

Build Report

TERMINATOR



ODDBOTZ
Just for Fun

Por: Rodrigo Duque Estrada da Silva d'Almeida (Delay)

ÍNDICE

1 - Introdução	02
2 - Escolha de componentes	03
3 - Escolha dos materiais	07
4 - Eletrônica e bateria	10
5 - Projeto da arma giratória	14
6 - Custo do projeto	20
7 - Testes e conclusões	22

Introdução

Primeiramente gostaria de agradecer a equipe RioBotz, a qual fiz parte por quatro anos e aonde aprendi muito não só sobre robôs, mas também sobre trabalho em equipe. Gostaria de agradecer também aos integrantes e ex-integrantes da equipe e de outras equipes que me ajudaram diretamente nesse projeto, assim como os materiais doados que pude utilizar no projeto. Gostaria também de agradecer a toda organização da RoboCore.

A idéia do projeto era desenvolver um robô similar ao Titan da RioBotz, que era conhecido por ser extremamente forte e ao mesmo tempo auto-destrutivo. Queria implementar um sistema de limitador de torque que garantisse que a energia do impacto da lâmina giratória fosse em grande parte dissipada evitando a quebra do eixo ou da própria lâmina. Optei por um sistema por correias em V, o mesmo utilizado nos robôs da família Touro, na Besta e de outros robôs com arma giratória. A categoria escolhida foi a Hobbyweight pelo seu menor custo já que o objetivo era botar o conceito a prova, escolhi começar pela menor categoria do Brasil.

Apesar de saber que robôs desse tipo estão praticamente extintos quis continuar com o projeto como uma realização pessoal, de ver um robô igual ao Titan lutar, e acredito que muitos membros da RioBotz e de outras equipes também gostariam.

Quando criei minha equipe o intuito principal era fazer projetos e colocá-los a prova nas competições, sem se preocupar diretamente com o resultado. Claro que um bom resultado é gratificante, mas o objetivo principal ainda é aprender, e apesar de ser um robô não reversível, eu decidi construir, inclusive esse fato torna tudo mais interessante, pois para a segunda versão estou pensando em fazer um dispositivo que consiga desvira-lo.

Uma das minhas inspirações além do Titan é o robô Brutality, um Heavyweight bem sucedido, que chegou a participar inclusive da BattleBots.



Escolha de componentes

Com o tipo de robô definido é preciso definir a forma do robô, as dimensões e que componentes e materiais usar. Os materiais utilizados serão discutidos no próximo capítulo.

Os componentes escolhidos para o projeto devem ser dimensionados de maneira a não serem forçados além do limite (é sempre bom trabalhar com folga), e não devem ser muito pesados pois existe um limite de peso.

No caso do meu projeto escolhi usar para a locomoção dois Integy 65T em reduções Banebot P60 16:1 a 6S (24V). Esse é o tipo mais comum de locomoção para um Hobby, é bem eficiente e pode em alguns casos ser utilizado em um Featherweight. A roda que escolhi é uma Colson 3" por 7/8" que é também uma das mais comuns para Hobbys, só que no meu caso eu tive que diminuir o diâmetro de 76.2mm para 66mm de modo que o robô não ficasse muito alto, tive que improvisar pois não existe uma roda com 66mm de diâmetro, então eu tive que com a ajuda de um esmeril "gastar" a roda até o diâmetro adequado. O processo consistia em colocar a roda em um conjunto Banebot e ligar em uma bateria o motor, assim o esmeril gira para um lado e a roda para outro deixando-a mais uniforme possível.



Roda modificada Colson

Para controlar a locomoção escolhi usar o speed control Scorpion XL, por ser compacta, já mixada para combate (V-tail mix) e por ter mais conhecimento sobre essa eletrônica. Recomendo que sejam feitas algumas modificações na Scorpion que serão discutidas mais a frente. Existem outras opções como a Sabertooth 2x12A, SyRen 10A e Robo Claw 2x10A Dual. Um Intengy (+ banebot16:1) acelerando em conjunto com outro carregando um robô de 5,5Kg a 6S consome em média 5 a 7A na aceleração e 2 a 2,5A de regime constante, empurrando um adversário picos próximos de 8 a 12A.



O motor escolhido para acionar a arma foi um Brushless outrunner Turnigy de 890Kv. O principal motivo de escolher esse motor é que é um dos mais baixos que eu poderia encontrar dentre os motores com eixo de 8mm que encontrei no mercado, mas ele também possui um baixo Kv e um alto torque (Kt) que é o que realmente interessa nesse caso.



O ESC escolhido para controlar o motor da arma foi o Hobbyking de 90A por 100A de pico, por ser barato, leve e estar super dimensionado.



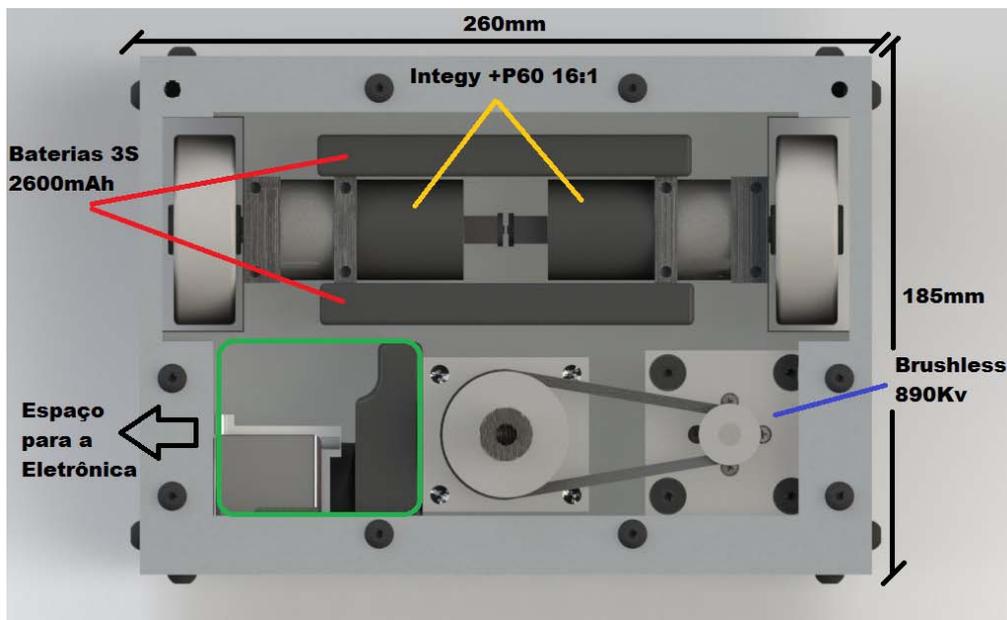
As Baterias escolhidas são duas 3S de 2600mAh 25C, são baterias finas e leves, mais a frente será explicado o tipo de ligação entre elas e o porque.



O rádio escolhido por mim foi um Turnigy 9X de nove canais. Os motivos que me levaram a escolher esse rádio foram; possuir fail-safe em todos os canais, e possuir uma diversidade de tipos de mixagem, o que pode vir a ser útil, além de um bom alcance do sinal.



O primeiro passo do projeto é fazer esboços e desenhos para conseguir definir o espaço para cada componente dentro do robô, essa etapa é fundamental pois sem espaço os componentes escolhidos podem não caber no robô ou poderá não haver espaço para a fiação, portanto é muito importante que as dimensões do seu robô sejam bem definidas para não haver problemas.



Reparem que os motores estão muito próximos, não recomendo que fiquem tão próximos, mas no meu caso não tive escolha por causa do peso. As rodas também não devem ficar muito próximas da parede lateral, pois caso a parede amasse um pouco pode travar a roda, portanto tente dar a maior distância possível no caso de uma parede muito fina.

Escolha dos materiais

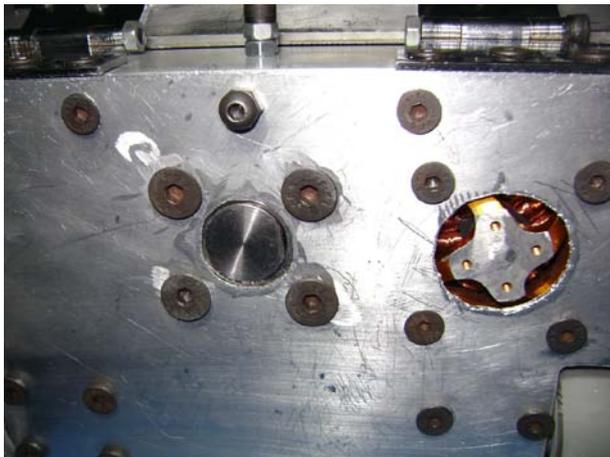
A escolha dos materiais é uma etapa muito importante para o projeto e construção de um robô, e não se limita só a robôs de combate. Existem uma infinidade de materiais e alguns são mais adequados do que outros para certas partes do robô. Se não for feita a escolha adequada do material bem como das dimensões o robô pode ter o chassi empenado, devido a força do impacto causado pelo adversário ou dele próprio. Foi o caso da primeira versão do Terminator, quando testei pela primeira vez ele bateu tão forte em uma peça que seu fundo empenou e a lâmina ficou visivelmente inclinada, a solução foi trocar de alumínio comum por aeronáutico (7075) que tem três vezes mais resistência do que o alumínio comum e pesa praticamente a mesma coisa.

Existem basicamente três formas de se pensar na estrutura de um robô; investir mais na armadura, investir mais na arma ou um meio termo. Não acho que exista uma forma certa de se fazer apesar das sugestões de pesos do tutorial da RioBotz serem muito boas existem robôs como o Last Rites que investem uma grande parte do peso na arma e usa uma armadura muito fina, e ainda sim ganha muitas lutas, é o risco, depende da estratégia de cada um.

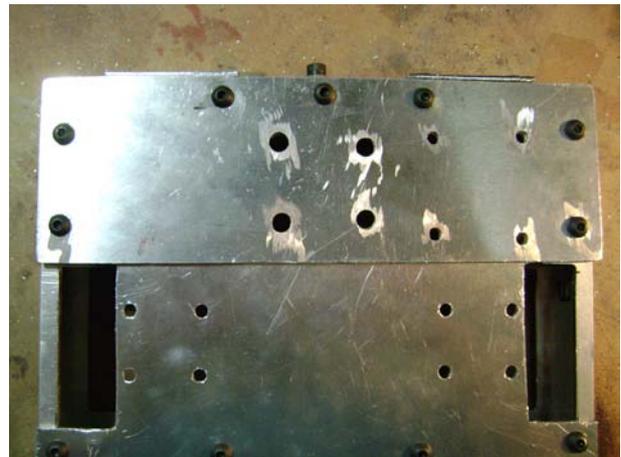
Para meu projeto preferi usar perfis C porque consegui umas sobras no laboratório da RioBotz e teria que investir muito peso na arma e na rampa do robô, então um perfil de 3mm de alumínio pareceu bem razoável para a estrutura. Fiz a estrutura no estilo caixote, onde os perfis se encaixam e são presos no topo, fundo e entre si por cantoneiras.



Como mencionei anteriormente após os primeiros testes o fundo do robô empenou e tive que trocar o alumínio comum pelo aeronáutico. Um dos fatores que contribuiu para o empenamento além do material foram os furos feitos no fundo para passar o fundo do eixo e do motor. Então além de mudar o tipo de alumínio acrescentei um reforço de alumínio na parte frontal do robô com o intuito de aumentar a rigidez da região que sofre mais com o impacto, passando de 3 para 6mm de alumínio 7075, aumentando muito a resistência. Apesar do aumento de peso valeu a pena pois não tive mais problemas depois dessa modificação.



Antes



Depois

Para a rampa do robô eu usei uma combinação de 2mm de aço inox e 3mm de alumínio 7075 presas no robô por dobradiças de aço inox. Não é o ideal, mas é a única maneira de fazer uma rampa no peso com o que tinha disponível, tive inclusive que reduzir um pouco as dimensões da rampa para não passar do peso. Na próxima versão vou fazer uma rampa de titânio que vai ser uma peça única e é mais resistente com o mesmo peso.



Para a caixa que suporta o eixo que vai girar a lâmina utilizei um bloco sólido de alumínio aeronáutico e para as polias alumínio 6061. O eixo foi feito a partir de um pedaço de titânio, e a barra a partir de um pedaço de aço mola (5160), que é barato e fácil de achar no Brasil, só é um material um pouco duro de trabalhar. Mais detalhes serão dados no capítulo sobre o projeto da arma giratória.



Eixo de titânio

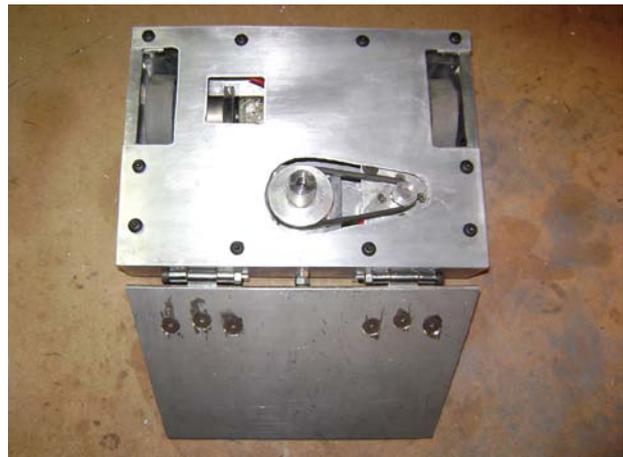


Barra de aço mola

A tampa foi feita em alumínio aeronáutico 2024 de 1.5mm, e foi cortada sob medida para passar a polia do motor e do eixo.



tampa

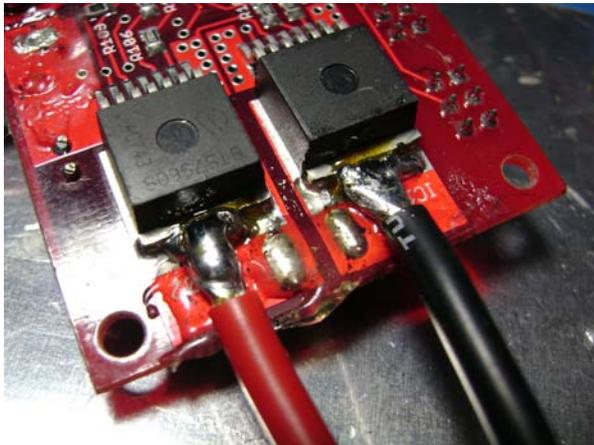


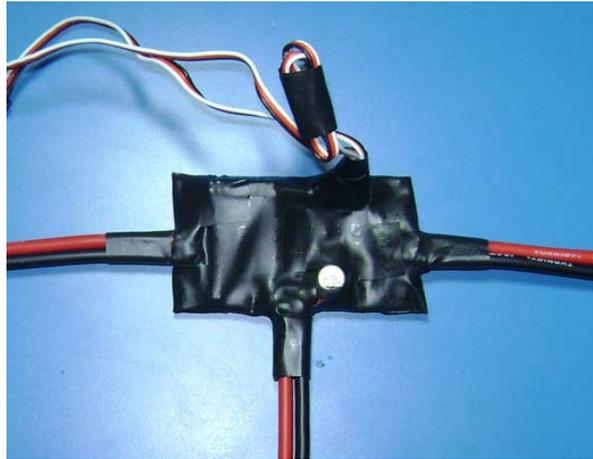
Tampa montada no robô

Eletrônica e bateria

Sempre que falamos de eletrônicas de robôs de combate devemos lembrar que mesmo estando protegidas dentro do robô elas estão sujeitas as forças dos impactos sofridos. Sempre proteja bem os componentes eletrônicos, com espumas e fitas. Na 1ª edição do Summer Challenge lembro que perdi uma luta por não ter colocado fita isolante em volta do receptor prendendo os fios, e depois de um impacto muito forte o cabo de alimentação do receptor (BEC) se soltou. Portanto não é só a parte mecânica dos robôs que deve resistir aos impactos, a parte eletrônica também.

Uma das modificações que fiz para meu robô de combate foi na Scorpion XL. Removi os bornes de contato que são frágeis e sujeitos a quebrar e soldei os fios diretamente nos Fet's e contatos da placa, garantindo uma resistência maior. Outra modificação importante na Scorpion é colocar cola quente no capacitor para dar mais rigidez e nos cabos de sinal para evitar mal contato. Você também pode colocar cola quente nos contatos para isolar, ou usar fita isolante para envolver toda eletrônica, evitando que pedaços de metal dêem curtos na eletrônica.

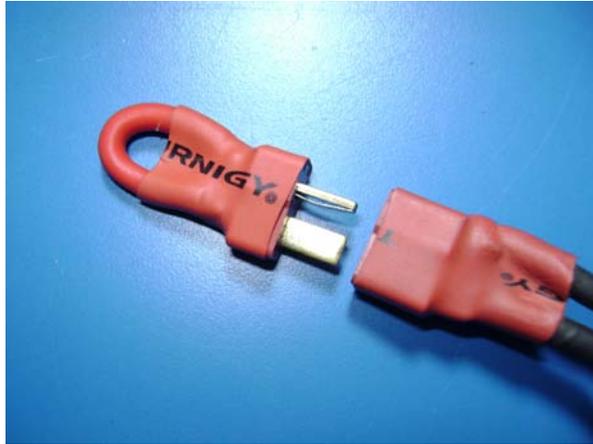




Para os motores Integy, além do termo retrátil eu coloquei também fita isolante em toda a parte traseira do motor, para protegê-los de possíveis resíduos de metal que poderiam causar curto nos terminais, ou sujeiras de entrar pelo motor.



Para ligar e desligar o robô de maneira rápida e prática eu escolhi fazer um sistema de Jumper com conectores Deans que fecham o circuito quando conectados.



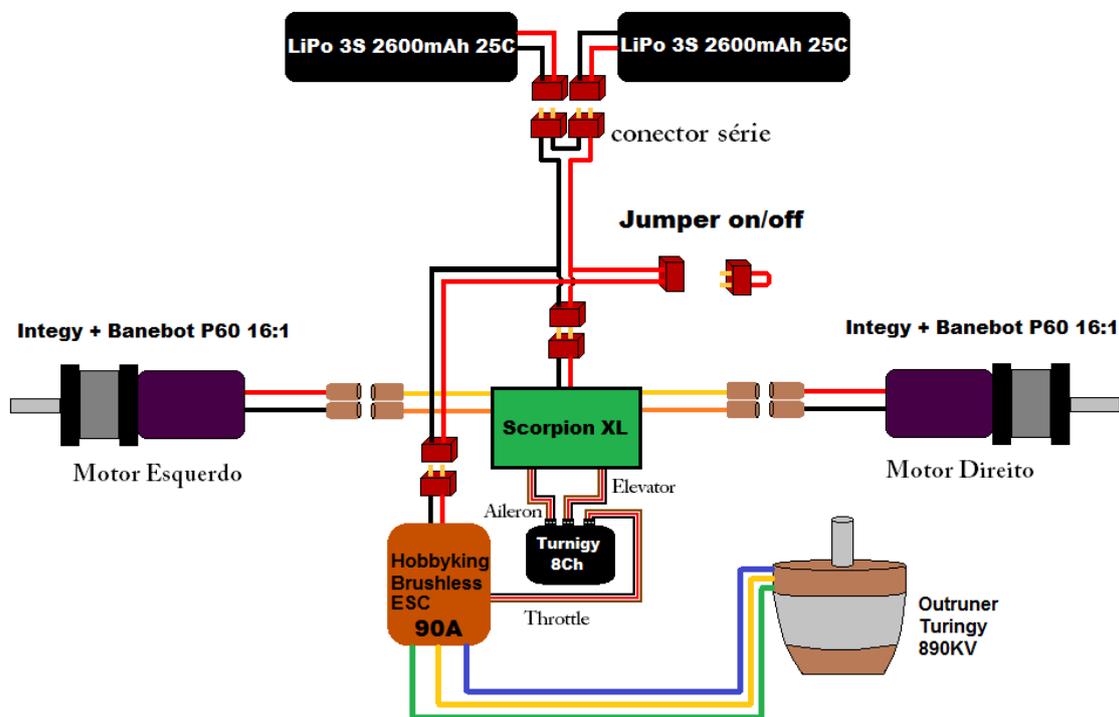
As duas baterias 3S são ligadas em série, equivalendo assim a uma 6S. Não escolhi comprar uma 6S só pois não teria espaço e elas são mais pesadas. As baterias são ligadas por um conector série.

A foto abaixo mostra como ficaram os componentes dentro do robô. Esse foi um teste para confirmar se cabiam todos os componentes, sendo que a bateria da foto era apenas para referência, não é a mesma utilizada que é menor, e na versão final eu diminui o número de conectores deixando mais espaço para organizar os fios além de utilizar um fio mais fino para a locomoção.



Abaixo o esquemático das ligações do robô:

Esquema de conexão: Terminator 2011



Projeto da arma giratória

Neste capítulo será apresentado o projeto da arma giratória e como o sistema foi dimensionado para ter um baixo consumo e uma boa eficiência.

O primeiro passo para se projetar uma arma giratória é pesquisar um motor adequado e que tenha força suficiente (mais que suficiente) para girar a massa desejada. No caso de uma barra é importante lembrar que o momento de inércia aumenta linearmente com o peso e aumenta ao quadrado com a distância e comprimento, então é mais vantajoso no ponto de vista da inércia aumentar o comprimento do que a massa de uma barra.

Momento de inércia de uma barra:

$$I = (1/12) * m * (l^2 + c^2) \quad - \quad \text{Onde } m \text{ é a massa, } l \text{ a largura e } C \text{ o comprimento}$$

Ex:

Momento de inércia da barra do Terminator:

$$I = (1/12) * 725 * (36^2 + 5^2)$$

$$I = 7.98 \times 10^4$$

Para que o motor coubesse no robô eu tive que diminuir a traseira no esmeril para que ficasse com exatos 41mm de altura o resultado final foi um motor menor que cabia perfeitamente no robô. Depois fiz um suporte para prende-lo em pé no chassi com tubos de alumínio.

Devido ao alto calor gerado pelo atrito da correia, as polias esquentam a ponto de dilatar e se moverem pelo motor e o eixo. Solucionei esse problema furando as polias e eixos e colocando um pino passante colado com epoxi, garantindo assim que as polias não se movessem para cima e não patinassem.



Outro ponto importante de uma arma giratória é a relação entre a polia do motor e a polia do eixo, tambor etc. No meu caso não seria vantagem escolher uma relação 1:1 pois apesar do motor ter bastante torque isso acarretaria em um maior consumo de corrente, forçaria mais o motor, demoraria mais a acelerar e eu teria uma rotação final muito alta para uma barra giratória; $890\text{Kv} \times 24\text{V} = 21360 \text{ RPM}$! A essa velocidade eu não conseguiria acertar em cheio nenhum adversário. Portanto optei por uma relação maior; 3.3:1 que daria uma rotação de: $(890\text{Kv} \times 24\text{V}) / 3.3 = 6472 \text{ RPM}$, ainda sim uma rotação alta, mas bem menor, e eu teria um consumo menor assim como uma aceleração mais rápida e pouparia mais o motor.

Para suportar os impactos o eixo não pode ser muito fino nem de material muito macio. Depois de muito pensar em um tamanho acabei optando por um eixo de 19mm de diâmetro que praticamente equivale a 3/4". Esse eixo tem no fundo uma flange de 25mm de diâmetro para travar o eixo por baixo. No topo do eixo tem um furo roscado M8 para prender o conjunto.



Detalhe do eixo de Titânio

Para suportar o eixo eu pensei em fazer uma caixa sólida de alumínio com dois rolamentos de roletes que suportassem bem os impactos. Essa caixa fica presa ao fundo do robô.



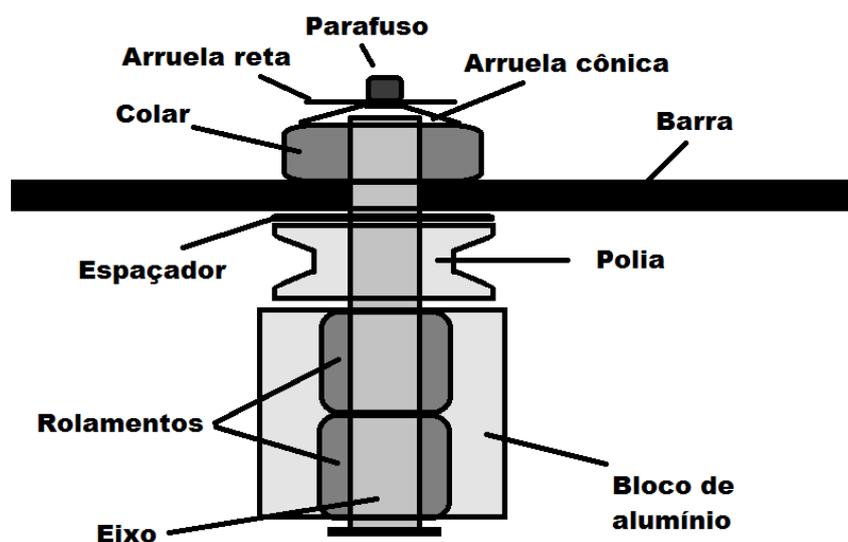
Para ficar no peso planejado a barra de aço foi cortada e chanfrada, sempre deixando o lado afiado para o sentido anti-horário, sentido do aperto de um parafuso já que um parafuso ajuda a prender a barra na polia. A barra foi chanfrada simetricamente nos dois lados para que se pudesse escolher entre os dois lados. É importante que ela esteja bem balanceada. É possível balancear removendo material com a esmerilhadeira até que fique balanceada, é trabalhoso, mas necessário.

O ideal é que se faça um tratamento térmico para deixar a lâmina mais dura (mas não dura demais). Não tive tempo de fazer antes da primeira competição e o resultado foram vários amassados nas pontas. Na próxima versão irei temperar devidamente as lâminas.



Detalhes da barra de 5160

Abaixo o esquema utilizado para prender a barra no eixo e pressioná-lo contra a polia:



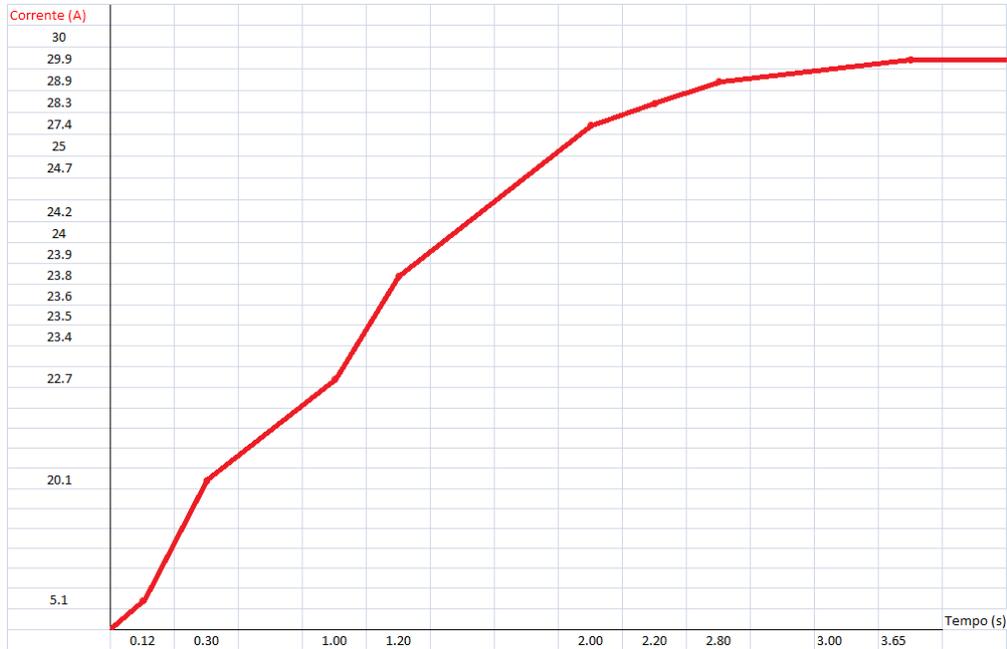
Depois de tudo pronto realizei alguns testes com o sistema para verificar o desempenho do motor e consumo.



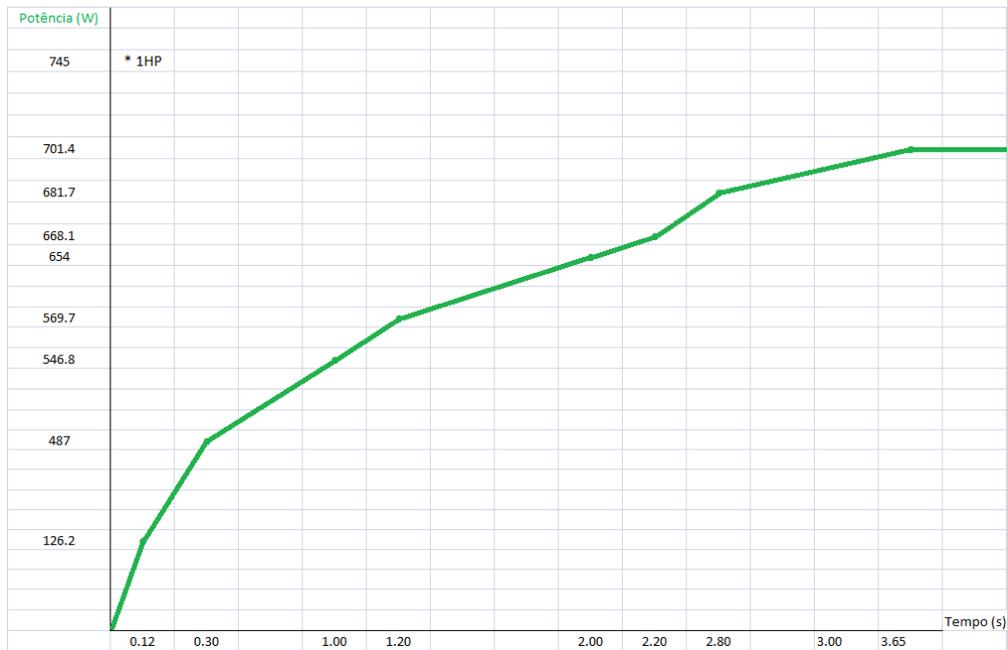
Aviso: Robôs de combate podem ser perigosos, portanto não faça nenhum teste sem as devidas precauções de segurança e à distância segura. Na dúvida não faça.

Posteriormente realizei outro teste dessa vez com o robô já montado e em lugar seguro a distância utilizei um instrumento para medir os dados. Os dados foram coletados de maneira rudimentar, eu coloquei a câmera para gravar o medidor e acelerei uma vez a arma. Depois com a ajuda de um programa de edição, eu dividi o vídeo em intervalos e verifiquei em cada instante os valores indicados. O resultado disso foi um gráfico.

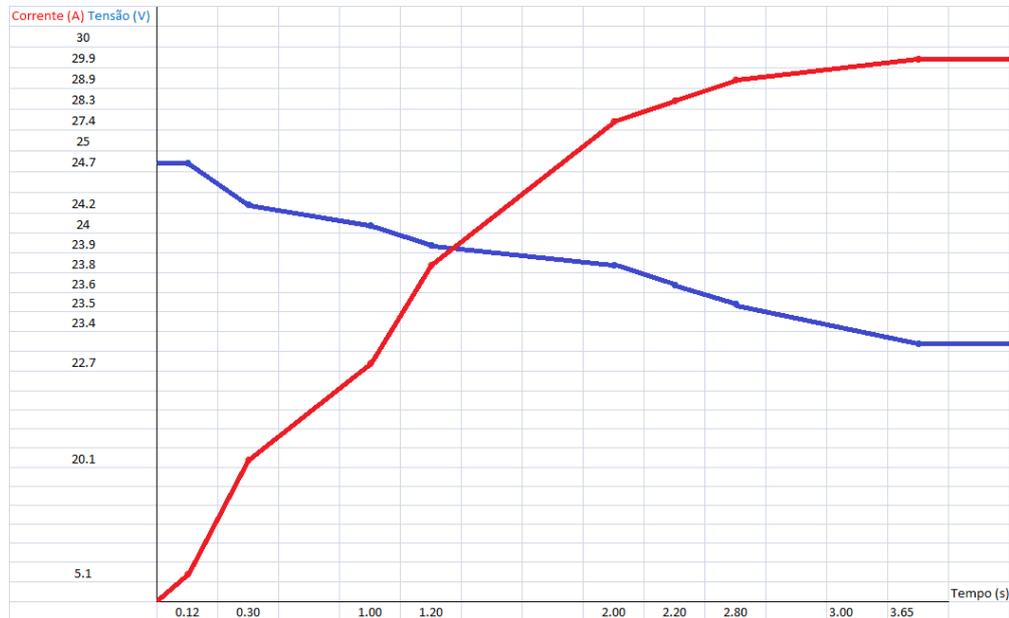
Corrente x Tempo



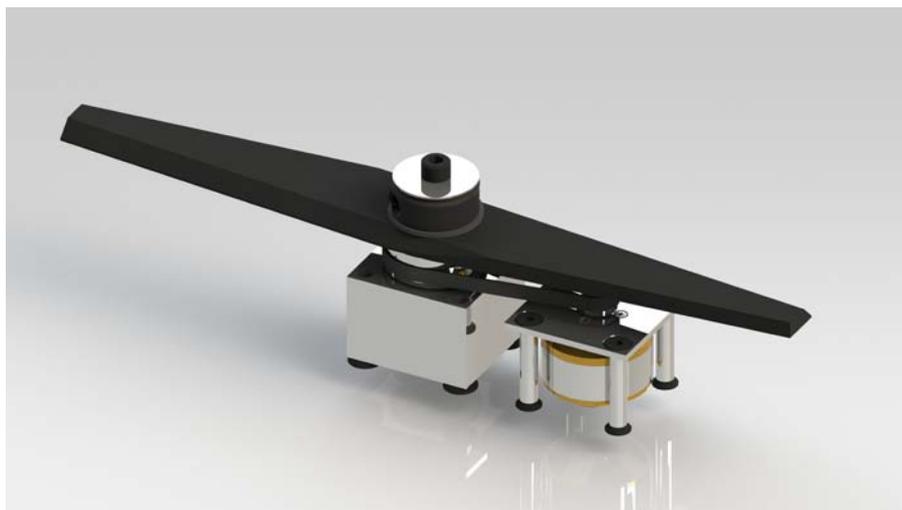
Potência x Tempo



Tensão e corrente X Tempo



Pelo gráfico da corrente x Tempo é possível verificar que a corrente máxima é 30A e que o tempo de aceleração é de 3.65s pois depois disso a corrente se manteve constante se a velocidade variou depois disso foi muito pouco. A potência máxima registrada foi de 701,4W. Sendo assim uma bateria de 2600mAh 25C suporta bem essa corrente por 3 minutos.



Representação do conjunto montado

Custo do projeto

Na prática eu não tive que comprar todas as peças, pois aproveitei alguns perfis de alumínio do laboratório da RioBotz, assim como as sobras do eixo e o bloco da caixa de redução. Porém vou considerar como uma estimativa o valor médio de mercado para o cálculo do custo do projeto.

Mecânica:

1065g de alumínio 6061 - R\$ 31,95

527g de alumínio 7075 - R\$ 68,55

110g Eixo de Titânio - R\$ 25,15

Polias + usinagem - R\$ 40,00

2x Barra de aço 5160 - R\$ 80,00

2x Integy + Banebot P60 (old) - R\$ 450,00

Parafusos e porcas - R\$ 35,00

Colar 3/4" - R\$ 9,00

Dobradiças - R\$ 12,50

Rodas Colson 3" x 7/8" - R\$ 28,00

Aço inox da rampa - R\$ 25,00

Eletrônica:

Rádio Turnigy 9X - R\$ 175,00

Brushless Turnigy 890Kv - R\$ 75,00

ESC RobbyKing 90A - R\$ 55,00

Scorpion XL - R\$ 370,00

BEC - R\$ 15,00

Fios - R\$ 12,00

Conectores - R\$ 10,00

Baterias - R\$ 200,00

Total: R\$ 1717,15

Com certeza não é barato, mas esse é o valor já incluindo rádio baterias e eletrônica, um robô pronto para funcionar, e considerando que é um robô que tem uma locomoção de boa qualidade e durabilidade comprovada e uma arma bem destrutiva é um preço razoável a se pagar. Uma equipe com vários integrantes poderia dividir esse custo entre os membros que sairia um valor em conta.

Testes e conclusões

Projetar e construir um robô demanda bastante tempo. Da pesquisa dos componentes até a montagem final esse projeto demorou 6 meses 3 de pesquisa e projeto e 3 de construção.

É sempre importante testar o robô antes das competições. Fiz pelo menos quatro testes antes da competição, e se não tivesse feito não teria descoberto vários problemas como o fundo que entortava em grandes impactos e as polias saindo do lugar, assim pude modificar o que foi necessário antes da competição.



Terminator antes do Summer Challenge 2011

Vídeo dos testes:

<http://www.youtube.com/watch?v=p8Pe-mKVJIE>

Vídeos das lutas:

<http://www.youtube.com/watch?v=Fe4e6jU6OfQ>

<http://www.youtube.com/watch?v=qwbSq9xKm68>



Terminator Vs Fenilciclidina



Carcaça de motor de 5mm de aço depois de um impacto



Modificações para o Winter Challenge 2011