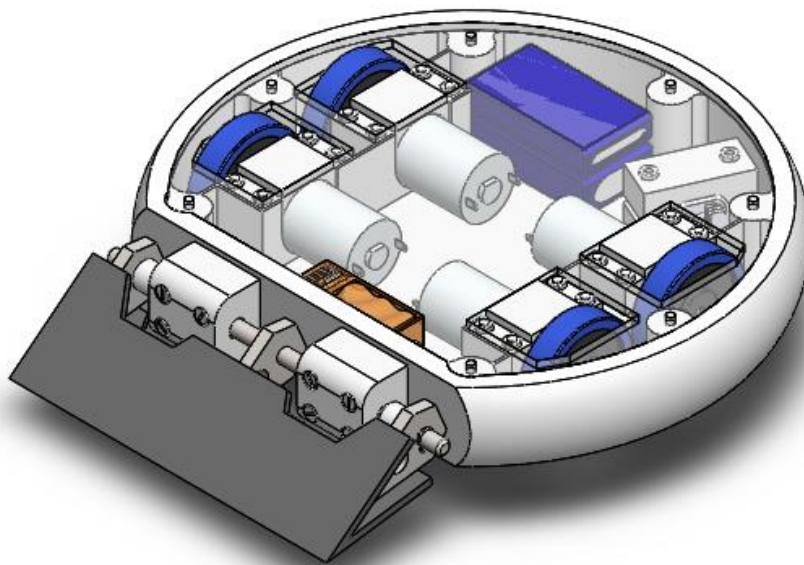
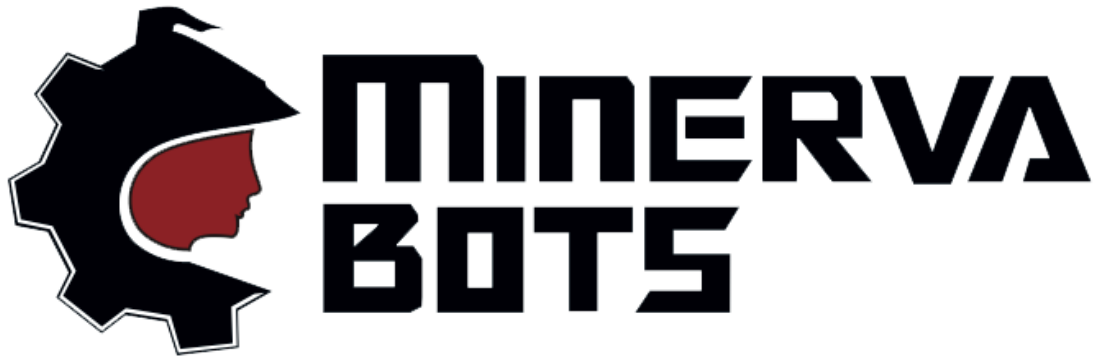


# Build Report – Bixcoito



# Sumário

1	A equipe .....	3
2	Agradecimentos .....	4
3	Introdução .....	6
4	Estrutura .....	7
	a. Fabricação do chassi .....	8
	b. Tampa .....	10
	c. Suporte do eixo da rampa .....	12
	d. Fixação dos motores .....	15
5	Materiais .....	18
6	Rampa .....	21
	a. Processo de fabricação .....	23
	b. Forks .....	24
7	Motores e rodas .....	26
8	Baterias .....	29
9	Controlador .....	30
10	Orçamento do projeto .....	33
11	Outras imagens .....	35
12	Considerações finais.....	40
13	Referências bibliográficas .....	41

# 1. A equipe

A equipe UFRJ MinervaBots foi criada em março de 2012 a partir da iniciativa de um grupo de 6 alunos da Engenharia Eletrônica e de Computação membros do Ramo Estudantil IEEE UFRJ. Hoje, somos 32 alunos distribuídos em seis ramos da engenharia e Física. Criamos robôs de competição de diversas categorias e anualmente participamos da Winter Challenge, a maior competição de robótica da América Latina.

Já na edição de 2013 conquistamos nosso primeiro troféu e, na de 2014, recebemos o convite para participar, em dezembro do mesmo ano, da maior competição de sumo robótico do mundo, realizada em Tóquio, a International Japan Robot Sumo Tournament.

A MinervaBots tem como missão principal promover projetos na área de robótica e automação que alinhem o aprendizado teórico dos alunos da UFRJ com a prática necessária também para a formação de um profissional.



## 2. Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a cada um dos integrantes da equipe MinervaBots. Esse projeto só se tornou uma realidade graças ao empenho e dedicação de cada uma dessas pessoas que, com toda certeza, sempre trabalharam e continuam trabalhando para construir uma equipe cada vez melhor.

Nome	Curso	Função
Adriano Fonseca	Engenharia Eletrônica	Eletrônico
Amanda Marques	Engenharia Elétrica	Eletrônico – Líder de projeto
Bianca Modesto	Engenharia Eletrônica	Eletrônico
Braian Igreja	Engenharia de Controle e Automação	Mecânico
Bruno Calou	Engenharia de Computação e Informação	Eletrônico
Bruno Fraga	Engenharia Eletrônica	Eletrônico – Líder de projeto
Caio Rodrigues	Engenharia Mecânica	Mecânico
Camyla Romão	Engenharia Eletrônica	Eletrônico
Cléo Lima	Física	Eletrônico
Daniel Becker	Engenharia Mecânica	Coordenador da Mecânica
Daniel Peclat	Engenharia Eletrônica	Eletrônico
Fred Magalhães	Engenharia de Controle e Automação	Mecânico
Guilherme Monsores	Engenharia de Materiais	Coordenador da Eletrônica

Hegly Lemos	Engenharia Mecânica	Mecânico
Henrique Hafner	Engenharia Mecânica	Mecânico
João Pedro Kappes	Engenharia Eletrônica	Eletrônico
João Raposo	Engenharia Eletrônica	Eletrônico
Lucas Mota	Engenharia de Controle e Automação	Capitão
Luciano Vargas	Engenharia Eletrônica	Eletrônico – Líder de projeto
Luiz Rennó	Engenharia Eletrônica	Eletrônico
Marcos Vieira	Engenharia Mecânica	Mecânico – Líder de projeto
Pedro Nori	Engenharia Eletrônica	Eletrônico
Pedro Santos	Engenharia de Controle e Automação	Mecânico
Philipe Moura	Engenharia de Controle e Automação	Diretor de Marketing
Rafael Furquim	Engenharia Mecânica	Mecânico – Líder de projeto
Rafael Reis	Engenharia Eletrônica	Eletrônico – Líder de projeto
Sandro Silva	Engenharia de Controle e Automação	Eletrônico
Sofia Euthymiou	Engenharia Mecânica	Mecânico
Tamine Verli	Engenharia Eletrônica	Diretora Financeira
Tamiris Crepalde	Engenharia Elétrica	Mecânico – Líder de projeto
Victor Filgueiras	Engenharia Mecânica	Mecânico
Victor Pimenta	Engenharia Mecânica	Mecânico – Líder de projeto

### 3. Introdução

Esse build report tem o intuito de divulgar e repassar o máximo de conhecimento que foi adquirido na realização desse projeto para outros membros da equipe, outras equipes e pessoas interessadas na construção de um robô de combate. Entendemos que essa transmissão de conhecimento está completamente alinhada com a missão da equipe e tem um papel fundamental de documentação para futuros membros e no desenvolvimento da categoria.

O projeto trata-se do desenvolvimento do robô Bixcoito, um robô de combate da categoria Beetleweight (até 1.3Kg). Tal projeto, apesar de iniciado do zero, é um aprimoramento do primeiro robô de combate da nossa equipe, o Bigode. Através de uma análise dos erros, acertos e possíveis alterações que poderiam provocar melhoras no desempenho do robô, a equipe decidiu desenvolver esse novo projeto.

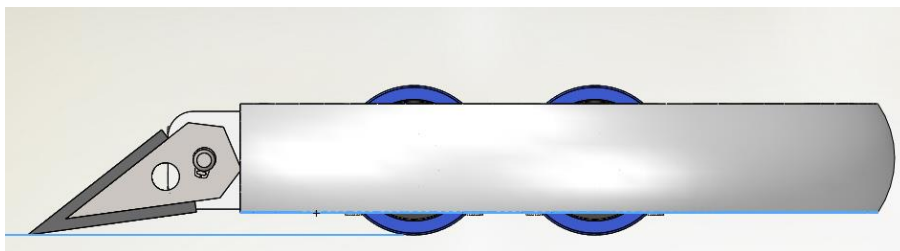
Nosso robô possui uma rampa como arma (arma passiva), algo que apesar de aparentar pouco poder ofensivo se mostra muito eficiente pois consegue levar vantagem contra grande parte de robôs spinners ao, muitas das vezes, utilizar suas próprias armas ativas contra eles mesmos. Outra vantagem da utilização de uma rampa é a possibilidade do robô ser inversível, algo essencial numa categoria como o combate. Tudo isso somado à uma boa velocidade final, bom posicionamento do centro de massa e boa manobrabilidade fazem dele um robô ágil, forte e eficiente no ataque.





## 4. Estrutura

O chassi do nosso robô foi feito a partir de um bloco maciço de UHMW. Mais à frente falaremos a respeito desse material e do motivo dele ter sido escolhido. O design é uma caixa em forma de toróide com a frente achatada para acomodar os suportes da rampa. Optamos por um formato abaulado do corpo com o intuito de: diminuirmos o máximo possível de potenciais quinas ou pontos “frágeis” em suas laterais, termos um chassi mais compacto e dificultarmos a possibilidade do robô tomar uma posição estável de lado encostado na parede da arena. Esse tipo de decisão é muito importante na fabricação de um chassi para um robô de combate, principalmente se ele for de aço ou alumínio. Cantos vivos sempre são áreas mais frágeis e devem ser evitadas. Apesar de esse não ser o caso do Bixcoito, essa decisão também ajudou a diminuir o peso de nosso robô. Além disso, a altura do corpo é menor se comparada ao Bigode (robô processor do Bixcoito), aumentando a distância entre o chão e o fundo do robô. Esta mudança foi feita para melhorar a locomoção, uma vez que o piso da arena é irregular e, por isso, em alguns momentos, o corpo poderia tocar o chão, diminuindo o contato das rodas. Abaixo, temos uma comparação entre uma vista frontal do chassi do nosso Beetle antigo (Bigode) e o chassi do Bixcoito (à direita) e a distância entre o piso e a base do corpo do Bixcoito.



## a. Fabricação do chassi

A fabricação do corpo do Bixcoito foi feita através de uma usinagem em uma fresadora CNC que pertence a um dos nossos parceiros, o laboratório PRO-PME, que nos apoia com usinagens desde de 2014. Apesar de não operarmos diretamente o equipamento, participamos da fixação do bloco na máquina e da preparação dos parâmetros e opções da usinagem através de um software do laboratório. Os procedimentos para a utilização dessa máquina são de grande importância para termos uma usinagem de qualidade e com o mínimo de imperfeições e/ou diferenças quanto ao modelo feito no 3D CAD (SolidWorks). Tais procedimentos são detalhados a seguir.

A fresadora utiliza uma fresa de topo esférica de 6 mm de diâmetro. Usando parâmetros de corte para alumínio, o tempo total de usinagem foi em torno de 40h. A máquina aceita modelos 3D no formato STL. Para que não haja erros durante o processo, são necessárias algumas precauções ao modelar:

- Não pode haver, no modelo, cantos com raio menor que o raio da ferramenta;
- No caso do uso de uma fresa de cabeça esférica, o item acima também vale para cantos horizontais;
- O espaço mínimo para a passagem da ferramenta é 0,1 mm maior que o diâmetro da mesma;
- Deixar pelo menos 2 mm de distância da parte mais baixa a ser usinada ao fundo do bloco, para que a ferramenta não toque no suporte. Outra opção é colocar um calço de madeira macia de sacrifício entre o suporte e a peça a ser usinada;
- Deixar uma área sem usinar em torno dos parafusos de fixação do bloco no suporte.

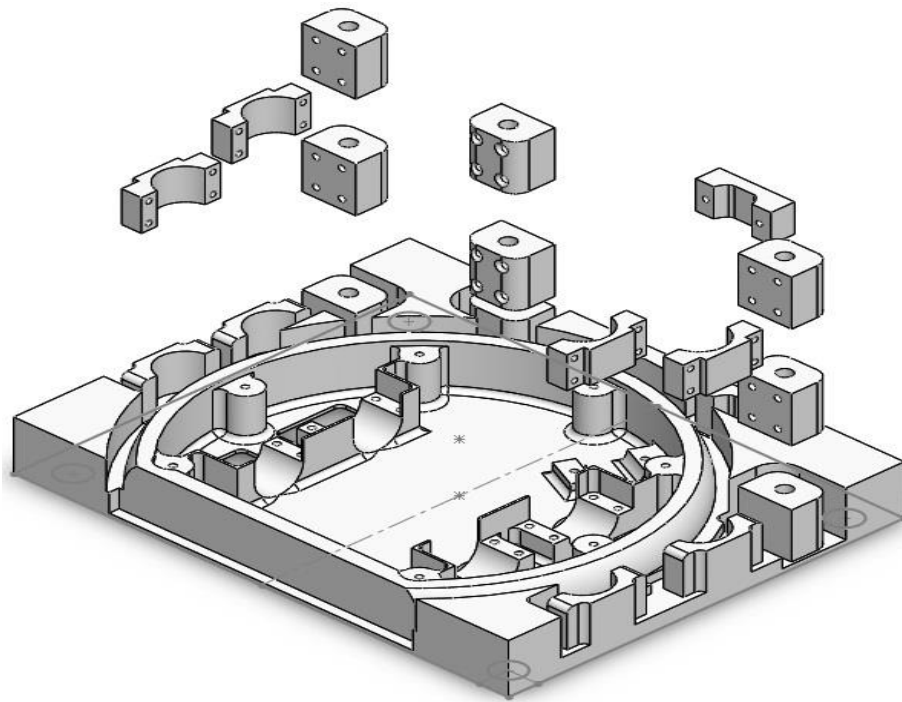
Durante a usinagem do primeiro corpo do Bixcoito a máquina travou duas vezes por acúmulo de material derretido em volta da ferramenta. A solução foi dividir o processo em “camadas horizontais” de 2 mm, de tal forma que a profundidade máxima de corte não ultrapassasse esse valor e, caso o erro ocorresse novamente não seria necessário recomeçar a usinagem desde o início.



Como havia detalhes a serem feitos na parte de baixo, a usinagem foi feita em duas etapas: uma por cima e outra por baixo do bloco. Para que as duas etapas fiquem alinhadas, é necessário alinhar o bloco perfeitamente com a base de apoio que é presa à fresadora. Não conseguimos este alinhamento perfeito e, por isso a usinagem da metade inferior ficou angulada em relação à metade superior. Para resolver este problema decidimos fazer apenas a fresagem de cima, e os detalhes da parte inferior foram feitos à mão com uma micro retífica (Dremel).



**Acúmulo de material na ferramenta**



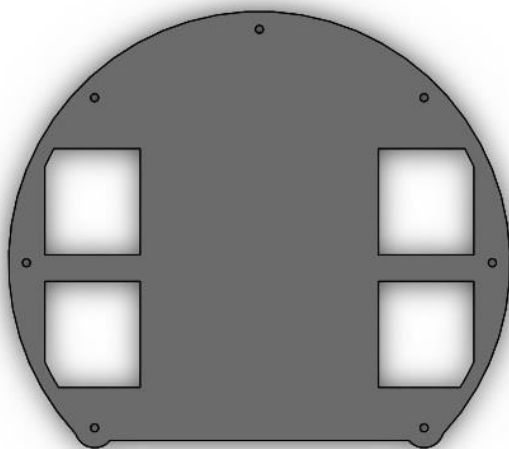
## b. Tampa

A tampa é uma parte da estrutura muito importante. Ela precisa ser ao mesmo tempo segura, no sentido de ser de difícil penetração de ataques que possam danificar a eletrônica do robô, e de fácil montagem e desmontagem, algo que ocorre muito durante a competição. Decidimos fixar a tampa com 7 parafusos distribuídos na circunferência do corpo e utilizar UHMW para fabricá-la. Apesar de termos pensado na possibilidade de usiná-la, assim como o chassi, acabamos por simplesmente cortar no formato que queríamos a partir de uma chapa do polímero. Tarefa que não se mostrou muito complicado devido à pequena espessura da chapa. Para fazer o corte, primeiro imprimimos um desenho em escala real da tampa. Desenho esse, obtido através do próprio SolidWorks. Depois simplesmente colamos esse modelo em cima da chapa e cortamos o entorno com o auxílio da serra elétrica (tico tico).



**Imagem real da tampa utilizada**

A espessura da chapa que tínhamos, apesar de pequena (3,7 mm, o que possibilitou cortarmos) ainda era maior do que o modelo que havíamos projetado que possuía 3 mm. Essa diferença acabava por impedir que a tampa ficasse faceada com o restante do corpo, algo que não é desejável, pois permite com que a tampa saia com mais facilidade e pode impedir que o robô se locomova quando virado. Portanto acabamos tendo que fresar nossa tampa. Como não se tratava de uma peça metálica ou que exigisse uma grande exatidão na espessura (bastava facear com corpo) fizemos isso na furadeira de bancada. Para isso, apenas fixamos o pedaço de UHMW em uma chapa de aço e acoplamos uma fresa no lugar da broca. Depois, utilizando um sistema com um parafuso e porcas para ajustar a altura da ferramenta de tal forma que o zero fosse a superfície da tampa. A partir daí deslocamos o zero e fomos deslizando a chapa de aço



com o pedaço de UHMW em cima pela ferramenta. Com isso conseguimos tirar uma espessura satisfatória da tampa. Para se obter mais precisão nesse processo, basta contar o número de voltas dadas pela porca e multiplicar tal valor pelo curso da rosca. Por exemplo: se o parafuso e porca utilizados forem M5 e nós queremos tirar 1.6 mm de espessura. Primeiro ajustamos o zero sendo a

tangência entre a superfície e a ferramenta, e depois subimos 2 voltas com a porca (uma porca M5 tem um passo de 0.8 mm, logo para tirarmos 1.6 mm teremos 2 vezes 0.8mm). É claro que o ideal para tal tipo de procedimento é a utilização de uma fresadora, porém em casos, como já dito, onde a precisão não é tão grande, podemos utilizar esse método.



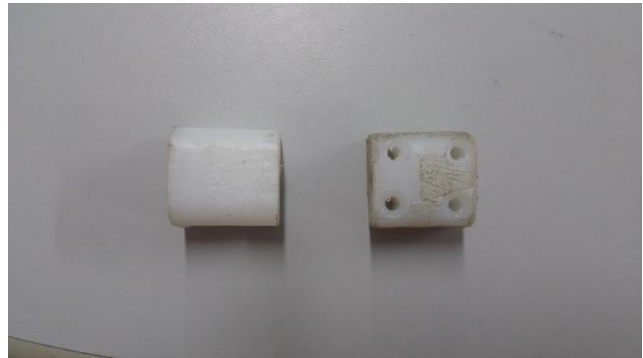
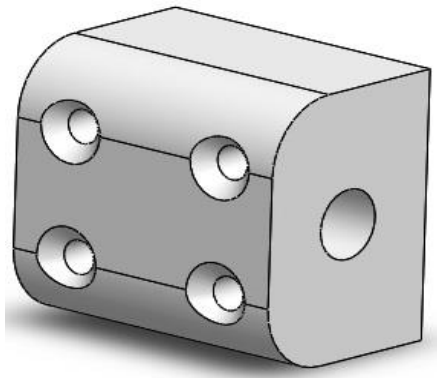
**Sistema de porcas e parafusos**

### c. Suporte do eixo da rampa

Mais um dos componentes que optamos por fazer de UHMW, diferente do nosso Beetle anterior, que possuía os suportes de alumínio. Além de termos economizado peso com essa mudança, observamos que esse material respondeu muito bem à ataques e esforços na região.

O suporte da rampa do eixo (peça mostrada do desenho logo abaixo) é um local crítico da estrutura do nosso robô. Além de ser a primeira barreira depois da rampa para ataques frontais dos adversários, ela sustenta o eixo da nossa rampa. Por esse motivo, é um item que exige peças sobressalentes. Algumas características são essenciais para evitar ao máximo problemas nesse suporte: ele não deve se deformar de modo a prender o eixo ou entortá-lo,

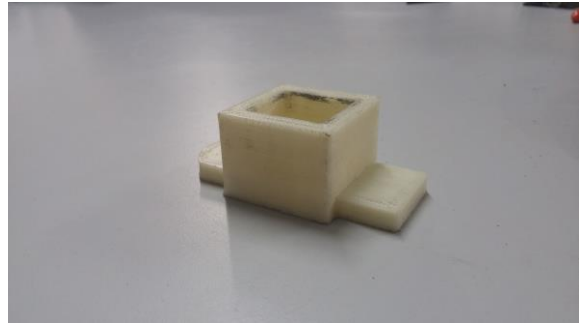
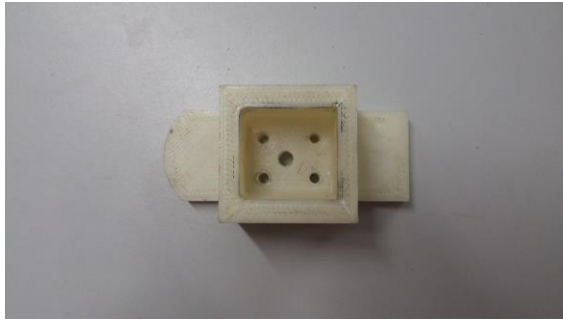
não deve ser penetrável o bastante de forma que possibilite que um spinner, por exemplo, atinja o eixo da rampa e ele deve ser bem posicionado e furado de forma a manter o eixo paralelo ao plano do chão e à uma altura que possibilite o melhor ângulo de ataque para a rampa.



**Modelo do suporte e imagem com o suporte feito (não furado e depois de furado)**

De todas essas características, uma das mais delicadas é a furação e o encaixe dessa peça no chassi de forma alinhada. Apesar de ter sido feita no mesmo bloco do restante do corpo, ela não é furada durante a usinagem, bem como a parte frontal do chassi onde ela será aparafusada. Além disso, como visto do desenho, o suporte possui uma superfície arredondada, o que dificulta ainda mais a furação. A solução que encontramos para conseguir alinhar os furos do chassi com os do suporte e fazer com que todo esse conjunto estivesse o mais paralelo possível ao chão foi a fabricação de um gabarito em impressora 3D. Nesse gabarito, os suportes seriam encaixados, posicionados na parte frontal do chassi (onde fica o eixo da rampa), fixados com o auxílio de um ou dois sargentos e ambas as partes seriam furadas. É recomendável a utilização da furadeira de bancada para operações como essa que exigem uma precisão razoável. Também é importante que se use uma broca ligeiramente maior do que o parafuso que será utilizado.

Nesse caso, os furos eram M3, portanto, recomendamos utilizar uma broca de no mínimo 3.5 mm.



**Imagens do gabarito utilizado na furação dos suportes**



**Gabarito com o suporte pronto para ser furado**





**Vista frontal com os suportes furados e fixados**

Podemos observar que mesmo com todos os cuidados, ainda tivemos alguns furos nos suportes que não ficaram alinhados. Ainda assim, o eixo ficou bem posicionado o que não acarretou em grandes problemas.

## d. Fixação dos motores

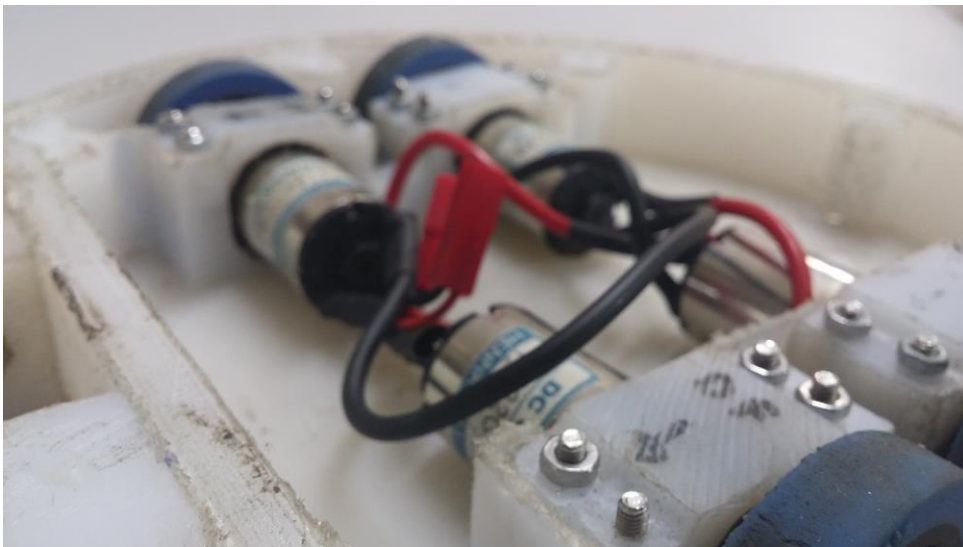
Fixar os motores no chassi é uma etapa muito importante do projeto. Nosso robô anterior teve problemas nessa área, tanto por conta do motor que usávamos quanto pelo berço em que ele estava.

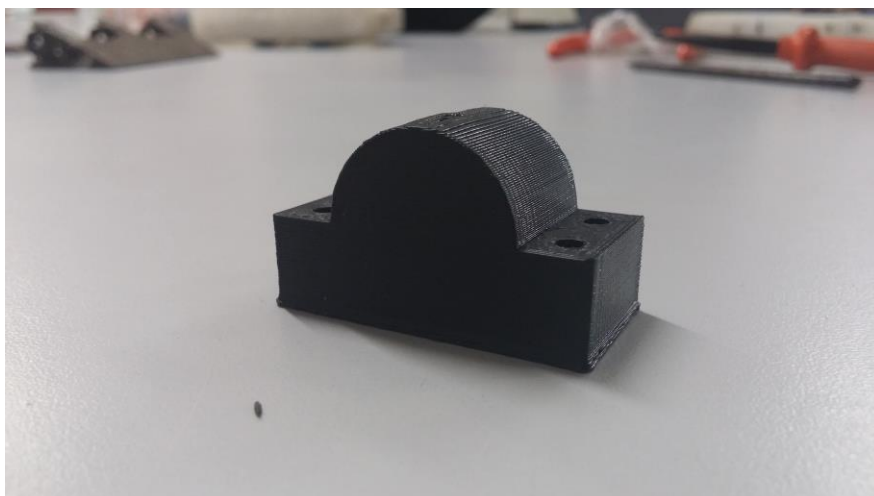
Diversos problemas de locomoção podem ser ocasionados por uma fixação problemática dos motores. Os principais problemas são: o desalinhamento das rodas,



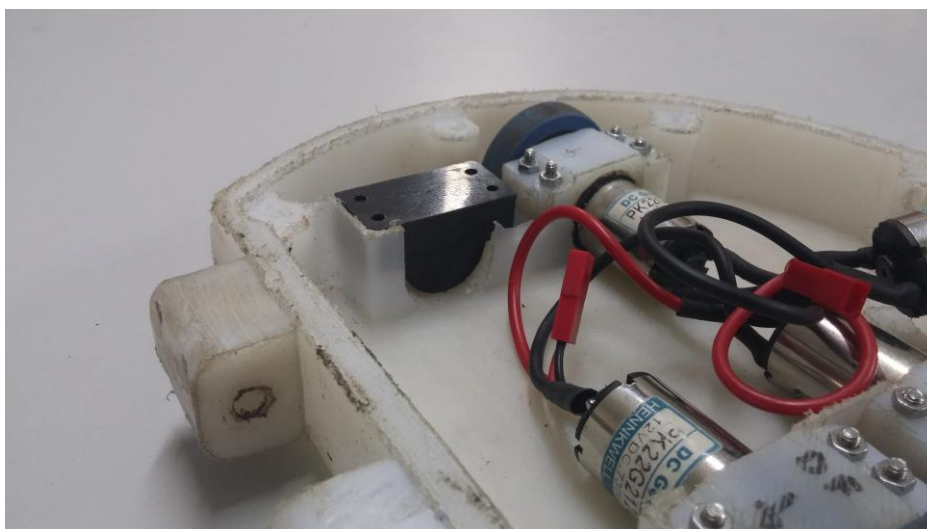
uma pressão na redução que ocasiona um aumento da corrente no motor e possível queima e uma flexão do motor que também pode atingir a redução. Para esse projeto, desenvolvemos uma espécie de berço bem simples que conseguiu evitar esses e outros possíveis problemas nos motores. Vale ressaltar que o aperto desses berços pede uma atenção especial. Forçar muito os parafusos e porcas do berço pode pressionar a redução, ao mesmo tempo que, fixá-los com muito pouco aperto pode permitir que o conjunto motor-redução deslize dentro do berço.

Como é possível observar pelas imagens, esses berços também precisam ser furados. Tivemos alguns problemas novamente no alinhamento dos furos e, assim como no caso dos furos do suporte do eixo da rampa, desenvolvemos um gabarito em impressora 3D. Essa peça consiste em um encaixe para a parte móvel do berço e ao mesmo tempo para a parte fixa que está no chassi. Apesar disso, só a utilizamos para fazer os furos na parte do berço que é fixa no chassi. Para isso, apenas encaixamos o gabarito no berço, fixamos com o sargento e furamos (também na furadeira de bancada) seguindo o furo que já existe no gabarito. Em seguida, furamos a parte móvel do berço usando o furo já feito como guia. Obtivemos um alinhamento satisfatório nessa montagem.





**Gabarito usado para a furação dos berços**



**Gabarito acoplado na parte fixa dos berços**

## 5. Materiais

Falaremos agora a respeito dos materiais utilizados e motivo pelo qual optamos por eles. Nosso robô utilizou 5 materiais diferentes. O UHMW, o aço 5160 (aço mola), o aço 1020, o aço 1045 e bronze.

### a. UHMW

O UHMW (Ultra High Molecular Weight Polymer) é um polímero muito utilizado atualmente em robôs de combate de categorias menores como a Beetleweight. Tudo por se tratar de um material de baixa densidade ( $0.93 \text{ g/cm}^3$ ) e boa resistência a impactos. Nosso chassi possui aproximadamente 8 mm de espessura e no entanto, após toda a competição nem a maior penetração em seu corpo chegou perto de pôr em risco sua estrutura. Até mesmo espessuras bem pequenas desse material são capazes de aguentar impactos (tratando-se da categoria Beetleweight). Um exemplo disso é a espessura da base do corpo do Bixcoito. Optamos por um piso de apenas 3 mm de espessura. Apesar de pequena, essa medida foi mais do que suficiente. Além disso, o UHMW é um material de fácil usinagem e não fratura. No Rio de Janeiro, o material pode ser comprado na Incomplast, em Inhaúma. É vendido em forma de blocos cortados na hora ou retalhos (mais barato), com preço em torno de R\$ 90,00 a unidade.

Por se tratar de um polímero é um material que facilmente entra em fusão e derrete quando exposto a temperatura alta ou mesmo quando lixado com uma lixa Dremel, por exemplo. Uma desvantagem que esse material possui é o fato de não possibilitar a abertura de rosca, obrigando todos parafusos serem fixados com o uso de porcas. Outro cuidado a ser tomado é quanto à abertura de rebaixos para cabeça de parafusos ou porcas. Numa categoria como o combate, qualquer parafuso exposto é um risco bem grande em perdê-lo. Portanto parafusos que acoplam partes importantes e que, de maneira alguma, podem se soltar (praticamente todas as partes de um robô) devem estar faceados com a superfície em que se encontram. Para isso, abrimos rebaixos nos furos de forma a encaixar a cabeça do parafuso nesses rebaixos. Em

metais em geral, utilizamos a própria furadeira com uma broca maior ou um escareador para abrir esses rebaixos, porém não recomendamos esse método para o UHMW, pois ele tem a capacidade de “puxar” a broca e acabar fazendo um furo ao invés de apenas um rebaixo. Portanto, a melhor maneira de fazer isso é manualmente com uma broca.



**Rebaixo feito no UHMW**



**Bloco maciço de UHMW**

Mais algumas informações sobre o UHMW

Tensão de escoamento a tração	17 MPa
Tensão de ruptura a tração	40 Mpa
Modulo de elasticidade a tração	650 Mpa
Modulo de elasticidade à flexão	800 MPa
Dureza	64 Shore D
Resistência à impacto (CHARPY)	100 KJ/m <sup>2</sup>
Coeficiente de fricção (estático)	0,10
Coeficiente de fricção (dinâmico)	0,09

## b. Aço 5160 (aço mola)

Os aços para molas devem apresentar alto limite de elasticidade, grande resistência e alto limite de fadiga. De fato, as condições de serviço das molas são, muitas vezes, extremamente severas, quer pelas cargas e tipos de esforços que irão suportar, quer devido às temperaturas, meios corrosivos, vibração, etc, a que podem estar sujeitas. Dessa forma decidimos por escolher o aço 5160 para a fabricação do fio da nossa rampa. De fato, esse material é superestimado para a nossa necessidade, porém as melhoras de eficiência de armas, spinners principalmente, nos fez optar, assim como havíamos feito no antigo Beetle, por esse tipo de aço.

A usinagem do aço 5160 pode se tornar um pouco mais trabalhosa dependendo do que for feito. Ele é um aço que já vem com um tratamento térmico, portanto é preciso ter consciência de que ao trabalharmos com esse tipo de material, provavelmente algumas de suas propriedades serão alteradas. Mais à frente falaremos sobre nossa rampa e de como o uso desse material foi importante. Abaixo, algumas informações sobre ele.



Limite de escoamento	275.8 MPa
Limite de resistência a tração	722.6 Mpa
Módulo de Elasticidade	190 – 210 GPa

### c. Aço 1020

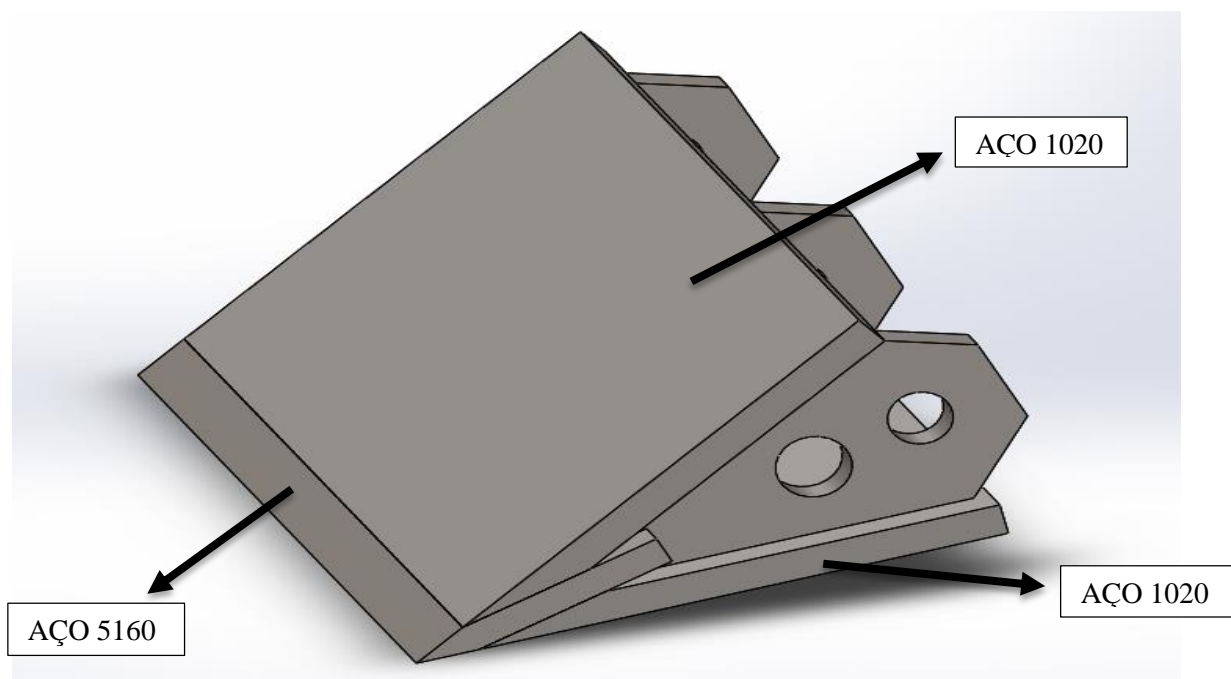
É um dos tipos de aço mais comuns que existe. A utilização desse aço na fabricação da nossa rampa se deu por problemas que tivemos em fabricar uma feita totalmente de aço 5160. Após a competição pudemos perceber que as regiões com o aço 1020 realmente sofreram mais deformações, entretanto elas não foram suficientes para incapacitar ou prejudicar o desempenho do nosso robô. Foi possível notar, portanto, que apesar de não possuir uma resistência muito grande à impactos, se comparado a outros materiais, o aço 1020 pode ser uma boa alternativa.

### d. Aço 1045

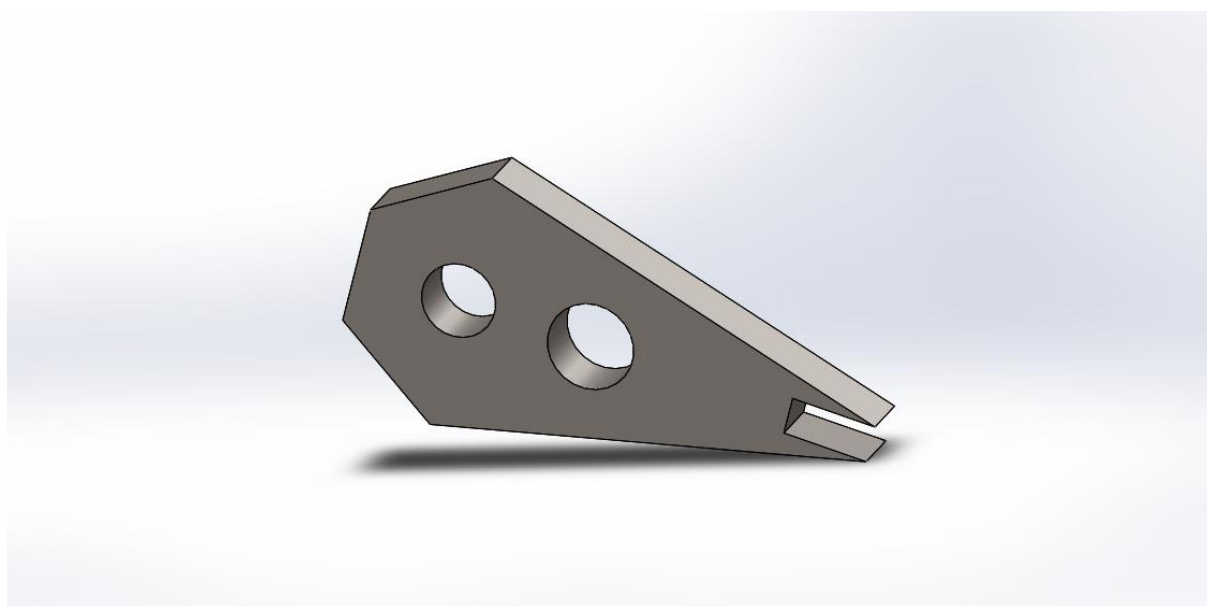
Outro aço muito comum que foi utilizado para a fabricação do eixo da nossa rampa. Esse eixo consistia em uma barra de 6mm de diâmetro que, para evitar que saísse e desmontasse a rampa, possuía um pequeno rasgo feito no mini torno para o acoplamento do anel elástico de um lado e um ponto de solda na outra extremidade.

## 6. Rampa

A rampa do Bixoito é composta por dois tipos de aços diferentes. Duas chapas de aço 1020 soldadas em uma chapa de aço 5160, que seria o fio da rampa. Essa escolha foi, na verdade, uma solução encontrada por nós pela dificuldade que tivemos no início do projeto de encontrar fornecedores de chapas de 5160 da espessura que precisávamos. Além disso existem 3 forks - suporte que são soldados nas chapas e são eles que vão acoplados no eixo.



**Modelo da rampa onde é possível observar as 3 chapas soldadas**



**Fork-suporte**

## a. Processo de fabricação

Primeiro cortamos os pedaços separados com um esmerilhadeira. Os forks-suporte também foram cortados e furados bem como o eixo a ser utilizado. Feito isso, posicionamos os 3 forks-suporte em uma das chapas para eles ficarem alinhados e colocamos o eixo neles. O primeiro passo que se deve fazer é soldar o suficiente para que todas as peças fiquem nas suas posições, após isso aplica-se uma solda mais profunda, garantido que a rampa não se desmonte na luta. Utilizamos uma solda de eletrodo revestido com eletrodos de serralheiro. Depois de fixados soldamos o pequeno fork do meio, para que pudéssemos rotacionar o eixo caso ele tivesse se movido na hora da solda. Depois, soldamos os outros forks-suporte. Feito isso, posicionamos e soldamos o fio da rampa e depois a outra chapa, finalizando a fixação de todos os componentes. Os objetos soldados não foram totalmente fixados, por esse motivo, é essencial que mais alguém assista a solda de outro ponto de vista, para caso algum componente saia do lugar e quem está soldando não perceba.

Feito a fixação, devemos soldar continuamente com o intuito de fortalecer os pontos de solda. Deve-se tomar cuidado, porém, com o tempo de solda e a exposição do material à alta temperatura, já que, como dito anteriormente, isso altera as propriedades do material.

É comum as peças se moverem durante a solda, por esse motivo após esse processo, havia um espaço relativamente grande entre as chapas e o fio, para cobrir esse local, martelamos de forma que a ponta da chapa cobrisse o espaço. Feito isso, esmerilhamos essa área.

Infelizmente, devido ao uso do fio junto com as duas chapas, ou seja, três chapas diferentes, a rampa ficou bem pesada. Dessa forma, tivemos que aumentar o corte das chapas, reduzindo a proteção dos suportes do eixo. Esse aumento foi feito através de uma esmerilhadeira, porém devido ao tamanho do disco, não foi possível aplicar totalmente o corte em algumas regiões e era preciso ter um cuidado com a solda que já havia sido feita. Para resolver isso, aplicamos vários cortes verticais na área que queríamos cortar, criando assim pedaços menores da chapa, depois martelamos cada pedaço.

O ângulo de ataque da nossa rampa é de 15 graus. Esse valor foi estabelecido depois de uma pesquisa por valores utilizados, principalmente em categorias como o sumô, onde o ato de “rampar” é ainda mais decisivo. Para que o fio fizesse esse ângulo, posicionamos a mesa da furadeira de forma que ela fizesse 15 graus, e passamos horizontalmente a esmeriladeira na extremidade da chapa. Utilizamos o mesmo procedimento para afiar a rampa durante a competição.



**Rampa**

## **b. Forks**

Forks são um outro tipo de arma passiva, porém, eficientes contra rampas. Os nossos forks são feitos de aço 5160 e foram cortados a partir de um modelo impresso e colado em cima das chapas de aço. Depois eles foram cortados com a esmerilhadeira. Esses forks são diferentes dos forks – suportes falado anteriormente, pois são maiores e tem o único propósito de serem utilizados em combates contra outros robôs do tipo rampa. Os furos feitos neles têm o intuito de diminuir o peso.

Algo essencial para uma boa efetividade desse tipo de arma é que ela esteja afiada, ou seja, que as pontas dos forks fiquem rentes ao chão. Para isso não é recomendável a utilização da esmerilhadeira, pois ela pode “queimar” as pontas dos forks e torná-las mais frágeis. O

recomendado é que se use uma lima para afiá-los. Uma técnica que pode ser usada é colocar o fork em uma superfície reta, observá-los contra a luz e limá-los até não se observar mais a passagem de luz.



**Forks feitos. É aconselhável ter um número considerável de forks pois eles podem quebrar ou trincar durante lutas**



**Robô montado com forks**

## 7. Motores e rodas

O sistema de locomoção do Bixcoito é composto por 4 motores Hannkwell modelo PK22G2150-016BB com redução 16:1 e rodas BaneBots de 1 5/8" x 0.4" de 50 Shore A.

Com relação aos motores, tivemos uma boa impressão deles. Se mostraram muito eficientes e apesar de possuírem uma RPM menor se comparado aos motores KitiBots (usados no Bigode antigo), mostraram ter uma qualidade muito superior e um torque maior também. Tivemos problemas apenas com um deles, causado pela queima do nosso controlador durante a competição.

A ideia inicial do projeto era que utilizássemos o motor Beetle B16 (<http://www.robotmarketplace.com/products/0-B16.html>) porém, o mesmo está fora de estoque há bastante tempo. Abaixo mais informações sobre os motores Hannkwell. Na tabela temos as informações dadas no datasheet (12V) e os valores que obtivemos no laboratório com 12V e com 16V (overvoltage que seria aplicado):

	Datasheet	12V	16V
Corrente no-load	0.24 A	0.25 A	0.3 A
Corrente em stall	9.7 A	1.75 A	3 A
Corrente com carga	1.1 A	-	-
Velocidade com carga	780 +- 78 RPM	-	-
Torque mínimo em stall	2.5 kgf.cm	-	-





**Foto do motor Hannkwel**

O projeto também contava com um quinto motor além dos utilizados para locomoção. Um dos problemas comum a diversos robôs durante combate é o risco que possuem de ficarem apoiados na parede da arena e, dessa forma, imóveis. Uma alternativa muito utilizada para evitar esse problema é a utilização de parafusos no chassi. Porém, percebemos que essa solução nem sempre é eficiente. Portanto, decidimos instalar um motor de vibração ao circuito. Trata-se de um simples motor utilizado em controles de videogames e se mostrou muito eficiente em testes. Esse motor puxa uma corrente de aproximadamente 0.3 A trabalhando em 9 V.



**Motor de vibração semelhante ao de controles de videogame**

Com relação às rodas utilizadas, optamos pelas de 50 Shore A por se desgastarem menos que as demais rodas BaneBots. O acoplamento das rodas no eixo do motor é feito através de hubs. Nesse projeto acabamos tendo que fabricar nossos próprios hubs, pois estavam fora do estoque na loja da BaneBots. Acabamos conseguindo fabricar hubs de excelente qualidade e inclusive recomendamos isso como forma de aprendizado em usinagem. Os hubs foram feitos a partir de um tarugo de bronze no mini torno. No início tivemos resultados ruins quanto a usinagem, porém com o tempo fomos adquirindo prática e fabricamos diversos hubs como os da foto abaixo.



**Duas versões de hubs fabricados**

Para a fabricação dessas peças, utilizamos os hubs da própria BaneBots como modelo. Depois de torneada, é preciso fazer furo e abrir rosca em para a utilização de um parafuso (M3 sem cabeça de 5 mm de comprimento) prisioneiro que prende o hub ao eixo. Esse método de fixação do hub no eixo através de um parafuso prisioneiro possui algumas fragilidades. O modo mais apropriado seria a utilização de um chaveta, porém as medidas são muito pequenas. Ainda assim, utilizar esse parafuso é uma alternativa razoável, porém recomendamos também a

utilização de um trava roscas e um cuidado em checar o aperto sempre que desmontar o sistema.

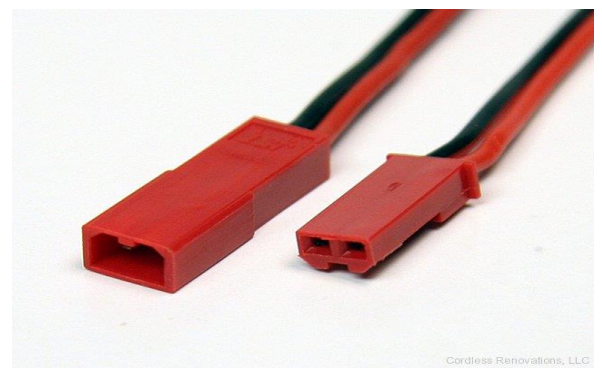
## 8. Baterias

Utilizamos duas baterias, uma de 3s e outra de 2s, pois tínhamos como objetivo atingirmos overvoltage no motor para um melhor desempenho no curto espaço de tempo que são as lutas. Ambas baterias são de 500 mAh / 20 -30 C. A única preocupação que tivemos foi com relação ao espaço que elas iriam ocupar. É importante lembrar que todo o layout do robô deve ser pensado contando com o espaço para a eletrônica e que as baterias, com o passar do tempo e utilização, acabam inchando e ocupando um espaço maior. No mais, as baterias responderam bem a utilização e não tinha grandes quedas de tensão após as lutas.

Tanto as baterias quanto o restante do circuito interno do robô foram ligadas através de conectores do tipo JST RCY. Oficialmente, esses conectores resistem até 3A, porem em testes de bancada eles resistiram até 6A sem deformar nem aquecer. Os fios utilizados foram de bitola de 16 awg, que suportam 1A nominal, mas em testes de bancada suportaram 6A aquecendo pouco, porém sem deformar.



**Baterias utilizadas**



**Conectores do tipo JST RCY**

## 9. Controlador

Inicialmente a intenção era a utilização de um controlador projetado e montado pela própria equipe. Para isso pesquisamos os componentes que tivessem as características necessárias para o bom funcionamento do motor e cujas dimensões fossem compatíveis também com o espaço destinado à eletrônica do robô.

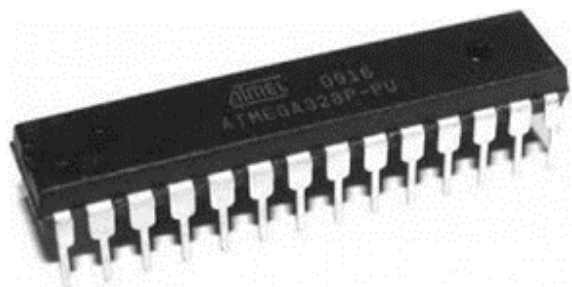
O controlador foi projetado desde o início para controlar tanto os motores de locomoção quanto o motor de vibração que seria usado. Pensando nisso, escolhemos o CI de ponte H dupla, L298, que aguenta 2A por ponte. Para controlar a ponte utilizamos o microcontrolador ATmega328, que é o mesmo utilizado no Arduino UNO, por ser possível a programação no IDE do próprio Arduino.

Depois de fazer o esquemático do controlador utilizando o software de projeto de placas de circuito impresso, Eagle, percebemos que o tamanho estava bem crítico devido às dimensões dos componentes. Tivemos que buscar por outros CI's e microcontroladores com dimensões menores, que tivessem as características necessárias para a aplicação.

Foi feito então uma segunda versão do controlador utilizando o CI de ponte H dupla DRV8402 da Texas Instruments que suporta 24A pico e o microcontrolador ATtiny44 que também pode ser gravado utilizando o Arduino como ISP. As duas alternativas consistiam em um CI de ponte H, microcontrolador e regulador de tensão. O regulador foi necessário para alimentar a parte lógica dos CIs utilizados. Além disso, tínhamos em mente que o controlador deveria operar com 5s, como foi dito anteriormente.



**CI L298 – Ponte H dupla**



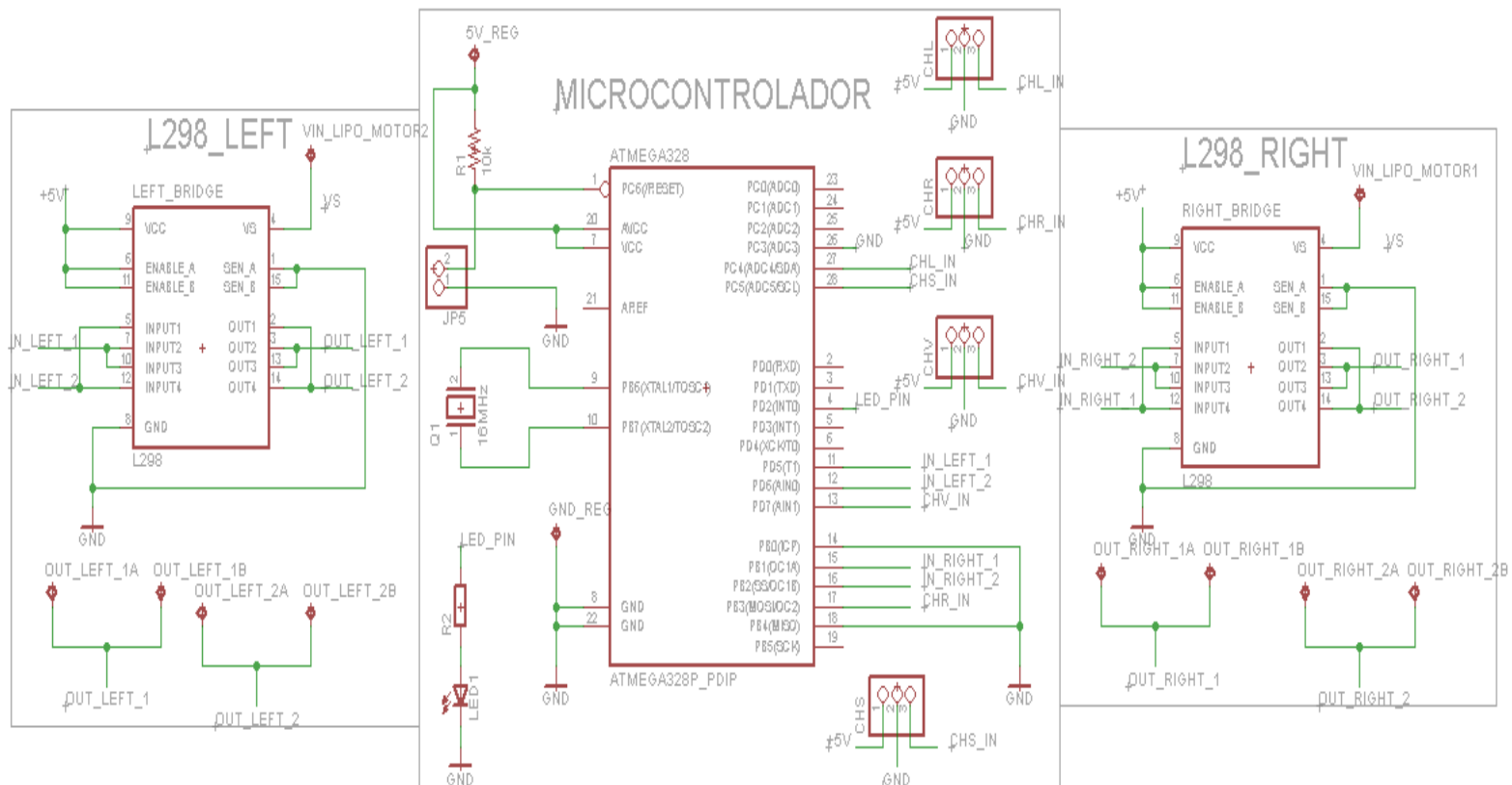
**Microcontrolador Atmega 328**



**CI Drv8402 – Ponte H dupla**

Primeiro foi feito o esquemático da placa utilizando o CI L298 e o ATmega328, entretanto o mesmo ficou com as dimensões inviáveis para o projeto. Depois, com a decisão da utilização dos outros componentes, procuramos condensar o máximo possível a placa. Ao montá-la utilizando novos componentes foram feitos vários testes e encontramos problemas no seu funcionamento. São várias as possíveis causas. Tivemos dificuldades ao soldar o DRV8402 em uma placa artesanal pois ele possui muitos terminais. Além disso tivemos problemas para gravar o ATtiny utilizando a IDE do Arduino.

Diante disso tudo, decidimos por utilizar os CIs anteriores visto que já haviam sido testados e foi comprovada a sua funcionalidade em protoboard. Com o espaço limitado tentamos condensar o máximo possível a placa para que acomodasse no espaço do robô. Abaixo o esquemático do projeto:



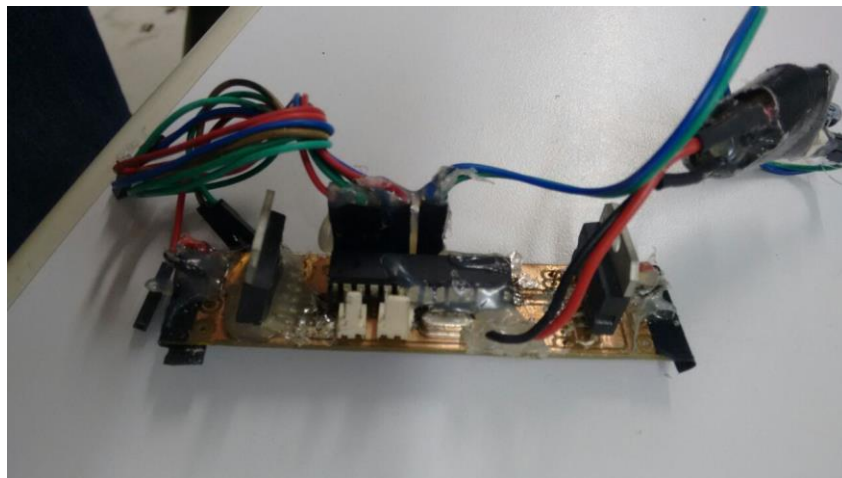
Apesar de todo o trabalho, um dos drivers queimou durante a competição, e comprometeu o nosso controlador. O projeto de um controlador não é uma tarefa simples e exigiu bastante de nossos membros, porém serviu com um aprendizado para o aprimoramento dos próximos que planejamos fazer.

Com a queima do controlador, utilizamos um Sabertooth 2 X 12 R/C que possui tensão de até 24V, corrente de 12A contínuos (25 A de pico), sistema síncrono regenerativo que permite o recarregamento da bateria e método de rádio controle (PPM). Imagem abaixo.



**Controlador Sabertooth 2 x 12 R/C**

Fotos do controlador feito pela equipe:







## 11. Orçamento do projeto

Item	Quantidade	Valor (unidade)
Hennkwell PK22G motor	10	US\$ 25,00
Rodas Banebots Azul 1 5/8" x 0.4" (41 x 10 mm)	12	US\$2,50
Bloco UHMW (250x200x40mm)	1	R\$ 85,00
Bateria LiPo 3S 500mAh	3	US\$ 6,55
Bateria LiPo 2S 500mAh	3	US\$ 4,66
OrangeRx Receiver	2	R\$ 74,00

OrangeRx T-SIX Transmitter	1	US\$ 64,99
Parafusos e porcas M3, 30mm de cabeça escareada e sextavado interno	50	R\$ 0,45
Conectores	20	R\$ 4,00
Controlador Sabertooth 2X12	1	R\$ 299,00

OBS: cotação do dólar como R\$ 3,00

OBS 2: quanto a outros itens, como aço, foram usados retalhos que já possuíamos

**CUSTO TOTAL INCLUINDO IMPOSTOS DE IMPORTAÇÃO E FRETES: R\$ 2.610,92**

## 12. Outras imagens











A primeira versão do Bixcoito participou da Winter Challenge 2015, porém ficou apenas com nono lugar. Já a segunda versão do Bixcoito (foto abaixo) conquistou o terceiro lugar na Summer Challenge 2015 fazendo uma dobradinha no pódio, já que o robô Bigode foi o campeão da categoria nessa edição.





## 12. Considerações finais

Apesar de ter sido um projeto relativamente caro, é possível recorrer a outros componentes equivalentes com um preço mais em conta e de preferência no Brasil, já que grande parte do encarecimento se deve aos impostos. Medidas como: uma pesquisa mais aprofundada na hora de comprar e fazer as compras com antecedência também ajudam a diminuir a chance de se pagar muito caro, porém ainda estamos evoluindo nesse quesito.

No entanto, esse projeto só foi possível pela ajuda de nossos patrocinadores e apoiadores, portanto, cabe aqui nosso agradecimento a cada um: muito obrigado!

Mesmo com todas as dificuldades, temos certeza de que o desenvolvimento desse projeto valeu a pena, todas as horas de trabalho e o empenho de cada pessoa foram recompensados com uma grande experiência e conhecimento adquirido. Essa é uma das nossas motivações em continuar trabalhando.

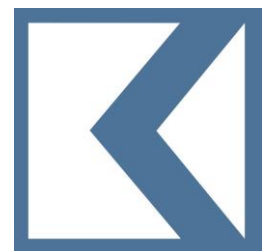


Engenharia e Software



**PRC-PME**

**Starrett®**



## 13. Referências bibliográficas

RioBotz Combat Tutorial: <http://www.riobotz.com.br/portal/index.php/tutoriais/>

[http://www.isolaplast.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=233&Itemid=133](http://www.isolaplast.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=233&Itemid=133)

<http://polistarbrasil.com.br/index.php/uhmw>

[http://www.tenax.com.br/dados/produtos/tabelasprodutos/Construcaomecanica/produtos\\_ParaMolas\\_sae5160.html](http://www.tenax.com.br/dados/produtos/tabelasprodutos/Construcaomecanica/produtos_ParaMolas_sae5160.html)

[http://www.efunda.com/materials/alloys/alloy\\_steels/show\\_alloy.cfm?ID=AISI\\_5160&show\\_prop=all&Page\\_Title=AISI%205160](http://www.efunda.com/materials/alloys/alloy_steels/show_alloy.cfm?ID=AISI_5160&show_prop=all&Page_Title=AISI%205160)

[https://s3.amazonaws.com/prod\\_object\\_assets/assets/27915366091582/PK22G2150-016BB -  
\\_T1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAI7NUHQYARXR2GGCQ&Expires=1437071381&Signature=LdAXQYBrhdPATCYZ3bhLaxLtoK8%3D#](https://s3.amazonaws.com/prod_object_assets/assets/27915366091582/PK22G2150-016BB_-_T1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAI7NUHQYARXR2GGCQ&Expires=1437071381&Signature=LdAXQYBrhdPATCYZ3bhLaxLtoK8%3D#)

<http://www.jst-mfg.com/product/pdf/eng/eRCY.pdf>