



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ



NEON

BUILD REPORT:

NEON

(2004)

Uai!rrior

EQUIPE UAI!RRIOR DE ROBÓTICA
www.uairrior.unifei.edu.br

Agradecimentos

Gostaríamos de registrar nossos mais sinceros agradecimentos aos alunos que participaram do desenvolvimento deste projeto e que integravam a equipe Uai!rrior durante o período de sua realização. Os resultados conquistados e o nível da equipe hoje em dia não seriam os mesmos sem sua participação e envolvimento.

COORDENADOR	
Prof. Luis Edival de Souza	Doutor em Engenharia Elétrica

ALUNOS	
Nome	Curso
Kleber Roberto S. Santos	Eng. Controle e Automação
Mateus Engelbrecht Zacharias	Eng. Elétrica
Fernando Marcançola	Eng. Controle e Automação
Marcelo Augusto Costa Motta	Eng. Mecânica
Vinicius Yuri Ito Castro	Eng. Elétrica
Samuel Faria R. de Souza Miranda	Eng. Computação
Erivaldo Simões Junior	Eng. Elétrica
Thiago Sigiliano Lopes	Eng. Controle e Automação
Rodrigo de Castro	Eng. Mecânica
Gabriel Massucatto de C. Carvalho	Eng. Elétrica
Luís Gustavo Barros Petrolí	Eng. Controle e Automação
Gerusa Assumpção B. Pereira	Eng. Controle e Automação

Estes mesmos alunos são os autores deste documento, que relata o projeto desenvolvido em um alto nível de detalhamento.

Novamente, em nome da equipe **Uai!rrior**, deixamos aqui nosso muito obrigado.

Sumário

1. PROJETO NEON.....	4
1.1 INTRODUÇÃO	4
1.2 SISTEMA ESTRUTURAL E PROTEÇÃO	5
1.2.1 Estrutura.....	5
1.2.2 Proteção.....	7
1.3 SISTEMA DE LOCOMOÇÃO	8
1.3.1 Motores.....	8
1.3.2 Caixa de Redução	9
1.3.3 Rodas e Conexões	9
1.4 SISTEMA DE ARMAS.....	13
1.5 CALCULO DO PESO	21
1.6 DESENHOS E FOTOS DO PROJETO	22
2. PROJETO ELETRÔNICO.....	24
2.1 O RECEPTOR E O SERVO PULSO	24
2.2 BATERIA	25
2.3 PLACA DE CONTROLE	25
2.3.1 - Fluxogramas do Programa do Microcontrolador	26
2.3.2 - Medição dos Canais 1 e 2 e Processamento Servo Pulso – PWM.....	27
2.3.3 - A Transformação Servo Pulso – PWM.....	29
2.3.4 - O Sinal PWM.....	34
2.3.5 – Hardware.....	35
2.4 PLACA DE POTÊNCIA	39
ANEXO	46
A – CURVA DE TORQUE DO MOTOR GPD	46
B – CÁLCULOS DOS PERFIS DE ALUMÍNIO	47
C – ÚLTIMAS PALAVRAS	48

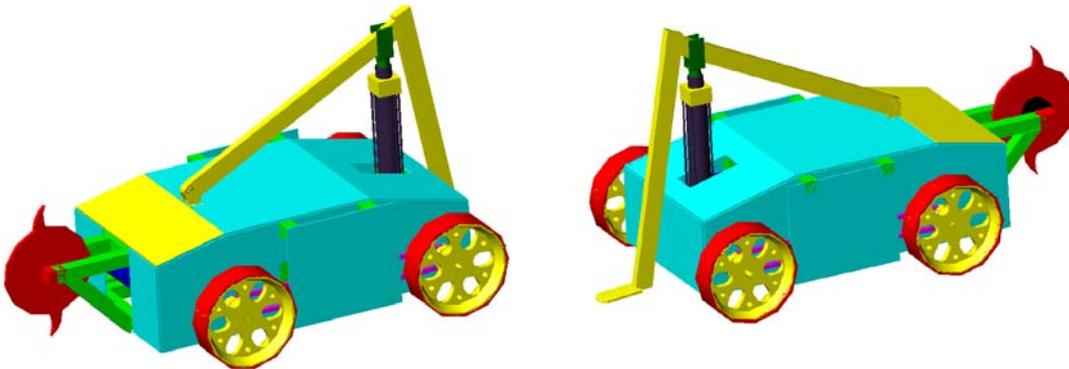
1. Projeto Neon

Robô desenvolvido no ano de 2004 para a participação do evento: Guerra de Robôs, no 4º ENECA – Encontro Nacional dos Estudantes de Controle e Automação, nesta competição a regra especificava o peso máximo de 50kg e pressão máxima de reservatórios de 16Bar, estas especificações foram grandes limitantes neste projeto.

1.1 Introdução

O Neon, e assim que este robô será tratado ao longo deste, é um veículo radio controlado com tração nas 4 rodas, o que proporciona melhor capacidade de movimentação. Ele possui duas armas, um disco giratório de impacto e uma catapulta pneumática. O Neon é a junção das armas de dois robôs campeões fabricados por nossa equipe, o Chromus (catapulta pneumática) e o Uai!!ligator (disco giratório).

Devido à união das duas armas e seus sistemas sua estrutura foi construída de perfis de alumínio e sua cobertura foi feita com chapas de policarbonato de 2mm, para atender o peso de 50Kg especificado pela regra da competição do 4º ENECA 2004.



Ao decorrer deste relatório será detalhado e explicado todo o funcionamento do Neon, dividido basicamente entre Sistema de Locomoção, Sistema de Arma, Estrutura e Proteção.

Neon		Unid.
Peso medido	50,0	kg
Comprimento s/ arma	915	mm
Comprimento c/ arma	1165	mm
Largura	562	mm
Altura s/ arma	278	mm
Altura c/ arma	600	mm
Velocidade Max.	6,8	km/h

Antes da competição ocorre uma inspeção de segurança para averiguar a conformidade do projeto a regra. Caso seja constatada alguma anormalidade que infrinja a regra ou que possa provocar perigo aos espectadores e concorrentes o projeto é eliminado da competição. Estando o nosso projeto, deste modo, dentro de todas as normas estabelecidas.

1.2 Sistema Estrutural e Proteção

1.2.1 Estrutura

O Robô Neon teve toda a sua estrutura feita em perfis de alumínio estrudado com secção transversal quadrada de 30mm de lado, cortados e parafusados, reforçados em alguns pontos com cantoneiras de alumínio em "L" e fusos M8.

Os perfis de alumínio, muitos usados em automação, apresentam grande rigidez. Outra vantagem é a facilidade de se trabalhar com eles, já que eles constituem um tipo de "quebra - cabeça", que se necessário podem ser montados de outra forma.

Características do Perfil de Alumínio

Composição do material:	<i>AlMg Si 0.5 F25 endurecido por têmpera</i>
Anodização:	<i>camada anódica fosca de 11 a 15 μ</i>
Módulo de elasticidade:	<i>70kN/mm²</i>
Densidade:	<i>2,7 g/cm³ Tolerância +/- 10%</i>

30x30

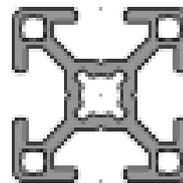


Fig 1: Forma Construtiva dos Perfis de Alumínio.

Características mecânicas do Perfil de Alumínio

Momento de Inércia Ix	2,8 cm ⁴
Momento de Inércia Iy	2,8 cm ⁴
Massa	0,9 kg/m
Diâmetro do furo	7,0 mm
Rosca	M8
Ranhura	8 mm

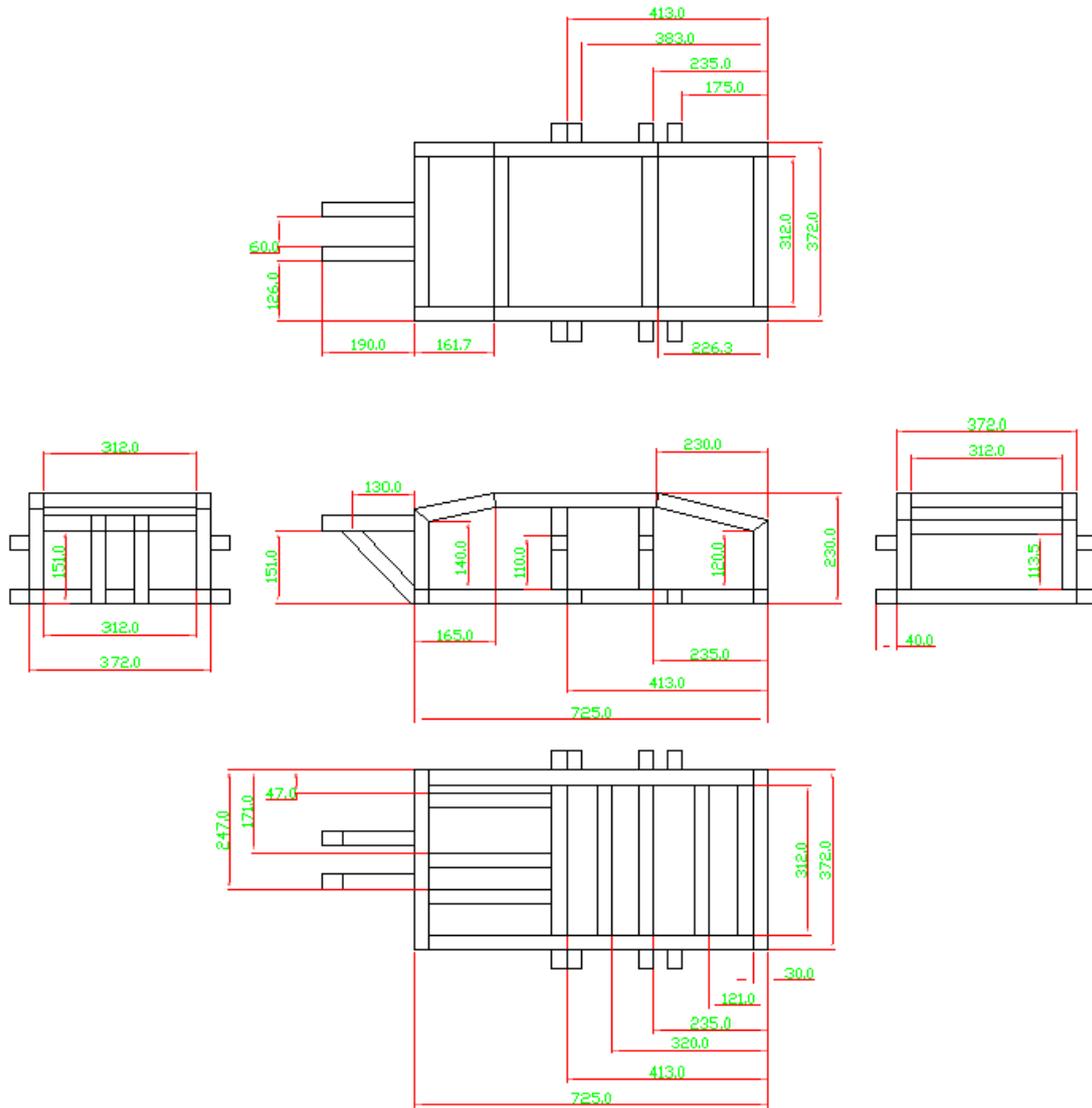


Fig 2: Detalhamento de construção do Chassis do Robô.

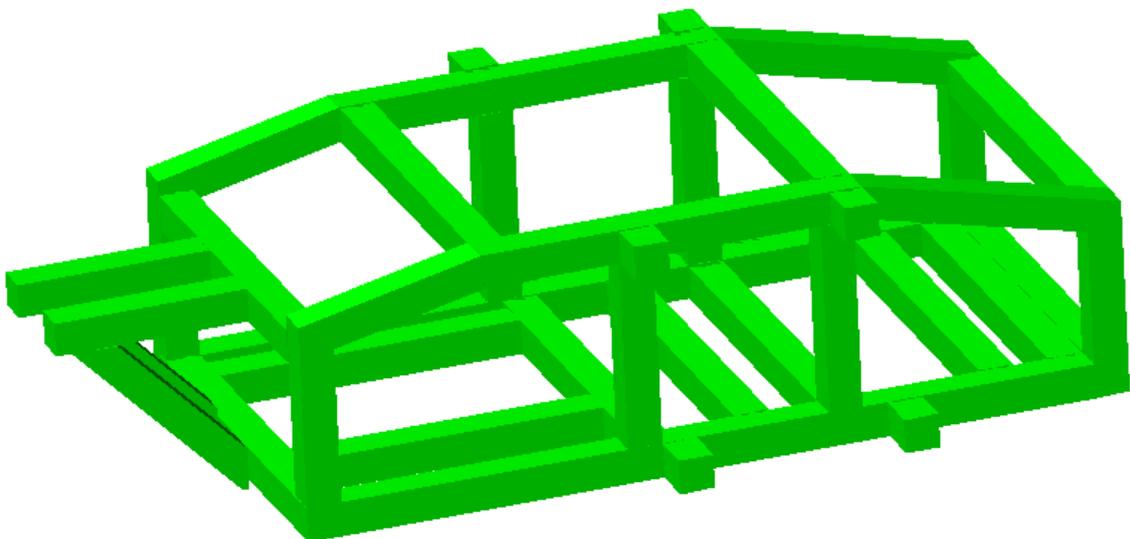


Fig 3: Chassis montado.

1.2.2 Proteção

O Neon tem como carenagem chapas de policarbonato de 2mm, onde a relação massa x resistência fizeram deste o material escolhido, esta espessura de policarbonato esta longe do ideal, mas foi utilizada, pois este projeto visava mais o ataque que a defesa. As figuras abaixo mostram os cortes do policarbonato e a carenagem final do robô.

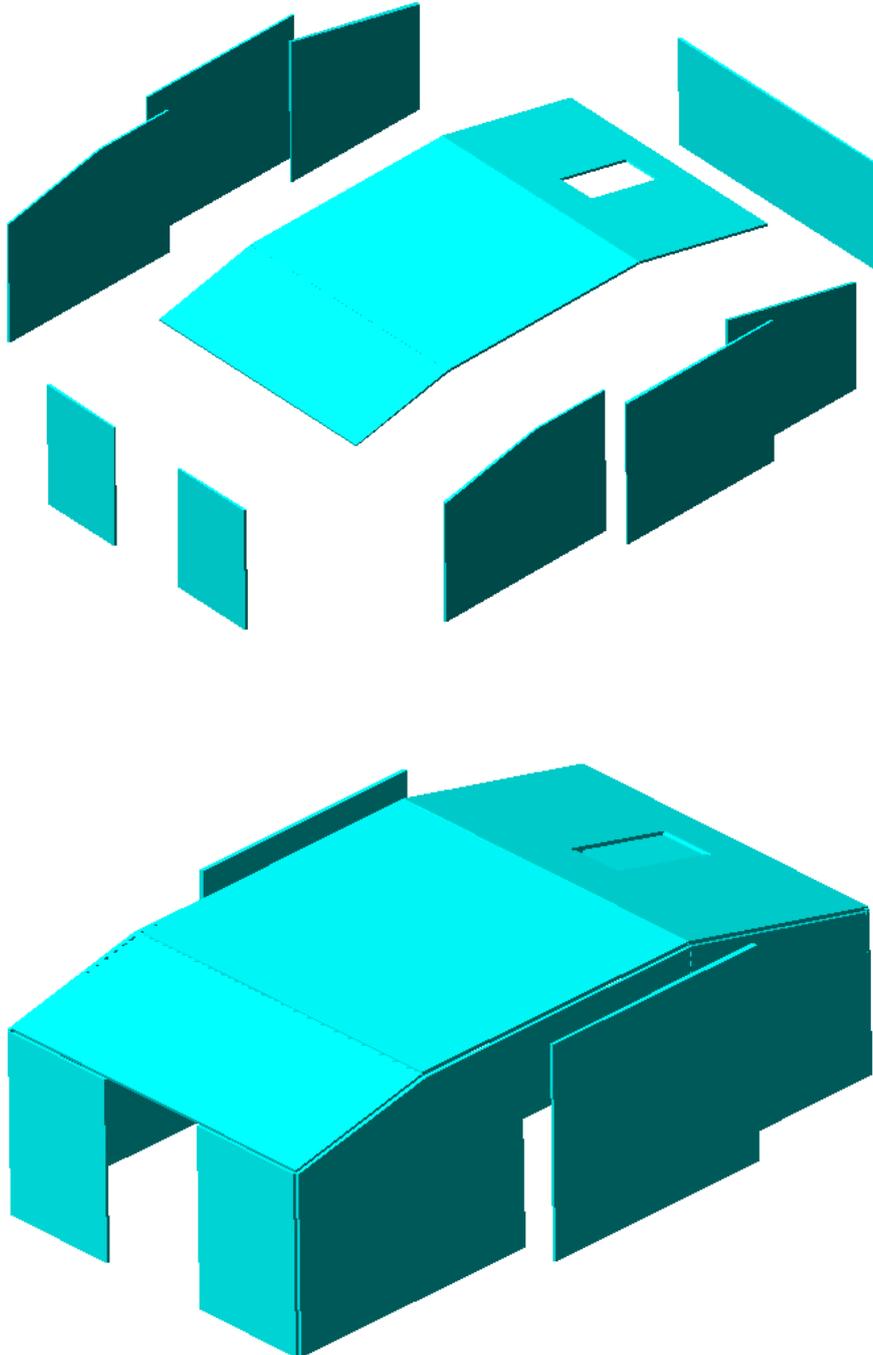


Fig 4: Detalhamento dos cortes da Blindagem.

1.3 Sistema de Locomoção

O sistema de locomoção do Neon é composto por dois motores de corrente contínua, com potência de 300W, dois redutores de velocidade de rosca sem fim com redução de 1:15, 4 rodas dentadas ASA-35 de 15 dentes, correntes de rolos ASA-35 e 4 rodas de Nylon, além das conexões entre redutor e roda, motor e redutor e elementos de fixação do motor a estrutura.

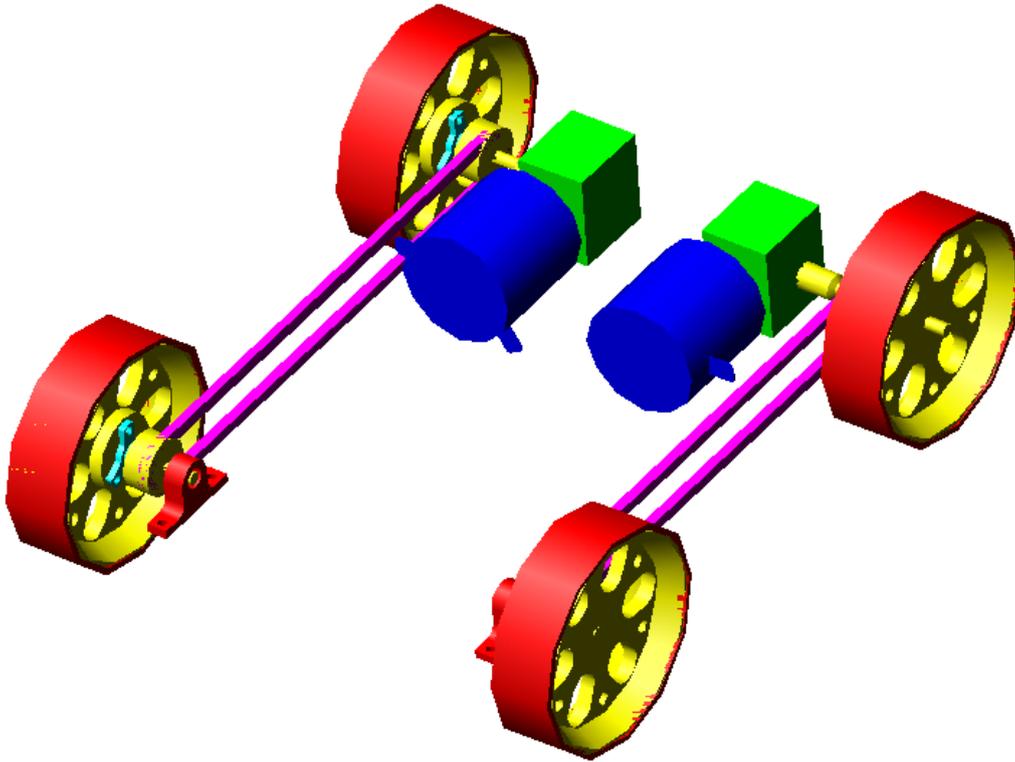


Fig 5: Montagem da locomoção.

Para um bom sistema de locomoção temos que ter uma boa relação entre motor, transmissão e roda de tal maneira a poder transmitir o torque necessário sem sobrecarregar em demasia os motores e baterias, não podendo perder de vista a utilização de uma velocidade adequada para atacar e fugir dos adversários.

1.3.1 Motores

O motor utilizado é o GPD – F 006 KM0 62H da empresa Bosch, a curva de torque está em anexo, apesar de ser mais pesado do que o motor mais utilizado na guerra de robôs, o GPB, ele é utilizado, pois apresenta melhor capacidade de fornecimento de torque, o que é uma condição fundamental para o caso em que o robô precise empurrar ou puxar o adversário.

GPD – F 006 KM0 62H

Código Bosch	Vn Volts	Pn Watts	Nn Rpm	In Amp.	Mn Nxcm	Ma Nxcm	S ciclo	Ip Prot	Peso kg
F 006 KM0 62H	12	300,0	2800	33,0	100	855	S1	IP03	2,670

GPB - F 006 KM1 680

Código Bosch	Vn Volts	Pn Watts	Nn Rpm	In Amp.	Mn Nxcm	Ma Nxcm	S ciclo	Ip Prot	Peso kg
F 006 KM1 680	12	245,0	3115	28,5	75	380	S1	IP03	1,300

1.3.2 Caixa de Redução

O redutor utilizado é o *R0* da empresa *Macopema*, ele é construído em carcaça de alumínio e apresenta baixo peso. Como pode-se perceber na tabela abaixo, ele está sub-dimensionado para a carga, mas como vem sendo utilizado há 2 anos pela equipe e a tabela abaixo apresenta os valores para uma carga contínua e prolongada, o que não ocorre em nosso caso, ele foi utilizado novamente. O redutor do mesmo fabricante que atenderia a carga seria o *R2* que apresenta peso muito superior ao utilizado e inviabilizaria o projeto.

REDUTORES DE VELOCIDADE A ROSCA SEM FIM**CAPACIDADES A 1750 RPM NA ENTRADA**

R0	REDUÇÃO EFETIVA	6,66	10,50	15,00	18,50	24,00	30,00	38,00	48,00	60,00	
	POTÊNCIA ENTRADA (CV)	0,41	0,35	0,33	0,27	0,25	0,20	0,18	0,16	0,12	
POTÊNCIA SAÍDA (CV)	0,33	0,26	0,23	0,17	0,14	0,11	0,08	0,07	0,05		
MOM. TORÇÃO SAÍDA (kgfm)	0,90	1,18	1,41	1,29	1,42	1,30	1,29	1,35	1,23		
CARGA RADIAL SAÍDA (kgf)	110	100	100	100	110	110	100	100	100		

1.3.3 Rodas e Conexões

A roda utilizada apresenta diâmetro de 200 mm, sendo feita de Nylon e uma camada de 6 mm de borracha. Abaixo teremos os desenhos das rodas e das conexões que foram fabricados com Aço AISI – 1020.

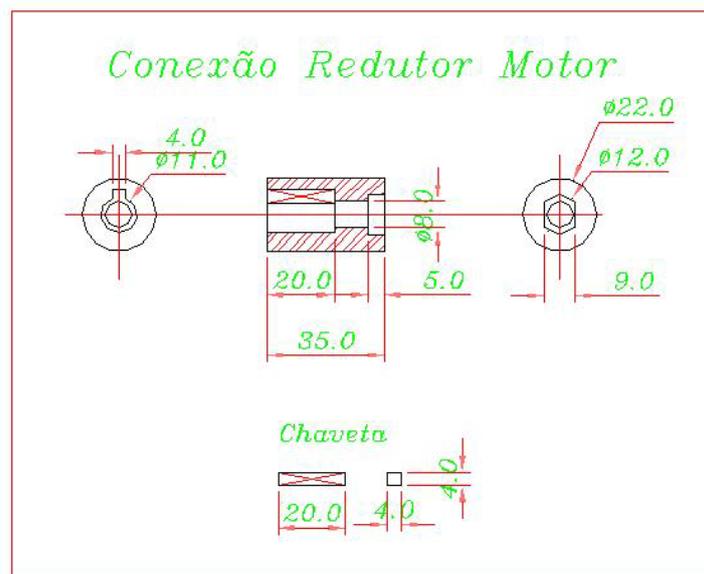


Fig 6: Conexão Motor - Caixa de Redução.

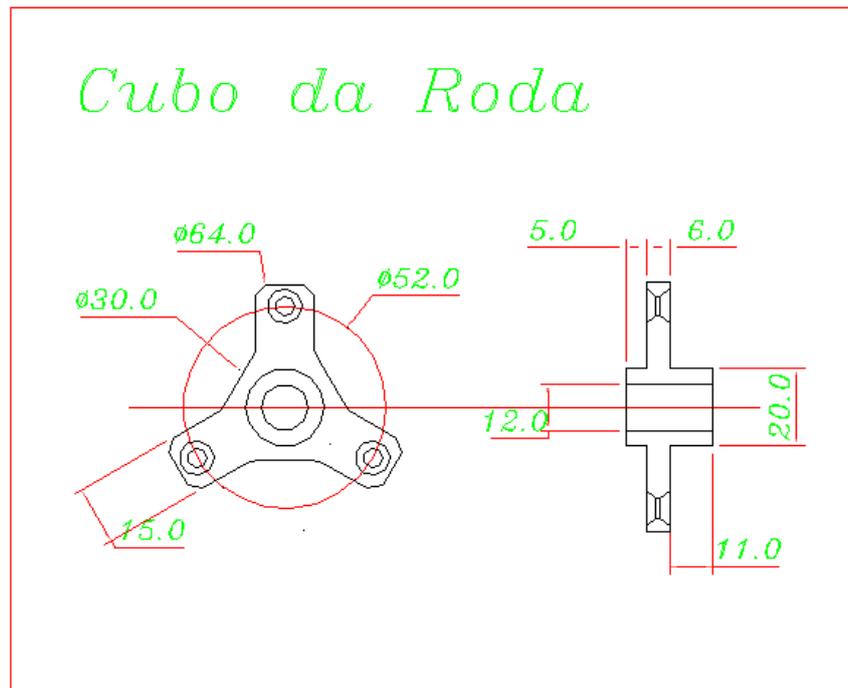


Fig 7: Cubo da Roda.

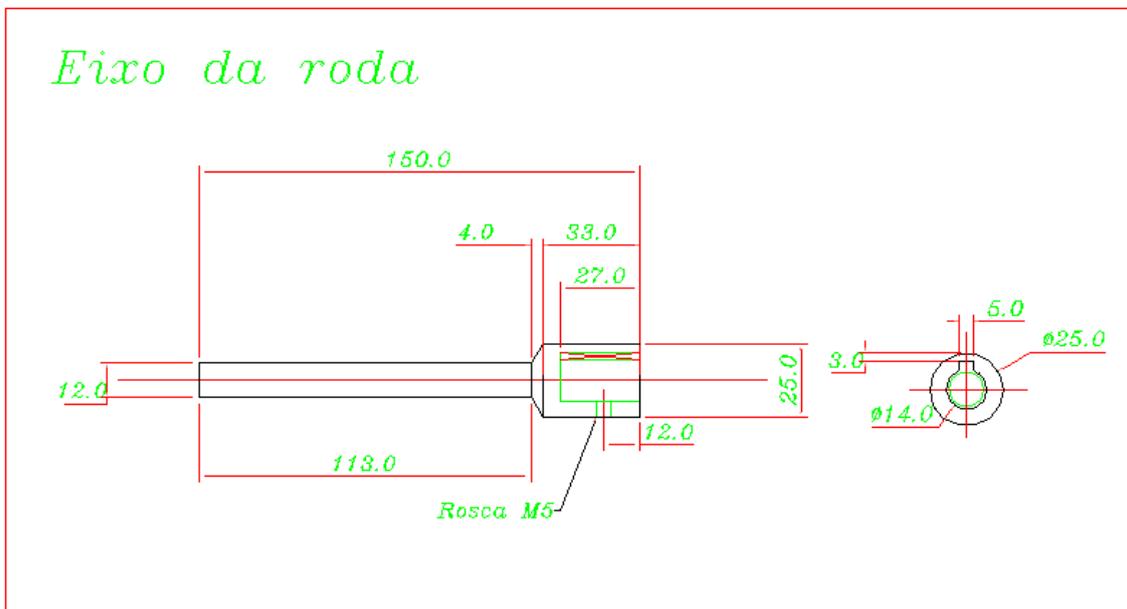


Fig 8: Eixo Roda com acoplamento.

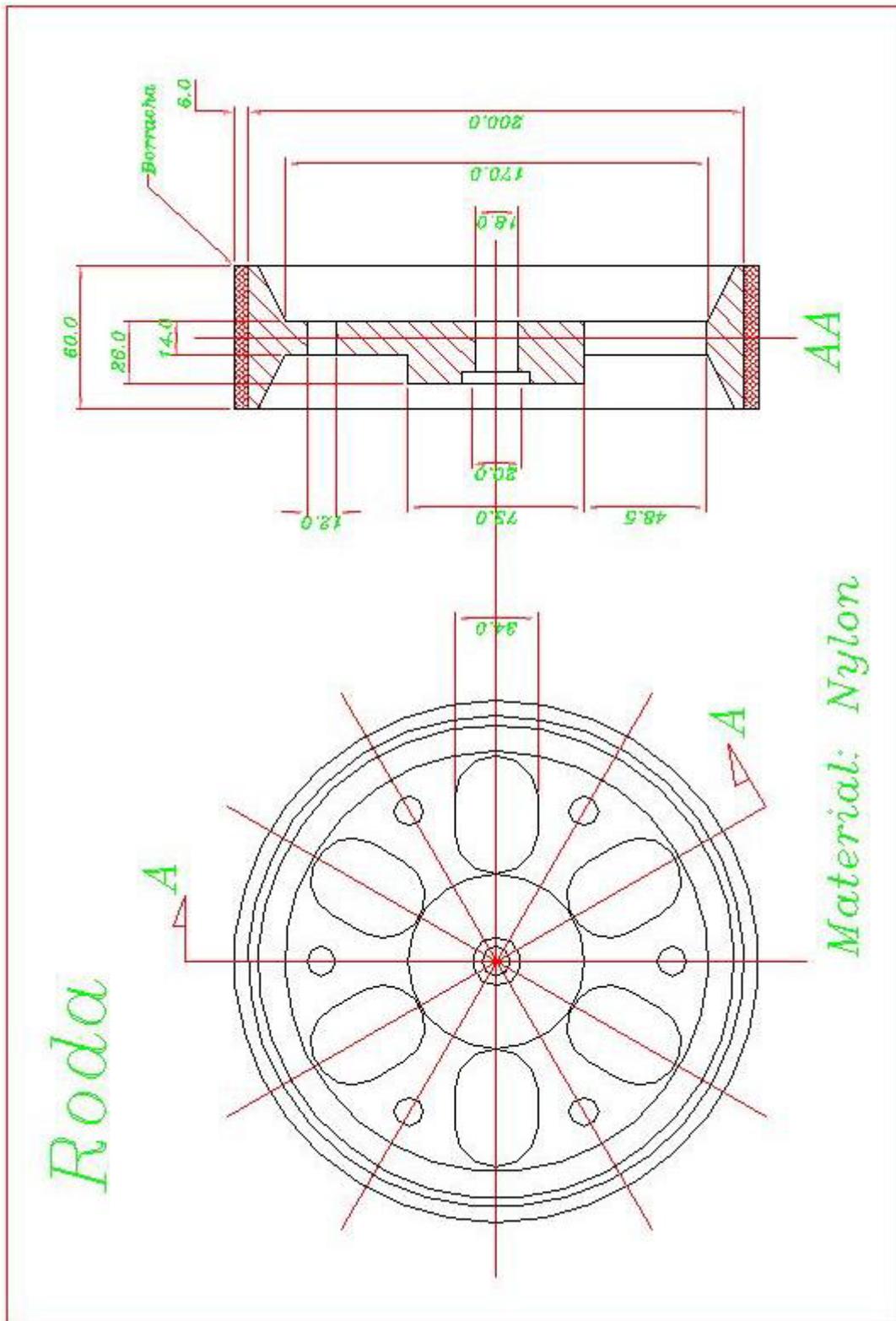


Fig 9: Detalhamento Roda.

1.3.4 Rodas dentadas e Mancais

Foi utilizada para se transmitir potência mecânica para as rodas da frente do Neon rodas dentadas e correntes de rolo modelo ASA-35, esse modelo foi escolhido, pois é o modelo que suporta a carga requerida e por ser mais fácil de ser encontrada no comercio, através de cálculos preliminares chegamos à conclusão que o modelo ASA-25 já seria capaz de nos atender, mas esse modelo é mais difícil de ser encontrado, ficando mais caro encomendá-lo do que comprar um modelo superior.

Os mancais foram usinados na oficina mecânica da universidade por integrantes da equipe, eles foram feitos em alumínio com buchas de escorregamento de Bronze. Abaixo segue desenhos dos mancais

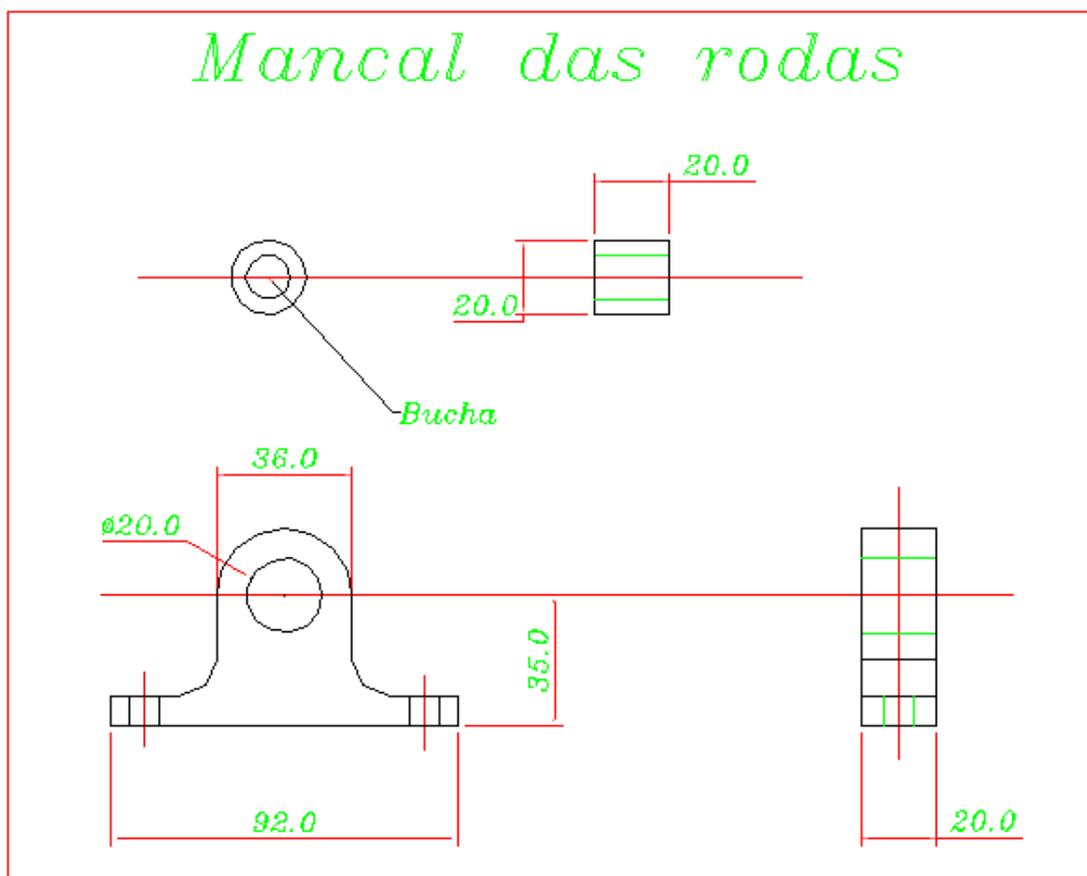


Fig 10: Mancal e bucha.

1.4 Sistema de Armas

O Neon apresenta duas armas, uma delas seria um disco giratório e a outra uma catapulta pneumática, como já dito, eles já haviam sido testados quanto a sua eficiência em projetos anteriores da equipe.

1.4.1 Disco giratório

O disco é movimentado por um motor elétrico de corrente contínua, o mesmo utilizado para a movimentação do robô, o motor GPD – F 006 KMO 62H da empresa Bosch, a curva de torque está em anexo, pois apresenta melhor capacidade de fornecimento de torque, o que é uma condição fundamental para conseguir tocar a arma.

GPD – F 006 KMO 62H

Código Bosch	Vn Volts	Pn Watts	Nn Rpm	In Amp.	Mn Nxcm	Ma Nxcm	S ciclo	Ip Prot	Peso kg
F 006 KMO 62H	12	300,0	2800	33,0	100	855	S1	IP03	2,670

Em relação ao disco, ele foi feito em aço ABNT 1020, sendo fixado na parte frontal do Neon através de um eixo acoplado a um mancal de rolamento.

Toda a transmissão entre motor, redução e arma foi feita por correias de perfil "V" Padrão "A" e polias de aço e nylon. Seus eixos foram usinados em aço ABNT 1020 e todos chavetados.

Segue a baixo todos os desenhos do sistema de disco giratório.

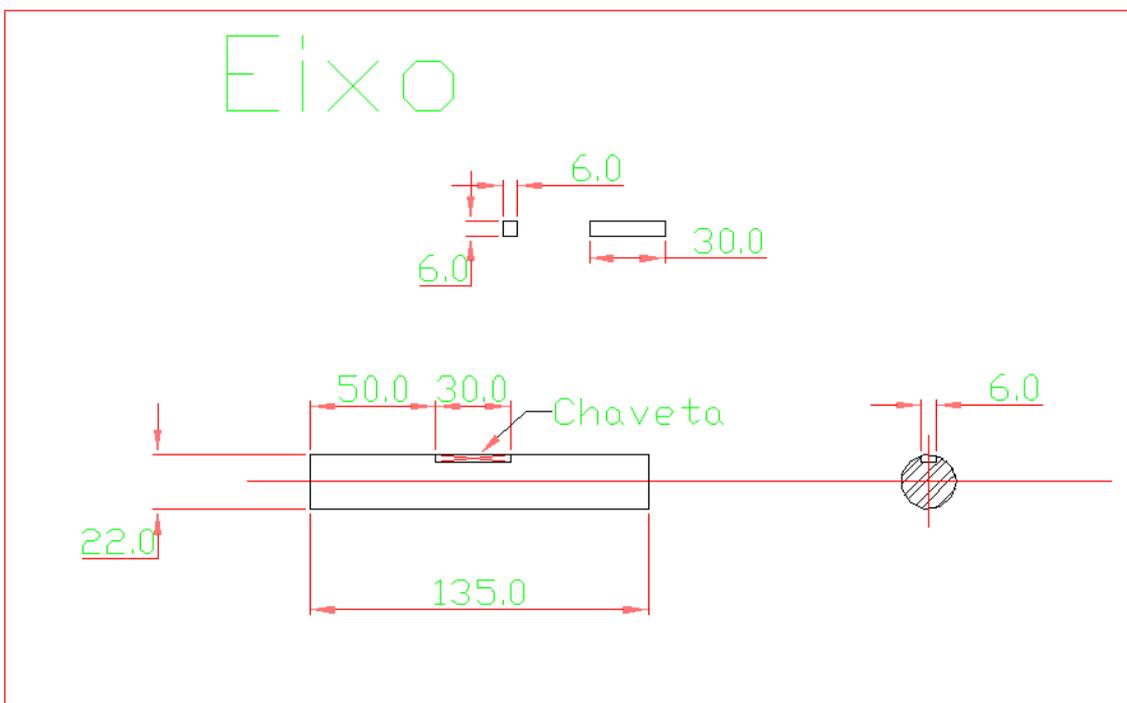


Fig 11: Eixo Disco simples.

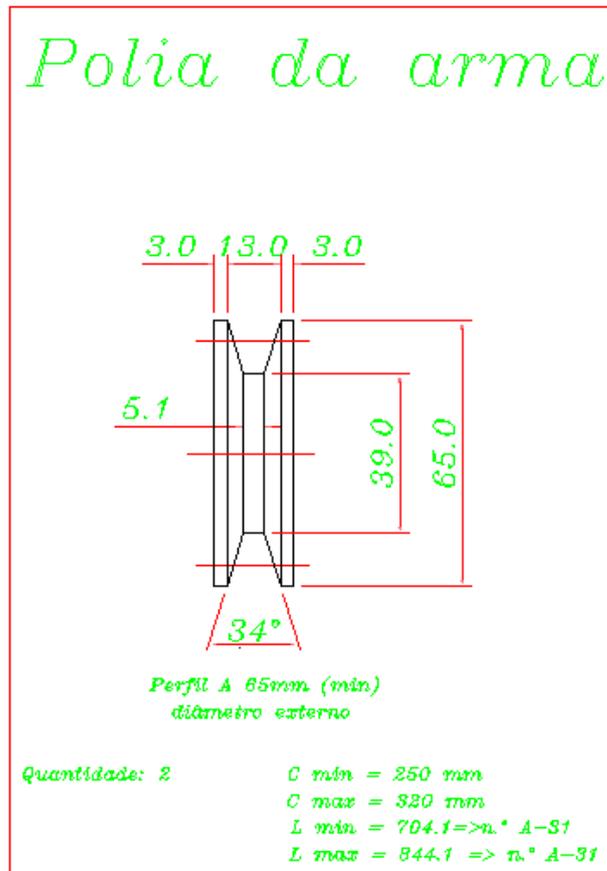


Fig 12: Polia.

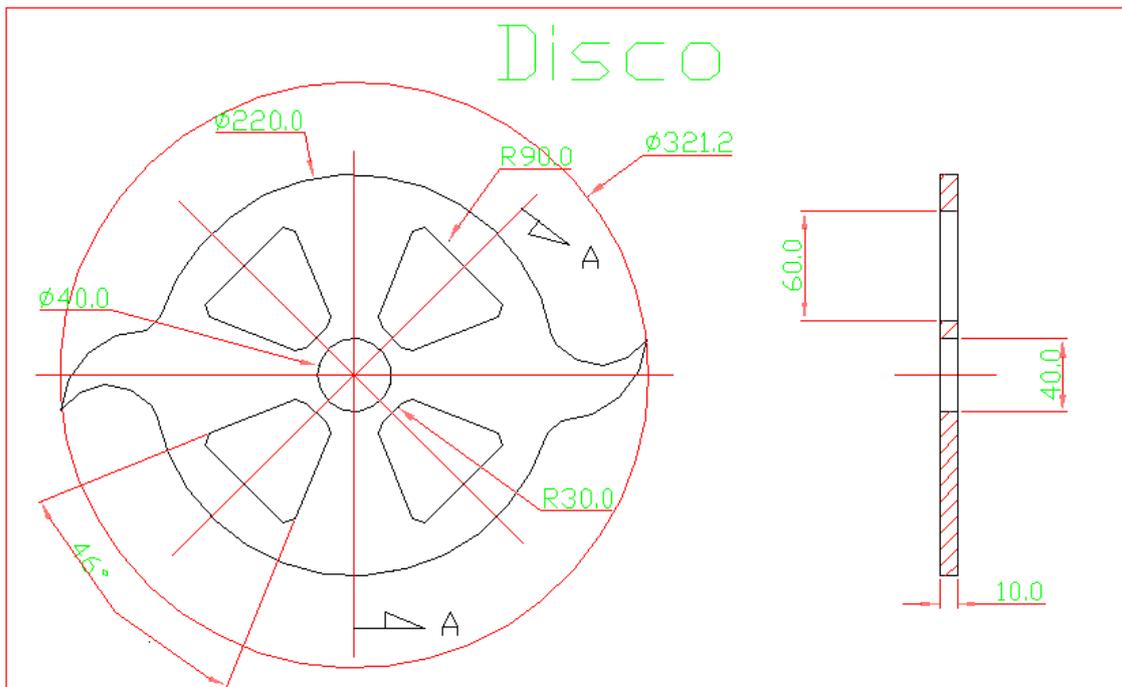


Fig 13: Disco.

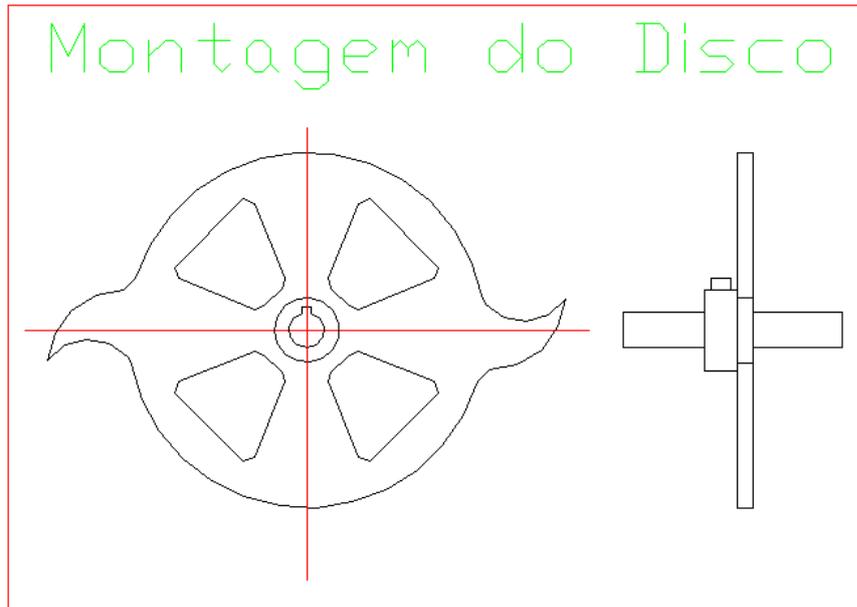


Fig 14: Montagem da Arma.

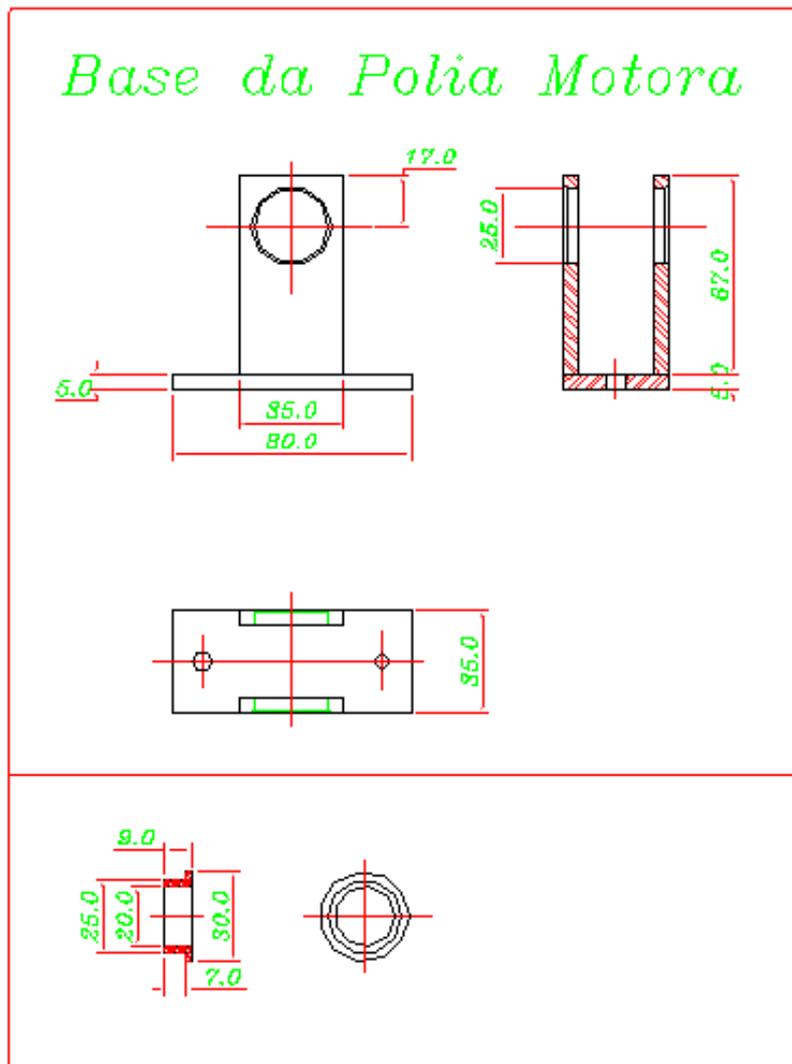


Fig 15: Base de acionamento e bucha.

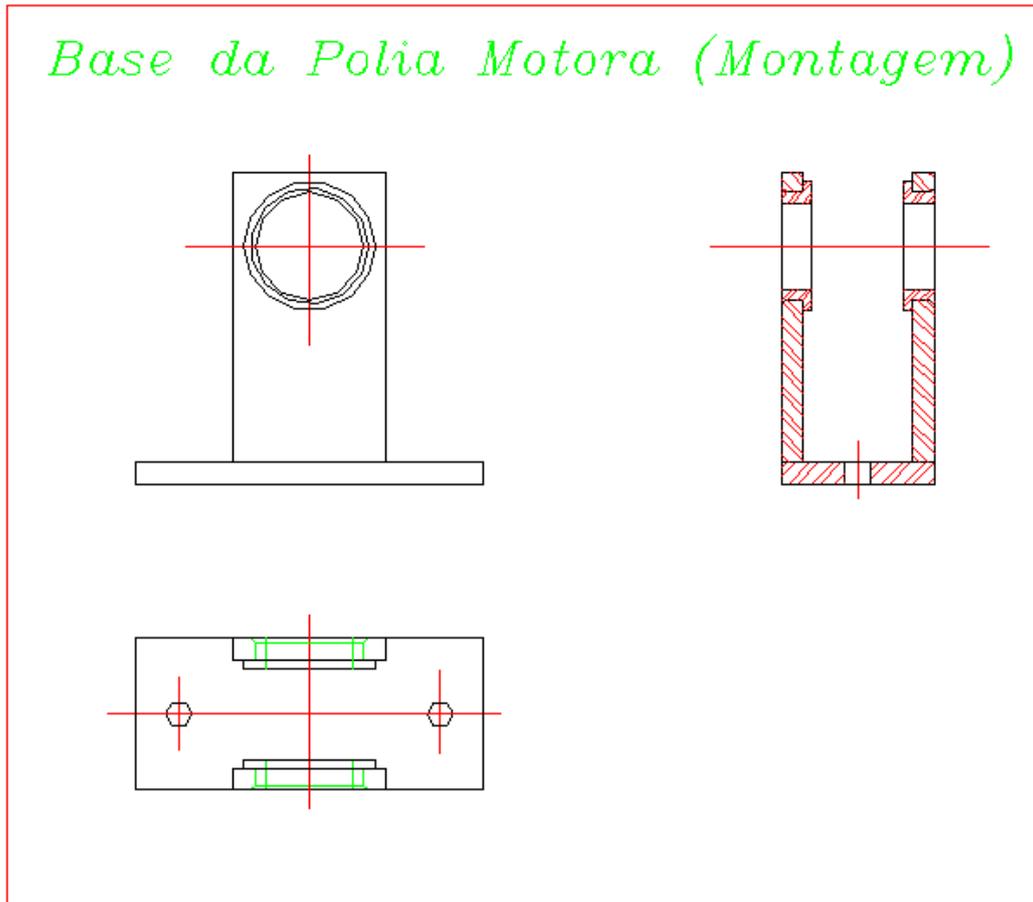


Fig 16: Base de acionamento montada.

1.4.2 Catapulta Pneumática

Essa arma foi desenvolvida em 2002 sendo utilizada no robô denominado "Chromus" que foi campeão de seu ano. Na competição do 4º ENECA a regra especificava que a pressão máxima permitida em reservatórios era de 16Bar, sendo esse um fator limitante no projeto dessa arma. O volume do reservatório era liberado, mas limitava-se através do peso do robô, quanto maior o volume do reservatório maior seu peso.

O circuito pneumático montado consiste de um reservatório com pressão máxima de 16Bar, uma válvula reguladora de pressão para regulagem da pressão de atuação do cilindro, válvula direcional solenóide com retorno mola, atuador pneumático e válvula de escape de emergência.

Devido à força da gravidade e a construção física da catapulta, não é necessário um circuito pneumático para abaixá-la, com isso economizamos N2 e temos possibilidade de mais acionadas antes do termino do gás.

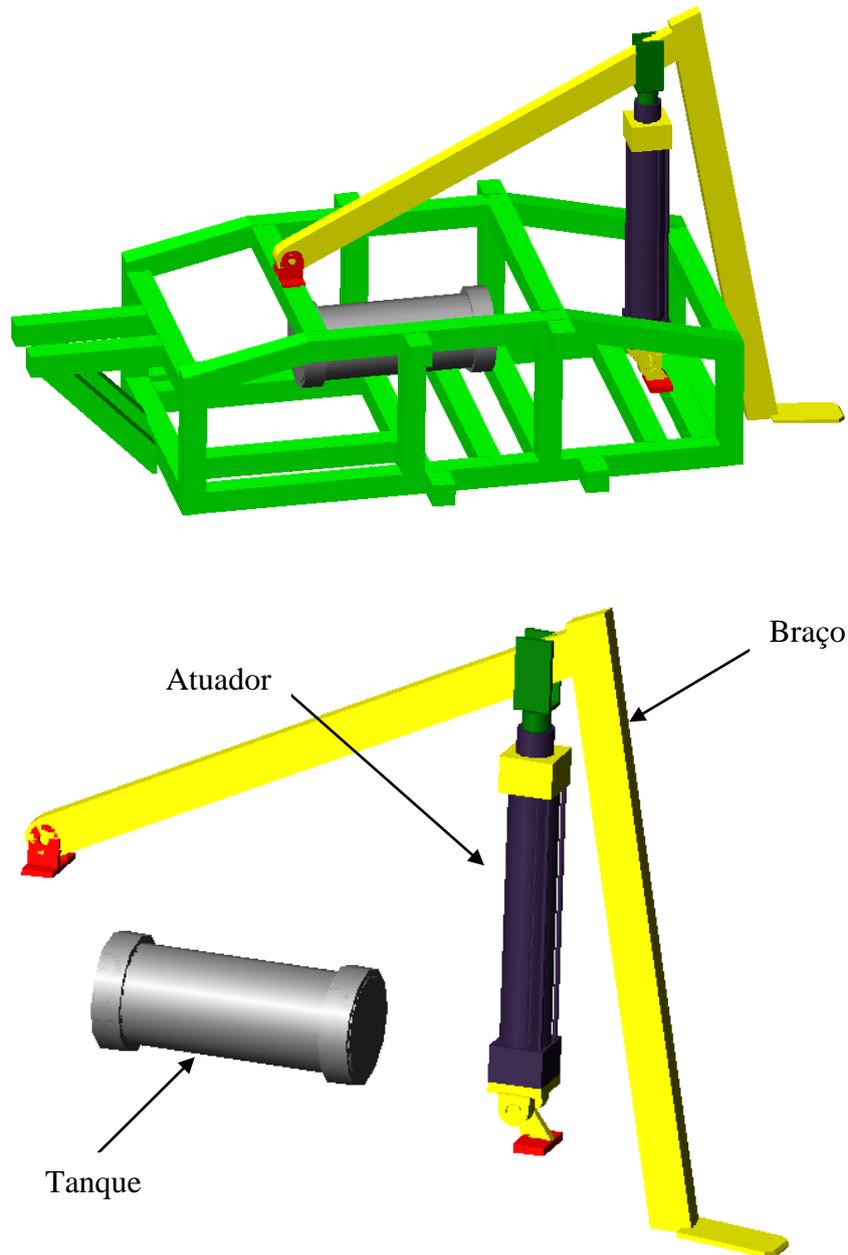


Fig 17: Montagem do Sistema pneumático.

1.4.2.1 Tanque de Pressão

Observando as limitações impostas pela regra, foi construído um reservatório com diâmetro de 100mm e comprimento de 250mm, utilizando uma camisa de cilindros da empresa Norgreen feita em alumínio e especificada para uma pressão de 16 Bar. Para o fechamento do tanque foi usinado, em alumínio, duas tampas que são encaixadas na camisa de cilindro e presas utilizando 6 tirantes de aço de diâmetro de 6mm, para suportar o esforço exigido. Em uma das tampas foi feito dois furos roscados para a fixação dos terminais de engate rápido, estes terminais permitem que os dutos de pressão sejam conectados ao tanque. Esta montagem pode ser observada a baixo.

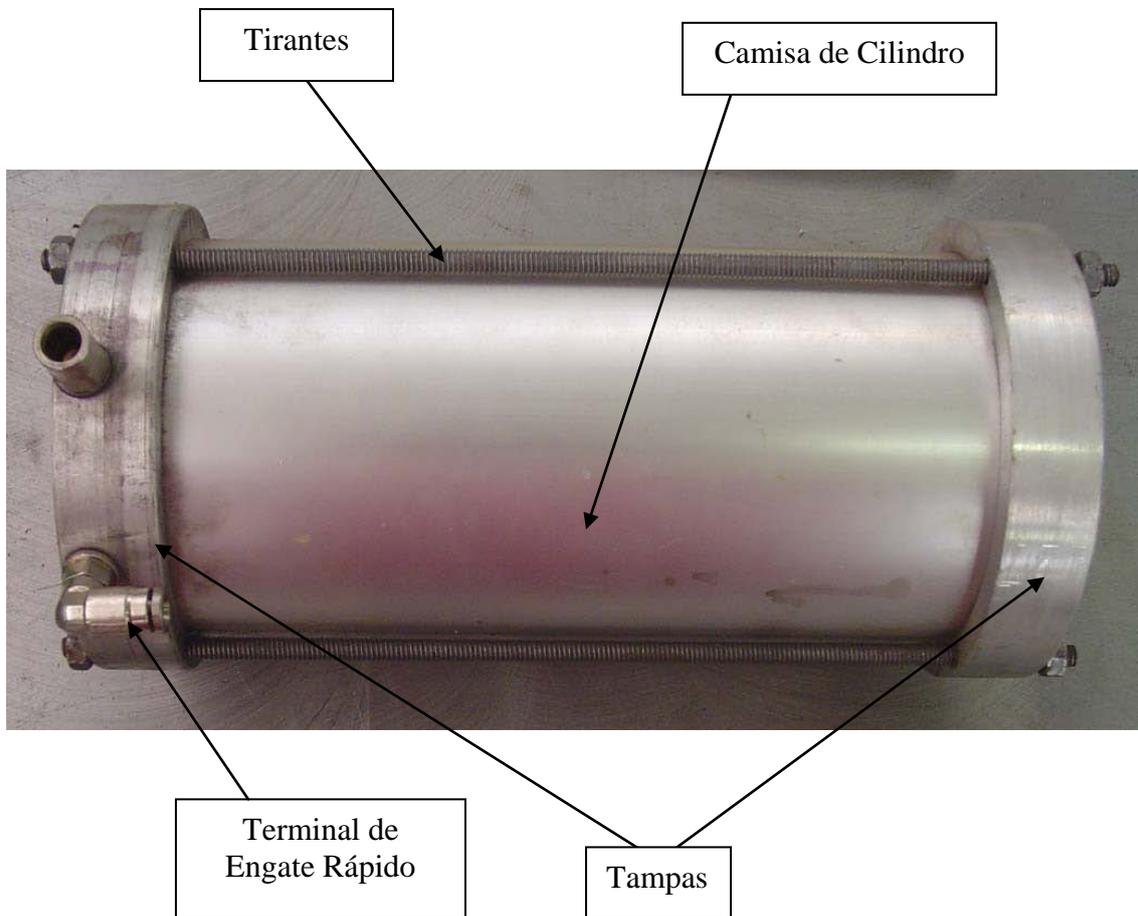


Fig 17: Montagem do Reservatório para 16bar.

O reservatório montado tem capacidade para armazenar 1,57 litros na pressão ambiente, mas como a pressão interna armazenada é de 16Bar a capacidade total armazenada é de 25,5 litros de N₂.

Obs.: Essa montagem não é mais permitida nas novas regras estabelecidas a partir de 2005.

1.4.2.2 – Atuador e circuito pneumático

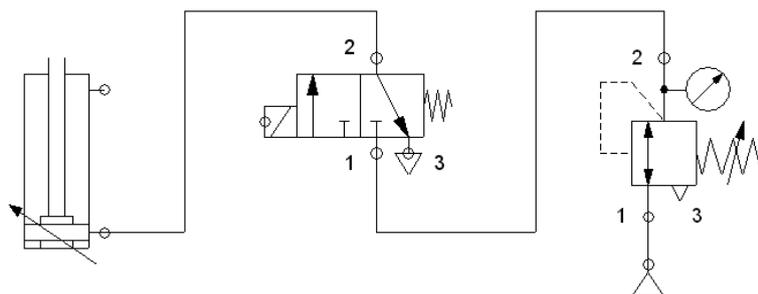


Fig 18: Esquemático do sistema pneumático.

Para o cálculo do cilindro, necessitamos da força máxima que ele irá exercer, no nosso caso ela será de 491 N (o peso do robô). Para aumentarmos a durabilidade do atuador e para que tenhamos maior rendimento, a pressão de trabalho escolhida foi de 6Bar.

O atuador pneumático escolhido foi o modelo DNC-40-200-PPV-A da empresa Festo, este atuador apresenta diâmetro de 40mm, curso de 200mm, pressão máxima de atuação de 10Bar e consumo de gás a 6Bar de 1,76 litros. Esse nível de consumo nos permite realizar 14 acionamentos. Para a fixação do atuador na estrutura do robô e no braço da catapulta foi utilizado as conexões da Festo SNCB-40, SNCL-40 e SGA.

Para regular a pressão de trabalho da linha de pressão do robô, foi utilizada uma válvula reguladora de pressão da Festo modelo LR-3/8-D MIDI com manômetro, essa regulagem era feita através de uma porca e podia ser regulada livremente.

Para o acionamento do atuador foi utilizado uma válvula 3 vias 2 posições com acionamento solenóide e retorno mola. O modelo utilizado foi o MFH-3-1/2 da Festo.

1.4.2.3 – Reabastecimento do Reservatório e válvula de segurança

Para que não fosse necessário a remoção do reservatório do robô, foi instalado em uma das saídas do tanque, um acoplamento fêmea de engate rápido modelo KD, esse acoplamento permite a conexão de um tanque externo para reabastecimento do robô.

Como item de segurança, exigido pelas regras, foi conectado no tanque com o auxílio de uma conexão T, uma válvula de esfera modelo QH-QS-6 da Festo. Esta válvula foi fixada na carenagem do robô, porque segundo a regra, ela precisa ficar acessível para possível despressurização do reservatório de gás em caso de emergência.

1.4.2.4 – Braço de Alavanca

O braço da catapulta foi fabricado com perfis de aço retangular de 20x30mm de 1,5mm de parede. Para a conexão do braço a estrutura e ao atuador foram usinados buchas de aço para reforço das regiões de contato.

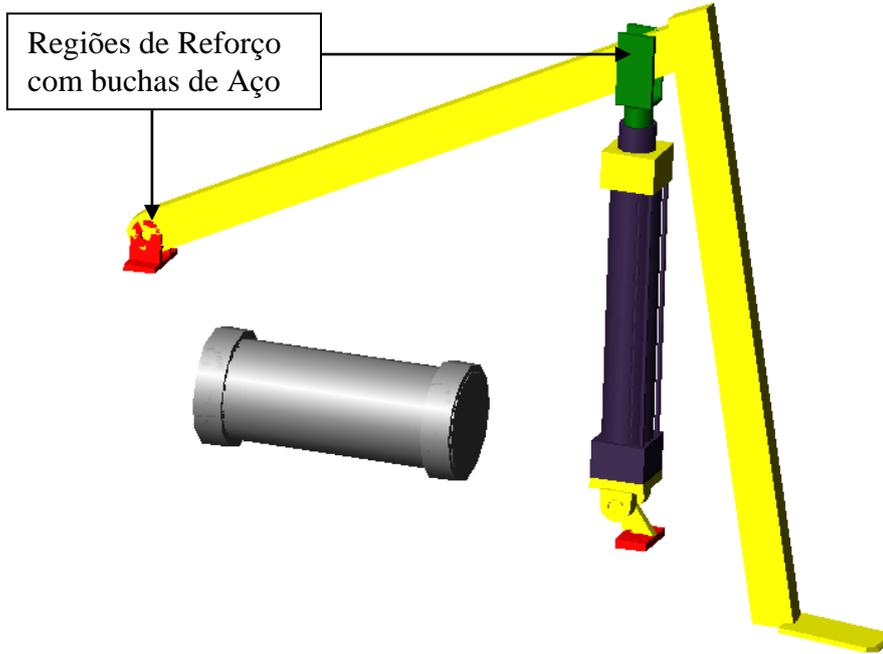


Fig 19: Montagem com os reforços.

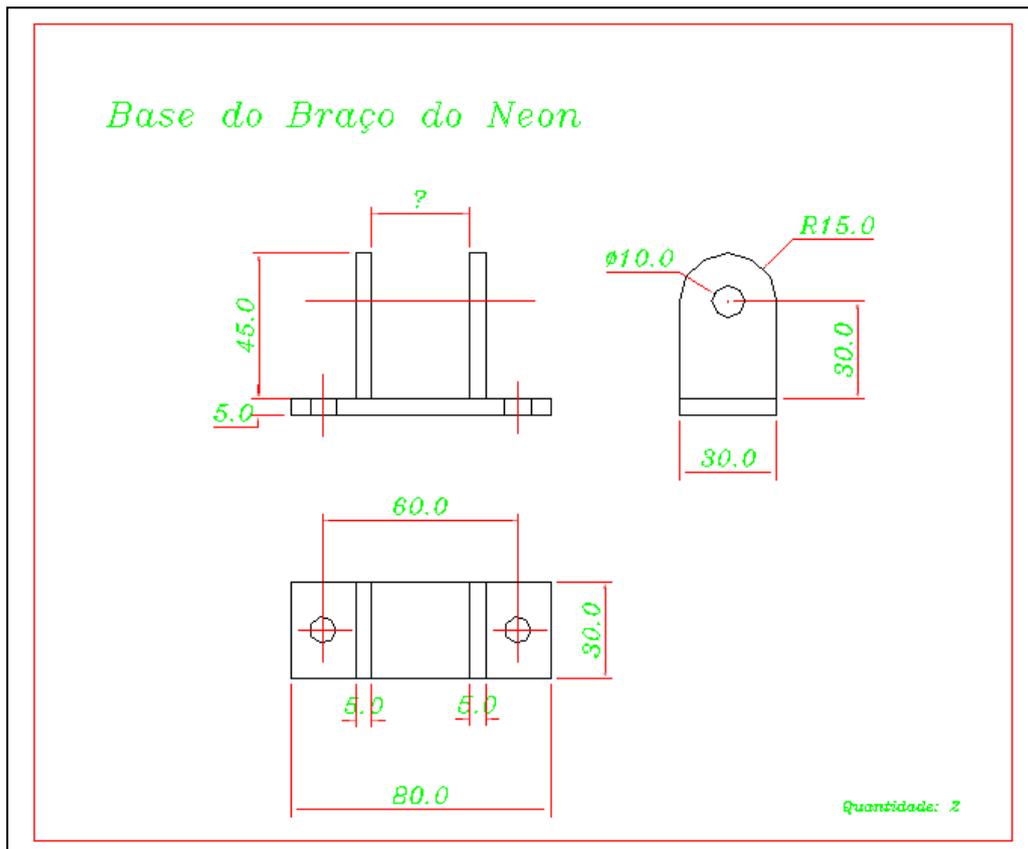


Fig 20: Mancal do Braço.

1.5 Cálculo do Peso

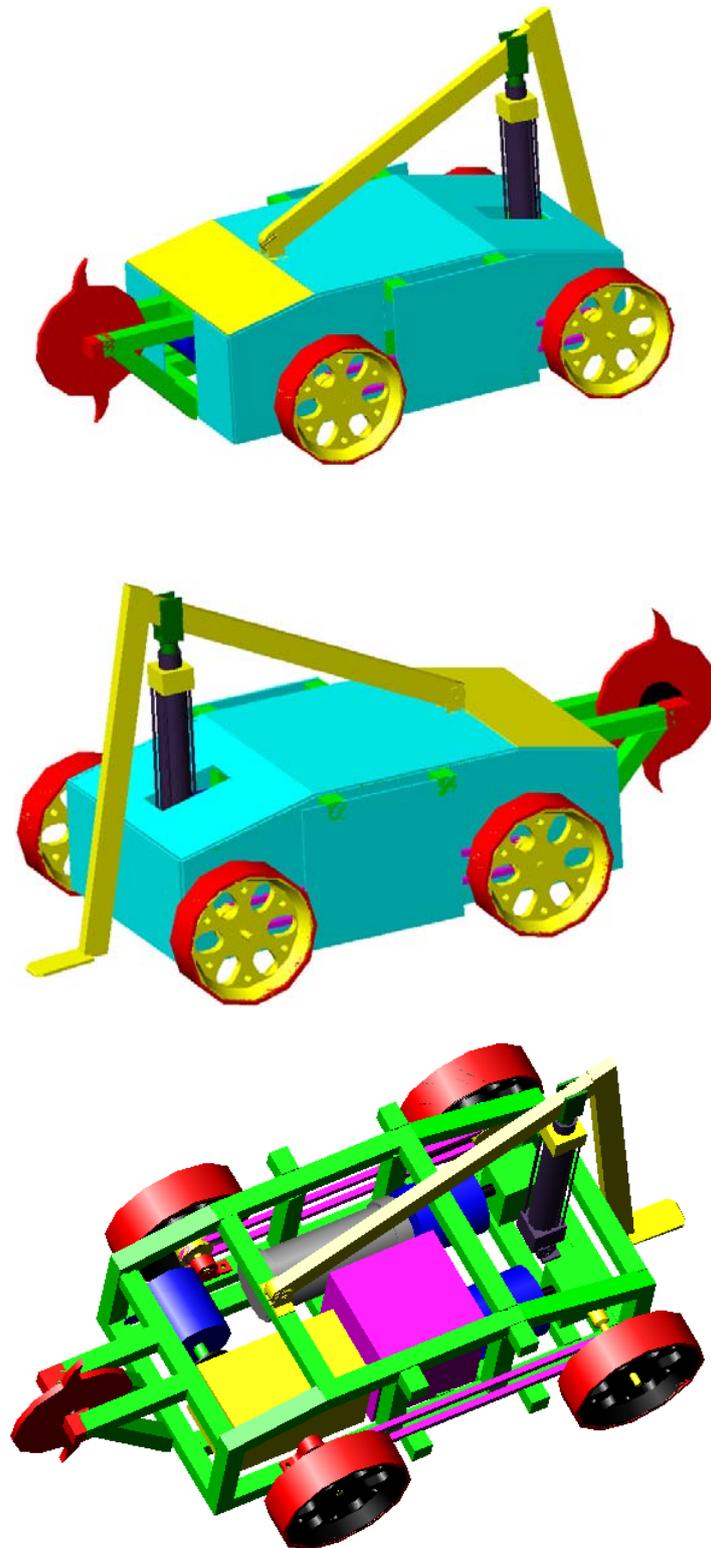
Como dito anteriormente, o peso é um fator limitante do projeto, portanto temos que ter o máximo de cuidado ao calculá-lo para não cairmos em erros que só seriam descobertos ao final da montagem do robô. Apesar do cuidado, o peso calculado foi superado em 2Kg depois do fim da etapa de montagem, o que ocasionou um esforço muito grande da equipe para adequar o projeto à regra. Nas tabelas a seguir, temos o cálculo de peso. O item Erro, faz referência aos parafusos utilizados para a fixação da carenagem e estrutura.

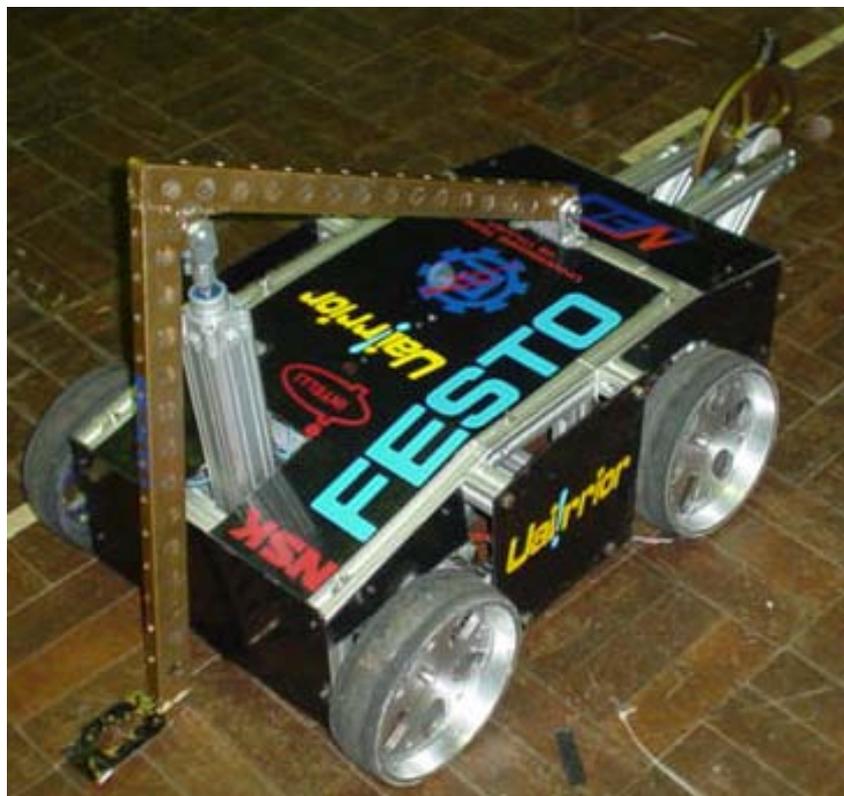
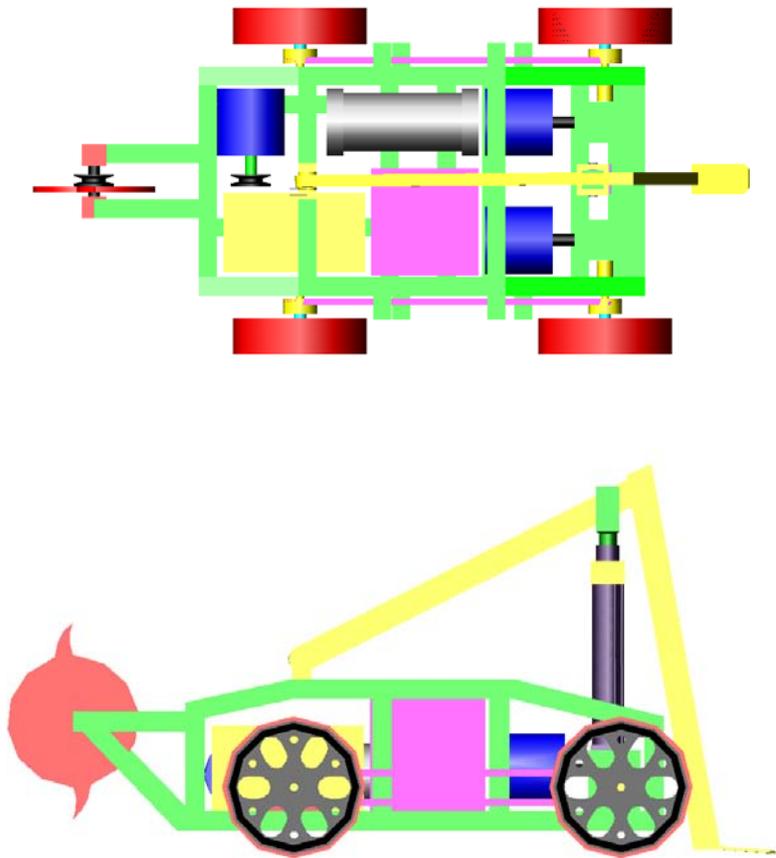
Obs.: De acordo com as regras da competição do 4° Eneca 2004 o peso limite dos robôs era 50 Kg.

Cálculo de Peso do Neon

Peça	Peso		Quantidade	Total
Redutor	1,5	kg/unid.	2	3,000
Motor 62H	2,8	kg/unid.	3	8,400
Bateria	9,4	kg/unid.	1	9,400
Cilindro Pneumático	1,726	kg/unid.	1	1,726
Conexões do Cilindro	0,428	kg/unid.	1	0,428
Válvula Solenóide	0,25	kg/unid.	1	0,250
Regulador de Pressão	0,456	kg/unid.	1	0,456
Braço da Catapulta	1,75	kg/unid.	1	1,750
Reservatório de N2	1,9	kg/unid.	1	1,900
Disco de Impacto	7600	Kg/m3	0,00032965	2,505
Eletrônico	2	kg/unid.	1	2,000
Eixos	7600	Kg/m3	0,00024825	1,887
Mancal	2100	Kg/m3	0,00016852	0,354
Polycarbonato	1200	Kg/m3	0,0014630	1,756
Rodas	1,015	kg/unid.	4	4,060
Estrutura	0,9	Kg/m		9,100
Erro				1,000
Total				49,97156528

1.6 Desenhos e Fotos do Projeto





2. Projeto Eletrônico

O sistema eletrônico básico dos Robôs é composto por:

- Transmissor e receptor futaba;
- Bateria 12V ou união em serie para formar uma tensão de 24V;
- Placa de controle;
- Placa de potência.
- Placa e acionamento de relé para o acionamento da catapulta pneumática.

2.1 O Receptor e o Servo Pulso

Este receptor é alimentado pela placa de controle com uma tensão de 5V e sua função é de receber os sinais vindos do rádio-controle e transformá-los em servo-pulso. Este tipo de sinal pode ser resumido como uma onda com pulsos retangulares, que carregam a informação em suas larguras, que normalmente variam de 1 ms, quando o cursor do rádio-controle está na posição mínima, a 2 ms, quando o cursor do rádio-controle está na posição máxima. Assim, quando o cursor está no meio, o receptor envia à placa de controle um sinal formado por pulsos retangulares com largura de 1.5 ms, numa frequência em torno de 50Hz. Esta frequência não é tão importante, já que as informações estão contidas na largura dos pulsos.



Fig 21: Receptor Futaba.

Dessa forma, dois canais estão destinados à movimentação do robô (frente, trás, direita, esquerda e suas combinações possíveis).

2.2 Bateria

No Projeto Neon foi utilizado uma bateria automotiva da empresa Delphi Freedom, modelo DF36D, pois essa bateria garante potência necessária para a movimentação do robô com a arma na pior situação possível, que é a de travamento dos motores. As especificações da bateria estão a baixo.

Modelo	ABNT	C20 (Ah)	RC (min.)	C.C.A. (S.A.E.)	Corrente de Teste (A)	Dimensões Externas (mm)	Peso (kg)
DF36D	036D1JR/036D1KR	36	46	300	150	175x175x175	9,4

C.C.A – Corrente de Partida

Obs.: Baterias automotivas não são mais permitida nas novas regras estabelecidas a partir de 2005.

2.3 Placa de Controle

Os robôs são controlados através de um controle remoto (rádio frequência - o mesmo usado em aeromodelismo), que transmite os comandos realizados para um receptor. Para capturar e decodificar os sinais recebidos foi desenvolvida a placa de controle.

Ela possui como componente principal um microcontrolador (PIC16F628A), que nada mais é que um circuito integrado programável, podendo suas saídas serem definidas como funções de suas entradas. Essa placa é alimentada com uma tensão de 12 V e possui como entrada 4 canais de sinal que vêm do receptor.

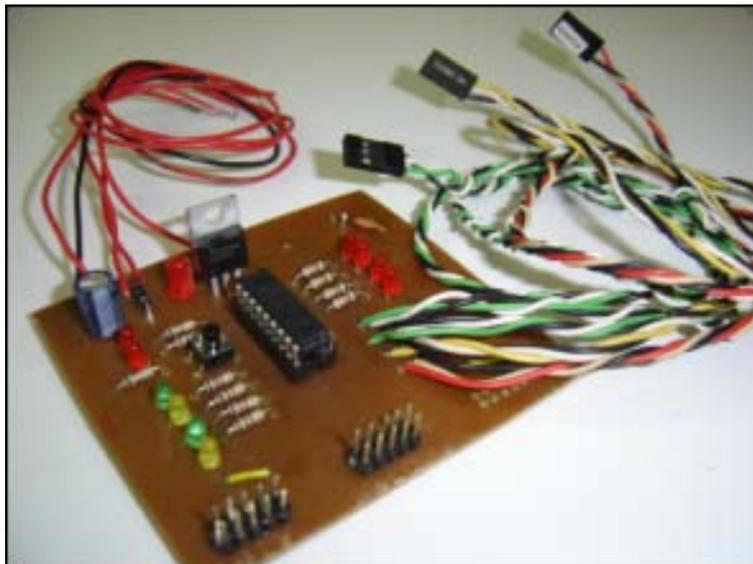


Fig 22: Placa de Sinal.

2.3.1 - Fluxogramas do Programa do Microcontrolador

Como o microcontrolador trabalha em uma alta frequência, suas tarefas internas são praticamente realizadas em paralelo. Os fluxogramas das atividades principais seguem abaixo.

Rotina de Verificação do Desligamento do Controle

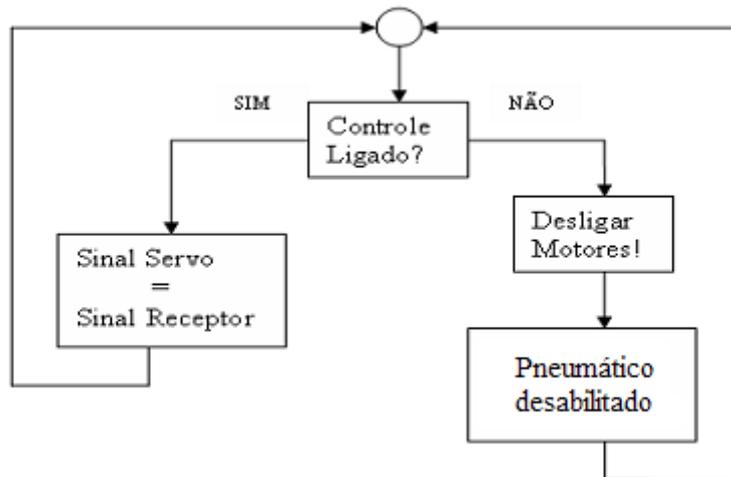


Fig 23: Fluxograma com rotina de desligamento.

“Controle Ligado?”

Existe uma rotina no programa que percebe se o controle está ligado ou não, ou seja, se o receptor está recebendo algum sinal do rádio-controle ou não. A placa de controle, além do microcontrolador, possui LED's para a interação com o usuário e um destes LED's indica o estado do rádio-controle (ligado ou desligado).

“Sinal Servo = Sinal Receptor”

Quando o controle está ligado, o funcionamento dos outros fluxogramas que serão apresentados a seguir ocorrerá de forma normal.

A placa de controle envia sinal para uma placa auxiliar que controla o sistema pneumático, o acionando ou não. Do mesmo modo um sinal controla a partida do disco frontal do robô.

“Desligar Motores!”

Quando se percebe que o controle está desligado, ou que o receptor não está recebendo um sinal correto, o LED que indica o estado do rádio-controle se apaga. Assim, o controlador do robô (pessoa que carrega o rádio-controle) não pode mais enviar comandos ao robô, que fica livre e desgovernado, podendo isso causar diversos tipos de danos. Mas, o microcontrolador, ao perceber a ausência do

signal, desliga os motores que fazem o robô se movimentar, deixando-o imóvel. Do mesmo modo o motor da Arma é desligado.

“Pneumático desabilitado”

Outra ação do microcontrolador ao perceber que houve a perda do sinal do rádio-controle é mandar o braço pneumático recolher e ficar em espera de sinal. Evitando assim que ele seja acionado causando qualquer tipo de problema.

2.3.2 - Medição dos Canais 1 e 2 e Processamento Servo Pulso – PWM

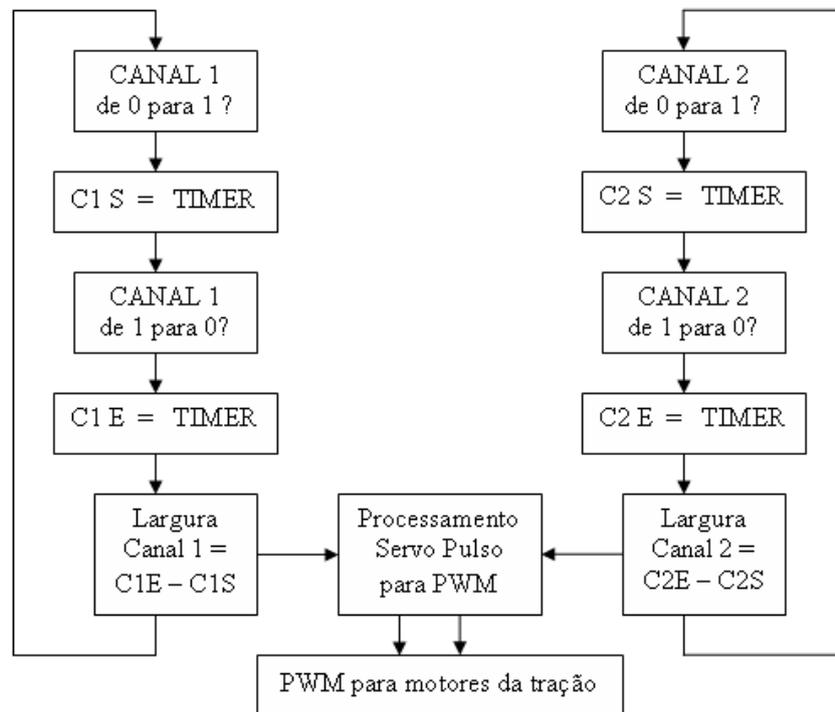


Fig 24: Fluxograma de processamento.

“CANAL 1 – de 0 para 1?”

O microcontrolador mantém uma constante observação no pino onde o canal 1 está conectado. O canal 1 é responsável pelo movimento para frente ou para trás do robô.

“C1 S = TIMER”

Quando o sinal do canal 1 varia de 0 para 1, esse é o momento quando deve ser iniciada a contagem do tempo da largura do pulso.

Dessa forma, existe uma espécie de cronômetro (TIMER) atuando enquanto o microcontrolador está ligado. O valor presente desse cronômetro é gravado em uma variável (C1 S , que indica Canal 1 Start).

“CANAL 1 – de 1 para 0?”

O microcontrolador mantém a atenção sobre o pino onde o canal 1 está conectado, mesmo enquanto realiza outras rotinas.

“C1 E = TIMER”

Quando o sinal do canal 1 varia de 1 para 0, esse é o momento em que se deve ser encerrada a contagem do tempo da largura do pulso do canal 1.

O valor presente do TIMER, que agora é outro valor, diferente de quando o canal 1 mudou de 0 para 1, é gravado em uma outra variável (C1 E , que indica Canal 1 End).

“Largura Canal 1 = C1 E – C1 S”

Após o encerramento do pulso no canal 1, o microcontrolador realiza a operação matemática indicada acima, que resulta no valor da largura do pulso. A largura do pulso do canal 1 indica se o robô irá para frente (largura de 1,5ms a 2ms), para trás (de 1ms a 1,5ms) ou se o robô não se movimenta em nenhuma dessas direções (em torno de 1,5ms).

“CANAL 2 – de 0 para 1?”

O microcontrolador também mantém uma constante observação no pino onde o canal 2 está conectado. O canal 2 é responsável pelo movimento do robô em torno de seu eixo para esquerda ou para direita.

“C2 S = TIMER”

Quando o sinal do canal 2 varia de 0 para 1, esse é o momento quando deve ser iniciada a contagem do tempo da largura do pulso do canal 2.

O valor presente do timer é gravado em uma variável (C2 S , que indica Canal 2 Start).

“CANAL 2 – de 1 para 0?”

O microcontrolador mantém a atenção sobre o pino onde o canal 2 está conectado, mesmo enquanto realiza outras rotinas.

“C2 E = TIMER”

Quando o sinal do canal 2 varia de 1 para 0, esse é o momento em que se deve ser encerrada a contagem do tempo da largura do pulso do canal 2.

O valor presente do TIMER, que agora é outro valor, diferente de quando o canal 2 mudou de 0 para 1, é gravado em uma outra variável (C2 E , que indica Canal 2 End).

“Largura Canal 2 = C2 E – C2 S”

Após o encerramento do pulso no canal 2, o microcontrolador realiza a operação matemática indicada acima, que resulta no valor da largura do pulso. A largura do pulso do canal 2 indica se o robô irá girar em torno de seu eixo para a direita (largura de 1,5ms a 2ms), para a esquerda (de 1ms a 1,5ms) ou se o robô não gira em torno do eixo (em torno de 1,5ms).

“Processamento Servo Pulso para PWM”

O PWM é um sinal pulsado, com frequência definida, que tem sua largura variando de 0 a 100%. Essa variação faz o controle de velocidade dos motores que fazem a movimentação do robô, que por serem motores de corrente contínua, têm suas velocidades alteradas de acordo com os valores médios de tensão aplicados sobre eles. Este fato está mais detalhado nas explicações sobre a “placa de potência”.

Assim, este processamento consiste em tomar as larguras dos pulsos do canal 1 e canal 2 e fazer a sobreposição dos mesmos no formato PWM, por exemplo, o robô poderá andar para frente (a comando do canal 1) e ao mesmo tempo ir girando para a direita (a comando do canal 2), lembrando que dois motores são responsáveis para a movimentação do robô.

2.3.3 - A Transformação Servo Pulso – PWM

O sinal servo-pulso pode ser definido como uma onda retangular pulsada, com frequência em torno de 50Hz, não precisando ser exatamente esta, já que a informação que este sinal carrega está em sua largura variável, que está na faixa de 1 a 2ms.

A transformação servo pulso para PWM usada para a movimentação do robô é feita utilizando as fórmulas abaixo, obtidas empiricamente:

$$PWMD = (L1 - L2) \times 200 \%$$

$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \%$$

Onde:

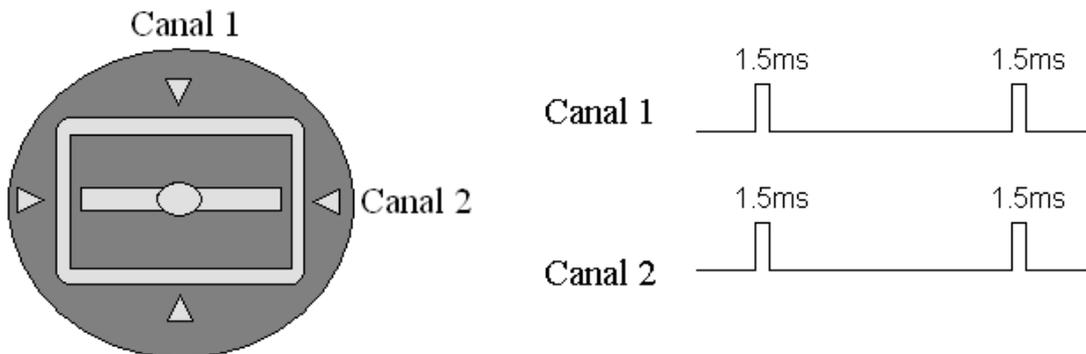
PWMD – PWM destinado ao motor direito

PWME – PWM destinado ao motor esquerdo

L1 – Largura do Canal 1, em milisegundos

L2 – Largura do Canal 2, em milisegundos

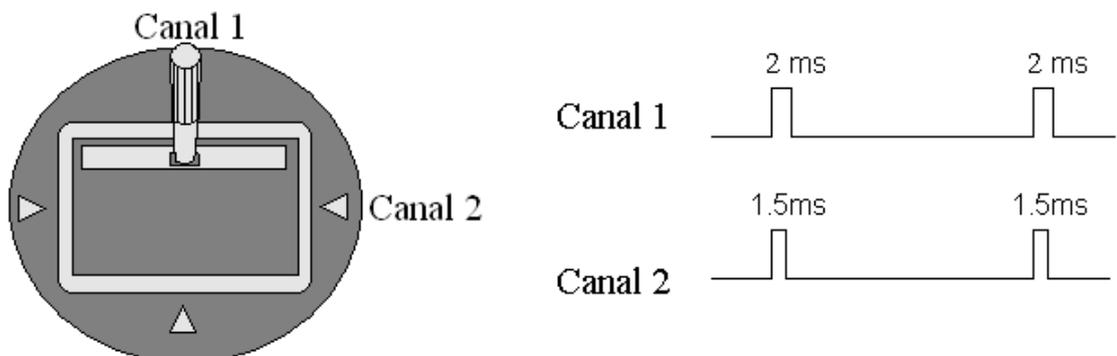
Logo abaixo estão alguns exemplos da utilização das fórmulas acima.



Com o controlador nessa posição, o robô tem que estar parado, com os dois motores, o do lado esquerdo e o do lado direito, desligados.

$$PWMD = (L1 - L2) \times 200 \% = (1.5 - 1.5) \times 200\% = 0 \%$$

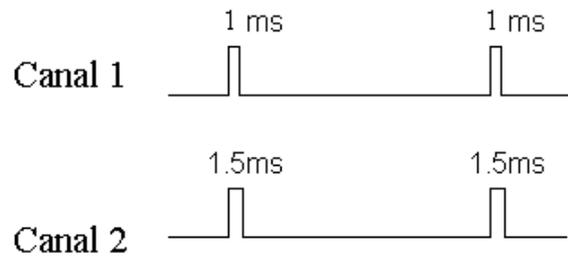
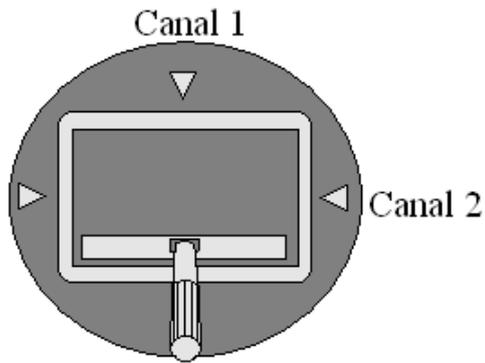
$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (1.5 + 1.5 - 3) \times 200\% = 0 \%$$



Nessa posição, o robô tem que ir pra frente com sua velocidade máxima. Assim, os dois motores têm que estar a 100%.

$$PWMD = (L1 - L2) \times 200 \% = (2 - 1.5) \times 200\% = 100 \%$$

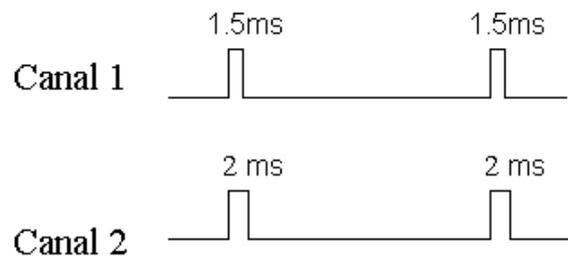
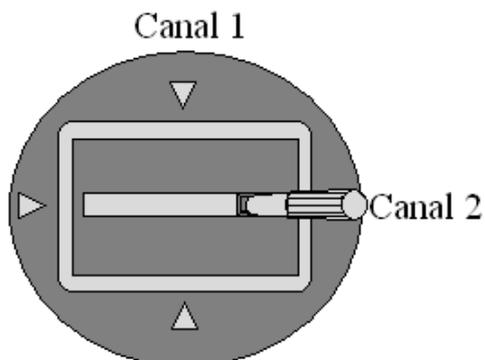
$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (2 + 1.5 - 3) \times 200\% = 100 \%$$



Agora o robô tem que ir para trás com velocidade máxima. O sinal negativo do PWM apresentado significa que o motor deve girar em sentido contrário.

$$PWMD = (L1 - L2) \times 200 \% = (1 - 1.5) \times 200\% = -100 \%$$

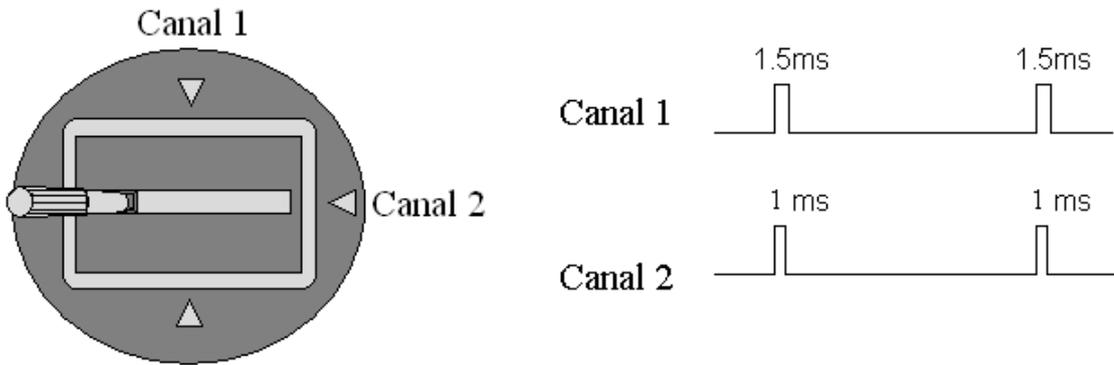
$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (1 + 1.5 - 3) \times 200\% = -100 \%$$



Nessa posição, o robô tem que girar para a direita em torno de seu próprio eixo. Dessa forma, o motor do lado direito deve ser acionado para trás e o da esquerda deve ser acionado para frente, com máximas velocidades.

$$PWMD = (L1 - L2) \times 200 \% = (1.5 - 2) \times 200\% = -100 \%$$

$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (1.5 + 2 - 3) \times 200\% = 100 \%$$

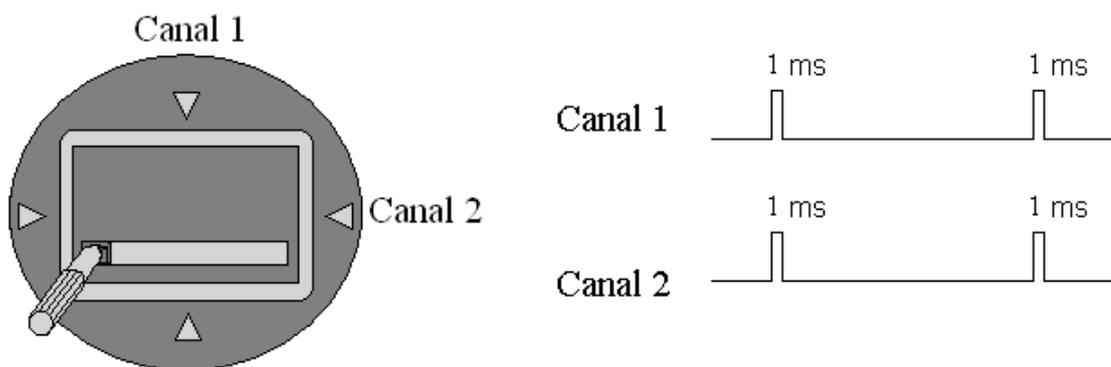


Nessa posição, o robô tem que girar em torno de seu próprio eixo para a esquerda. Portanto, o motor do lado esquerdo deve ser acionado para trás e o da direita deve ser acionado para frente, ambos com máximas velocidades.

$$\text{PWMD} = (L1 - L2) \times 200 \% = (1.5 - 1) \times 200\% = 100 \%$$

$$\text{PWME} = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (1.5 + 1 - 3) \times 200\% = -100 \%$$

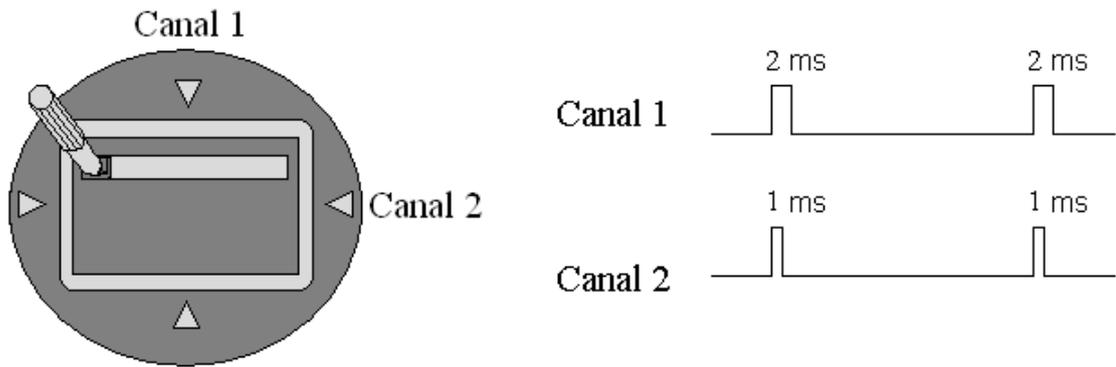
Quando o controlador vai para regiões transversais do controle, as intensidades dos PWMs podem alcançar valores maiores que 100% ou menores que -100%. Assim, quando o microcontrolador encontra valores maiores que 100%, ele considera como se fosse 100%. Analogamente, quando o microcontrolador encontra valores menores que -100%, ele considera como se fosse -100%. Exemplos desse fato estão logo abaixo.



Nessa posição, o robô aciona o motor esquerdo para trás, enquanto o motor direito permanece parado.

$$\text{PWMD} = (L1 - L2) \times 200 \% = (1 - 1) \times 200\% = 0 \%$$

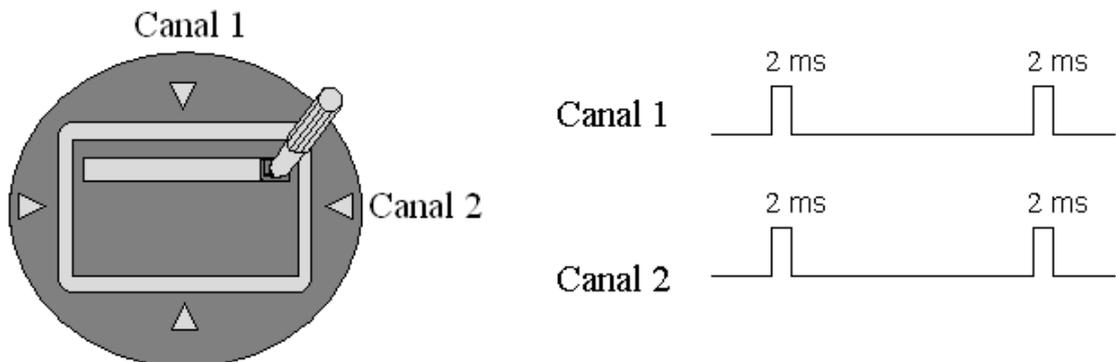
$$\text{PWME} = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (1 + 1 - 3) \times 200\% = -200 \% \rightarrow -100\%$$



Nessa posição, o robô aciona o motor direito para frente, enquanto o motor esquerdo permanece parado.

$$PWMD = (L1 - L2) \times 200 \% = (2 - 1) \times 200\% = 200 \% \rightarrow 100\%$$

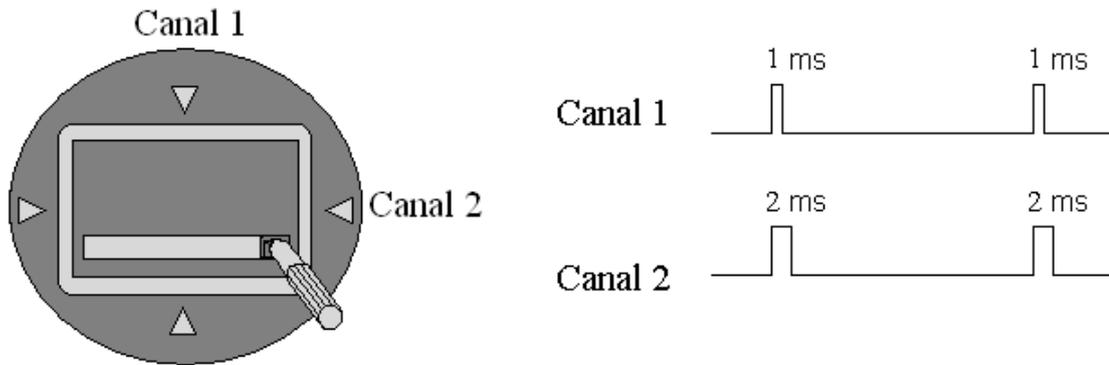
$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (2 + 1 - 3) \times 200\% = 0 \%$$



Nessa posição, o robô aciona o motor esquerdo para frente, enquanto o motor direito permanece parado.

$$PWMD = (L1 - L2) \times 200 \% = (2 - 2) \times 200\% = 0 \%$$

$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (2 + 2 - 3) \times 200\% = 200 \% \rightarrow 100 \%$$



Nessa posição, o robô aciona o motor direito para trás, enquanto o motor esquerdo permanece parado.

$$PWMD = (L1 - L2) \times 200 \% = (1 - 2) \times 200\% = -200 \% \rightarrow -100\%$$

$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (1 + 2 - 3) \times 200\% = 0 \%$$

2.3.4 - O Sinal PWM

O PWM é um sinal retangular pulsado, com frequência definida, que possui seu ciclo de trabalho entre 0 e 100. O on-time é o tempo em que a fonte C.C. é aplicada à carga, e o off-time é o período em que essa fonte é desligada. Dado uma largura de faixa conveniente, qualquer valor analógico pode ser codificado com PWM.

A figura abaixo mostra três sinais diferentes de PWM. A primeira imagem mostra uma saída PWM com um ciclo de trabalho de 10%. Isto é, o sinal está em nível alto em 10% do período e em nível baixo por 90%. As outras imagens mostram saídas de PWM em ciclos de trabalho de 50% e de 90%, respectivamente. Estas três saídas de PWM codificam três valores diferentes do sinal analógico, em 10%, em 50% e em 90% da tensão máxima. Se, por exemplo, a fonte for de 12V e o ciclo de trabalho for 10%, o resultado é um sinal analógico de 1,2 V.

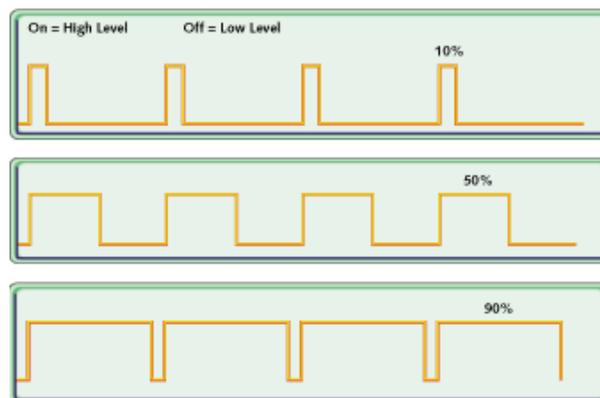


Fig 25: Sinais de PWM.

Uma das vantagens do PWM é que o sinal permanece digital durante todo o caminho do microcontrolador até o sistema controlado. Nenhuma conversão D/A é necessária. Mantendo o sinal na forma digital, os efeitos dos ruídos são minimizados. Um ruído somente pode afetar um sinal digital se for grande o bastante para mudar um sinal de nível alto para nível baixo, ou vice-versa.

2.3.5 – Hardware

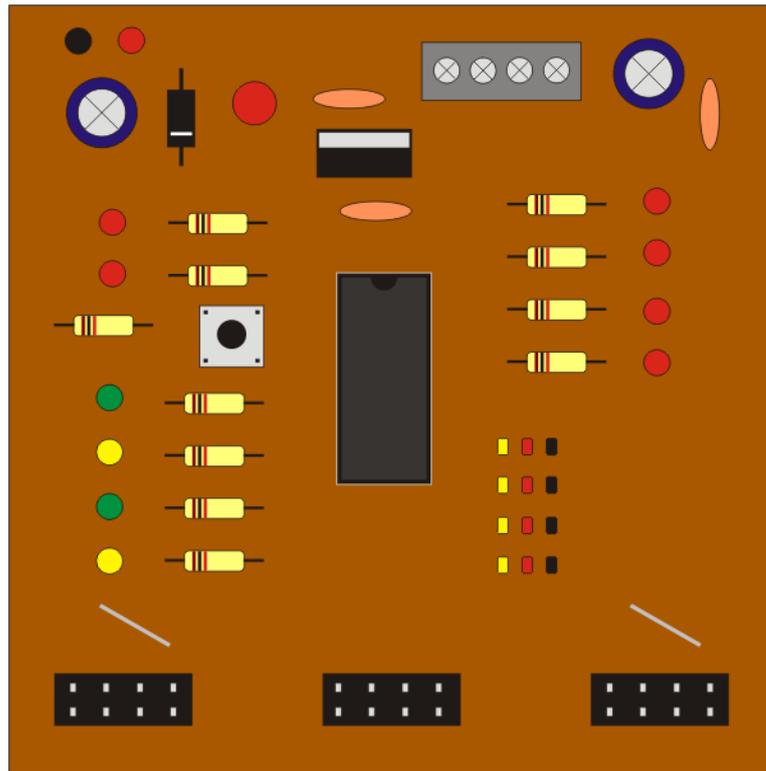


Fig 26: Placa de controle.

A placa de controle é composta por sete partes:

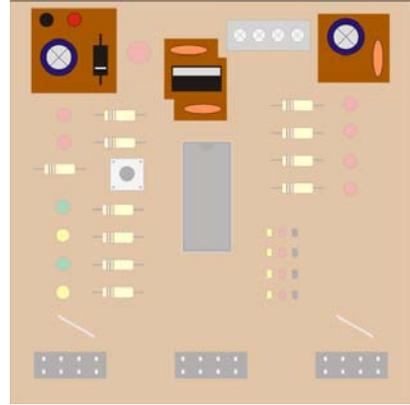
- Alimentação
- Microcontrolador
- Entrada dos sinais
- Saídas PWM
- Saída normal
- LEDs sinalizadores
- Botão de calibração

2.3.5.1 - Alimentação

A placa de controle é alimentada por 12v (DC) da bateria do robô. Através do regulador de tensão LM7805, reduzimos para 5v, podendo assim se utilizada pelo microcontrolador.

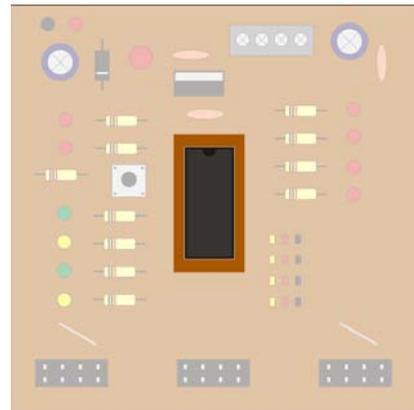
Capacitores foram utilizados para redução dos possíveis ruídos que pudessem atrapalhar no processamento dos sinais.

Para proteção do circuito contra a inversão de polaridade na alimentação, foi usado um diodo na entrada do regulador.



2.3.5.2 - Microcontrolador

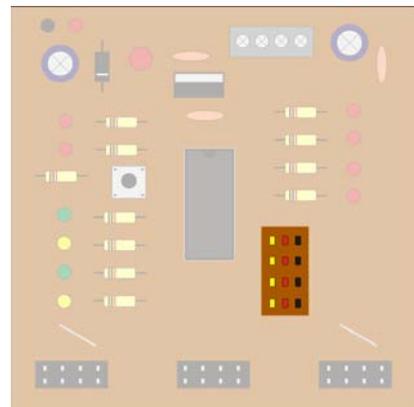
O microcontrolador é responsável pelo processamento dos sinais, transformando-os assim em sinais que serão utilizados nas saídas PWM e saídas lógicas, explicadas posteriormente.



2.3.5.3 - Entrada dos sinais

Após receber os comandos enviados por RF pelo controle, o receptor os transforma em sinais (servo pulso), que são enviados para o microcontrolador através de canais.

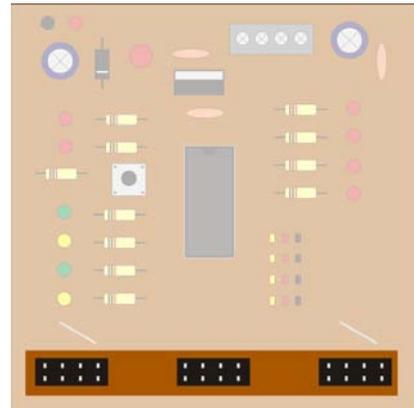
Podendo suportar até 4 canais, cada canal é composto por três fios. Dois são utilizados para alimentar o receptor (vermelho e preto), e um para receber o sinal (amarelo).



2.3.5.4 - Saídas PWM

A placa de controle possui três saídas PWM e cada saída é composta por 10 pinos, que serão conectados a um cabo e levados a placa de potência.

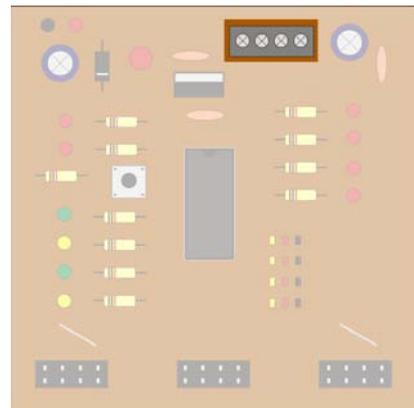
Cada pino tem sua função, podendo ser de alimentação (12v e GND) ou do sinal PWM propriamente dito.



2.3.5.5 - Saída normal

A saída normal é utilizada para o acionamento de diversos tipos de cargas, como, por exemplo, uma arma do robô.

Ela é composta por um conector com quatro saídas. Duas delas é utilizada para alimentar outros circuitos (5v e GND), e as outras duas, são as saídas lógicas (0v ou 5v).



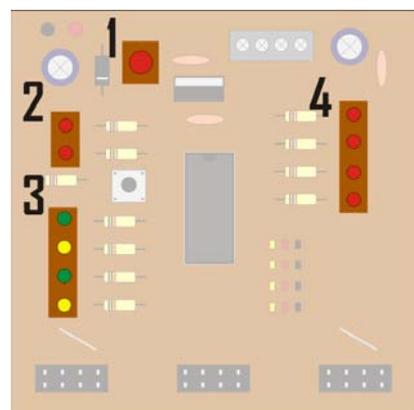
2.3.5.6 - LEDs sinalizadores

Cada LED indica um tipo de ação.

1. LED da alimentação: indica a se a placa de controle está alimentada ou não.

2. LEDs extras: podem ser utilizados para indicar qualquer tipo de ação como, por exemplo, se certo canal do receptor está ativado.

3. LEDs do movimento: indicam o sentido de dois motores responsáveis pelo movimento do robô. Os verdes



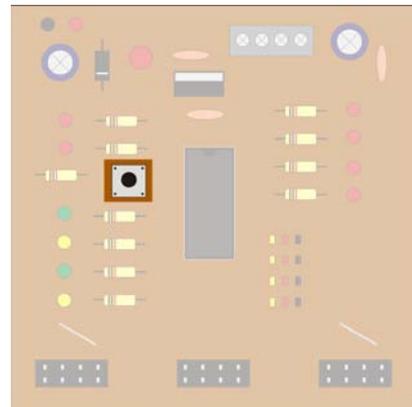
indicam que os motores estão girando em sentido normal (para frente) e os amarelos indicam que estão girando em sentido contrário (para trás). A tabela abaixo mostra como esses LEDs (escritos de cima para baixo) indicam o movimento do robô.

Verde	Amarelo	Verde	Amarelo	Movimento
Aceso	Apagado	Aceso	Apagado	Frente
Apagado	Aceso	Apagado	Aceso	Trás
Aceso	Apagado	Apagado	Apagado	Direita
Apagado	Apagado	Aceso	Apagado	Esquerda
Aceso	Apagado	Apagado	Aceso	Gira no eixo (horário)
Apagado	Aceso	Aceso	Apagado	Gira no eixo (anti-horário)

4. LEDs das armas: indicam o estado das armas, sendo que os dois primeiros (vistos de cima para baixo) indicam o sentido de um terceiro motor e os dois últimos indicam os estados lógicos de cada uma das saídas do conector de saída normal.

2.3.5.7 - Botão de calibração

Este botão é utilizado para a calibração da placa de controle, sendo pressionado quando o controle remoto está em sua posição inicial, ou seja, quando não está indicando nenhum movimento do robô e nem acionando as armas.



2.4 Placa de Potência

Para este projeto foi utilizado um circuito de potencia pronto, a OSMC3-2. Este circuito faria a interface entre o microcontrolador, e os componentes de potencia (motores). Antes de sua utilização foi estudado todo o seu funcionamento, de modo a se gerar os sinais adequados para a correta movimentação do Robô. Além disso, este estudo servirá de base para a confecção da eletrônica de potencia própria da equipe. Fato este que se tornou realidade em 2006.

O coração desta placa de potência é o driver HIP4081A fabricado pela intersil. É um circuito integrado para o completo acionamento de uma ponte H, e pode suportar uma grande variação de tensão de alimentação (12 a 80V) e gera os sinais necessários ao funcionamento do MOSFETS.

O CI HIP4081A possui quatro entradas que correspondem às saídas para mosfet (ou grupo de mosfets) da ponte H. A fonte de sinal deve prover sinais PWM as entradas do circuito integrado para efetuar o controle. As linhas de entrada do 4081 são "TTL modificadas" de modo que um sinal de nível alto apresenta uma tensão entre 3 e 12V, o que permite uma grande variedade de fontes de sinal a serem utilizados.

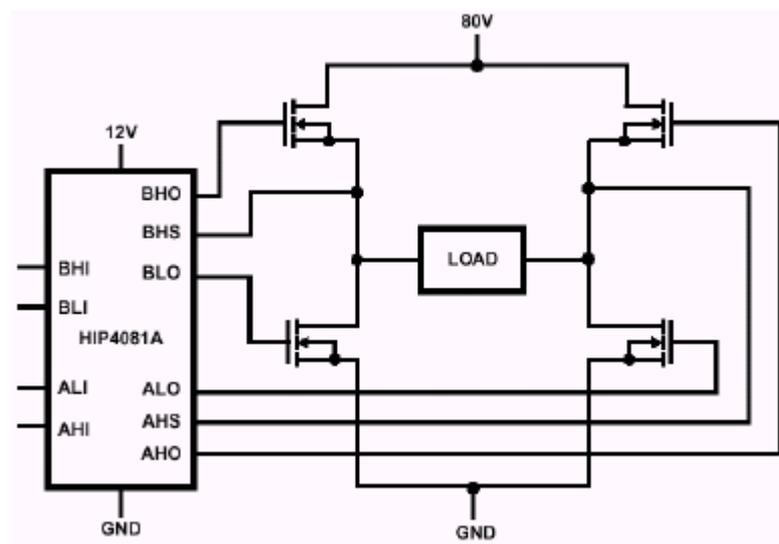


Fig 27: Detalhamento do acionamento pelo HIP.

Devido à natureza dos mosfets de canal N empregados em pontes H de alta potência, o driver deve fornecer aproximadamente 10V acima da tensão da fonte de alimentação para que os mosfets acionem. O HIP4081 pode fornecer até 90V na parte superior da ponte (AHO BHO).

Isso é realizado através de um subsistema chamado charge-pump. Utilizando apenas um capacitor e um diodo externamente, O HIP4081 gera a tensão requerida na ponte.

Os gates dos mosfets, tais como os empregados nesse circuito, são sensíveis a tensões altas e baixas. Pequenos picos de tensão para mais ou para menos

podem destruí-los, e para proteger os gates, são inseridos diodos zenners ao circuito. Os diodos grampeiam os picos de tensão. Como no gate do mosfet tem-se um efeito capacitivo, picos de tensão podem ser gerados enquanto ocorre a carga ou descarga da capacitância de gate durante o chaveamento.

O HIP4081 pode fornecer até 1 A em suas saídas; no entanto, quando vários Mosfets são colocados na ponte, a capacitância resultante é tal que uma corrente muito grande pode ser drenada do driver e, para limitar a corrente em algo razoável, pequenos resistores são adicionados entre a linha de saída e o respectivo gate. Esses resistores equilibram a corrente de gate além de limitarem a corrente total drenada. Embora esses resistores sejam capazes de auxiliar no ligamento e desligamento, eles podem contribuir com um grande problema em pontes H; um efeito chamado “shoot-through” que nada mais é do que um curto-circuito ocasionado pela presença de Mosfets ligados no mesmo lado da ponte.

Se essa condição “shoot-through” ocorre em um intervalo mínimo de tempo, o Mosfet talvez não se danifique. Contudo, para prevenir o circuito contra esse tipo de ocorrência, o HIP4081 conta com proteções internas. Trata-se de uma lógica que desliga a parte superior da ponte sempre que a parte inferior estiver ligada e vice-versa. Ainda assim, o efeito pode ocorrer devido ao tempo de carga e descarga da capacitância do gate. Isso se justifica porque o Mosfet tende a ligar muito mais rápido do que desligar. Visto dessa forma existe uma possibilidade da parte superior não estar completamente desligada quando a parte inferior for acionada, resultando em “shoot-through”.

O projeto assegura que este efeito não ocorrerá. Primeiramente, existe um atraso quando o sinal para o acionamento chega ao CI. Esse atraso é inserido para garantir que o Mosfet superior se encontrará desligado. Em casos extremos, esse sinal de atraso não é suficiente, então um diodo schottky é conectado em paralelo com os resistores de gate. Os diodos são orientados a conduzir quando o gate está sendo descarregado. Tal medida reduz significativamente o tempo de desligamento e elimina por completo o problema.

Os picos de tensão provenientes de carga indutivas tais como motores, ruídos de alta frequência de escovas e comutadores são problemas comuns para a eficácia do controle. O sistema emprega dispositivos chamados supressores de transientes de tensão (TVS); esses dispositivos são na verdade super diodos zenners otimizados para trabalharem seguramente com picos de tensão a alta corrente. Os diodos são conectados entre os terminais da bateria a fim de proteger os Fets e entre os terminais do motor para proteção contra picos de alta frequência. E finalmente, uma filtragem grosseira da fonte é feita por capacitores eletrolíticos.

A parte restante da placa de potência é a parte de regulagem de tensão, regulagem esta provida por um circuito integrado regulador chaveado: LM2574-HV12. Este CI apresenta uma eficiência muito maior comparado a um CI linear quando a tensão da bateria cai abaixo de 12V.

Identificação dos componentes	Finalidade	Comentários
C1 –C8	Capacitores utilizados para minimizar o ripple da fonte de tensão	A tensão máxima permitida para a placa é de 50V
D1, D6, D7	Diodos TVS utilizados para supressão de picos de tensão	Por serem dispositivos bidirecionais, podem lidar com surtos de quaisquer polaridades. Proteção dos Mosfets
Q1-Q16	Recebem o pulso de acionamento através do gate e permitem a passagem da corrente do dreno para o source	Com o cooler, cada mosfet pode acionar 40 A contínuos (4 Mosfets em cada braço da ponte), resultando em 160 A. Para menores correntes, podem ser usados menos transistores.
D2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11	Grampeiam a tensão de gate em 15V	Esses diodos protegem o gate contra os transientes de carga e descarga do Mosfet
R2-R20	Utilizados para diminuir o tempo "Turn on" do Mosfets	Se os Mosfets ligarem antes da parte superior ou inferior estiver desligada, ocorrerá o efeito shoot Throuh
D16-D31	Os diodos Schottky fornecem um atalho para a descarga rápida da energia do Mosfet	Trabalham em conjunto com os resistores de gate. Enquanto os schottky diminuem o tempo para ligar, os resistores aumentam.
D12, 14	Diodos de retorno	Recuperam carga para o circuito reforçador de tensão quando os Mosfets superiores estão ligados
R1/C2, R10/C3	Redes RC snubber	Filtro RC através dos terminais do motor. Absorvem ruídos de alta frequência
D15	Led indicador	Led vermelho de 5mm
Molex 70227	Recebe os sinais do MOB ou μ MOB	É inserido em conectores com travas para garantir alta confiabilidade em situações de choque mecânico intenso
HIP4081A	Driver Full bridge	Também utilizados em potências da Vantec, ver datasheet
L1, D13, C5	Fonte de tensão	Componentes de suporte do integrado regulador 2574

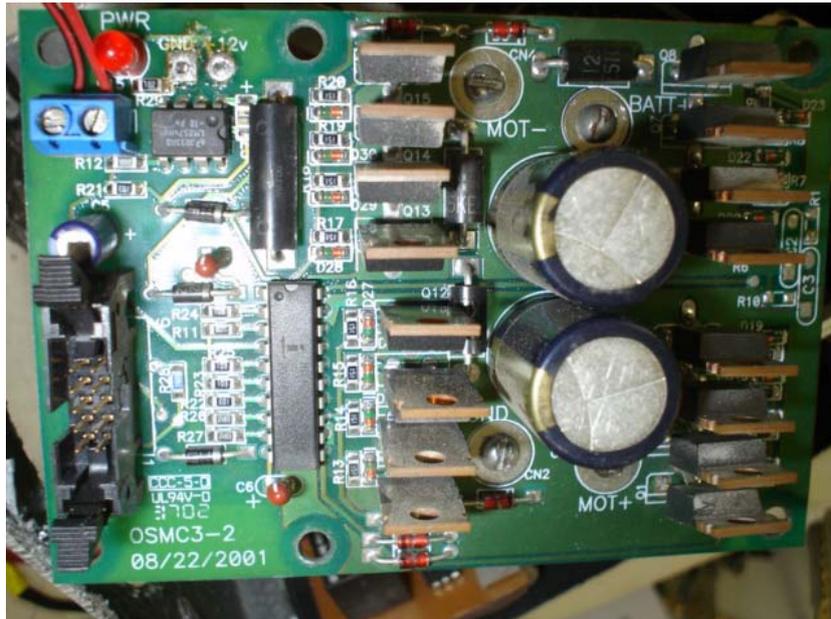


Fig 27: Foto superior da Placa.



Fig 28: Foto da montagem com o Cooler.

O layout da placa de potência, esquemático e lista de componentes eletrônicos são mostrados a seguir:

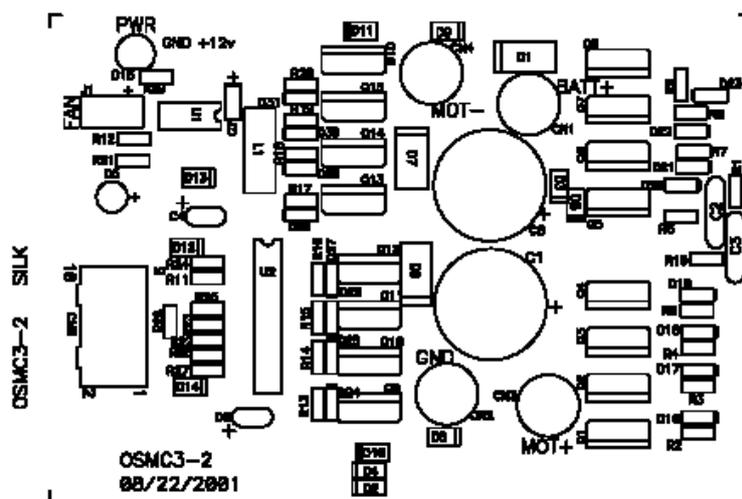
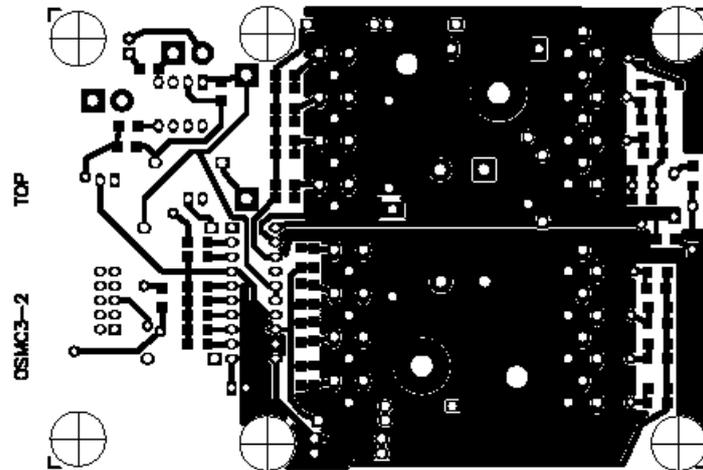
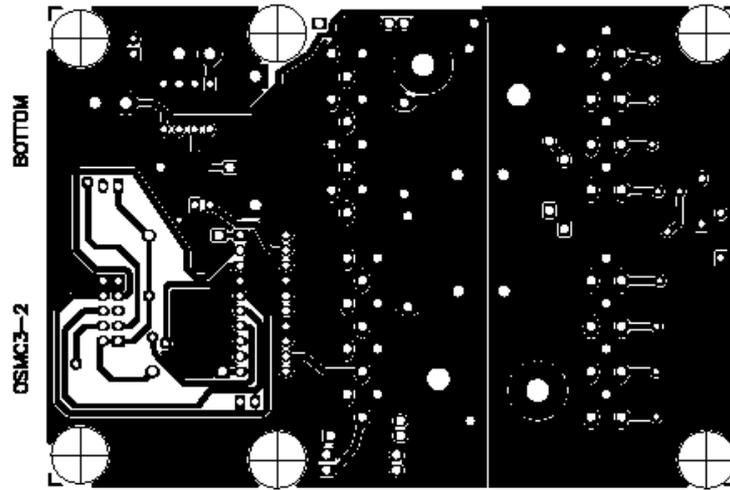


Fig 29: layout da placa.

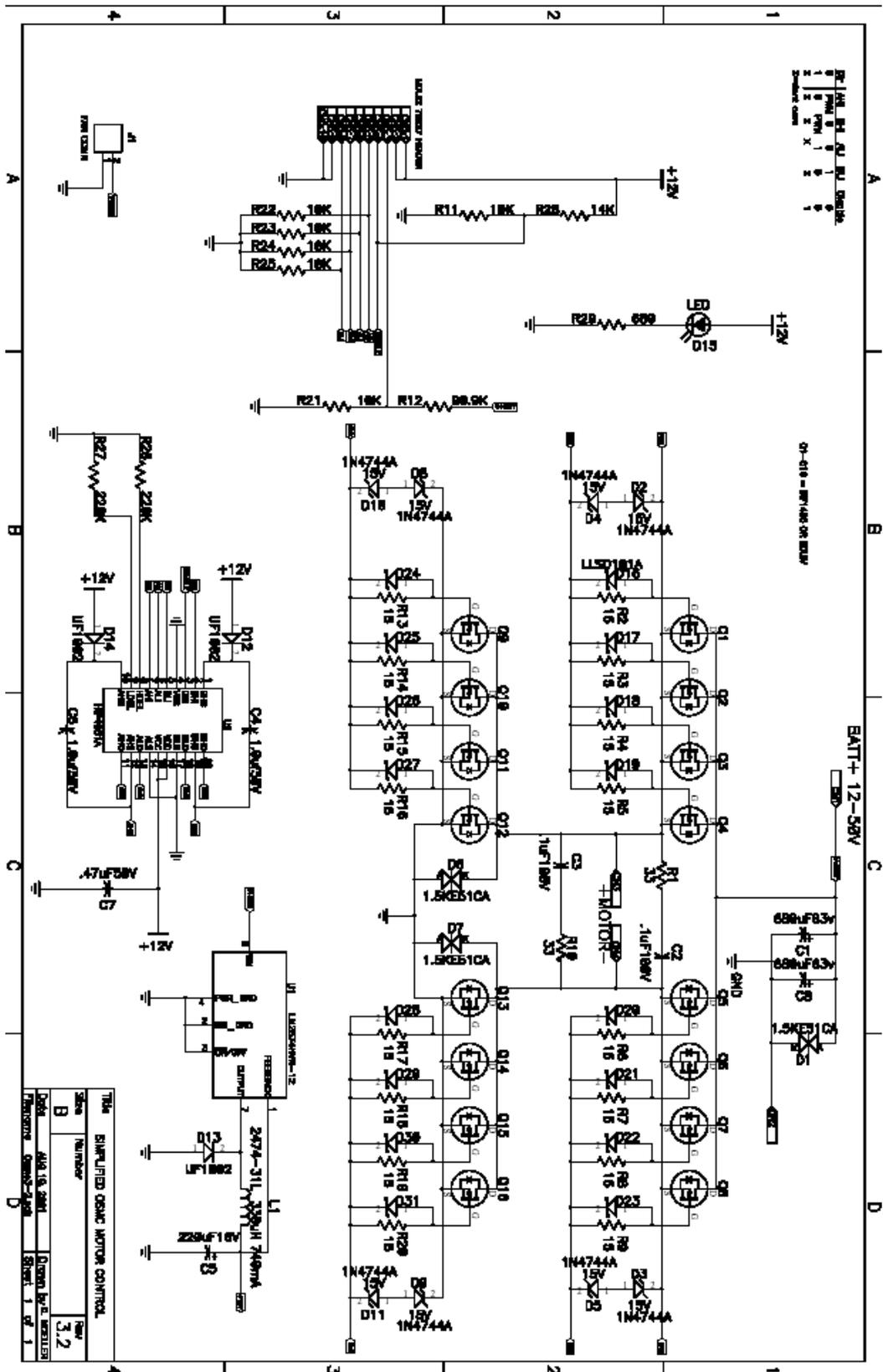
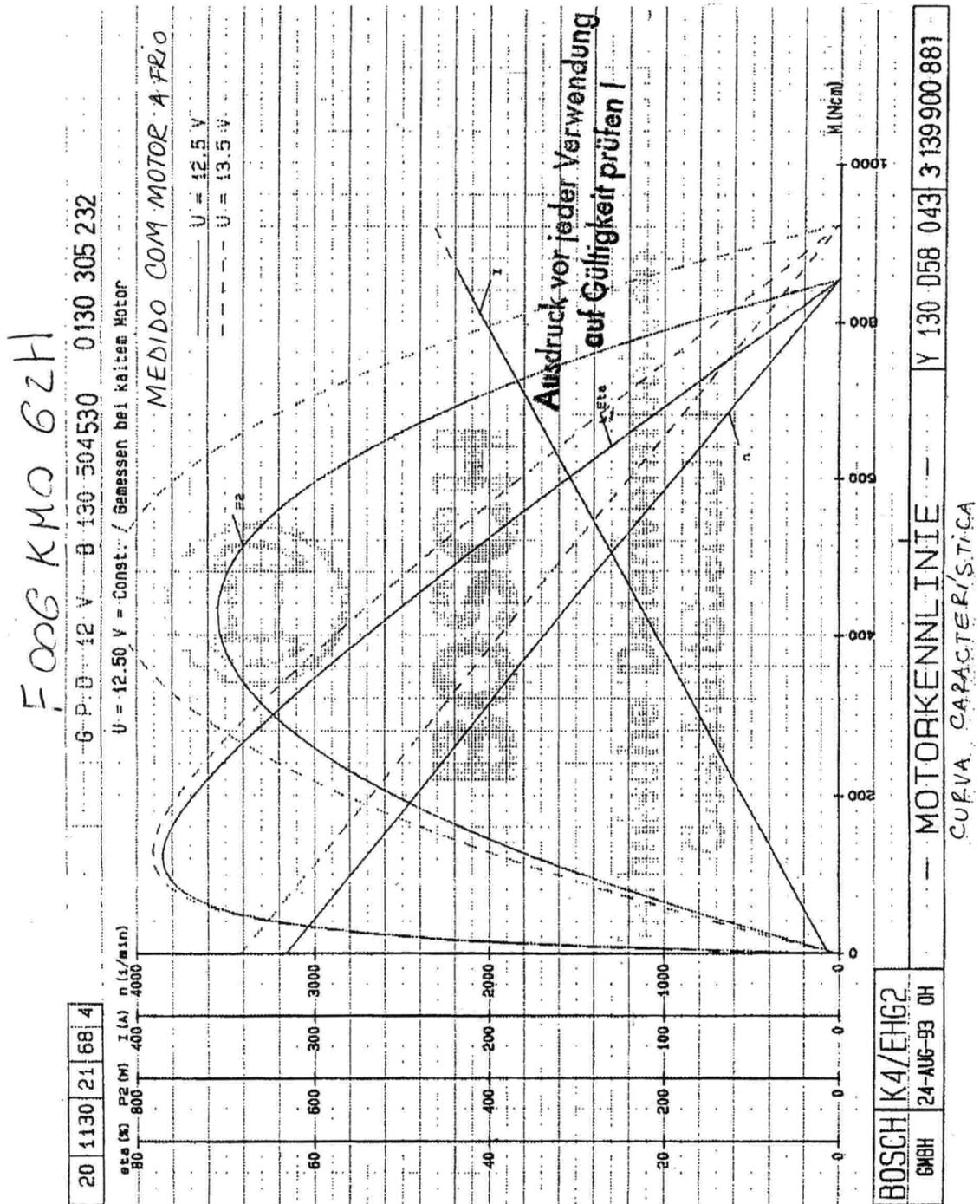


Fig 30: Diagrama da placa.

Quantity	Part Number	Description	Location
2 ¹	P4656-ND	.1uf 100v - Poly	C2, C3
2	P2073-ND	1.0uf 50v tantalum	C4, C6
1	P5139-ND	220uf 16v electrolytic – Radial lead	C5
1	PCF1130CT-ND	.47uf 50v – 1206 SMD	C7
2	P11276-ND	680uf 63v electrolytic – Radial lead	C1, C8
1	P1.0KECT-ND or 263-1K	680 ohm resistor – 1206 SMD	R29
6	P10.0KFCT-ND	10K ohm resistor – 1206 SMD	R11, R21-R25
16	P150ECT-ND	150 ohm resistor – 1206 SMD	R2-R9, R13-R20
2 ¹	P33ECT-ND	33 ohm resistor – 1206 SMD	R1, R10
1	P90.9KFCT-ND	90.9K ohm resistor – 1206 SMD	R12
1	P14.0KFCT-ND	14K ohm resistor – 1206 SMD	R28
2	P249KFCT-ND	249K ohm resistor – 1206 SMD	R26, R27
1 ²	BC110W-2CT	110 ohm 2W resistor – axial lead	R30
3	UF1002DICT-ND or 625-UF4002	UF1002 1A 100V Ultra fast diode – DO-41	D12, D13, D14
8	1N4744ADICT-ND	15v Zener (one watt)	D2-D5, D8-D11
3	1.5KE51CADICT-ND	51V TVS Diode	D1, D6, D7
Or	1.5KE39CADICT-ND	39V TVS Diode for use with IRF1404 40V FET	
16	LLSD101ACT	Fast Schottky diode– SMD	D16-D31
1	67-1105-ND	RED LED	D15
1	903-3104 (Allied #)	HIP4081AIP – MOSFET driver – 20 pin DIP	U2
1	LM2574HVN-12-ND	12v regulator – 8 pin DIP	U1
1	DN7431-ND	330uH 740ma - Inductor	L1
1	MHS10K-ND or MHB10K-ND	2x5 header – protected	CN5
1	P9741 ³	FAN 80mm (3.15") 12v or 24v depending upon source	
1	ED1643	Waldom .2" screw terminal block	J1
1	OSMC3-2	Printed Circuit Board (through hole plated) 4oz See: http://www.robot-power.com	
4	2219K-ND	8-32 x 1" stand-off	
6	2217K-ND	8-32 x .5" stand-off	
Each of the OSMC boards requires 16 matching FET's. Choose from the list below.			
16	IRF1405-ND	IRF1405 - HEXFET N-Channel, 55V 133A TO-220AB	Q1-Q16
or			
16	IRF1404-ND	IRF1404 - PWR MOS N-Channel, 40V 162A TO-220AB	Q1-Q16
or			
16	903-0048 (Allied #)	HRF3205 - MOSFET, N-Channel, 55V 100A TO-220AB	Q1-Q16
(Optional) Heat sinks for the FET's. Install as four groups of four.			
4		6-32 x 3/4" nut	
4		6-32 x 1 1/4" screw	
12		6-32 x 3/16" aluminium spacer	
16	532-577002B00	(Mouser) AAVID TO-220 Heat sink	Q1-Q16

Anexo

A – Curva de Torque do motor GPD



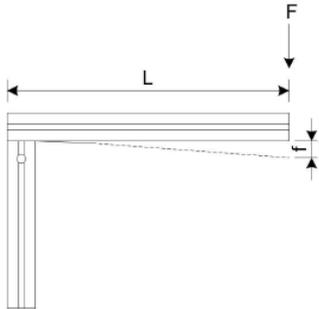
B – Cálculos dos Perfis de Alumínio

ALLWARE
Automação

Perfil de Alumínio

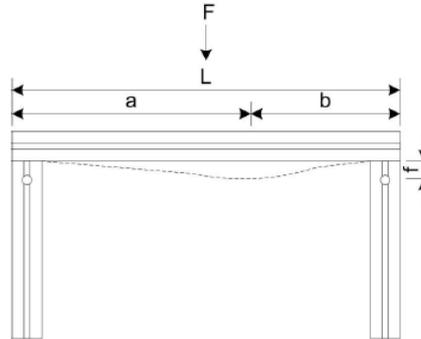
Cálculos de flexão dos perfis

Caso 1



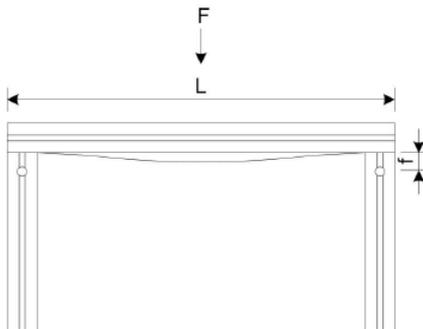
$$f \text{ [mm]} = \frac{0,476 \times F \text{ [N]} \times L^3 \text{ [m]}}{I \text{ [cm}^4\text{]}}$$

Caso 3



$$f \text{ [mm]} = \frac{0,476 \times F \text{ [N]} \times a^3 \text{ [m]} \times b^3 \text{ [m]}}{I \text{ [cm}^4\text{]} \times L^3 \text{ [m]}}$$

Caso 2



$$f \text{ [mm]} = \frac{0,0074 \times F \text{ [N]} \times L^3 \text{ [m]}}{I \text{ [cm}^4\text{]}}$$

Onde:

- F = força em N
- L = Comprimento do perfil em m
- I = Momento de inércia em cm⁴
- f = flexão em mm
- a/b = Distância do ponto de aplicação da carga em m

C – Últimas palavras

Gostaríamos de agradecer especialmente a você, Leitor.

Muito obrigado por prestigiar nosso trabalho e valorizar nossos projetos. Esperamos que este material tenha sido útil e que possa aumentar sua bagagem cultural e tecnológica.

Também gostaríamos de salientar que este material é propriedade intelectual da Equipe **Uai!rrior**, e que a cópia, reprodução ou distribuição do mesmo é proibida sem uma prévia autorização.

Caso este Build Report seja utilizado como base de algum trabalho escrito, pesquisa, relatório, livro etc, queiram por gentileza citar a fonte, ficaremos muito gratos.

Por fim, gostaríamos de lembrar que não nos responsabilizamos por nenhum projeto ou robô que venha a usar as mesmas idéias ou componentes contidas neste projeto. Este Build Report deve servir apenas como base ou estudo para se iniciar algum trabalho na área.

Atenciosamente,

Equipe Uai!rrior

www.uairrior.unifei.edu.br