: < mundoeducacao.bol.uol.com.br > . (Acesso em : 22 mar. 2018).

4.3 Angulações

Inicialmente, o estudo dos comprimentos e das medidas dos ângulos dos tubos foram direcionados ao braço de arrasto, pois além de superar terrenos irregulares poderá subir obstáculos com dobro do diâmetro da roda em um ângulo de até 90°. Nesse sentido, sabe-se que o diâmetro da roda é 68 mm, com isso, o tamanho da parte interna dos braços do Bogie, deveriam ser superiores a 136 mm.

O tamanho do tubo então escolhido para a fabricação do Bogie foi de 125 mm, que encaixado ao Joelho, tem uma perda de 5 mm, totalizando em 120 mm. Dessa forma, o tubo de **120 mm** encaixado ao Joelho de 90 graus e a caixa de redução, obtiveram **214 mm**. Portanto, para analisar a semelhança entre os triângulos, calculou-se a partir da reta média aos componentes, obtendo o comprimento de **185,6 mm**, como mostra a **Figura 8**.

Então, foi utilizado o **Teorema de Pitágoras**, pois os dois braços do Bogie têm a mesma medida e os valores foram aproximados ao inteiro mais próximo:

$$a^2 = b^2 + c^2$$

$$a^2 = 185,6^2 + 185,6^2$$

$$a = \sqrt{68894,72}$$

$$a = 262,5 \text{ mm}$$

Assim a hipotenusa terá um valor aproximado de 262,5 mm, como mostra a **Figura 9**.

Percebe-se que a estrutura formou um triângulo, com um ângulo de 90°, e como as duas arestas adjacentes a ele, possuem o mesmo tamanho, temos que os dois ângulos que se formam entre o solo os catetos do triângulo retângulo, são iguais. Logo $(180-90)/2=45$, ou seja os ângulos inferiores possuem 45° cada. A mesma distância entre os centros das rodas do Bogie, de 262,5 mm, foi colocada entre a roda central e a terceira roda, para manter uma simetria entre as suspensões, como mostra a **Figura 10**.

O ângulo de 45° também foi respeitado no terceiro ângulo, o que tornou o braço do Rocker paralelo ao braço central, formando dois triângulos semelhantes através da **Teorema de Tales de Mileto**, como mostra a **Figura 11**. Utilizando a fórmula das

relações entre triângulos e utilizando a distância entre as rodas dianteira e as rodas traseiras de 525 mm, com seguimento AB, como a hipotenusa do triângulo maior, tem:

$$\frac{AB}{A''B} = \frac{CB}{C''B} = \frac{AC}{AC''}$$

$$\frac{AB}{185,6} = \frac{525}{262,5}$$

$$262,5 \cdot AB = 185,6 \cdot 525$$

$$AB = \frac{97440}{262,5}$$

$$AB = 371,2 \text{ mm}$$

pode-se concluir que o triângulo maior tem 371,2 mm laterais e o triângulo menor teria 185,6 mm laterais, como mostra a **Figura 12**.

Com a estrutura dimensionada, pode-se analisar a altura do veículo, onde o chassi é o fator determinante, além de ser responsável por carregar a placa de comando e a fonte. A estrutura é paralela ao solo, na parte superior do veículo, deixando um espaço vago para que o Bogie e o Roker exercessem suas funções. Assim ficou estabelecido que a altura do chassi em relação ao solo foi de 180 mm, como mostra a **Figura 13**.

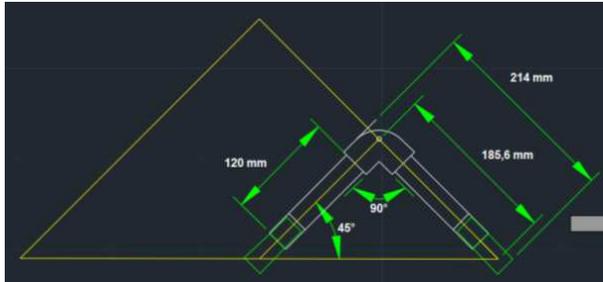
O tamanho do tubo então escolhido para a fabricação do Roker foi de 225 mm, que encaixado ao joelho, tem uma perda de 5 mm, totalizando em 220 mm. Dessa forma, o tubo de **220 mm** encaixado ao joelho de 45° graus e a caixa de redução, obtiveram **304 mm**. Portanto, a reta média aos componentes, obteu-se o comprimento de **275 mm**, como mostra a **Figura 14**.

O braço do Roker que interliga o componente ao chassi deverá dimensionar **84 mm**, seguindo o a altura do veículo. Dessa maneira, o chassi com configuração quadrada, terá seus tubos com 100 mm de comprimento, que ao encaixar com os joelhos de 90° graus, perdeu 5 mm em cada extremidade, chegando a um comprimento final de **90 mm**, como mostra a **Figura 15**.

Assim foram feito os estudos dos comprimentos e angulações do protótipo, utilizando com referência o Teorema de Tales e o Teorema de Pitágoras. Pode-se notar que as rodas não interferiu no cumprimento dos tubos, isso se deve-se ao fato, das

mesma, elevar o protótipo paralelamente em todas as extremidades com os mesmos valores, como mostra a **Figura 16**.

Figura 8 - Dimensionamento do Bogie



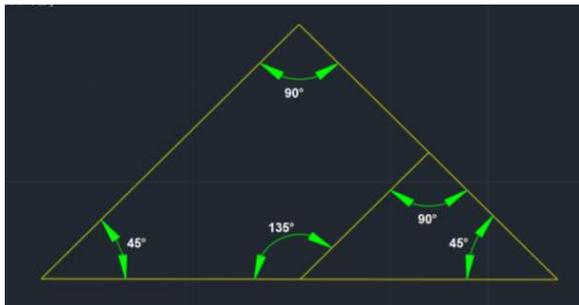
Fontes: Os próprios autores (2018).

Figura 9 - Valor da hipotenusa



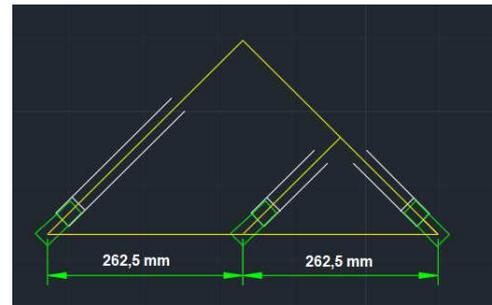
Fontes: Os próprios autores (2018).

Figura 10 - Angulações



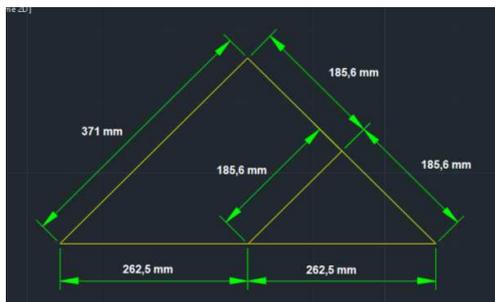
Fontes: Os próprios autores (2018).

Figura 11 - Distância do Bogie ao Rocker



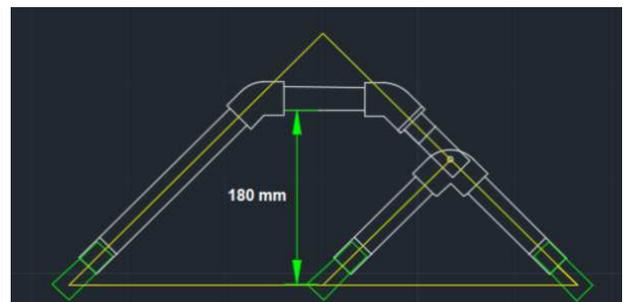
Fontes: Os próprios autores (2018).

Figura 12 - Resultado do Teorema de Tales



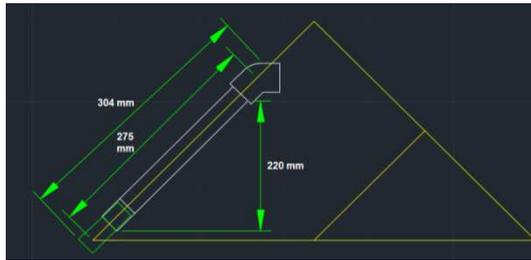
Fontes: Os próprios autores (2018).

Figura 13 - Altura do robô



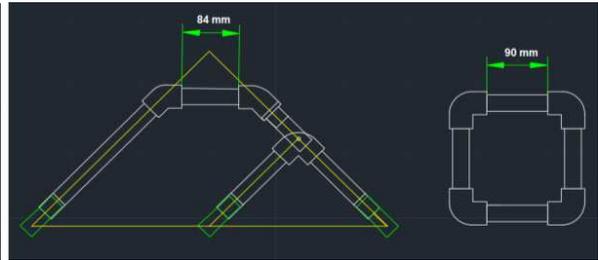
Fontes: Os próprios autores (2018).

Figura 14 - Dimensionamento do Rocker



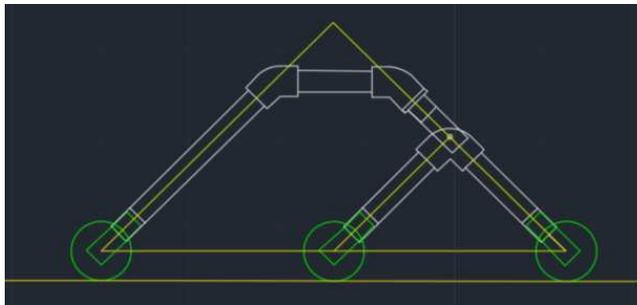
Fontes: Os próprios autores (2018).

Figura 15 - Dimensionamento do chassi



Fontes: Os próprios autores (2018).

Figura 16 - Relação entre as rodas e o veículo



Fontes: Os próprios autores (2018).

5 CONTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

5.1 Sistema Bogie

O termo "Bogie" refere-se ao sistema de suspensões em "V", que possui quatro rodas motrizes, uma em cada extremidade. São as primeiras rodas a terem contato com o obstáculo elevado ou rebaixado, tendo a função de arrastar o veículo quando estiver "escalando".

5.2 Sistema Rocker

O termo "roqueiro" vem do aspecto do balanço das duas suspensões mais elevadas com o chassi. Essas suspensões elevadas têm a função de serem uma tração de apoio ao veículo, possuindo duas rodas motrizes, uma em cada extremidade, sendo as últimas rodas a terem contato com o obstáculo.

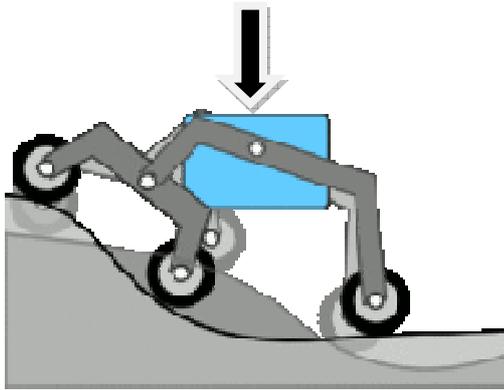
5.3 Chassi

Componente quadrado entre os balancins articulados de cada lado. É a parte fixa do veículo responsável por ser a estrutura suporte para a placa de controle e a bateria e servir de diferencial na junção do Bogie ao Rocker.

5.4 Sistema de suspensão central

Os elos esquerdo e direito contendo as rodas são fixos ao chassi. Essa conexão é feita por um diferencial, onde proporciona um sistema de suspensões central ao robô, permitindo inclinar-se 45° laterais sem capotar ou comprometer sua estabilidade.

Figura 17 - Sistema de suspensão central



Fonte: < www.en.wikipedia.org.com >
(Acesso em: 25 mar.. 2018).

Figura 18 - Inclinações até 45°



Fonte: Os próprios autores (2018).

5.5 Design

O design do protótipo não possui molas ou eixos para cada roda, permitindo assim que o robô suba em obstáculos de até 90° graus, com tamanho superior ao diâmetro da roda, mantendo assim as seis rodas no chão.

5.5.1 Sistema de suspensões comuns

O sistema de suspensão simples, comumente utilizado em carros de passeio, a estabilidade de inclinação é limitada pela altura do centro de gravidade. Os sistemas que utilizam molas tendem a equilibrar o veículo com o solo, fazendo com que a roda que não está em contato com solo fique suspensa, ou seja, tendem a inclinar-se mais facilmente à medida que o lado carregado cede.

Figura 19 - Sistema de suspensões comuns

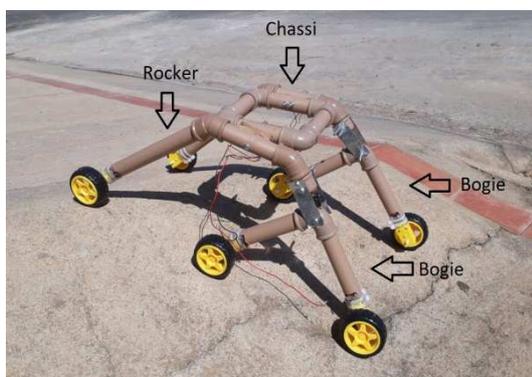


Fonte: < www.youtube.com.br >. (Acesso em: 20 de mar. 2018).

5.6 Sistema de direção e sentido

Para rotacionar o veículo, a central de controle (placa-mãe de controle) envia um comando diferente aos motores fixados as rodas, na qual os mesmos de cada lateral giram em sentidos opostos. Para o robô girar para a direita, os motores do lado esquerdo adquirem sentido positivo e os da direita adquirem sentido negativo e para girar para esquerda o comando é inverso.

Figura 20 - Configuração do sistema



Fonte: Os próprios autores (2018).

Figura 21 - Sistema de rotação



Fonte: Os próprios autores (2018).

5.7 Circuito elétrico

Segundo Alves (2015), circuito elétrico é um conjunto formado por um gerador elétrico, um condutor em circuito fechado e um elemento capaz de utilizar a energia produzida pelo gerador.

No projeto seu funcionamento inicia-se ao pressionar um dos botões superiores quaisquer do controle. Ao apertá-lo é enviado um sinal para a placa, que ao receber converte em um comando. A conversão funciona a partir de um a fonte externa de 12v para alimentar o circuito, denominada gerador elétrico. Essa tensão alimenta os relês juntos a placa condutora e os comandos são enviados aos transistores, nele a tensão se reduz para 6v e chega aos outros relês que estão fora da placa, assim o abre e fecha dentro dos mesmos, faz as rotações dos motores terem sentido positivo ou negativo.

5.7.1 Placa Receptora RRC-200

Segundo Garrett (2012), pode-se entender a placa como uma central que resolve problemas de espaço, uma vez que une todas as partes do sistema numa só, rede de fios, porque dispõe de caminhos que permitem a troca de informação entre processadores, memórias, placas e etc. Além de permitir o tráfego de informação, a placa também alimenta alguns periféricos com a energia elétrica que recebe da fonte do gabinete.

Para automatizar o robô utilizou-se duas placas receptoras RRC-200, que são acompanhadas por um controle remoto com alcance de 100 metros sem obstáculos e uma frequência de 433.92 Mhz, onde uma está direcionada aos motores esquerdos e a outra aos motores direitos.

Figura 22 - Placa receptora RRC-200

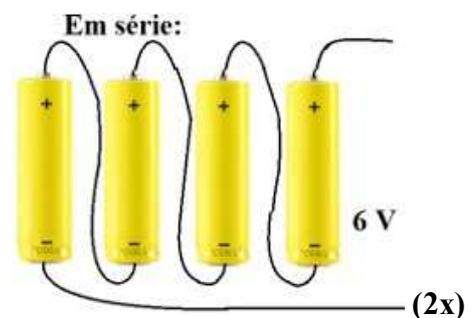


Fonte: < <http://jflalarmes.tecnologia.ws> > (Acesso em: 20 de jun. 2018).

5.7.2 Fonte

A fonte que alimenta a placa são 8 pilhas AA, com 1,5V e 2.100 mA.h, ligadas em série, assim a ligação produz uma tensão final de 12V e mantém a corrente elétrica de 2.100 mA.h. Essa série de pilhas é o suficiente para alimentar as placas e os motores aproximadamente 1 hora, pois, segundo os fabricantes, as placas consomem 190 mA.h. e os motores 1.200 mA.h

Figura 23 - Fonte de alimentação



Fonte: < mundoeducacao.bol.uol.com.br > .(

Acesso em : 20 jun. 2018).

5.7.3 Relês

Segundo Braga (2014), os relês são dispositivos comutadores eletromecânicos. Nas proximidades de um eletroímã é instalada uma armadura móvel que tem por finalidade abrir ou fechar um jogo de contatos. Quando a bobina é percorrida por uma corrente elétrica é criado um campo magnético que atua sobre a armadura, atraindo-a, neste momento ocorre a ativação dos contatos, os quais podem ser NA ou NF.

Segundo a fabricante das placas, os relês estão programados a seguir:

O receptor poderá ser programado para obedecer ao controle remoto e ou ao sensor. Veja como pode ser feita a programação dos relês com os jumpers 1, 2, 3 e 4, como mostra a **Figura 20**.

* Jumpers: segundo Martins (2010), são peças plásticas que contém um pequeno filamento de metal responsável pela condução de eletricidade.

Figura 24 - Programação dos relês

	4	3	2	1	RELÉ 1	RELÉ 2
0					SENSOR	BAT. BAIXA
1					COM RETENÇÃO	SENSOR
2					SEM RETENÇÃO	SENSOR
3					SENSOR	SENSOR
4					TEMPORIZADO	SENSOR
5					COM RETENÇÃO	COM RETENÇÃO
6					SEM RETENÇÃO	SEM RETENÇÃO
7					COM RETENÇÃO	SEM RETENÇÃO
8					ABERT. / FECH.	BAT. BAIXA
9					COM RETENÇÃO	BIP
10					SEM RETENÇÃO	BIP**
11					ABERT. / FECH.	ABERT. / FECH.
12					BAT. BAIXA	SEM RETENÇÃO
13					ABERT. / FECH.	SEM RETENÇÃO
14					TEMPORIZADO	SEM RETENÇÃO
15					TEMPORIZADO	COM RETENÇÃO

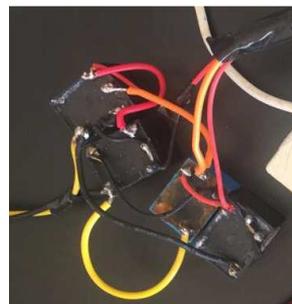
■ Jumper conectado □ Jumper desconectado

Fonte: < <http://jflalarmes.tecnologia.ws> > (Acesso em: 20 de jun. 2018).

Figura 25 - Relês da placa



Figura 26 - Relês externos

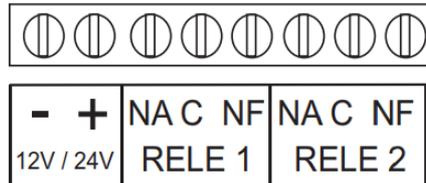


Fonte: Os próprios autores (2018).

Fonte: Os próprios autores (2018).

CONECTOR DE SAÍDA_

Figura 27 - Conector



+ Positivo da fonte de alimentação.
- Negativo da fonte de alimentação.
NF - Contato normalmente fechado do respectivo Relê.
NA - Contato normalmente aberto do respectivo relê.
C - Contato comum do respectivo relê.

Fonte: < <http://jflalarmes.tecnologia.ws>>
 (Acesso em: 20 de jun. 2018).

5.7.4 Transistor 7806

Segundo a Usinainfo (2017), transistor é um regulador de tensão capaz de regular a tensão de saída em seu terminal, conferindo maior funcionalidade durante a criação de projetos eletrônicos, principalmente no caso de placas de circuito impresso. O terminal de entrada do transistor 7806 pode receber tensão de 8V a 25V, entretanto, oferecerá em seu terminal de saída 6V estabilizado com corrente máxima de 1A.

O Regulador de Tensão 7806 é muito compacto e funcional, sendo um componente eletrônico de grande utilidade, ocupando mínimo espaço nas placas e locais onde será aplicado. Porém, como trabalha com tensões altas tende a esquentar muito, assim para obter eficiência do equipamento sem que o mesmo derretesse, foi usado uma placa de metal como dissipador de calor.

Figura 28 - Transistor 7806



Fonte: Os próprios autores (2018).

6 FUNCIONAMENTO

Passo a passo para ultrapassar uma face de obstáculo vertical:

1°_ O veículo aproxima-se do obstáculo.

2°_ As rodas dianteiras do sistema Bogie são forçadas contra o obstáculo pelas rodas centrais e traseiras.

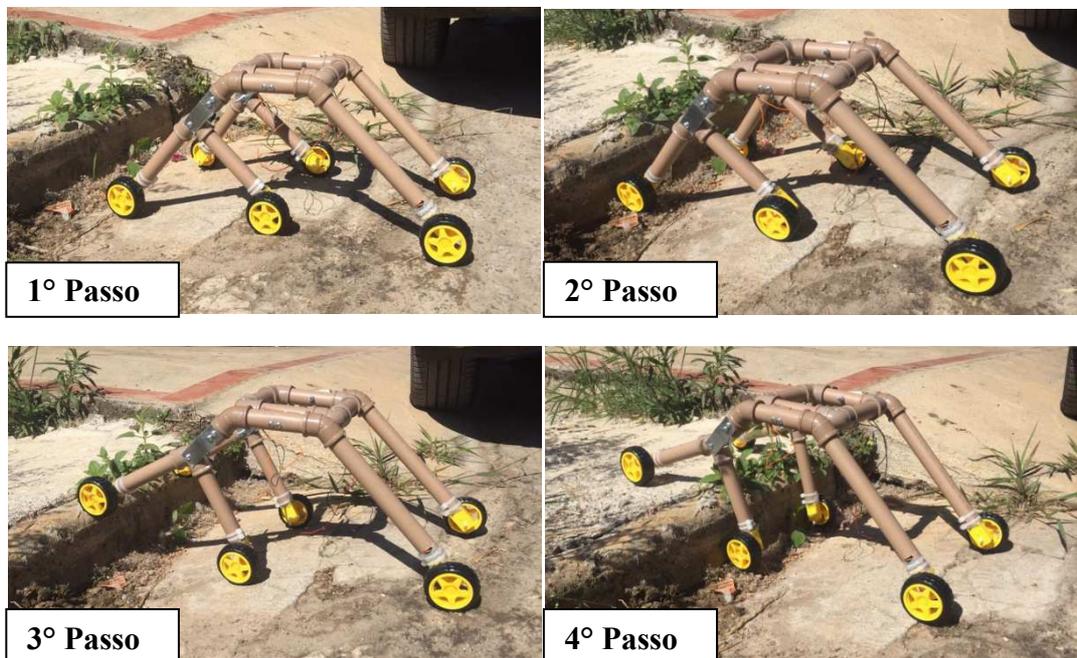
3°_ A rotação da roda dianteira levanta a frente do veículo sobre o obstáculo.

4°_ As rodas do meio são então pressionadas contra o obstáculo pelas rodas traseiras.

5°_ Quando o Bogie atinge o topo do obstáculo, ele então puxa o Rocker para cima até que seja levantado.

6°_ Finalmente, as rodas traseiras do Rocker são puxadas sobre o obstáculo pelas quatro rodas dianteiras.

Figura 29 - Passo a passo do protótipo na superação de um obstáculo vertical





Fonte: Os próprios autores (2018).

7 CRONOGRAMA

O cronograma foi dividido semanalmente, como mostra a tabela a seguir:

Tabela 1 - Cronograma

Semanas	Programação
1º semana	Definição da ideia do projeto
2º semana	Redefinição da ideia do projeto
3º semana	Estudo teórico do projeto, a partir do Teorema de Tales.
4º semana	Início dos estudos da parte elétrica e compra dos motores.
5º semana	Análise das dimensões dos materiais em geral e compra da placa.
6º semana	Desenvolvimento do projeto no AutoCAD, compra dos canos e início da construção do chassi.
7º semana	Construção da suspensão e junção delas ao chassi.
8º semana	Início do trabalho escrito.
9º semana	Estudo elétrico da programação do veículo.
10º semana	Compra dos materiais restantes da parte elétrica.
11º semana	Reunião do grupo para melhorias no projeto.
12º semana	Montagem do circuito elétrico, estudo da bateria para um melhor desempenho.
13º semana	Reunião do grupo para possível melhorias e análises dos resultados.
14º semana	Estudo dos gráficos de velocidade e torque.
15º semana	Projeção dos gráficos no Matlab.
16º semana	Apresentação do projeto à banca examinadora.

Fonte: Os próprios autores (2018).

7.1 Materiais utilizados

A seguir, tem-se a Tabela 1 com todos os materiais utilizados na composição do projeto, separado por estruturas:

Tabela 2 - Materiais

ESTRUTURA	MATERIAIS	TAMANHO
Chassi	4 Joelhos (PVC) de 90° graus.	25 mm
	4 Pedacos de canos.	100 mm
Bogie	2 Joelhos (PVC) de 90° graus.	25 mm
	4 Pedacos de canos.	125 mm
	4 Rodas com pneus.	68 mm
	4 Motores DC 3-6V com caixa de redução 1:48.	-
	12 Braçadeira de nylon.	Pequena
Rocker	2 Tampões (PVC).	25 mm
	2 Pedacos de canos.	10 mm
	2 Pedacos de canos.	94 mm
	2 Pedacos de canos.	225 mm
	4 Joelhos (PVC) de 45° graus.	25 mm
	2 Motores DC 3-6V com caixa de redução 1:48.	-
	6 Braçadeira de nylon	Pequena
	2 Rodas com pneus.	68 mm
Conexão	6 parafusos de sextavado.	63,5 mm
	3 parafusos de sextavado.	76,2 mm
	18 porcas	4 mm
	4 placas de alumínio.	70 mm x 25 mm
Eletrônica	2 placas de madeira.	50 mm x 20 mm
	2 placas receptoras RRC-200	-
	8 relês	-
	2 transistor 7806	-
	Fios trançados	2000 mm
	Fios 1 mm	2000 mm

	Fios 1,5 mm	2000 mm
--	-------------	---------

Fonte: Os próprios autores (2018).

7.2 Orçamento

A seguir, tem-se a Tabela 2 com todos os materiais utilizados na composição do projeto, separado por valor unitário, quantidade e o valor total:

Tabela 3 - Orçamento

Materiais	Valor (R\$)	Quantidade	Total R\$
Joelho (PVC) de 90° graus - 25 mm.	0,60	6	3,60
Joelho (PVC) de 45° graus - 25 mm.	1,15	4	4,60
Motores, rodas, caixa de redução e pneus.	12,50	6	75,00 + 30,00 (frete)
Cano (PVC) de 25 mm	2,65	2 metros	5,30
Braçadeira nylon	0,35	18	6,30
Tampões (PVC) - 25 mm	1,00	2	2,00
Parafusos sextavado de 62,5 mm	0,15	6	0,90
Parafusos sextavado de 76,2 mm	0,15	3	0,45
Porcas de 4 mm	0,04	18	0,72
Placa receptora RRC-200	80,00	2	160 + 40(frete)
Relês	0,50	8	4,00
Fios 1 mm	0,45	2 metros	0,90
Fios 1,5 mm	0,60	2 metros	1,20
Fios trançados	0,35	2 metros	0,70

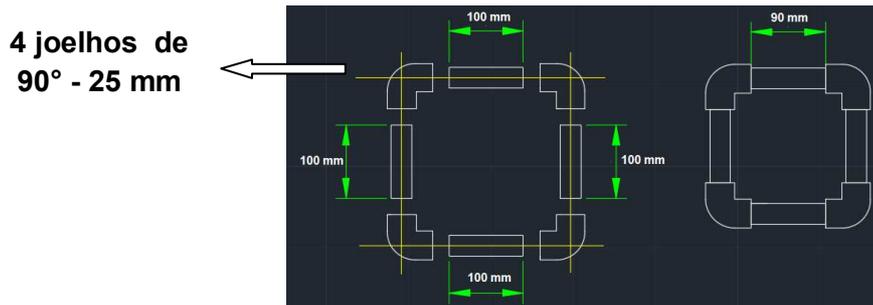
Fonte: Os próprios autores (2018).

8 MONTAGEM

A montagem das estruturas foram as seguintes:

⇒ **Chassi**

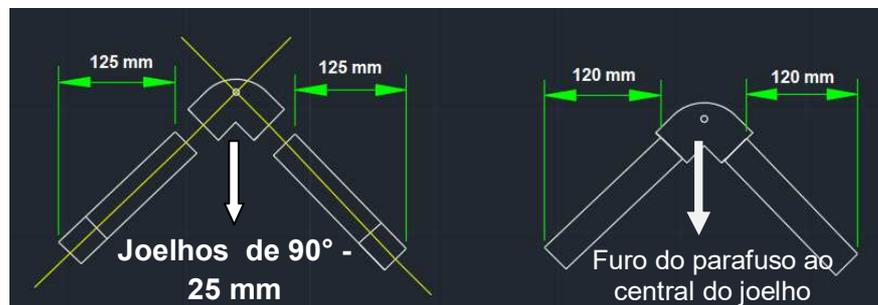
Figura 30 - Montagem do chassi



Fonte: Os próprios autores (2018).

⇒ **Bogie - 2x**

Figura 31 - Montagem do Bogie



Fonte: Os próprios autores (2018).

⇒ **Rocker - 2x**

Figura 32 - Montagem do Rocker



Fonte: Os próprios autores (2018).

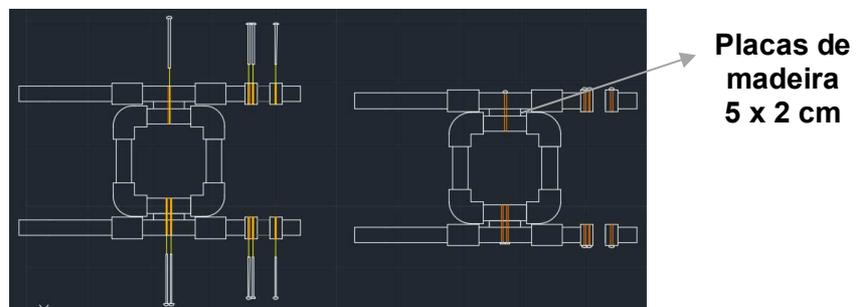
⇒ Interligando-os

Figura 33 - Posicionamento da placa de metal



Fonte: Os próprios autores (2018).

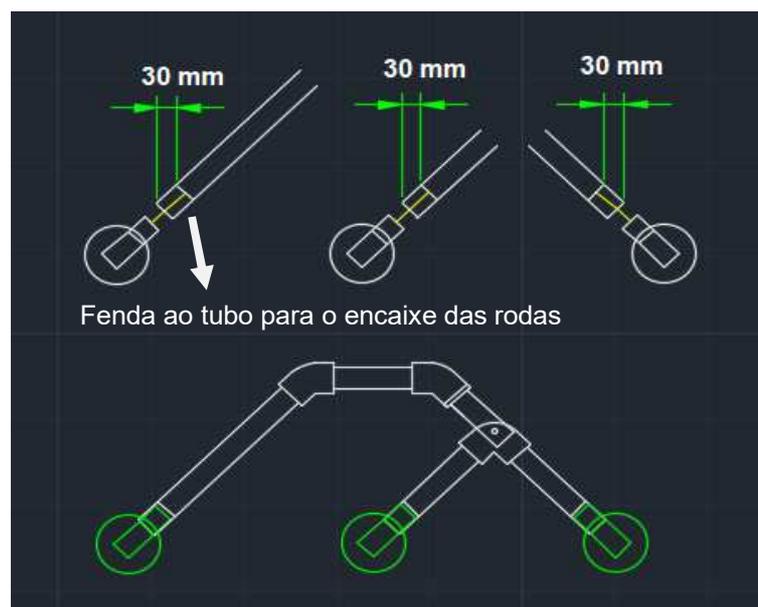
Figura 34 - Posicionamento dos parafusos



Fonte: Os próprios autores (2018).

⇒ Encaixe das rodas

Figura 35 - Encaixe das rodas



Fonte: Os próprios autores (2018).

9 CONCLUSÃO E RESULTADOS OBTIDOS

Este trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento de um protótipo com um eficiente complexo de suspensão, que possibilitou a todos os integrantes uma maior coesão das disciplinas estudadas, visto que foi realizado um estudo aprofundado das mesmas. Pode-se dizer também, que no decorrer do projeto aumentou a relação dos integrantes do grupo e o objetivo geral do trabalho foi alcançado, porém na etapa de testes verificou-se vários incorreções, como: o plástico das rodas e a placas de alumínio serem muito frágeis, o balanceamento do peso no chassi, o conflito do sinal das placas por terem a mesma frequência, o alinhamento da estrutura, o tamanho das rodas, o material dos pneus por ter pouca aderência e a falta de sistema de tração para que houvesse uma distribuição de torque e velocidade entre as rodas no momento em que o veículo estivesse "escalando" objetos verticais.

Figura 36 - Resultado final do protótipo



Fonte: Os próprios autores (2018).

Contudo, a conclusão do projeto agregou experiência aos integrantes e assim pode-se pensar futuramente no desenvolvimento de uma cadeira de rodas com sistema Rocker Bogie, pois graças ao avanço da robótica que influenciou a criação do protótipo, o desenvolvimento de um veículo para deficientes físicos com uma maior eficiência em locomover-se em lugares debilitados e inacessíveis ao cadeirante, traria benefícios a sociedade, além do seu funcionamento não causar impacto ambiental e nem poluição sonora, seria uma ferramenta auxiliar e bastante útil ao ser humano.

10 REFERÊNCIAS BIOGRÁFICAS

- Greicius, T. **Curiosity Rover**. 2017. Disponível em: <
www.nasa.gov/mission_pages/msl/index>. Acesso em: 30 mar. 2018.
- Chinchkar, D.S. **Design of Rocker Bogie Mechanism**. 2017. Disponível em: <
www.researchgate.net/publication/313403109_Design_of_Rocker_Bogie_Mechanism>. Acesso em: 04 abr. 2018.
- BEZERRA, J. **Tales de Mileto**. 2015. Disponível em <
www.todamateria.com.br/tales-de-mileto>. Acesso em: 10 mai. 2018.
- Greicius, T. **Mars Science Laboratory Curiosity Rover**. 2014. Disponível em:
 <www.mars.nasa.gov/msl/mission/>. Acesso em: 30 de Mar. 2018.
- Chaimowicz, L. **Robôs**. 2000. Disponível em:
 <www.brasilecola.uol.com.br/informatica/robos.htm>. Acesso em: 30 Mar. 2018.
- Raposos, A. **Robótica**. 2018. Disponível em: <
www.slideplayer.com.br/slide/3463602>. Acesso em: 30 Mar. 2018.
- Miller e Lee, D. e T. **High-Speed Traversal of Rough Terrain Using a Rocker-Bogie Mobility System**, 2004. Disponível em: <
<http://dpm.kipr.org/papers/robotics02.pdf>>. Acesso em 30 mar. 2018.
- Morales, F. **Conheça a Curiosity, a sonda mais bem equipada pra explorar o solo de Marte**. 2013. Disponível em: < www.canaltech.com.br/ciencia/Curiosity-e-a-sonda-mais-bem-equipada-para-explorar-solo-de-Marte/ >. Acesso em: 4 Abr. 2018.
- Greicius, T. **Building Curiosity: Rover Rocks Rocker-Bogie**. 2010. Disponível em: < www.mars.nasa.gov/news/1057/building-curiosity-rover-rocks-rocker-bogie/ >. Acesso em: 4 Abr. 2018.
- Filipe, D. **Análise teórica do dimensionamento de uma caixa redutora de transmissão para veículos mini-baja**. 2018. Disponível em: <
www.scribd.com/document/318962126/ANALISE-TEORICA-DO-DIMENSIONAMENTO-DE-UMA-CAIXA-REDUTORA-pdf>. Acesso em: 7 Abr. 2018.
- Braga, N.C. **Motores DC e caixas de redução**. 2014. Disponível em: <
www.newtoncbraga.com.br/index.php/robotica/5168-mec070a_>. Acesso em: 7 Abr. 2018.
- Machado, R. **Astrônomo explica por que o espaço aos robôs**. 2010. Disponível em: <
www.em.com.br/app/noticia/tecnologia/2012/12/19/interna_tecnologia,338287/astro>

nomo-explica-por-que-o-espaco-pertence-aos-robos.shtml >. Acesso em: 7 Abr. 2018.

Mechanical Engineering, April 1998, pp 74-77, Archived 2008-10-22 at the Wayback Machine. **Roving over Mars**. Disponível em: < www.memagazine.org/backissues/membersonly/april98/features/mars/mars>. Acesso em: 11 Abr. 2018.

Bickler, D. (US 4840394) **Articulated suspension system**. 1988. Disponível em: < worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=4840394&KC=&FT=E&locale=en_EP>. Acesso em: 11 Abr. 2018.

R7.com. **Tecnologia dos robôs**. 2015. Disponível em: < tecnologia.culturamix.com/tecnologias/tecnologia-dos-robos>. Acesso em: 15 mai. 2018.

Santiago, E. **Mars Science Laboratory**. 2012. Disponível em: < www.infoescola.com/exploracao-espacial/msl-mars-science-laboratory/>. Acesso em: 20 mai. 2018.

Noé, M. **Teorema de Pitágoras**. 2010. Disponível em: < mundoeducacao.bol.uol.com.br/matematica/o-teorema-pitagoras-aplicado-no-estudo-trigonometria_>. Acesso em 10 mai. 2018.

Garrett, F. **O que é uma placa mãe**. 2012. Disponível em: < www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/04/o-que-e-placa-mae-e-como-funciona>. Acesso em 02 jun. 2018.

Usinainfo, **Regulador de tensão 7806**. Disponível em: < www.usinainfo.com.br/reguladores-de-tensao/regulador-de-tensao-7806-6v-1a-para-projetos-3948.html>. Acesso em 05 jun. 2018.

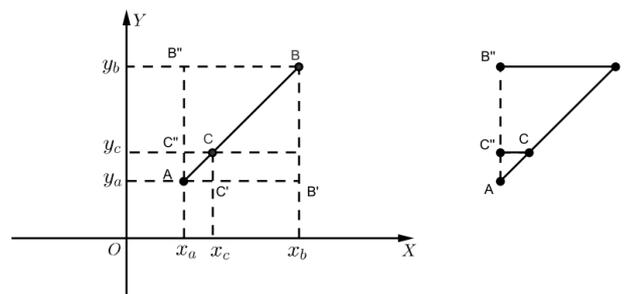
Luna, W.A. **Uma Construção da Geometria Analítica a partir dos Teoremas de Tales e de Pitágoras**. 2014. Disponível em: < mat.ufcg.edu.br/PROFmat/TCC/Weidson.pdf>. Acesso em: 12 de jun. 2018.

APÊNDICE A - Estudo da geometria

Aplicando os conceitos estudados em Geometria Analítica encontrou-se:

Razão entre dois Segmentos_ dado o segmento AB, dizemos que o ponto C o divide na razão k, com k pertencente ao conjunto dos números reais, se $k = \frac{AB}{CB}$.

Figura 37 - Razão entre dois segmentos



Fonte: < <http://mat.ufcg.edu.br/PROFmat/TCC/Weidson.pdf> >. Acesso em 15 jun. 2018.

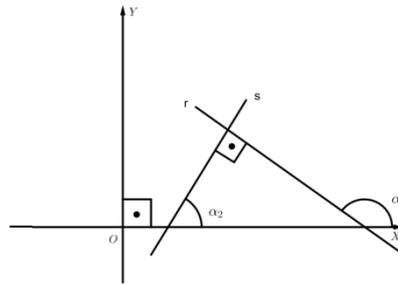
Dados os pontos $A(x_a, y_a)$ e $B(x_b, y_b)$, extremidades de um segmento AB não paralelo aos eixos coordenados, e o ponto $C(x_c, y_c)$ que o divide na razão k, temos que $k = \frac{x_c - x_a}{x_b - x_c} = \frac{y_c - y_a}{y_b - y_c}$.

Considerando a Figura, note que, por construção, $BB'' \parallel CC''$ e que esses segmentos são intersectados pelas retas transversais AB e AB'' . Assim, pelo Teorema de Tales, temos que $k = \frac{AC}{CB} = \frac{AC''}{C''B''}$. Mas, note, que $AC'' = y_c - y_a$ e $C''B'' = y_b - y_c$. Assim, substituindo, tem-se que $k = \frac{y_c - y_a}{y_b - y_c}$. Agora, observa-se na que $CC'' \parallel BB''$. Então, procedendo analogamente para as transversais AB e AB'' , teremos que $k = \frac{x_c - x_a}{x_b - x_c}$. Portanto, $k = \frac{x_c - x_a}{x_b - x_c} = \frac{y_c - y_a}{y_b - y_c}$.

Assim, os valores dos segmentos do projeto, são: $A(0;0)$, $B(262,5;262,5)$ e $C(131,25;131,25)$, e substituindo-os na fórmula tem-se que, $k = \frac{x_c - x_a}{x_b - x_c} = \frac{131,25 - 0}{262,5 - 131,25} = 1$ ou $k = \frac{y_c - y_a}{y_b - y_c} = \frac{131,25 - 0}{262,5 - 131,25} = 1$. Ou seja, a razão entre AC e CC'' ou AB e BB'' é 1.

Perpendicularismo_ Duas retas r e s são perpendiculares se, e somente se, o produto de seus coeficientes angulares é igual a -1.

Figura 38 - Perpendicularismo



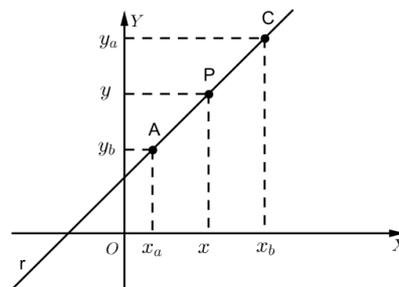
Fonte: < <http://mat.ufcg.edu.br/PROFmat/TCC/Weidson.pdf> >. Acesso em 15 jun. 2018.

Inicialmente, chamaremos de α_1 e α_2 os ângulos que as retas r e s formam com o eixo OX , respectivamente. Por conseguinte, chamaremos de M_r e M_s os coeficientes angulares de r e s , respectivamente. Agora, provaremos a primeira parte do Teorema. Para isto, temos por hipótese, que as retas são perpendiculares. Como α_1 é o ângulo externo do triângulo formado pelos pontos de interseção das retas r e s com o eixo OX e pelo ponto de interseção das retas r e s , então, tem-se que $\alpha_1 = \alpha_2 + \pi/2$. Assim, $\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \left(\alpha_2 + \frac{\pi}{2} \right) = \operatorname{tg} \alpha_1 = -\operatorname{cotg} (\alpha_2)$. Por conseguinte $\operatorname{tg} \alpha_1 = -\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_2}$. Logo $\operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 = -1$. Mas, $\operatorname{tg} \alpha_1 = M_r$ e $\operatorname{tg} \alpha_2 = M_s$. Portanto, $M_r \cdot M_s = -1$.

Assim, os valores do projeto, são: $\alpha_1=135$ e $\alpha_2=45$, e substituindo-os na fórmula, $\operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 = -1$. tem-se que, $\operatorname{tg} 135 \cdot \operatorname{tg} 45 = -1$. Ou seja, prova-se que as retas são perpendiculares.

Equação da reta_ toda reta não vertical tem por equação $y = ax+b$, com $a \neq 0$, chamada de função afim. Reciprocamente, o gráfico de uma função afim é uma reta não-vertical.

Figura 39 - Pontos alinhados



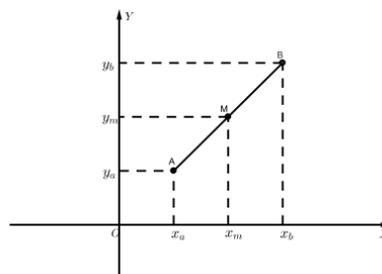
Fonte: < <http://mat.ufcg.edu.br/PROFmat/TCC/Weidson.pdf> >. Acesso em 15 jun. 2018.

Inicialmente, provaremos que toda reta não-vertical tem por equação $y = ax + b$. Para isto, sejam $A(X_a, Y_a)$, $C(X_b, Y_b)$ e $P(X, Y)$ três pontos colineares pertencentes à uma reta não-vertical e P um ponto genérico desta reta. Então, pela condição de alinhamento de três pontos, temos que, $\det \begin{vmatrix} X_a & Y_a & 1 \\ X_b & Y_b & 1 \\ X & Y & 1 \end{vmatrix} = 0$. Por conseguinte $X_a \cdot Y_b + X \cdot Y_a + X_b \cdot Y - X \cdot Y_b - X_a \cdot Y - X_b \cdot Y_a = 0$. Então, $X(Y_a - Y_b) + Y(X_b - X_a) = -X_a \cdot Y_b + X_b \cdot Y_a$, ou, $Y(X_b - X_a) = -X(Y_a - Y_b) - X_a \cdot Y_b + X_b \cdot Y_a$. Assim, como por hipótese a reta é não-vertical, temos que $X_a \neq X_b$ e podemos escrever que $y = \frac{-X(Y_a - Y_b)}{(X_b - X_a)} + \frac{-X_a \cdot Y_b + X_b \cdot Y_a}{(X_b - X_a)}$, ou ainda, $y = \left(\frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a}\right) \cdot X + \frac{X_b \cdot Y_a + X_a \cdot Y_b}{(X_b - X_a)}$. Com isto, fazendo $a = \left(\frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a}\right)$ e $b = \frac{X_b \cdot Y_a + X_a \cdot Y_b}{(X_b - X_a)}$, teremos que, $y = ax + b$.

Assim, os valores dos pontos do projeto, são: $A(0;0)$, $B(262,5;262,5)$ e $P(131,2;131,2)$, e substituindo-os nas fórmulas $\det \begin{vmatrix} X_a & Y_a & 1 \\ X_b & Y_b & 1 \\ X & Y & 1 \end{vmatrix} = 0$, $a = \left(\frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a}\right)$ e $b = \frac{X_b \cdot Y_a + X_a \cdot Y_b}{(X_b - X_a)}$, tem-se que, $\det \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 262,5 & 262,5 & 1 \\ 131,2 & 131,2 & 1 \end{vmatrix} = 0$, logo, $a = \left(\frac{262,5 - 0}{262,5 - 0}\right) = 1$ e $b = \frac{262,5 \cdot 0 + 0 \cdot 262,5}{(262,5 - 0)} = 0$. Ou seja, a equação da reta é $y = x$.

Ponto médio chamamos de ponto médio de um segmento AB um ponto $M(x_M, y_M)$ deste segmento, tal que, $AM = MB$.

Figura 40 - Ponto médio



Fonte: < <http://mat.ufcg.edu.br/PROFmat/TCC/Weidson.pdf> >. Acesso em 15 jun. 2018.

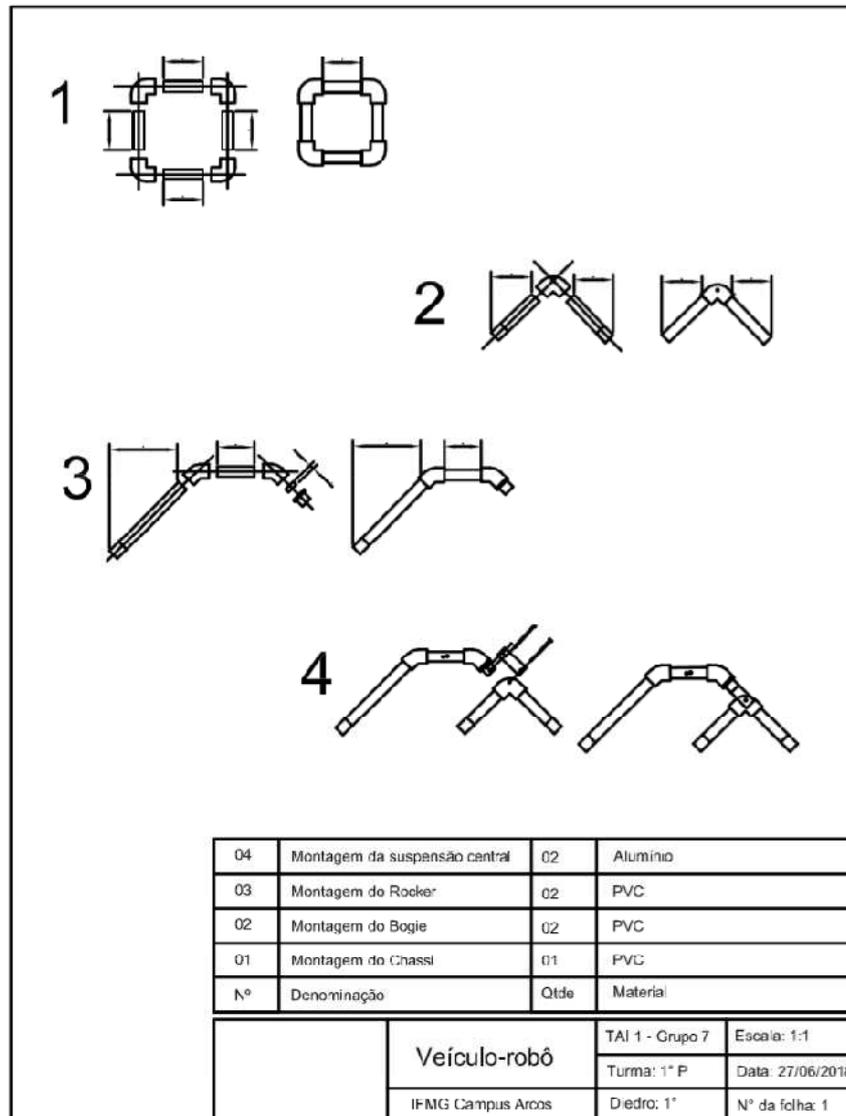
As coordenadas do ponto médio M de um segmento AB , $A(X_a, Y_a)$ e $B(X_b, Y_b)$, são dadas por: $x_M = \frac{X_a + X_b}{2}$ e $y_M = \frac{Y_a + Y_b}{2}$, ou seja, $M = \left(\frac{X_a + X_b}{2}, \frac{Y_a + Y_b}{2}\right)$.

Assim, as coordenadas de dois pontos qualquer de um mesmo seguimento do projeto, são: $A(0;0)$ e $B(262,5;262,5)$ e substituindo-os na fórmula $M = \left(\frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2} \right)$, tem-se que, $M = \left(\frac{262,5 + 0}{2}, \frac{262,5 + 0}{2} \right)$, onde $M = (131,2;131,2)$. Ou seja, o ponto médio do seguimento AB é $(131,2;131,2)$.

APÊNDICE B - Projeção no AutoCad

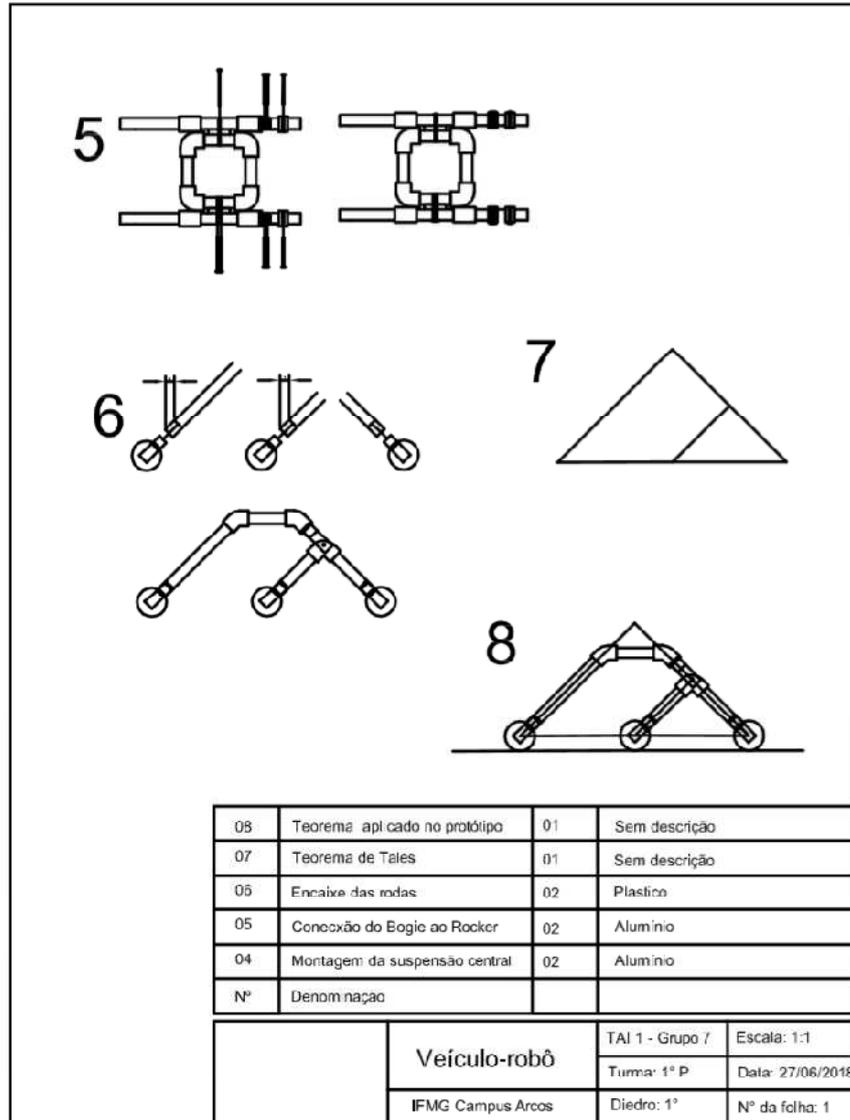
Foram feitos os seguintes desenhos do veículo:

Figura 41 - Desenho técnico do protótipo



Fonte: Os próprios autores (2018).

Figura 42 - Desenho técnico do protótipo



Fonte: Os próprios autores (2018).

APÊNDICE C - Velocidade e aceleração

O veículo nos teste feitos apresentou os seguintes resultados:

1º) Temporizou 30 segundos para completar um circuito de 18 metros em uma subida com 6 graus de inclinação.

$$v = \frac{\Delta \text{distância}}{\Delta \text{tempo}} \quad v = \frac{18-0}{30-0} \quad v = 0,6 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{\Delta \text{velocidade}}{\Delta \text{tempo}} \quad a = \frac{0,6-0}{30-0} \quad a = 0,02 \text{ m/s}^2$$

Equação do espaço em função do tempo: $S = S_0 + V_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$

$$S = 0 \cdot t + \frac{0,02 \cdot t^2}{2} \quad S = 0,01 \cdot t^2$$

Reafirmando as contas a partir da derivada das equações do espaço em função do tempo:

$$S = 0,01 \cdot t^2 \quad \frac{\partial(S)}{\partial t} = \frac{\partial(0,01 \cdot t^2)}{\partial t}$$

1º Derivada - velocidade = 0,02.t (m/s)

2º Derivada - aceleração = 0,02 (m/s²)

2º) Temporizou 36 segundos para completar um circuito de 18 metros em uma descida com 6 graus de inclinação.

$$v = \frac{\Delta \text{distância}}{\Delta \text{tempo}} \quad v = \frac{18-0}{36-0} \quad v = 0,5 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{\Delta \text{velocidade}}{\Delta \text{tempo}} \quad a = \frac{0,5-0}{36-0} \quad a = 0,01389 \text{ m/s}^2$$

$$S = 0 \cdot t + \frac{0,01389 \cdot t^2}{2} \quad S = 0,006945 \cdot t^2$$

Reafirmando as contas a partir da derivada das equações do espaço em função do tempo:

$$S = 0,006945 \cdot t^2 \quad \frac{\partial(S)}{\partial t} = \frac{\partial(0,006945 \cdot t^2)}{\partial t}$$

1º Derivada - velocidade = 0,01389.t (m/s)

2º Derivada - aceleração = 0,01389 (m/s²)

3º) Temporizou 8 segundos para completar um circuito de 3 metros em uma subida com 45 graus de inclinação.

$$v = \frac{\Delta \text{distância}}{\Delta \text{tempo}} \quad v = \frac{3-0}{8-0} \quad v = 0,375 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{\Delta \text{velocidade}}{\Delta \text{tempo}} \quad a = \frac{0,375-0}{8-0} \quad a = 0,046875 \text{ m/s}^2$$

$$S = 0 \cdot t + \frac{0,046875 \cdot t^2}{2} \quad S = 0,0234375 \cdot t^2$$

Reafirmando as contas a partir da derivada das equações do espaço em função do tempo:

$$S = 0,0234375 \cdot t^2 \quad \frac{d(S)}{dt} = \frac{d(0,0234375 \cdot t^2)}{dt}$$

1º Derivada - velocidade = $0,046875 \cdot t$ (m/s)

2º Derivada - aceleração = $0,046875$ (m/s²)

4º) Temporizou 3 segundos para completar um circuito de 3 metros em uma descida com 45 graus de inclinação.

$$v = \frac{\Delta \text{distância}}{\Delta \text{tempo}} \quad v = \frac{3-0}{3-0} \quad v = 1 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{\Delta \text{velocidade}}{\Delta \text{tempo}} \quad a = \frac{1-0}{3-0} \quad a = 0,34 \text{ m/s}^2$$

$$S = 0 \cdot t + \frac{0,34 \cdot t^2}{2} \quad S = 0,17 \cdot t^2$$

Reafirmando as contas a partir da derivada das equações do espaço em função do tempo:

$$S = 0,17 \cdot t^2 \quad \frac{d(S)}{dt} = \frac{d(0,17 \cdot t^2)}{dt}$$

1º Derivada - velocidade = $0,34 \cdot t$ (m/s)

2º Derivada - aceleração = $0,34$ (m/s²)

APÊNDICE D - Programação

Foram feitas as seguintes programações no MatLab:

Figura 43 - Programação do Teorema de Tales

```

1  % Para encontrar a relação entre os triângulo diacordo com Tales e Pitágoras..
2  x=input('Entre com o valor dos cateto menores: ');
3  a=sqrt(x^2+x^2)
4  fprintf('O valor da hipotenusa do triângulo menor é: %5.2f\n',a)
5  b=2*a
6  fprintf('O valor da hipotenusa do triângulo maior é: %5.2f\n',b)
7  c=(b*x)/a
8  fprintf('O valore dos catetos do triângulo maior é: %5.2f\n',c)
9

```

Command Window

```

O valor da hipotenusa do triângulo maior é: 524.96

c =

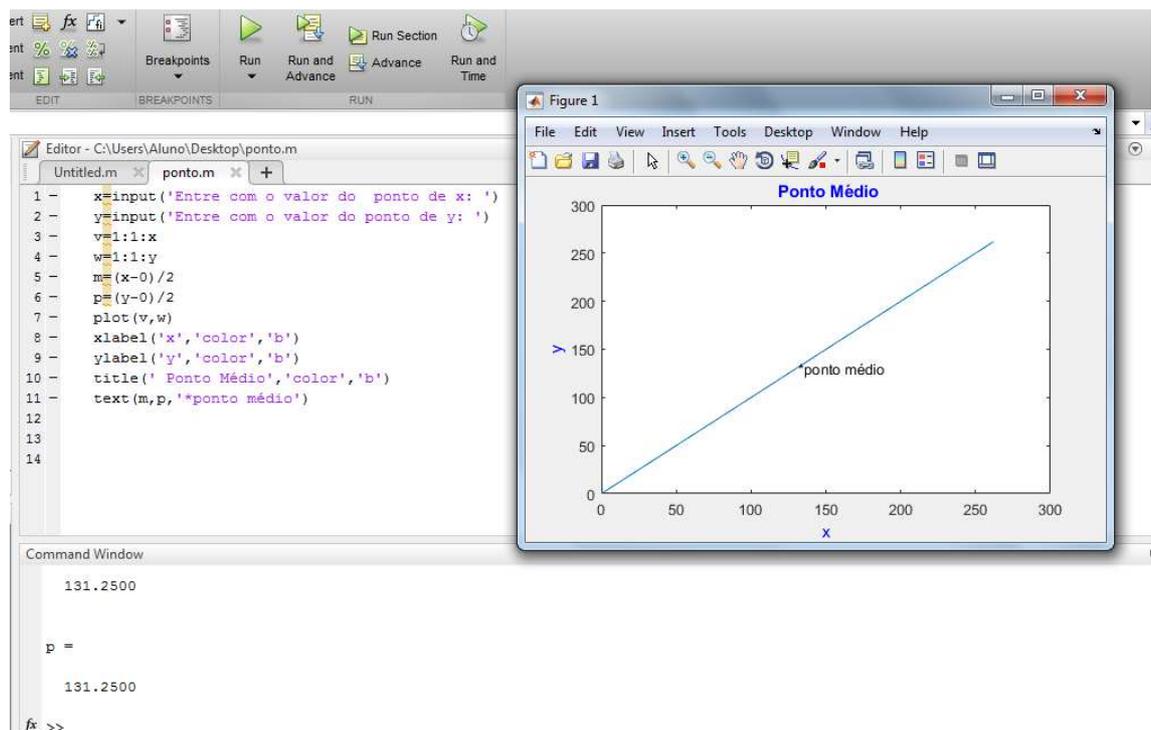
    371.2000

Os valores dos catetos do triângulo maior é: 371.20
fx >>

```

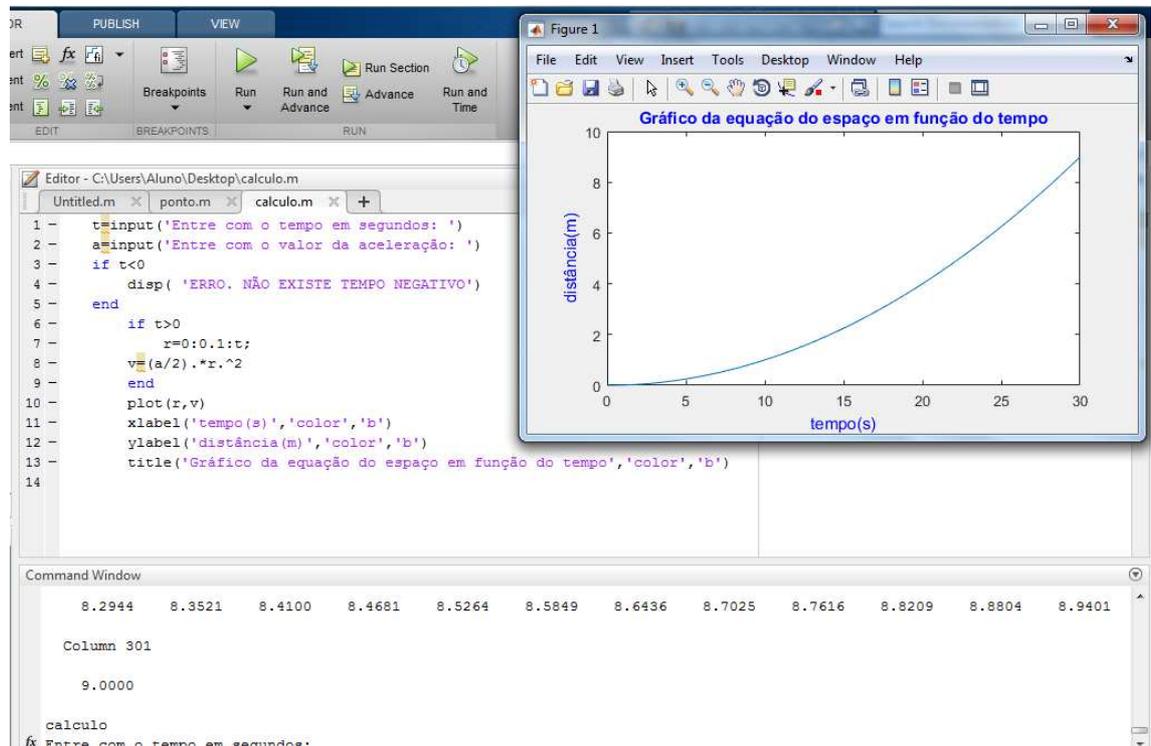
Fonte: Os próprios autores (2018).

Figura 44 - Programação de um ponto médio qualquer



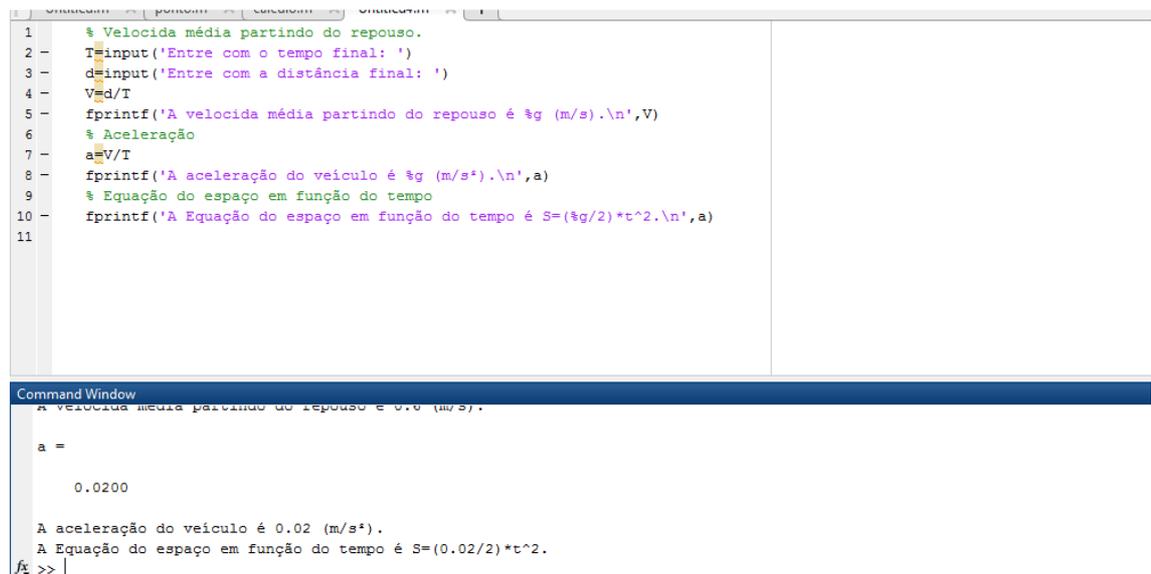
Fonte: Os próprios autores (2018).

Figura 45 - Gráfico da equação do espaço em função do tempo



Fonte: Os próprios autores (2018).

Figura 46 - Programação da equação do espaço em função do tempo



Fonte: Os próprios autores (2018).

APÊNDICE E - Potência e torque

Segundo dados da fabricante dos motores DC 3-6v, alimentando com uma fonte de 6 volts o motor tem uma rotação de 9600 rpm, porém com a caixa de redução 1:48 sua rotação cai para 200 rpm, entregando 0,80 Kgf/cm de torque. Assim, convertendo Kgf/cm para kgf/m e segundo a Endmemo 1kgf/m é igual a 100 kgf/cm, obtém-se,

$$\frac{1 \text{ Kgf/m}}{x \text{ Kgf/m}} = \frac{100 \text{ Kgf/cm}}{0,80 \text{ Kgf/cm}}$$

$$0,80 = 100 \cdot x$$

$$x = 0,008 \text{ Kgf/m}$$

com o valor do torque em Kgf/m, pode-se substituir na regra de três, que segundo a ConvertLive, $1 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} = 9,8 \text{ N.m}$, então,

$$\frac{1 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}}{0,008 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}} = \frac{9,8 \text{ N.m}}{x}$$

$$1 \cdot x = 0,0784$$

$$x = 0,0784 \text{ N.m}$$

tendo o valor do torque em N.m, pode-se imprimir os valores na formula de potência,

$$P (\text{kW}) = \frac{\text{Torque (N.m)} \times 2\pi \times \text{Velocidade angular (rpm)}}{60.000}, \text{ logo,}$$

$$P = \frac{0,0784 \cdot 2\pi \cdot 200}{60.000}$$

$$P = \frac{38,520}{60.000}$$

$$P = 0,0016 \text{ kW}$$

com estamos trabalhando com potência de um motor, deve-se converter a potência de kW para cv, onde segundo a Revista Auto Esporte, $1 \text{ cv} = 0,7356 \text{ kW}$, assim,

$$\frac{1 \text{ cv}}{x} = \frac{0,7356 \text{ kW}}{0,0016 \text{ kW}}$$

$$0,7356 \cdot x = 0,0016$$

$$x = 0,0022 \text{ cv}$$

dessa maneira, o veículo apresenta 6 motores, a potência total é o resultado da multiplicação a seguir,

$$6 \cdot 0,0022 \text{ cv} = 0,0132 \text{ cv}$$

já que o veículo tem o peso total de 1,420 quilos, então sua relação peso/potência é de 107,57575 kg/cv.

Segundo dados do fabricante das rodas temos:

- Diâmetro da roda com pneu - 68 mm

$$\text{Circunferência da roda - } C = \pi \cdot d \quad C = \pi \cdot 68$$

$$C = 2313,6283 \text{ mm} \text{ ou } 0,2136283 \text{ m}$$

- Rotação do motor por minuto sobre efeito da caixa de redução - 200 rpm

$$d = C \times rpm \quad d = 0,2136283 \cdot 200 \quad d = 42,72566 \text{ m}$$

- Temporizou 60 segundos para completar um circuito de 42,72566 metros.

$$V_{\text{média}} = \frac{\Delta \text{distância}}{\Delta \text{tempo}} \quad V_{\text{média}} = \frac{42,72566 - 0}{60 - 0} \quad V_{\text{média}} = 0,712 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{\Delta \text{velocidade}}{\Delta \text{tempo}} \quad a = \frac{0,712 - 0}{60 - 0} \quad a = 0,011867 \text{ m/s}^2$$

Com isso, pode-se afirmar que o peso do veículo alterou a sua velocidade, ou seja, a velocidade dos motores sem a influencia do pesos do componentes chegou a 0,712 m/s e a velocidade do robô com o peso de todos os componentes obteve 0,55 m/s.