



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ



BUILD REPORT:

# DOCINHO

(2006)



# KAKO

(2006)



EQUIPE UAI!RRIOR DE ROBÓTICA  
[www.uairrior.unifei.edu.br](http://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.

Nome	Formação	Função
Tales Cleber Pimenta	Doutor em Engenharia Elétrica	Coordenador Técnico
Luiz Filipe Polimeno Abrahão	4º Ano de Eng. da Computação	Capitão da Equipe e Chefe da Gestão
Felipe Dias Cagnani	4º Ano de Eng. Mecânica	Chefe da Mecânica
Renato da Costa Aparecido	5º Ano de Eng. Elétrica	Chefe da Eletrônica
Rafael Perez Pagan	3º Ano de Eng. de Controle e Automação	Gestão
João Paulo Freitas Bernardes	2º Ano de Eng. da Computação	Gestão
Estevão Borges R. Pereira	4º Ano de Eng. de Controle e Automação	Mecânica
Leandro Faleiros	3º Ano de Eng. De Controle e Automação	Mecânica
Fernando Augusto Leal	3º Ano de Eng. De Controle e Automação	Mecânica
Rafael Alves Pizzi	2º Ano de Eng. da Computação	Mecânica
Octávio Paschoal S R Santo	4º Ano de Eng. de Controle e Automação	Mecânica
Samuel F. R. S. Miranda	4º Ano de Eng. da Computação.	Eletrônica
Erivaldo Simões Junior	5º Ano de Eng. Elétrica	Eletrônica
Marcelo Claro do Nascimento	3º Ano de Eng. Elétrica	Eletrônica
Lucas Costa Chiao Travenisk	2º Ano de Eng. de Controle e Automação	Eletrônica

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.

## Índice

1 – Projeto Mecânico.....	4
1.1 – Robô Kako .....	4
1.1.1 Sistema Estrutural e Proteção .....	5
1.1.2 – Sistema de Locomoção .....	7
1.1.3 – Sistema de Armas.....	9
1.1.4 – Resultados .....	12
1.2 – Robô Docinho .....	14
1.2.1 – Sistema Estrutural.....	15
1.2.2 - Sistema de Locomoção .....	18
1.2.3 - Sistema de Armas .....	21
1.2.4 - Resultados.....	27
2 – Projeto Eletrônico .....	30
2.1 – Receptor e o Servo Pulso.....	30
2.2 – Alimentação .....	31
2.2.1 - Baterias .....	31
2.2.2 - Conectores .....	31
2.3 – Placa de Controle .....	32
2.3.1 – Descrição do funcionamento do software.....	32
2.3.2 - O Sinal PWM .....	33
2.3.3 - Rotina de Verificação do Desligamento do Controle.....	33
2.3.4 - Medição dos Canais 1 e 2 e Processamento Servo Pulso – PWM.....	35
2.3.5 - A Transformação Servo Pulso – PWM.....	36
2.3.6 – Controle de Aceleração .....	39
2.3.7 – Balanço de potência .....	40
2.3.8 – O Hardware.....	41
2.3.9 – Esquemático .....	42
2.4 – Placa de Potência.....	44
2.4.2 – Desenvolvimento .....	44
3 – Gestão do projeto .....	54
3.1 – Comunicação.....	54
4 - Apêndice A – Mecânica.....	57
4.1 - Calculo do Peso .....	57
4.2 - Características do Motor/Redutor usados .....	58
4.3 – Matérias Primas.....	59
4.3.1 - Características dos metais utilizados .....	59
4.3.2 - Características dos polímeros utilizados .....	60
4.5 - Base de Cálculos para as correias Sincronizadoras .....	62
5 - Apêndice B - Fotos da Construção dos Projetos.....	65
6 – Últimas Palavras.....	69

# 1 – Projeto Mecânico

## 1.1 – Robô Kako

O projeto “Kako” foi uma idéia pensada meses antes do campeonato com o intuito de se reconstruir um robô pneumático (outros projetos pneumáticos já haviam sido construídos pela equipe em anos anteriores), com um novo sistema de arma que fosse inédito na competição. A principal idéia era construir um robô rampa-pneumática com a intenção de que este fosse capaz de posicionar-se sob outros robôs e, através do sistema pneumático, arremessar para o alto ou capotar o adversário com a finalidade de torná-lo imóvel.

As peças relativas à estrutura, sistema de locomoção, sistema pneumático e arma foram projetadas com o uso do programa PRO-Engineer Wildfire 2.0. Assim, foi possível obter exatidão das dimensões das peças e do posicionamento interno das mesmas, permitindo o cálculo do peso do robô - fator limitante pelas regras da competição e determinante para o desenvolvimento do projeto.

Seu nome refere-se ao personagem “Kako” criado por *Jim Henson*, que é um sapo verde. Esta brincadeira se deve ao robô ter sido feito nesta cor no computador e com isso se assemelhar a um sapo. Aliando a isso a intenção do robô de fazer seus oponentes “pularem” no ar.

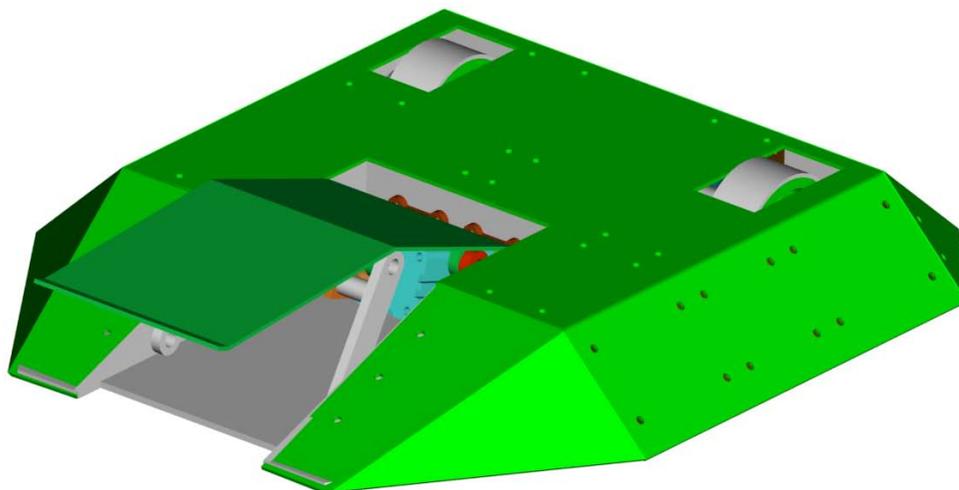


Figura 1.1 – Projeto robô Kako

Kako		Unidade
Peso Medido	49,8	kg
Comprimento	715	mm
Altura	118	mm
Largura	640	mm
Velocidade	19,0	Km/h

Tabela 1.1 – Dimensões do robô Kako

## **1.1.1 Sistema Estrutural e Proteção**

### **1.1.1.1 – Estrutura**

A estrutura do Kako é extremamente robusta e forte. Foi projetada para que o robô tivesse a menor altura possível, permitindo que sua rampa ficasse bastante próxima ao chão. Esta característica proporciona a possibilidade de o robô posicionar-se sob seus adversários.

Ela é dividida basicamente em três partes: base e divisões internas, laterais de proteção, e tampa.

A base e divisões internas foram feitas em Duralumínio 5052 F com 6,35mm de espessura. Este material foi escolhido não só por sua resistência, mas principalmente por sua leveza e fácil para se soldar, fator extremamente importante, visto que sua estrutura não seria fixada por parafusos, mas sim por soldas. As divisões internas da estrutura foram todas projetadas de forma que se encaixassem umas nas outras, com o intuito de facilitar a montagem e posterior soldagem das partes, tornando-se uma estrutura sólida o suficiente para que não sofresse deformações devido a impactos recebidos pela blindagem externa em aço.

Suas peças foram todas desenhadas em 3D e posteriormente cortadas a Laser. Deste modo garantiu-se precisão absoluta das medidas e encaixes, aumentando a responsabilidade de que se entregasse à empresa de corte desenhos impecáveis e sem falhas.

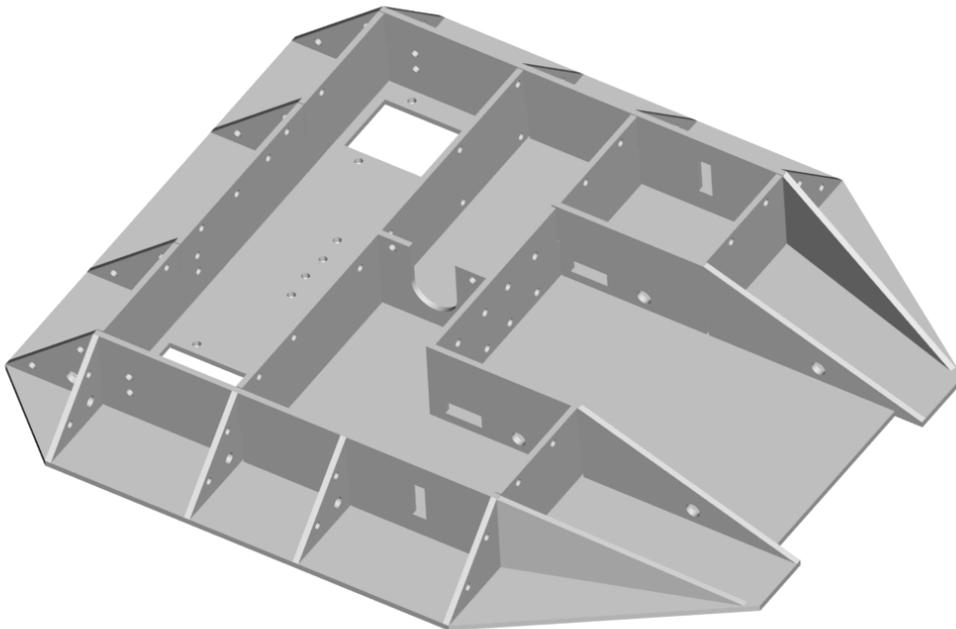


Figura 1.2 – Estrutura

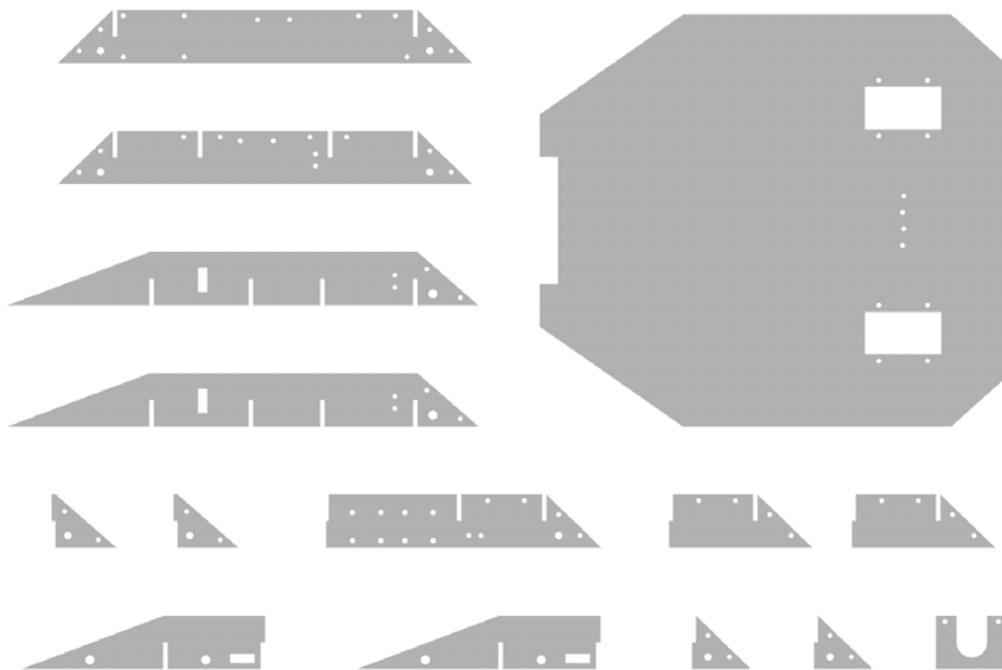


Figura 1.3 – Esquemático das peças de alumínio cortadas a Laser.

#### **1.1.1.2 – Proteção**

As blindagens externas (laterais de proteção) foram cortadas a laser em aço ABNT-1045 e dobradas, com posterior tratamento térmico de têmpera, tornando-as extremamente resistentes a deformações, cortes ou penetrações.



Figura 1.4 – Laterais em aço temperado depois de sua montagem.

As partes que compõem a tampa foram divididas de maneira a tornar o acesso a cada parte do robô mais fácil, como por exemplo, a troca de baterias e a recarga do cilindro de Nitrogênio. Estas foram fabricadas em alumínio 5052 com 6,35mm de espessura.

O resultado final foi um formato totalmente favorável à estratégia de posicionamento sob outros robôs, além de ser robusto e resistente. Seu design moderno não deixa a desejar em beleza, tornando o “Kako” um possível ganhador de títulos também relativos a este quesito.

### **1.1.2 – Sistema de Locomoção**

Um bom sistema de locomoção depende de uma relação adequada entre motor, transmissão e roda. Deve ser projetado de maneira a transmitir às rodas o torque necessário à movimentação do robô e, eventualmente, carregar outro robô, sem sobrecarregar motores e baterias, além de tornar possível desenvolver velocidade suficiente para atacar e fugir dos adversários.

#### **1.1.2.1 – Motores e Redução**

Foram utilizados motores/redutores da parafusadeira GSR 24 V2, fabricadas pela Bosch.

Este sistema foi escolhido por ser pequeno e leve. Uma vez que o robô seria incrivelmente baixo, não haveria espaço para a alocação da maioria dos motores convencionais. Deste modo partiu-se para uma adaptação de função: de uma parafusadeira de grande porte (este modelo de 24V é o maior do mercado e também a mais potente) para a movimentação do protótipo, usando sua redução que, embora pequena em tamanho, é muito eficiente por usar planetárias e engrenagens metálicas feitas por metalurgia do pó, diferentemente de outros sistemas encontrados no mercado com engrenagens em plástico de engenharia (Nylon, etc...).

Cada sistema de Motores/Redutores foi fixado ao robô por mancais de Nylon, desenvolvidos pelos próprios alunos, a fim de manter o sistema de locomoção fortemente preso. Embora se trabalhando com Nylon, este material alcançou todos os níveis de segurança impostos pelas regras, sendo leve e de fácil usinagem, tornando-se muito bem aceito pelo projeto.

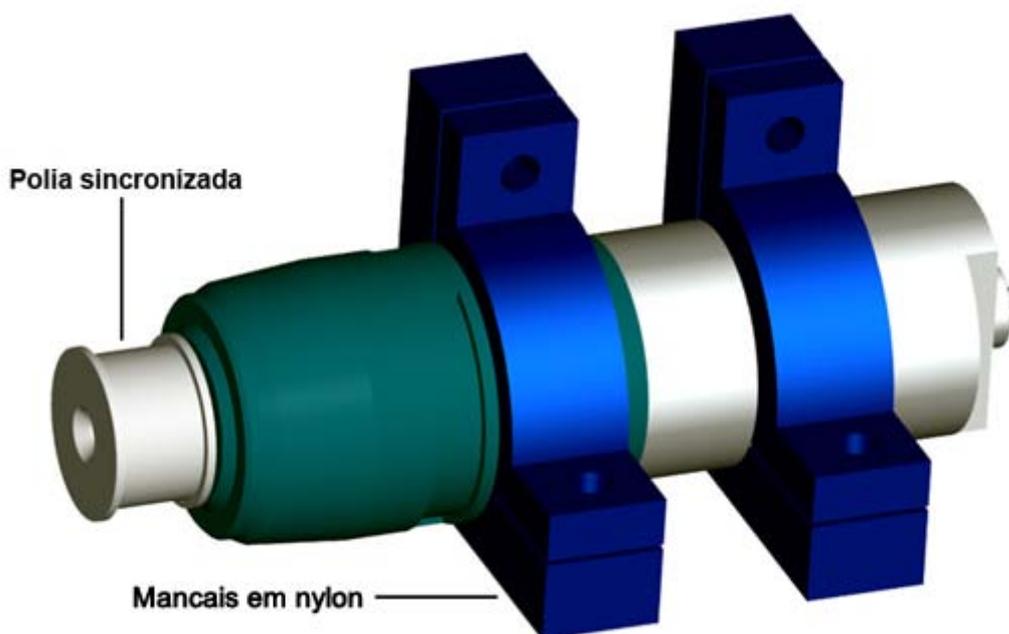


Figura 1.5 – Conjunto Motor/Redutor completo e mancais de fixação.

Dados técnicos detalhados do sistema de locomoção não podem ser citados, visto que esses motores não são comercializados e apenas informações referentes a parafusadeira são fornecidas pelo fabricante. Nada se pode afirmar a respeito dos motores, a não ser alguns

dados obtidos em testes realizados na oficina. Informações adicionais sobre os motores e redução podem ser encontradas em anexo, sendo que foi utilizada a redução proveniente da própria parafusadeira

### 1.1.2.2 – Transmissão

A transmissão do robô Kako é constituída por um sistema de polias e correias ligadas ao eixo dos motores e das rodas.

Através do cálculo das relações de transmissão, optou-se pelo uso de polias sincronizadoras devido à segurança proporcionada pelo sistema. Foram usadas duas polias com flange simples, em tamanhos diferentes, dando ao sistema uma redução secundária de 1,32 vezes além da redução proporcionada pelo sistema de engrenagens planetárias do motor.

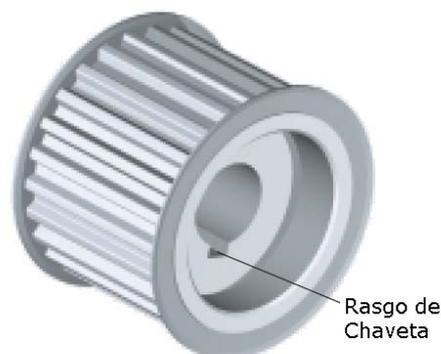


Figura 1.6 – Polia com flanges

Polias Sincronizadoras				
Peça	Quantidade	Modelo	Material	Diâmetro eixo
1	2	19 dentes, T5-16	Alumínio	6mm
2	2	25 dentes, T5-16	Alumínio	15mm

Tabela 1.2 – Características das polias de transmissão

As correias sincronizadoras para este robô são feitas em Poliuretano e contém uma malha interna em cabos de aço, garantindo assim que este sistema não se rompa em trabalho, nem sob as mais adversas condições de esforço. Mesmo assim, isto pode ocorrer, já que os robôs são expostos a uma batalha onde tais sistemas serão muito exigidos.

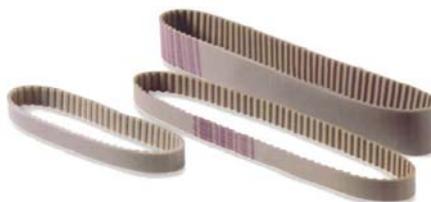


Figura 1.7 – Correias em Poliuretano e Aço

Correia de Transmissão			
Peça	Quantidade	Modelo	Comprimento
3	2	T5-16 (Sincronizadora)	200mm

Tabela 1.3 – Características da correia de transmissão

### 1.1.2.3 - Rodas e Conexões:

As rodas foram manufaturadas em Nylon devido, principalmente, às ótimas características mecânicas referentes a este material em comparação a outros plásticos, associando ainda leveza e fácil usinabilidade. Posteriormente foram revestidas com uma camada de borracha vulcanizada, para aumentar a aderência ao piso.

Os eixos das rodas e das polias foram usinados em Aço ABNT 1045 devido à alta resistência deste material a flambagem e ao cisalhamento. Sua transmissão de movimentos às rodas e polias dá-se através do uso de chavetas.

Os mancais utilizados para a fixação do sistema de movimentação foram projetados especialmente para o robô Kako e confeccionados em Duralumínio 2011-T8, não sendo, portanto, encontrados comercialmente. São fixados na estrutura do robô, através de parafusos Allen temperados e porcas de segurança.

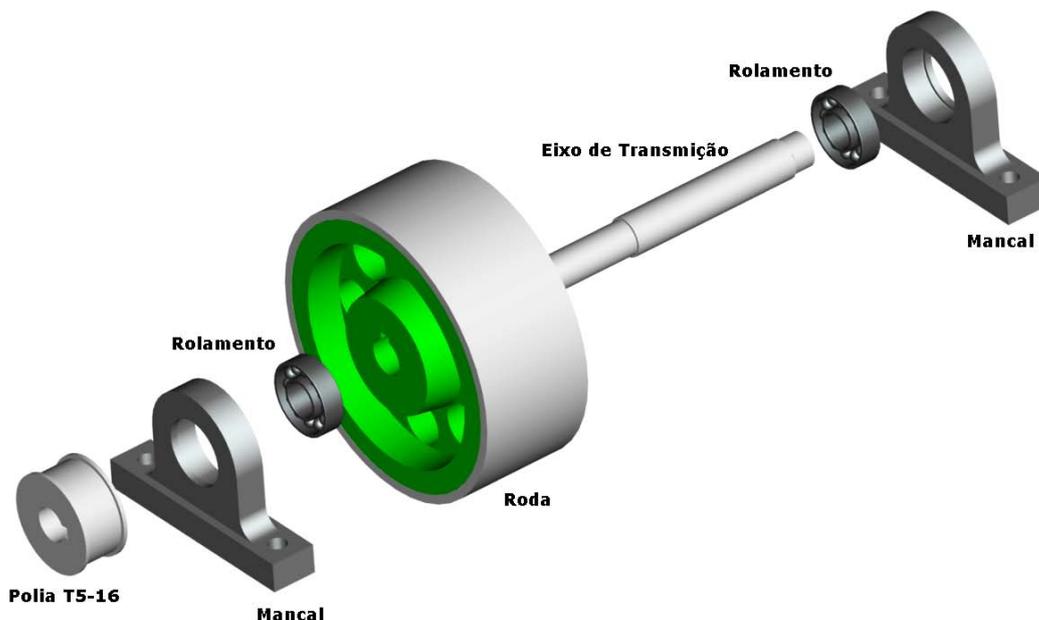


Figura 1.8 – Vista explodida do sistema de movimentação.

### **1.1.3 – Sistema de Armas**

#### **1.1.3.1 - Rampa Pneumática**

O desenvolvimento dessa arma foi possível devido às experiências adquiridas em outros anos somadas com alterações nas regras da competição, entre elas o aumento da pressão máxima de trabalho, de 12 bar para 69 bar.

A arma consiste em uma rampa que se desloca devido à ação dos atuadores e tem como principal objetivo levantar o adversário e imobilizá-lo.

A rampa é numa estrutura de metal que através da idéia do movimento do paralelogramo é impulsionada pelos atuadores pneumáticos, executando um movimento de ascensão e avanço. Esse tipo de movimento da rampa foi escolhido para que se obtivesse um bom deslocamento da ponta da rampa sem a necessidade de atuadores com grandes deslocamentos do êmbolo, deste modo, economizando espaço e proporcionando maior número de atuações, o que também proporcionaria uma estrutura mais compacta mantendo o robô baixo.

A rampa é presa à estrutura por eixos, através dos quais realiza seu movimento de ascensão.

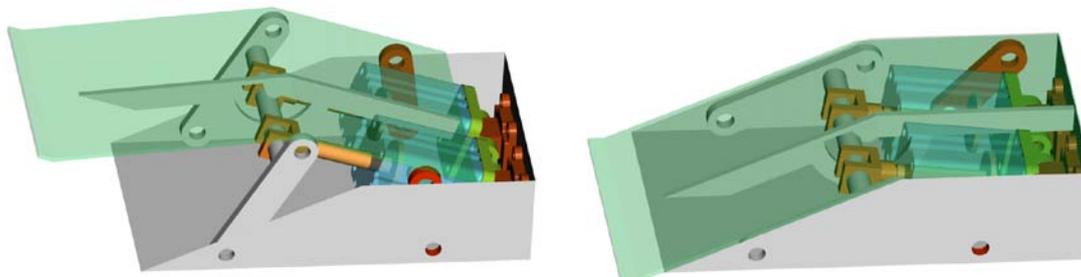


Figura 1.9 – Arma não acionada e arma acionada.

A chapa superior foi feita do mesmo material que a carenagem: aço ABNT 1045 com 3,75mm de espessura temperado. Já as hastes de sustentação e movimentação foram feitas de aço ABNT 1060 com 10mm de espessura. Para o atuador, foi escolhido o ADVU-50-50-A-P-

A, produzido pela empresa Festo. Porém, devido ao pequeno ângulo com a horizontal (aproximadamente  $10^\circ$ ), o mesmo não teria força suficiente para levantar outro robô (550 N). Esse problema foi solucionado colocando dois atuadores operando juntos, como visto acima (Figura 1.9).

O circuito pneumático desenvolvido consiste de um reservatório com pressão máxima de 69Bar (máxima pressão permitida no evento), manômetro de alta pressão, terminal engate rápido, uma válvula reguladora de pressão, manômetro de baixa pressão, válvula de emergência, válvula direcional, atuadores pneumáticos e válvulas reguladoras de fluxo unidirecional, sendo o Nitrogênio o fluido de trabalho.

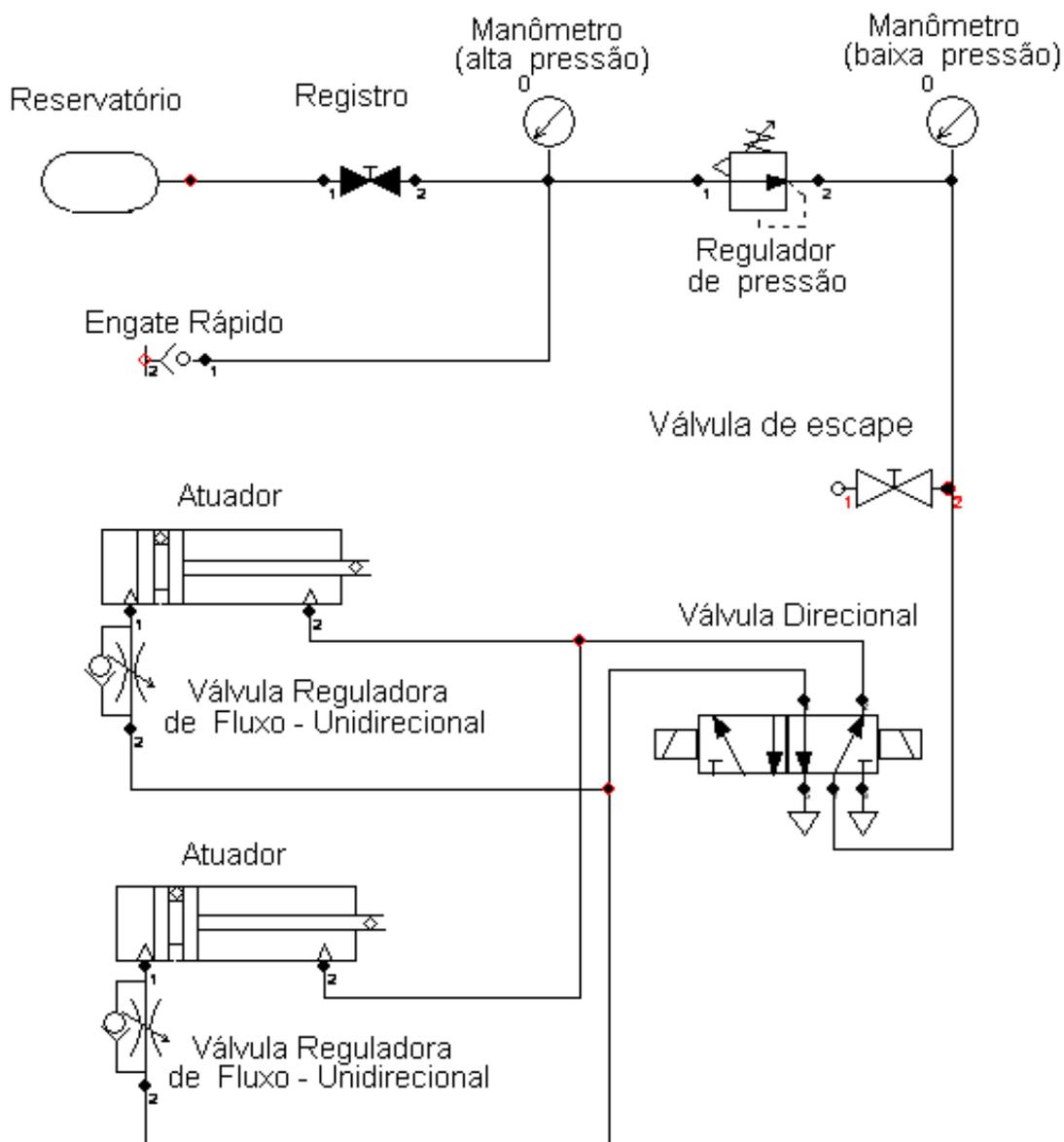


Figura 1.10 – Esquemático do circuito pneumático.

O fator que mais influenciou no desenvolvimento do circuito pneumático foi a escolha dos atuadores. Devido ao fato do robô ser de pequena altura, o espaço reservado aos mesmos é reduzido, gerando assim a necessidade de serem de pequeno tamanho. O atuador fabricado pela Festo acima mencionado tem um curso de 50mm, diâmetro do êmbolo de 50mm, pressão máxima de 10 bar, força teórica de avanço (a 6 bar) de 1178 N. Durante as simulações foi constatado que, ao acionar os atuadores, os êmbolos dos mesmos deslocavam-se da máxima posição de recuo para a máxima posição de avanço em 0,2 s, gerando assim, um fluxo de 3,6  $m^3/h$ , que é um fator importante na escolha do regulador de pressão.

Para o reservatório de ar, o que mais se adequou ao projeto foi o cilindro C1.2 produzido pela empresa Luxfer, comercializado no Brasil pela empresa Coldmix. Esse vaso de pressão suporta uma pressão máxima de 124 bar, com volume interno de 0,84 litros e diâmetro externo de 81,5mm, o que tornou possível sua alocação em uma estrutura relativamente baixa. Por ser fabricado em alumínio, mostrou-se extremamente vantajoso ao projeto pelo baixo peso, diferentemente de um cilindro fabricado em aço.

Sabendo a quantidade de gás disponível no vaso de pressão e o volume total dos atuadores pneumáticos (os dois atuadores juntos) pode-se calcular a quantidade de acionamentos que seriam possíveis. Os atuadores têm um volume de 0,2 litros e o vaso de pressão contém aproximadamente 5,7 litros de gás a 10 bar. Com isso tem-se 28 acionamentos dos atuadores, ou seja, 14, pois são necessárias uma atuação para o avanço e outra para o recuo.

Para diminuir a pressão do acumulador a fim de se acionar os atuadores, ou seja, abaixar de 69 bar para 10 bar, foi utilizado o regulador de pressão R9-Nitrogênio produzido pela empresa Record S/A, cuja pressão máxima de entrada e saída são, respectivamente, 220 bar e 10 bar, com vazão máxima de 30 m<sup>3</sup>/h.

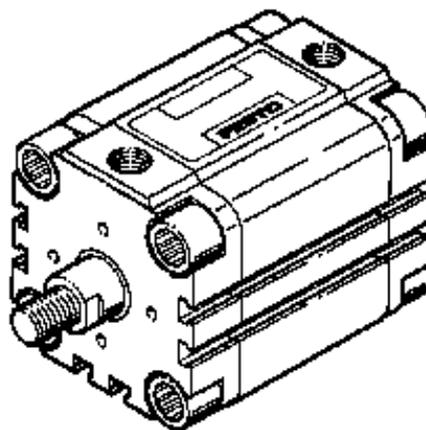


Figura 1.11 – Atuador ADVU-50-50-A-P-A

Na saída do regulador de pressão, tem-se uma ramificação para o manômetro, outra para o registro que descarrega o sistema e outra que vai para a válvula direcional de 5 vias e 2 posições, modelo CPE14-M1BH-5J-1/8 produzida pela Festo. A válvula direcional controla os atuadores. É interessante ressaltar o uso de válvulas reguladoras de fluxo unidirecionais (trabalham na saída de gás dos atuadores) que atuam no sentido de diminuir a velocidade de recuo do êmbolo evitando impactos desnecessários.

A fim de se reabastecer o reservatório de gás, foi colocado, junto ao mesmo, um conector macho com válvula do engate rápido. Na saída do reservatório-fonte de N<sub>2</sub> foi conectada uma mangueira e a fêmea do engate rápido. Para este fim foram usados engates hidráulicos por serem os únicos capazes de suportar tais pressões.



Figura 1.12 – Sistema de alta pressão completo.

Por fim chegou-se a um sistema extremamente compacto, potente e leve. Contudo, para sua montagem correta, dever-se-ia encontrar todas as roscas de encaixe no mesmo padrão, mas no ramo de sistemas pneumáticos há inúmeras variações nos padrões de roscas e bitolas. Deste modo foi extremamente difícil encontrar sistemas que se conectassem entre si pelas mesmas roscas (cônicas ou não). Por fim conseguiu-se padronizar grande parte do sistema,

possibilitando então, a montagem completa do circuito pneumático, usando basicamente roscas cônicas.

#### **1.1.4 – Resultados**

Por se tratar de um robô com características nunca antes trabalhadas pelo grupo, devido principalmente a sua baixa estatura(12cm), este foi um projeto que requereu muita pesquisa. Torná-lo realidade com um sistema pneumático adequado foi um sucesso.

A equipe, no entanto, estava trabalhando com a reestruturação de dois outros robôs (Vingador e Dragster) que foram competir no 2º Winter Challenge, assim sendo, o projeto começou a tomar formas no fim de julho de 2006. O que acarretou grande atraso no seu desenvolvimento

Como o projeto exigia tempo, patrocínios e peças feitas sob medidas, não poderiam ocorrer contratempos nos prazos, porem fomos surpreendidos com grandes atrasos de peças e matérias primas por fornecedores e patrocínios, o que fez com que o robô se tornasse realidade apenas no ano seguinte.

O Projeto foi apresentado na 3º Winter Challenge ocorrida em 2007, e posteriormente reestruturado para a 4º Winter Challenge em 2008.

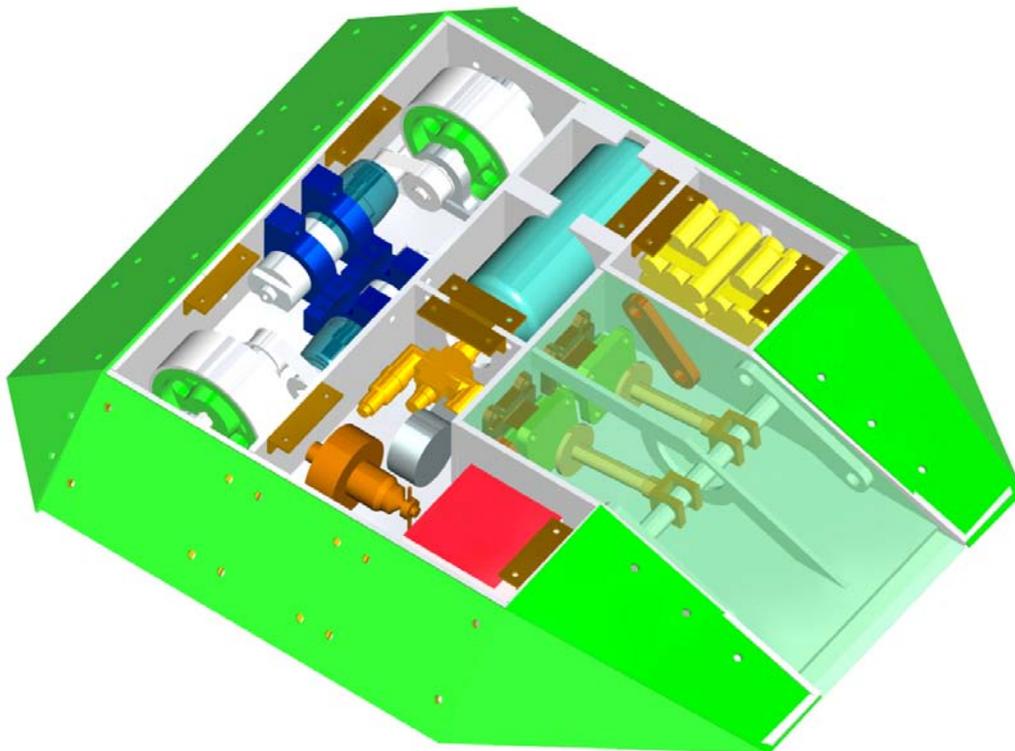


Figura 1.13 – Desenho do Kako completo

**1.1.4.1 - Imagens do projeto final do robô Kako.**

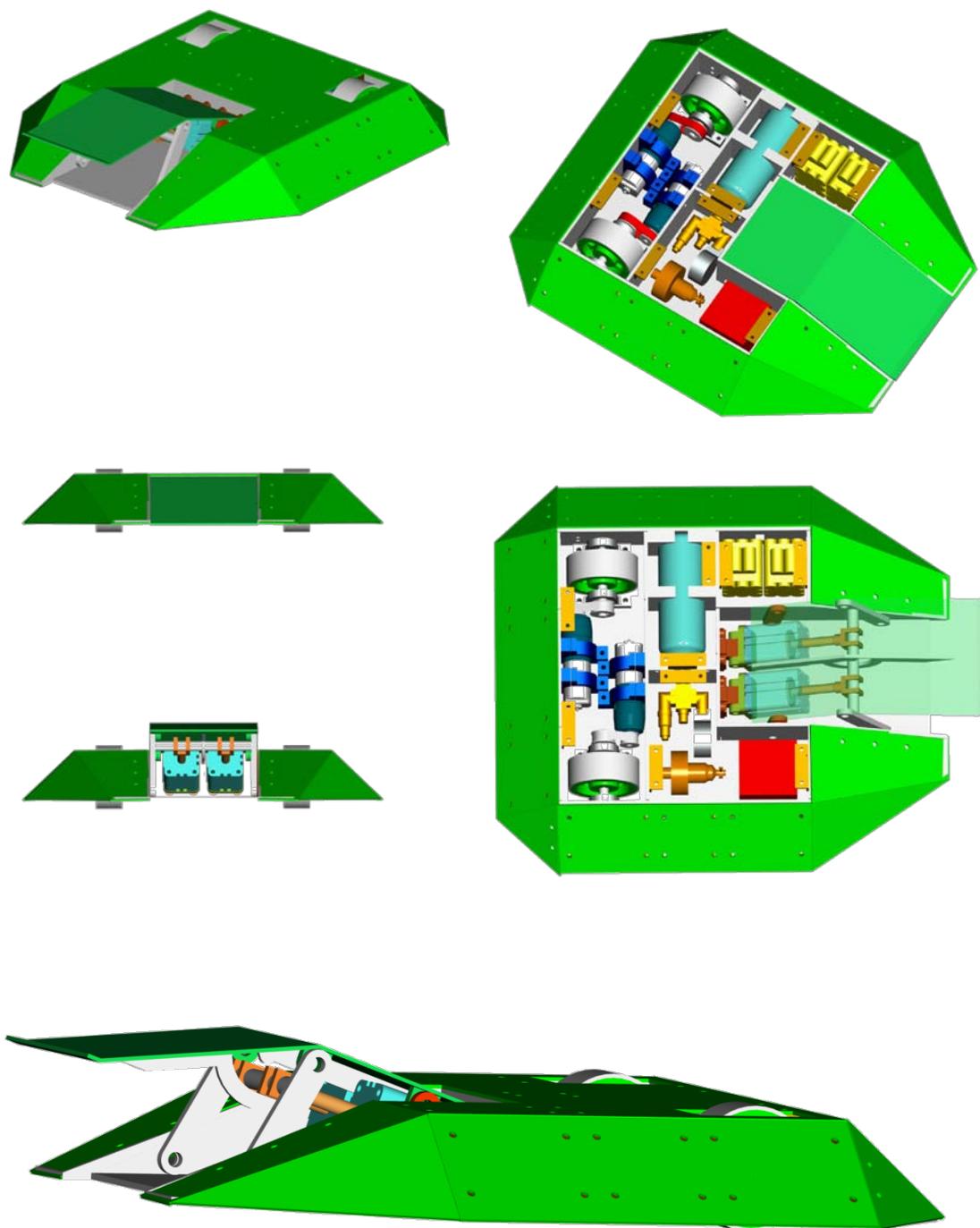


Figura 1.14 – Imagens robô Kako

## **1.2 – Robô Docinho**

O robô Docinho foi projetado com o intuito de participar da Guerra de Robôs, evento ocorrido juntamente com o ENECA – Encontro Nacional dos Estudantes de Engenharia de Controle e Automação e da Winter Challenge que ocorrem em Amparo-SP anualmente.

A idéia inicial era fundir as principais características de dois robôs antecessores de bastante sucesso: a rampa e resistência do robô Dragster e a arma giratória do robô Vingador, ambos projetados e executados no ano de 2005. Além disso, criou-se um design bastante arrojado em sua estrutura, diferente dos robôs tradicionais participantes da competição, tanto pela forma quanto pela simetria, fato este amplamente explorado em competições internacionais e utilizado no Brasil por poucas equipes.

O projeto final consiste num robô que utiliza como arma principal um disco posicionado verticalmente, movido por um motor a combustão, e uma rampa que compreende toda a traseira do mesmo e que funciona como uma segunda arma, além de conferir proteção em toda a extensão do robô.

Modificações, como a posição do disco e a largura da base traseira, conferiram ao Docinho uma vantagem em relação ao seu antecessor direto o Vingador: estabilidade e reversibilidade.

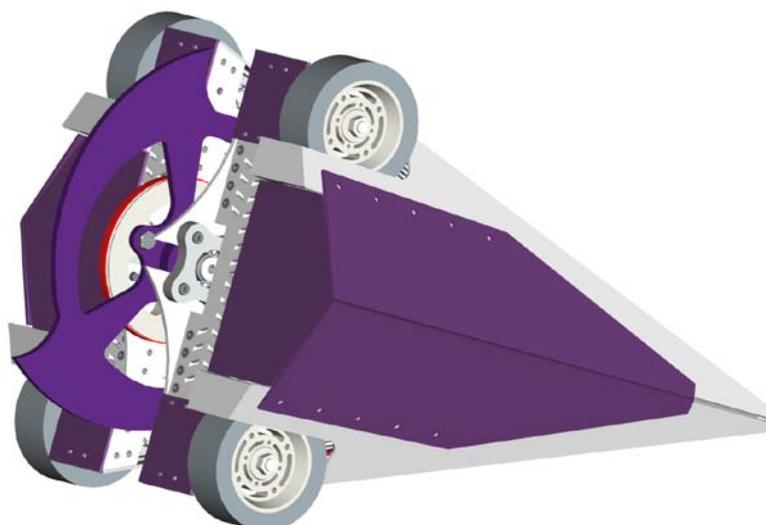


Figura 1.15 – Projeto Docinho

<b>Docinho</b>		<b>Unidade</b>
Peso Medido	54,9	kg
Comprimento sem disco	767	mm
Comprimento com disco	937	mm
Altura	580	mm
Largura	652	mm
Velocidade	17,1	Km/h

Tabela 1.4 – Dimensões do robô Docinho

## **1.2.1 – Sistema Estrutural**

### **1.2.1.1 - Estrutura**

A estrutura do Docinho é feita basicamente por duas chapas de Aço SAE 1045 com 3,18 mm de espessura e peças de diversos formatos e dimensões em Duralumínio 5052-F com 6,35 mm, devidamente projetadas para o robô. As conexões entre as diversas peças em alumínio e as chapas foram feitas através de cantoneiras em L em Duralumínio 6061-T6 de 5mm e parafusos temperados. As laterais são revestidas de policarbonato de 4 mm.

As chapas de aço foram cortadas a laser, devido à complexibilidade de formas e grande quantidade de furos de alívio, e dobradas para atender as especificações do projeto. Estas chapas são unidas por uma ponteira em duralumínio 6261-T6, garantindo o formato de rampa (40°) e a rigidez da estrutura. O alumínio também foi cortado a laser, devido a complexibilidade e unicidade de formas (lembrando que a maioria das peças foi projetada unicamente para este robô, ao contrário de robôs anteriores, como o Vingador, que tinha sua estrutura feita a partir de perfis estrudados de alumínio padrões). Estas características poderão ser bem notadas a partir das fotos que se seguem.

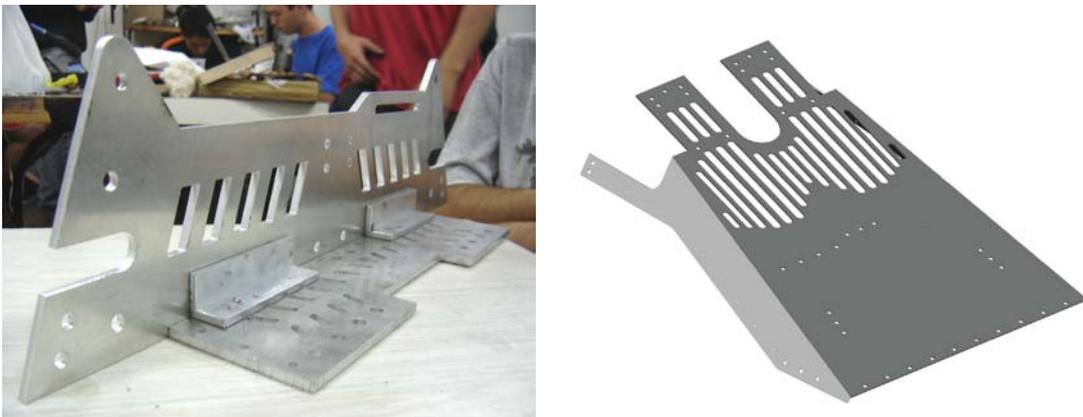


Figura 1.16 - Peças de aço e alumínio

A utilização do duralumínio (5052-F) na estrutura interna se deve à facilidade de aquisição deste material e principalmente pela sua boa relação entre resistência e peso. Já o uso do aço (SAE 1045) será discutido no próximo item, proteção.

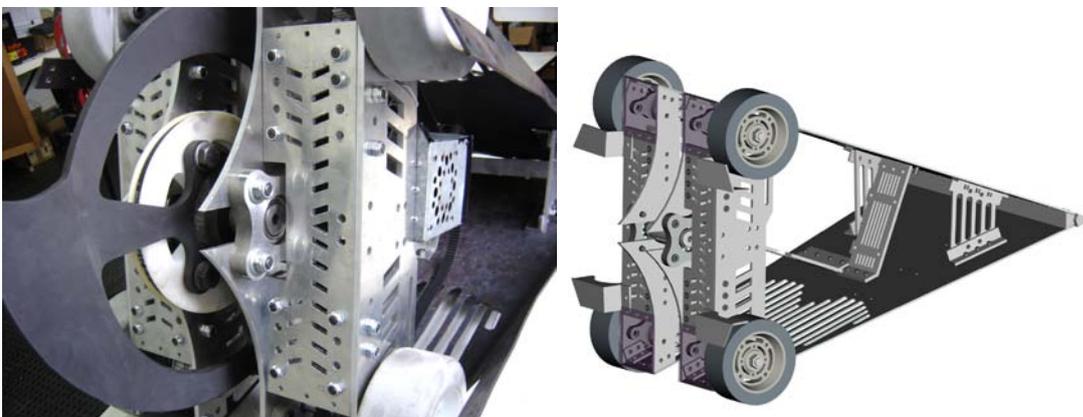


Figura 1.17 – Detalhes da montagem das peças e cortes de alívio.

Todos os alívios foram feitos a partir da necessidade de diminuir o peso das peças, visto que chapas maciças teriam um peso que o projeto não comportava. Deste modo os alívios deveriam retirar a maior quantidade de peso possível sem comprometer a integridade estrutural do Robô, ou as características originais da peça, como área de defesa ou resistência da estrutura. Assim buscaram-se formas treliçadas que garantissem uma forma sólida.

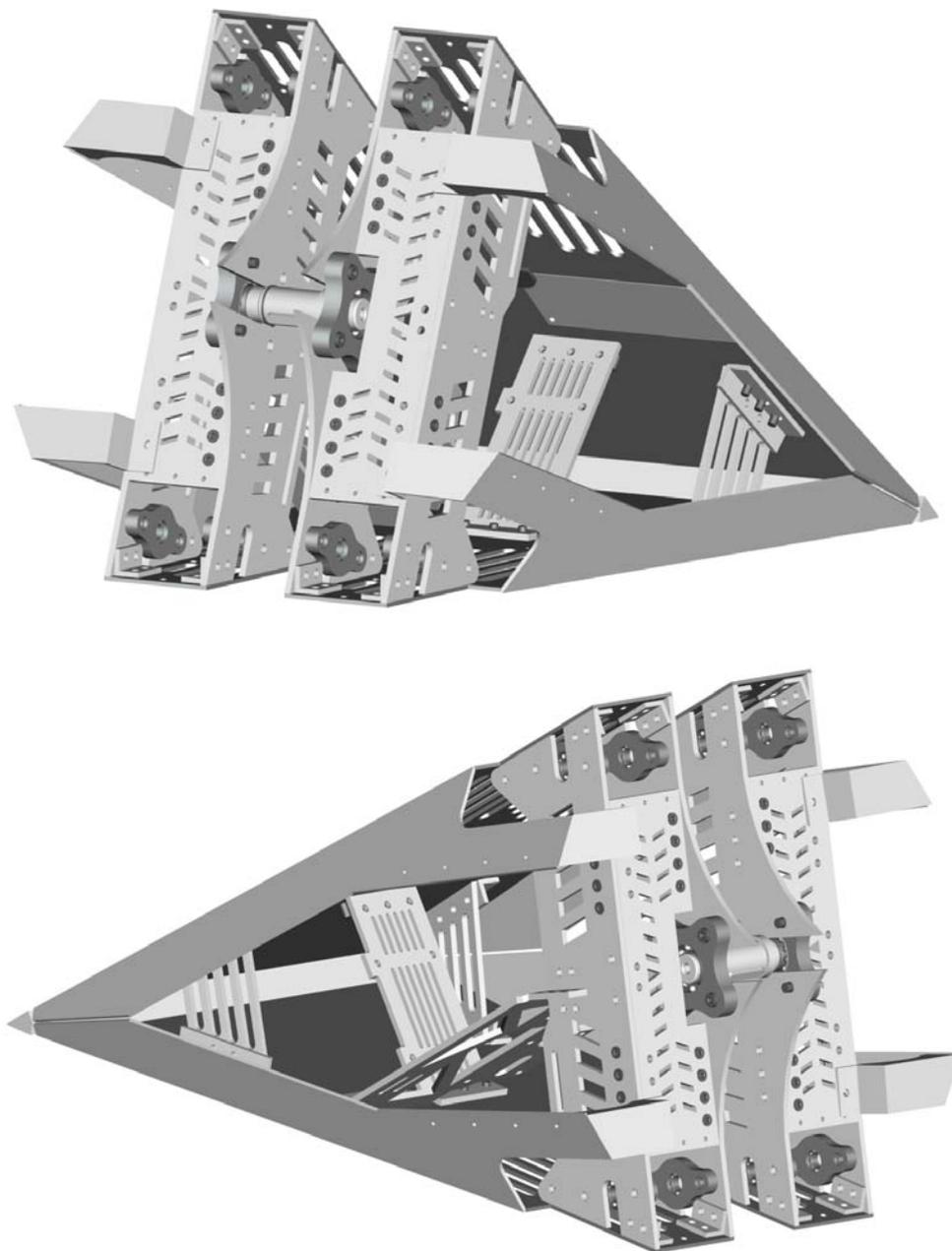


Figura 1.18 – Montagem completa da estrutura de Aço / Alumínio.

A idéia deste projeto foi criar um robô como um quebra-cabeça, ou seja, com peças de fácil encaixe e fixação através de parafusos. Isto facilitaria qualquer montagem e desmontagem necessária.

### **1.2.1.2 - Proteção**

O Docinho tem sua proteção na própria estrutura, e esta é compreendida principalmente por suas duas chapas de aço ABNT 1045, que o revestem nas partes inferior e superior. As chapas, além de promoverem a principal proteção contra impactos, ainda protegem um importante sistema do robô: a locomoção. As rodas do Docinho estão localizadas em um recuo da chapa, o que garante segurança contra determinados tipos de armas adversárias.

A escolha do aço foi feita principalmente devido à resistência e dureza do material pós têmpera, visando maior resistência às perfurações e aos impactos. Seu preço também era muito mais acessível se comparado a outros aços mais resistentes sem a têmpera.

Para tanto, após devidamente cortadas e dobradas, as chapas seguiram para um processo de têmpera em óleo quente e posteriormente para um processo de revenimento, esperando elevar a resistência do material sem comprometer a resistência da peça. As características dos materiais, tanto antes quanto depois do tratamento térmico, podem ser encontradas no anexo.

A proteção frontal é feita, além do disco (que se constitui a arma principal), por uma estrutura de alumínio responsável pela fixação do próprio disco, das rodas e sistema de locomoção. Foi escolhido o Duralumínio 5052-F para esta estrutura, pois o material apresenta resistência suficiente para agüentar todos os esforços exigidos pela arma e tem baixa densidade, contribuindo assim, para o peso do projeto.

Já a proteção lateral é feita por placas de policarbonato de 4 mm curvadas, dando ao robô a capacidade de, caso seja atingido lateralmente, girar, voltando a ficar sobre as rodas novamente. No caso de não voltar à posição normal, ele ainda teria ao menos uma roda em contato com o chão possibilitando a sua movimentação (mesmo que precária), o que não o desclassificaria do round. Embora o policarbonato não seja a melhor opção a ser utilizada para a proteção, foi uma boa solução encontrada pela equipe, devido à ótima relação entre massa e resistência a impacto.

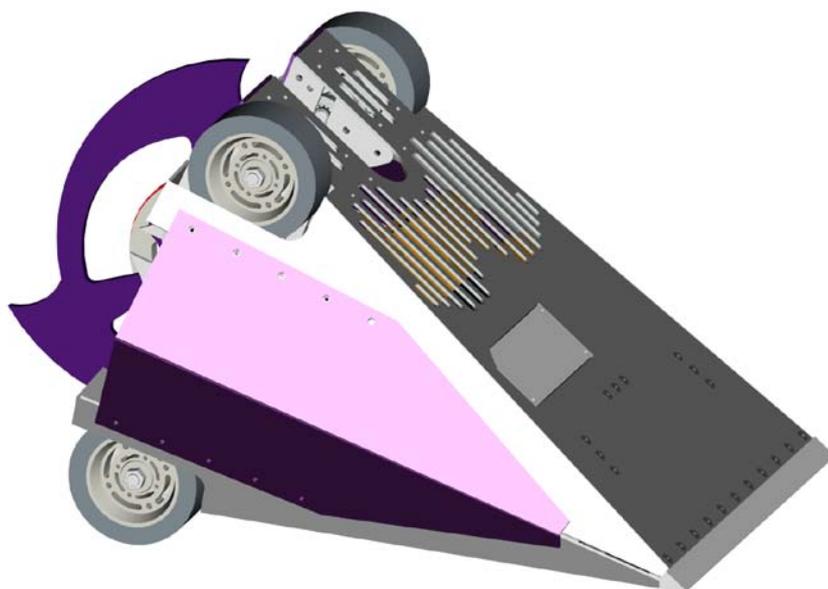


Figura 1.19 – Vista traseira

### **1.2.2 - Sistema de Locomoção**

O sistema de locomoção do Docinho é composto de dois motores de corrente contínua, redução por engrenagens planetárias e rodas de Nylon revestidas por uma grossa camada de borracha. Também é agrupado à locomoção todo um sistema de transmissão por correias sincronizadas, além de suportes, elementos de fixação, mancais e eixos.

No caso da competição da “Guerra de Robôs”, ter um sistema de locomoção confiável não é apenas garantia de segurança, mas também regra, uma vez que, se o robô não apresentar movimentação durante 10 segundos, ele é eliminado do round. Assim, buscou-se desenvolver um sistema de locomoção confiável, visando à capacidade de disputa, a competitividade, a facilidade de controle e, no caso do Docinho, a simetria.

#### **1.2.2.1 - Motores e Redução**

Os motores utilizados foram os da parafusadeira GSR 24 V2, da Bosch, bastante robustos, com dimensões reduzidas e leves. Isto os faz mais interessantes que os motores utilizados por outros robôs (por exemplo, o GPD, também da Bosch, utilizado no Vingador), tornando-os de fácil instalação em qualquer parte do robô.

Cada sistema de Motores/Redutores foi fixado ao robô por mancais de Nylon, desenvolvidos pelos próprios alunos, a fim de manter o sistema de locomoção fortemente preso. Embora feito com Nylon, esta fixação alcançou todos os níveis de segurança impostos pelas regras, sendo leve e de fácil usinagem, tornando-se muito bem aceito pelo projeto.

Devido também ao fato da parafusadeira constituir-se um conjunto motor-redutor, tal sistema mostrou-se ideal para o uso no projeto, pois apresenta excelente relação peso/potência. Seus dados se encontram melhor explicados no anexo do fim do relatório

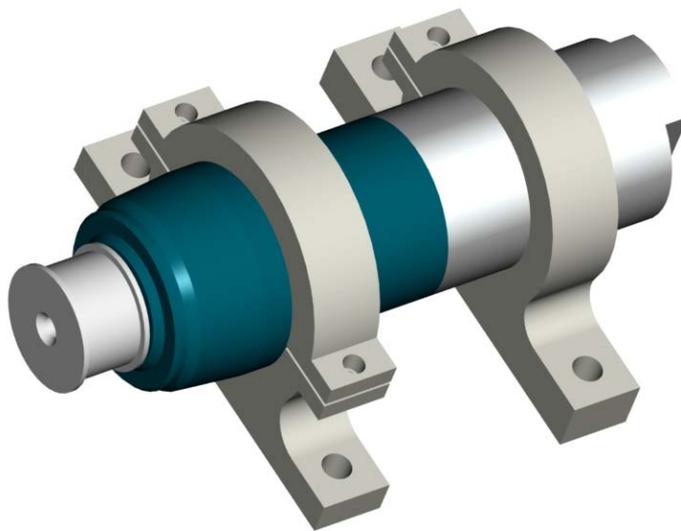


Figura 1.20 - Conjunto Motor/Redutor completo e mancais de fixação.

### 1.2.2.2 - Transmissão

Para a transmissão, foi utilizado um sistema de polias e correias sincronizadoras, para que não houvesse escorregamento do sistema de polias, transmitindo todo o movimento dos motores para as rodas sem muitas perdas. Assim, conseguiu-se fazer a conexão do jogo de rodas com os motores, o que ficou um pouco complexo tendo em vista a disposição de ambos no espaço físico do robô.

Foram utilizadas duas correias sincronizadoras, de tamanhos diferentes devido à disposição dos motores, que não ficaram no mesmo eixo. As especificações técnicas das correias estão na Tabela 1.4.



Figura 1.21 – Correias em neoprene e fibra de vidro

Correias de Transmissão			
Peça	Quantidade	Modelo	Comprimento
1	1	HTD-5M 15	1420 mm (284 dentes)
2	1	HTD-5M 15	1790 mm (358 dentes)

Tabela 1.5 – Características das correias de transmissão

Quanto às polias, foram utilizadas seis: duas para os motores e quatro de tração. As motoras, como o próprio nome diz, são acopladas ao eixo dos motores, e as de tração são colocadas nos eixos das rodas. Vale dizer que foram utilizadas polias sincronizadoras, do tipo HTD-5M 15, de alumínio, sendo as motoras com 19 dentes e com 32 dentes as de tração, conseguindo-se com isso uma redução secundária de 1,7 vezes. Também foi projetado um tencionador para as correias, possibilitando o ajuste posterior da tensão nas mesmas, além de dispor-las em forma de “L” possibilitando a ligação dos motores ao par de rodas laterais do robô.



Figura 1.22 – Polia com flanges

Polias Sincronizadoras				
Peça	Quantidade	Modelo	Material	Diâmetro eixo
1	2	19 dentes, HTD-5M 15, com flange e com furo guia.	Alumínio	6 mm
2	4	32 dentes, HTD-5M 15, com flange e com furo guia.	Alumínio	17 mm

Tabela 1.6 – Características das polias de transmissão

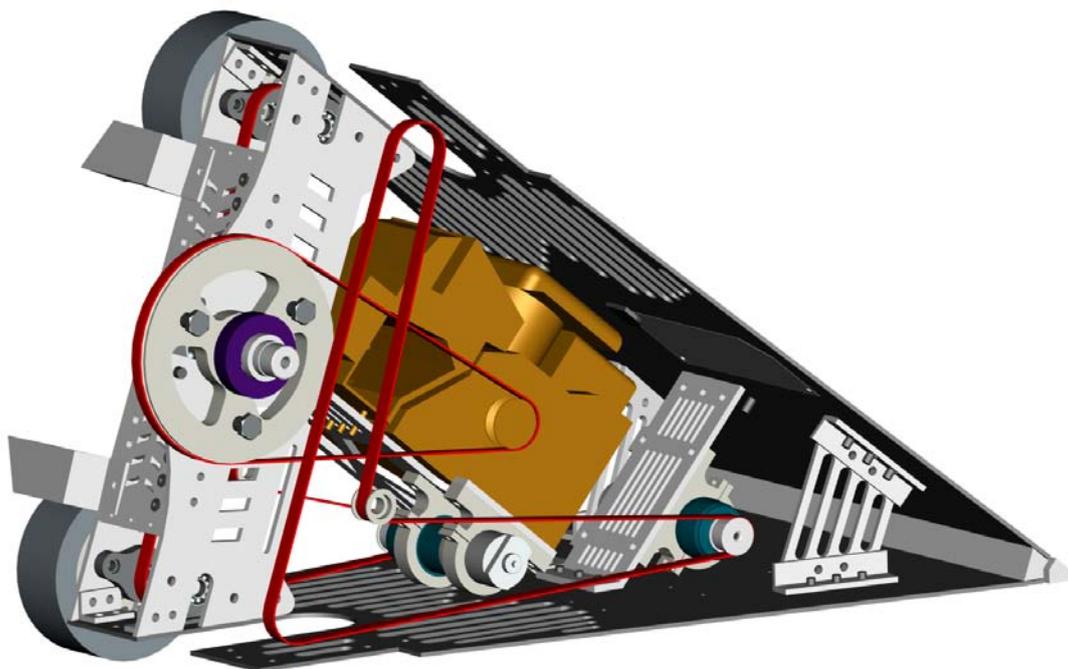


Figura 1.23 – Vista da disposição interna das correias.

Cada roda foi colocada em um eixo independente, com sua própria polia de tração e cada eixo foi preso ao robô através de mancais planos rolamentados, dispostos na estrutura frontal (a mesma que compreende o sistema de giro do disco). Por se tratarem de 8 unidades era necessário serem usinados em material leve e resistente, logo, optou-se pelo duralumínio 2011-T8.

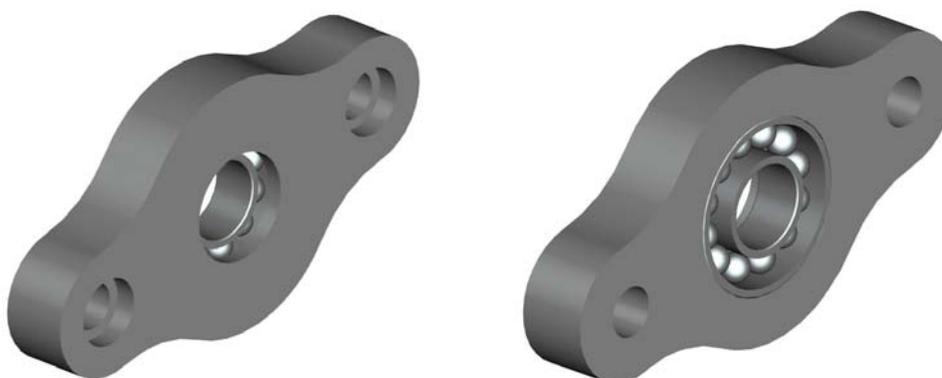


Figura 1.24 – Mancais das rodas, Frente e Verso.

### **1.2.2.3 - Rodas e Conexões**

As rodas utilizadas no Docinho apresentam um diâmetro de 116 mm, fabricada de Nylon e uma camada de 44 mm de borracha do tipo EVA Alta densidade. Em comparação com as rodas utilizadas anteriormente (inclusive com a do robô Kako), isto é uma novidade, já que o modelo anterior, que contava com uma simples camada de 6 mm de borracha vulcanizada, apresentou alguns problemas com aderência. Com as novas rodas conseguiu-se maior aderência com a superfície de aço da arena, além de promover uma redução no impacto, por consistir de uma grande camada de borracha, funcionando como amortecedores.

A confecção dessas rodas foi feita de maneira bastante engenhosa pelos membros da equipe, tendo em vista que foi fabricada com o auxílio de um torno mecânico da oficina dos

laboratórios de eletrônica e eletrotécnica da universidade. Deste modo, a borracha foi furada com o auxílio de uma serra copo e colada a roda, posteriormente foi usinada para dar acabamento à banda de rodagem, ficando sem nenhuma emenda e com um ótimo coeficiente de atrito, garantindo perfeito agarre com o piso de aço da arena.

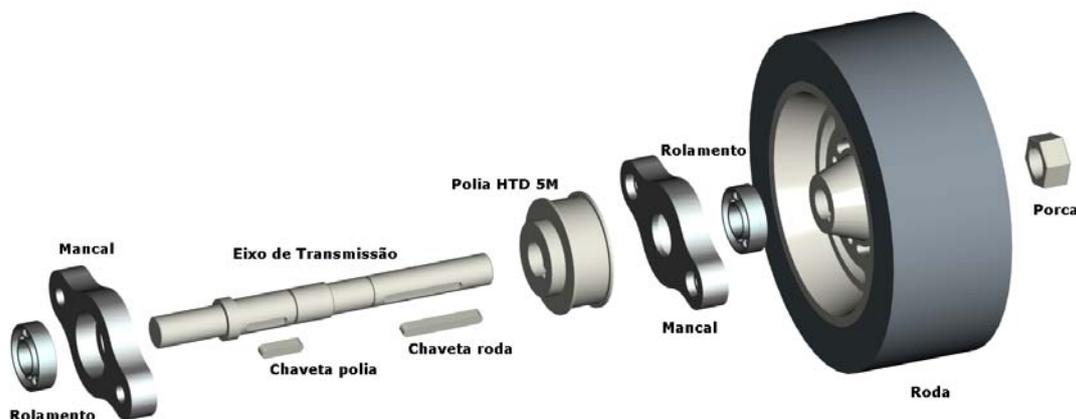


Figura 1.25 – Vista explodida do sistema de movimentação.

Outra novidade no sistema de rodas do Docinho em relação aos projetos anteriores é à disposição das rodas. São quatro rodas para o robô, dispostas duas a duas, um par na parte inferior do robô (rodas em contato com o solo) e outro par na superfície superior do robô (roda que estarão em contato com o solo caso o robô capote). Esta disposição é a principal característica da simetria do robô. Cada par de rodas (superior e inferior) é ligado por uma correia ao seu motor correspondente, um para a direita, e outro para a esquerda, assim todas as rodas apresentam movimento de rotação durante a movimentação do robô.

### **1.2.3 - Sistema de Armas**

O robô tem como principal arma um disco giratório com 520 mm de diâmetro e 8,0 kg em uma das extremidades, definida como frente do robô. A idéia é fazer com que esse disco gire em alta velocidade para que, em contato com outro robô, possa causar danos por impacto, virá-lo ou destruí-lo, com a finalidade de ganhar a batalha.

Para que se pudesse construir uma arma tão poderosa, precisar-se-ia de um disco resistente e um motor potente. Baseados no projeto Vingador, foram utilizados um disco de aço e um motor de moto-serra à combustão.

#### **1.2.3.1 – O Disco**

Para atender às necessidades, o disco precisa ser duro o suficiente para não se danificar e manter o fio de corte dos dentes, mas ao mesmo tempo, não pode ser tão duro a ponto de trincar com o impacto. Assim sendo, utilizou-se o aço ABNT-1020, considerado um aço maleável, para atender a última exigência acima mencionada. A dureza vem a seguir, com a cementação e posterior tratamento térmico. Na cementação, o disco é posto em um forno de alta temperatura (800°) imerso em materiais ricos em carbono, isso faz com que o carbono penetre em uma camada externa do disco, neste caso, aproximadamente 1mm. Posteriormente há a têmpera da peça, ou seja, resfriamento forçado em água ou óleo. Finalmente, retorna-se a peça ao forno para o revenimento. Aquecendo a peça a aproximadamente 600° e deixando que esfrie naturalmente, corrigindo com isso as tensões internas do material, tornando-o menos frágil.

Deste modo consegue-se a dureza externa, impedindo o desgaste do dente, e um interior que não se trinca com impactos.

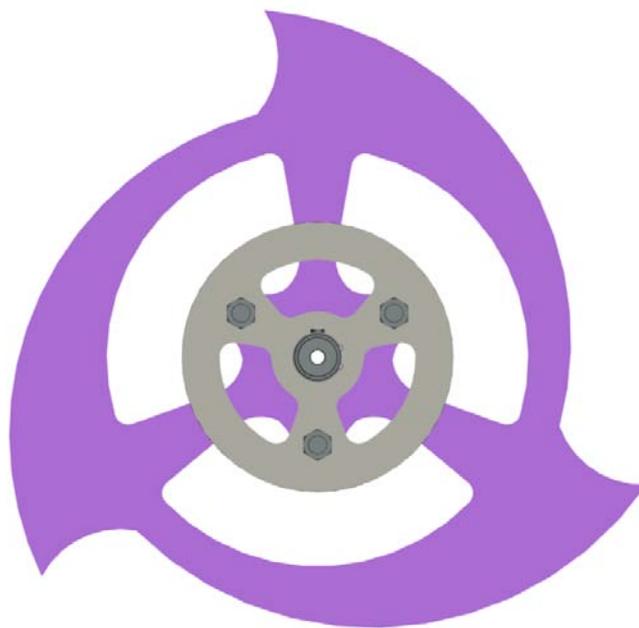


Figura 1.26 – Montagem do conjunto Disco, eixo e polia.

Para que o impacto seja grande, é preciso que o disco possua tanto velocidade quanto massa. Como peso, é um fator fundamental no desenvolvimento do projeto, estimou-se um disco que deveria ter massa suficiente para causar danos, mas não atrapalhar nos limites impostos pelo evento. Com isso, foi utilizado um disco vazado com seus extremos ligados ao eixo por três hastes, concentrando então a massa do disco em sua periferia, ganhando com isso a maior inércia possível em seu desenho e gerando, portanto, maiores impactos.

Para garantir que estas hastes agüentariam a alta rotação e os impactos da extremidade do disco sem se romperem, foram feitas simulações no programa de computador PRO-Engineer Wildfire 2.0.

Para a criação do desenho do disco de impacto levou-se em conta a experiência adquirida com os projetos anteriores. Desta forma, desenhou-se um disco que distribísse os esforços dos impactos da melhor forma possível sem que provocasse a quebra dos dentes. Criou-se então o desenho dos três dentes a 120°, sendo arcos de circunferência que sempre acabavam na base do dente anterior, não deixando pontos de concentração de tensão na superfície.

O disco ainda foi projetado para que ficasse a uma mínima altura do chão, com o fim de acertar todos os adversários sem que nenhum pudesse se infiltrar por baixo dele.

Outro fator importante do disco, é sua posição em relação a estrutura do robô. No projeto anterior, o Vingador, havia uma haste que segurava o disco em sua frente. Com a utilização desta, percebeu-se um pequeno problema no projeto: ao atingir um adversário, o disco cria em sua extremidade uma força muito grande em sentido contrário ao da rotação do disco, devido a resistência do oponente em ser arremessado para cima, o que faz com que a parte de trás do robô levantasse, num efeito alavanca, girando no eixo de apoio do disco. Isso acarretava no disco bater no chão, e danificar, com o impacto, parte do disco além do robô receber um impacto ao retornar ao chão, que danificava o sistema de transmissão/redução, assim como a fiação de nossa eletrônica. Em outras palavras, ao atingir um oponente, estávamos também recebendo um impacto muito grande.

Dessa forma, para evitar o mesmo problema do projeto passado, o Docinho foi projetado com o centro de massa do disco/eixo levemente atrás do eixo das rodas que apóiam o robô no chão, o que impede que ele gire ao redor do eixo do disco durante os impactos da batalha, dissipando esta energia nas próprias rodas que possuem uma borracha especial para este fim.

### **1.2.3.2 - Motor e transmissão**

Para fazer o disco girar, é preciso um motor potente. Um motor elétrico, além de pesado, precisaria de baterias extras para ser alimentado, o que acarretaria em um acréscimo demasiado de peso. Assim sendo, optou-se por um motor a combustão que necessita apenas de alguns gramas de gasolina para ter uma rotação de 12500 rpm com aproximadamente 5,3 Hp. Usou-se, então, um motor de moto serra, da marca STHIL, modelo MS 380, como já usado anteriormente no projeto Vingador. A escolha deste motor veio principalmente em função do seu peso e da facilidade de adaptação de um sistema de transmissão, que não ocorrem em outros modelos.

Outro fator a ser levado em conta é o fato que este robô ser capotável e com isso o motor deve funcionar mesmo invertido. Como estamos utilizando uma Moto-serra, conseguimos garantir este parâmetro, afinal este motor pode trabalhar em qualquer posição. Porém não é possível sugar a gasolina em um tanque com saída inferior durante a inversão do robô, deste modo foi necessário desenvolver um tanque que funcionasse segundo este princípio. A construção deste tanque será tratada no próximo tópico.

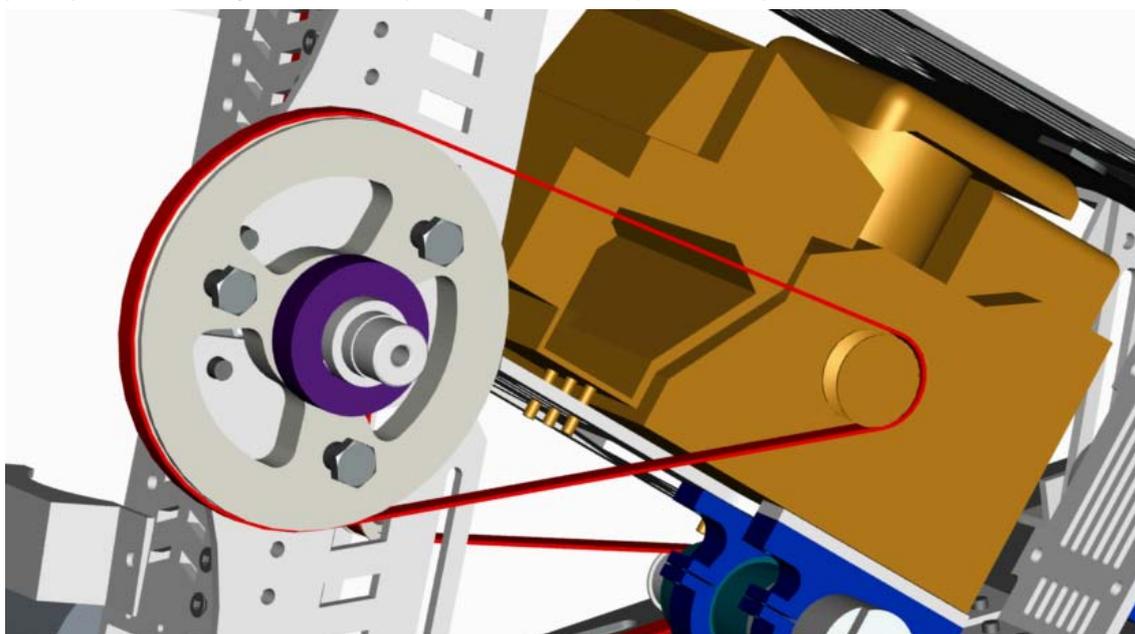


Figura 1.27 – Detalhes do motor e sua instalação no robô.

Como o motor apresenta grande velocidade e baixo torque, para que se pudesse gerar a força necessária para acelerar a massa da arma, utilizou-se uma redução por polia de 4,44 vezes. Assim, foi possível alcançar uma velocidade de 2812,5 rpm no disco, com uma aceleração rápida suficiente para um combate, onde não se tem tempo para perder com a aceleração das armas. Deste modo consegue-se chegar a velocidade final em menos de 2,5 segundos, estando deste modo apto em pouquíssimo tempo para retornar um ataque, mesmo que a arma pare por poucos segundos durante um golpe.

Potência	3,9 kW (5,3 DIN-PS)
Cilindrada	72,2 cm <sup>3</sup>
Rotação Máxima	12.500 rpm
Rotação Lenta	2.500 Rpm
Relação Peso/Potência	1,4 kg/kw

Tabela 1.7: Características da Moto serra MS-380

Para a transmissão de movimento dos componentes da arma, foi utilizada uma polia de nylon, acoplada eixo-a-eixo com o disco. O material foi escolhido principalmente pela sua leveza e considerando-se que é uma polia de transmissão de movimento, a resistência do material é suficiente.

No projeto passado, “Vingador”, foi utilizada uma correia tipo V lisa, porém, notou-se que durante as batalhas, ao bater em algum oponente, o disco parava de girar por algumas frações de segundo. O motor, porém, mantinha-se girando. Com isso, a correia girava em falso devido a sua anatomia e baixa flexibilidade, gerando um atrito muito grande com o sistema, desgastando-se muito a ponto até de se romper. Com o intuito de minimizar o estrago causado na correia, trocou-se esta por uma do tipo V dentada, modelo 3VX 400. Este tipo de correia, devido aos seus “dentes”, permite que esta se dobre mais, formando um raio menor que a outra. Assim pode-se, além de agarrar mais nas polias do disco e do motor que possuem raio pequeno, evitar também o desgaste, tornando-o praticamente insignificante durante as batalhas, atendendo plenamente ao projeto.

Correias de Transmissão da Arma			
Peça	Quantidade	Modelo	Comprimento
1	1	3VX 400	1015mm

Tabela 1.8 – Características da correia de transmissão da Arma.

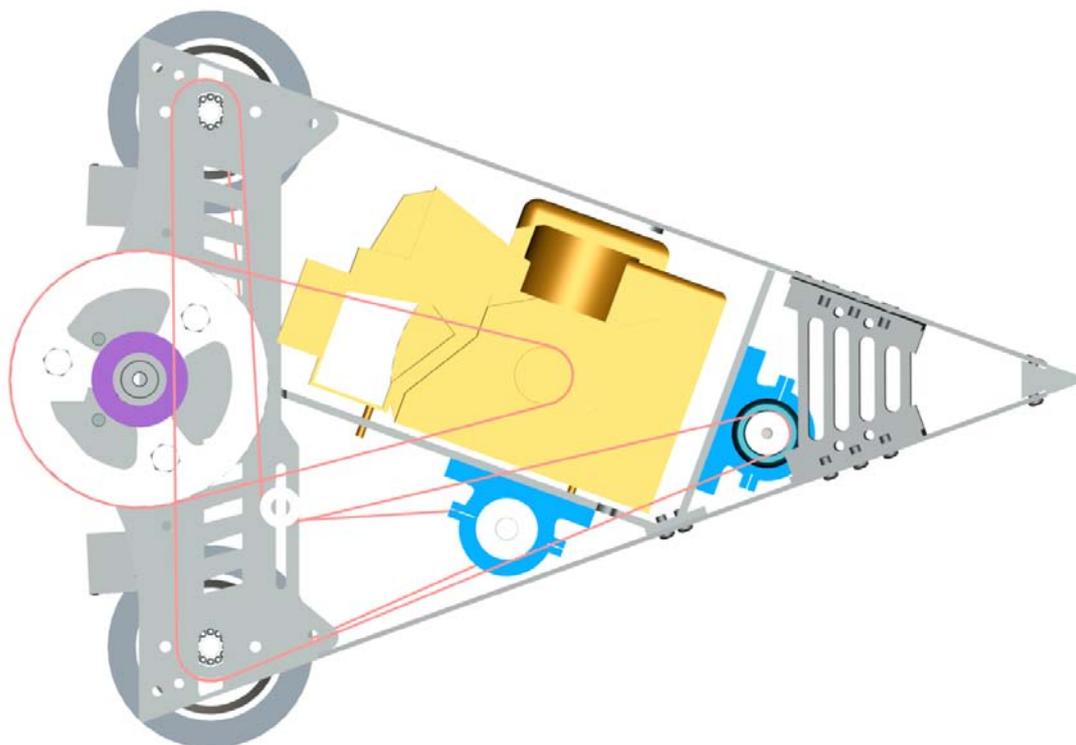


Figura 1.28 – Vista Lateral das correias e sistemas

### **1.2.3.3 - Tanque de gasolina**

Como o Robô é capotável, foi necessário o desenvolvimento de um tanque que possibilitasse obter gasolina independente da posição em que se encontra o robô. Para isto a saída de gasolina deve ser na lateral do tanque, e possuir em seu interior um tubo macio com um peso. Deste modo independentemente da rotação do tanque o peso manteria o tubo sugando gasolina no fundo do tanque.

Para a construção deste era necessário um tanque base que deveria ter uma boca com tampa e rosca para se recarregar de gasolina nos boxes. Como é necessária apenas uma pequena massa de gasolina utilizou-se o tanque de fluido de freio do Fusca como base, por atender a todos os requisitos propostos, pequeno, leve e com tampa roscada. A partir disso

foram usinadas, pelos próprios alunos, as peças para confeccionar o tanque. Faltava um respiro que permitisse a entrada de ar no tanque, mantendo constante o fluxo de gasolina. Mais uma vez, esbarrou-se no problema de inverter o robô com o motor desligado, assim a gasolina vazava pelo tubo do respiro. Para corrigir este problema foi desenvolvido uma válvula em plástico com uma esfera e mola, permitindo a entrada de ar, mas não a saída de outra substância. Esta mesma válvula foi confeccionada também pelos alunos em nylon e plástico, uma vez que não se encontra no mercado um item nos mesmos moldes. O tanque ainda foi equipado com um filtro de combustível, a fim de evitar possíveis riscos ao motor e sua danificação por partículas estranhas arrastadas pela gasolina.



Figura 1.29 – Tanque e em detalhe válvula de ar e filtro de gasolina.

#### **1.2.3.4 - Fixação e Sustentação do Sistema da Arma**

A fixação do disco é feita por um eixo de aço 1045 com 30 mm de diâmetro. Este material foi escolhido por ser um aço resistente e que poderia agüentar grande esforços de cisalhamento, as quais o disco está sujeito, sem se deformar. Mesmo o disco sendo uma peça que transformaria a energia cinética em impacto, as forças geradas durante um confronto são tais que o material escolhido deve fornecer uma grande margem de segurança para que não se quebre durante a batalha.

O motor localiza-se mais adentro do robô, sustentado por uma placa de alumínio e fixado por porcas de segurança e parafusos. Este se situa próximo ao disco, por uma questão de espaço físico, e acaba por exigir uma correia de transmissão pequena. A placa de sustentação do disco é cortada de modo a permitir que disco passe em seu vão, novamente, por motivos de espaço físico, devido a forma de rampa do robô.

O eixo do disco é preso por dois mancais desenhados especialmente para o projeto, usinados em Duro-Alumínio 2011-T8, girando livremente por dois rolamentos. Os mancais são fixados na estrutura do robô, através de parafusos Allen temperados e porcas de segurança.

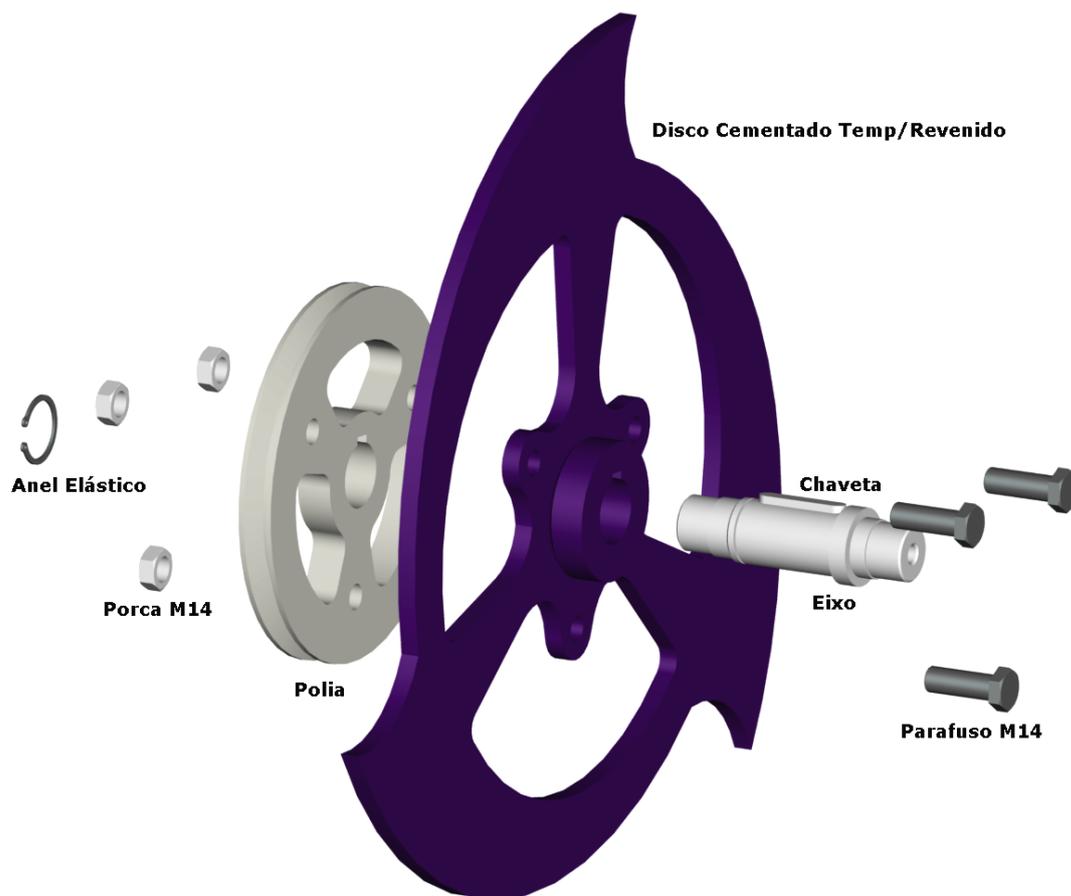


Figura 1.30 – Vista explodida do sistema da arma.



Figura 1.31 – Mancais da arma, frente e verso.

### **1.2.3.5 - A Rampa**

Inicialmente, a rampa foi pensada como uma arma secundária, possibilitando que o robô atacasse tanto pela parte da frente quanto pela parte de trás. Porém, ao longo do desenvolvimento do projeto, o robô apresentou-se, em cálculos e simulações, mais pesado do que limite permitido pelas regras da categoria então deveria-se fazer uma redução de material utilizado. Uma vez que não se queria trocar o aço 1045 temperado por outro material, pois este era a blindagem do robô, optou-se por diminuir a rampa. Porém, este fato fez com que o ângulo da rampa ficasse muito acentuado ( $40^\circ$ ), assim sendo, esta perdeu a função de arma, ficando apenas como uma placa de defesa com a finalidade de impedir que o robô fosse atacado por trás, desviando, deste modo, os golpes adversários.

Apesar dessa diminuição no tamanho da rampa, as chapas da mesma formam uma ampla base, o que contribui muito para o equilíbrio do protótipo, dando a ele a estabilidade suficiente para trabalhar com o efeito giroscópio da arma que, devido ao efeito de coriolis, tende a rotacionar o robô lateralmente seguindo o eixo da arma. Com esta base maior, tal efeito foi minimizado, proporcionando uma melhor dirigibilidade do robô.

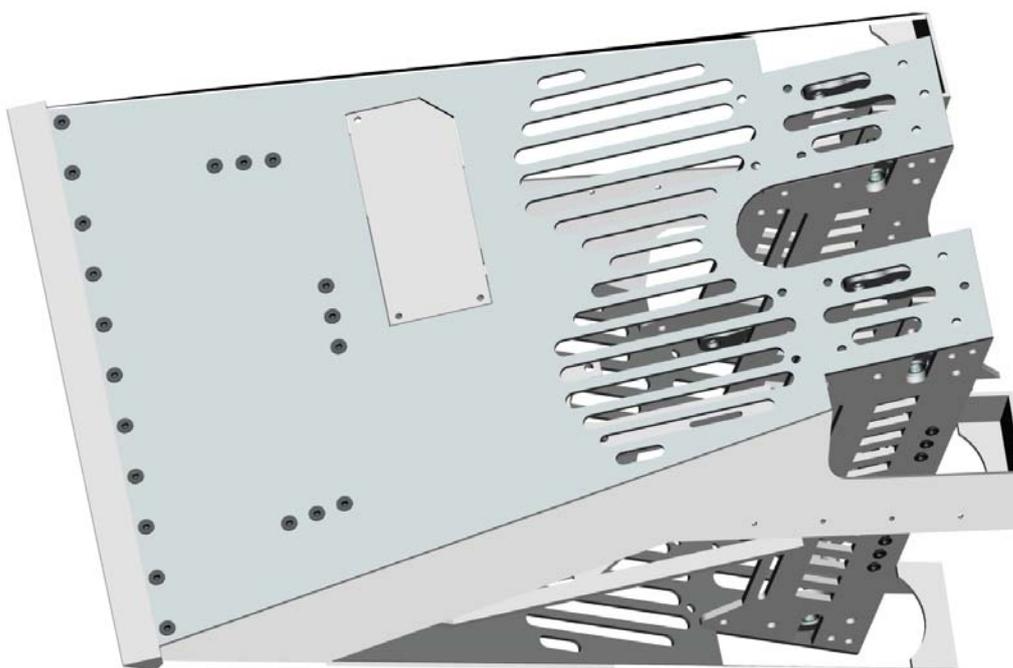


Figura 1.32 – Rampa em Aço fixada nas peças de alumínio.

### **1.2.4 - Resultados**

Este robô foi o que apresentou projeto mais complexo, devido a sua geometria triangular à  $40^\circ$  e sua simetria que o tornava completamente idêntico, independente de que lado estivesse exposto. Assim, foram necessários muitos desenhos e modelos sólidos em 3D, bem como pesquisa de materiais leves e resistentes, já que este robô ficaria muito próximo do peso máximo da categoria.

O projeto começou a tomar formas apenas no fim de julho desse mesmo ano, deste modo em atraso. Como o projeto exigia tempo, peças feitas sob medidas e tratamentos térmicos complexos nos discos e estrutura, não poderiam ocorrer muitos contratempos nos prazos, porém fomos surpreendidos com grandes atrasos de peças e matérias primas por fornecedores que embora retardassem a construção não chegaram a impedi-la por completo, porém mais uma vez um erro de terceiros nos impossibilitou de chegar ao fim do projeto. As chapas que deveriam sofrer uma tempera branda, foram submetidas a uma violenta tempera em água e imersas de modo errôneo, assim ficaram completamente tortas, impedindo a montagem do robô, que exigia uma precisão nas medidas de cortes e dobras mínima.

Diferentemente do que ocorreu ao robô Kako, onde a tempera foi executada de maneira relativamente correta.



Figura 1.33 – Detalhes dos empenamentos provocados pela têmpera errônea da chapa de aço, o que inviabilizou sua montagem.

Assim o projeto foi retomado novamente em 2007 a fim de corrigir os erros cometidos em 2006. A principal mudança foi a substituição das chapas de aço por alumínio 5mm, devido a aquisições como: O desenvolvimento de uma partida elétrica para o motor a gasolina; Aumento do tanque de gasolina, entre outras modificações que não seriam possíveis com a peça de Aço.

E foi com grande satisfação que concluímos o projeto para a 3º Winter Challenge em 2007. Neste evento, o projeto foi muito elogiado, tanto por professores quanto por alunos, alcançando no fim deste, o premio de “*Melhor Desing da Categoria Middleweight*”.

No ano seguinte durante a 4º Winter Challenge obtemos a “*Terceira Colocação*” na categoria. Destacando enormemente o projeto.



Figura 1.34 – Detalhe do Robô durante Luta.

**1.2.4.1 - Imagens do projeto final do robô Docinho.**

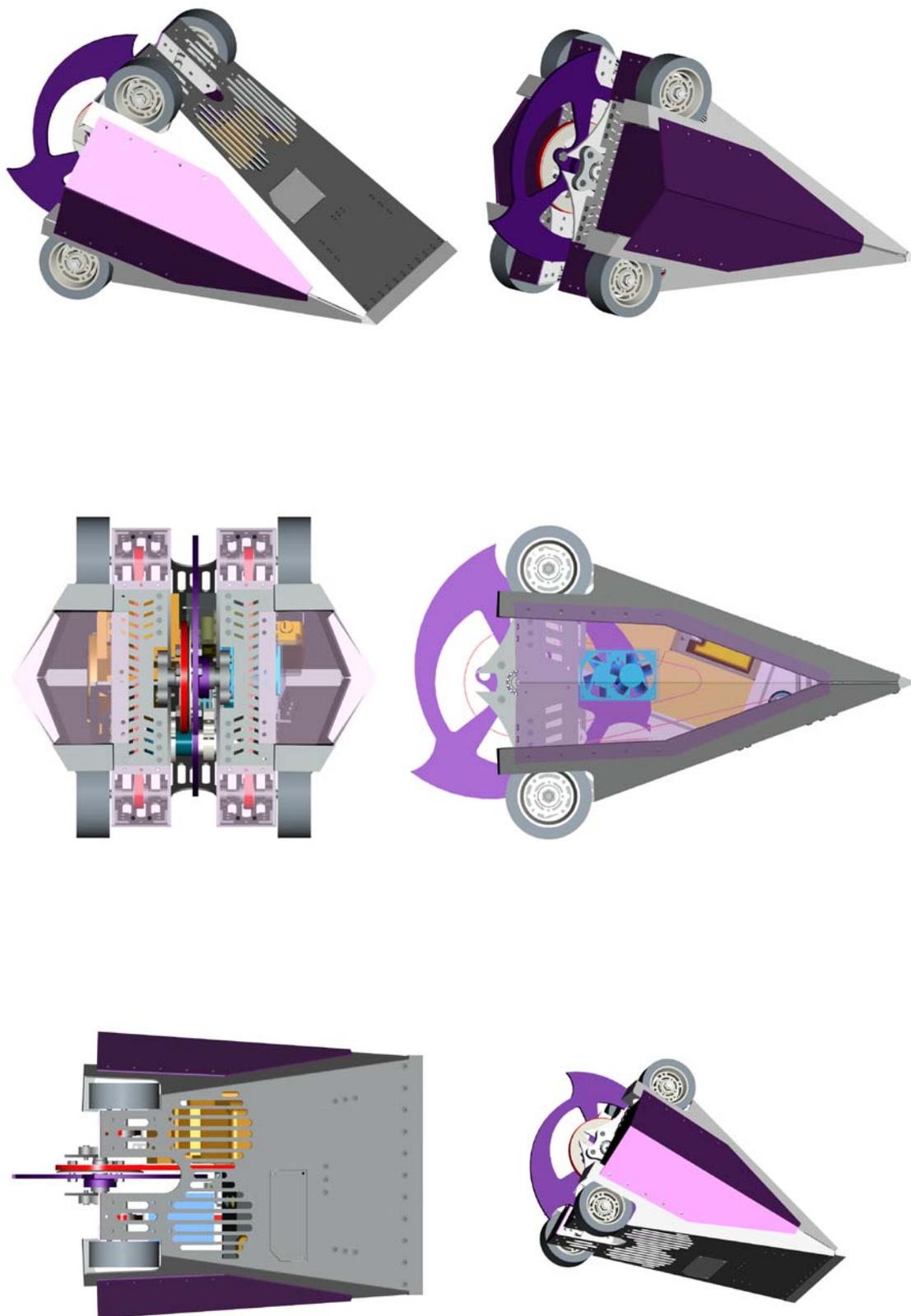


Figura 1.35 – Imagens robô Docinho

## 2 – Projeto Eletrônico

Pode-se subdividir-se a parte eletrônica da equipe em duas partes: potência e controle. A primeira responsável pela elaboração, montagem e manutenção de toda a parte elétrica (passagem de cabos, montagem dos kits de eletrônica e preparação para os *rounds*), e a segunda é responsável pela elaboração da placa de controle e do software que processa os sinais PWM para o funcionamento dos motores. Também pode-se dividir todo o sistema eletrônico do robô basicamente por:

- Transmissor e receptor futaba;
- Alimentação;
- Placa de controle;
- Placa de potência.
- Servo motor para controle de aceleração da moto-serra;
- Placa e acionamento de relé para desligar a moto-serra ou acionamento da catapulta pneumática

A **CCI – Cirvale Circuitos Impressos** (<http://www.cirvale.com.br/>), localizada em Santa Rita do Sapucaí, interior de Minas Gerais, atendeu ao pedido de parceria proposto pela equipe para a confecção das placas e assim proporcionou condições para que os projetos fossem realizados com a qualidade necessária.

### 2.1 – Receptor e o Servo Pulso

Este receptor é alimentado pela placa de controle com uma tensão de 5 V 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 de 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, à 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 50 Hz. Esta frequência não é de suma importância, já que as informações estão contidas na largura dos pulsos.



Figura 2.1 – Receptor Futaba

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

Para o robô Docinho, outros dois canais são usados para o controle de velocidade e para o desligamento do motor da arma. Já no robô Kako, apenas um outro canal é utilizado para fazer o acionamento pneumático, já que o retorno é feito automaticamente, ou por sensor de fim de curso, ou por tempo limite.

## **2.2 – Alimentação**

### **2.2.1 - Baterias**

As Baterias utilizadas são de Ni-Cd (Níquel-Cádmio), que acompanham as parafusadeiras da Bosch. Tais baterias possuem tensão de 24 volts, sendo compostas por 20 pilhas de 1,2 volt, em série, cada uma com capacidade de 2Ah, sendo esta a capacidade total da bateria. Como cada round de luta entre os robôs dura 3 minutos e os robôs consomem no máximo 60 A por motor, são necessárias 2 baterias para que o robô esteja alimentado durante o round inteiro. Os carregadores utilizados são os que acompanham também as parafusadeiras da Bosch, demorando apenas 1 hora para carregar completamente uma bateria.



Figura 2.2 – Foto da parafusadeira e detalhe de uma bateria e seu recarregador

### **2.2.2 - Conectores**

Os conectores utilizados são os Powerpole da Anderson Power. Estes foram escolhidos por trabalharem com alta corrente (45A), possuir resistência mínima do contato (0,525 m $\Omega$ ) e por ser feito de um material cuja superfície se limpa automaticamente durante a desconexão.



Figura 2.3 – Conectores Powerpole

Possuem carcaças (de UL94 V-0) coloridas e um tipo de conexão que impede que ocorram danos aos conectores e ao circuito, caso sejam acoplados incorretamente. São

utilizados na conexão entre a bateria e as placas de potência, sendo esta parte da eletrônica do robô que ocorre a passagem de alta corrente.

Porém, com todas essas características cada par de conector possui preço elevado, impossível para a equipe arcar com este custo. Então, após a equipe entrar em contato, a empresa **Metaltext** (<http://www.metaltext.com.br/>) prontamente atendeu ao pedido de patrocínio e nos forneceu os conectores necessários.

### **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.

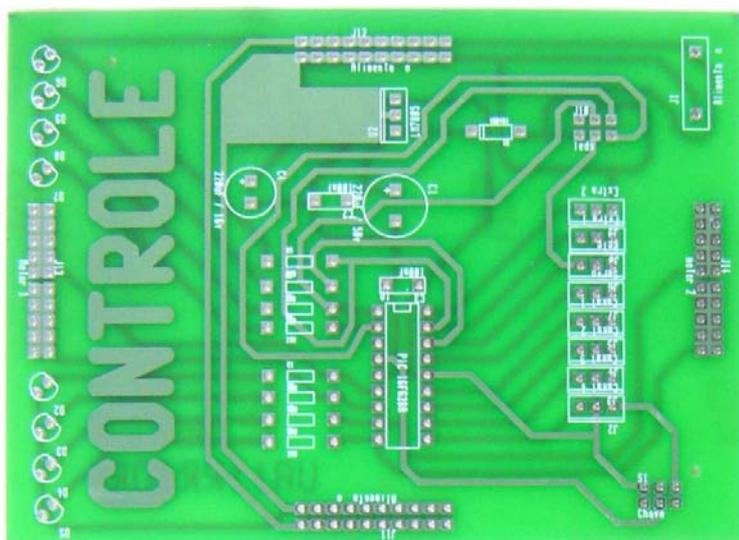


Figura 2.4 – Placa de Controle

#### **2.3.1 – Descrição do funcionamento do software**

Como o microcontrolador trabalha em alta frequência, suas tarefas internas, para este caso, podem ser consideradas realizadas em paralelo. As principais atividades do software são:

- Rotina de verificação do desligamento do controle
- Medição dos Canais 1 e 2 e Processamento Servo Pulso – PWM
- A Transformação Servo Pulso – PWM
- Controle de Aceleração
- Balanço de potência

### 2.3.2 - O Sinal PWM

O PWM é um sinal retangular pulsado, com freqüência 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.

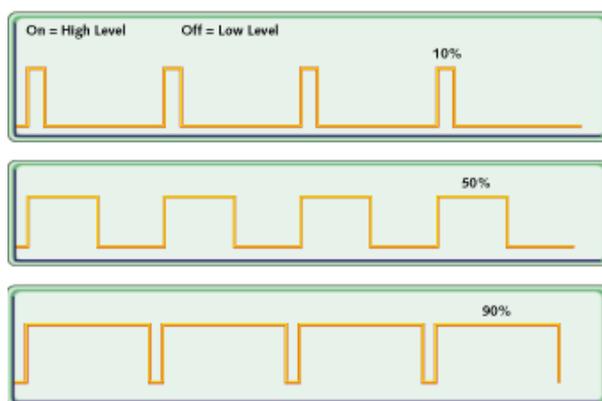


Figura 2.5 – Detalhe sobre o sinal PWM

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.

### 2.3.3 - Rotina de Verificação do Desligamento do Controle

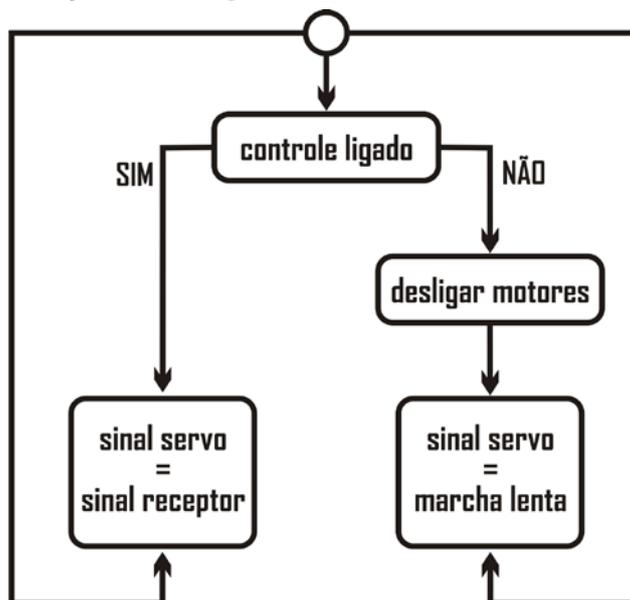


Figura 2.6 – Fluxograma do desligamento do controle

### **Controle Ligado**

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

No caso do robô Docinho, a placa de controle envia sinal a um servo motor localizado na parte externa do motor à combustão usado para a arma. Este servo é o responsável por pressionar o botão que aciona e controla a velocidade deste motor. Assim, quando o controle está ligado, o sinal que está na entrada do microcontrolador (Canal 3) é repassado diretamente para a saída (o sinal do receptor, com pulsos retangulares com largura variável, é capaz de controlar o servo-motor).

### **Desligar Motores**

Quando se identifica 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 pode ficar livre e desgovernado, podendo isso causar diversos tipos de danos. Porém, o microcontrolador, ao identificar esta ausência, desliga os motores que fazem o robô se movimentar, assim deixando-o imóvel.

### **Sinal Servo = Marcha Lenta**

Para o robô Docinho, outra ação do microcontrolador ao identificar que houve a perda do sinal do rádio-controle é enviar ao servo que controla o motor da arma principal um sinal que o leva à posição de marcha lenta, fazendo com que o disco pare de girar em alguns segundos, por motivos de segurança. Caso o sinal se restabeleça, a arma poderá ser acelerada normalmente.

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

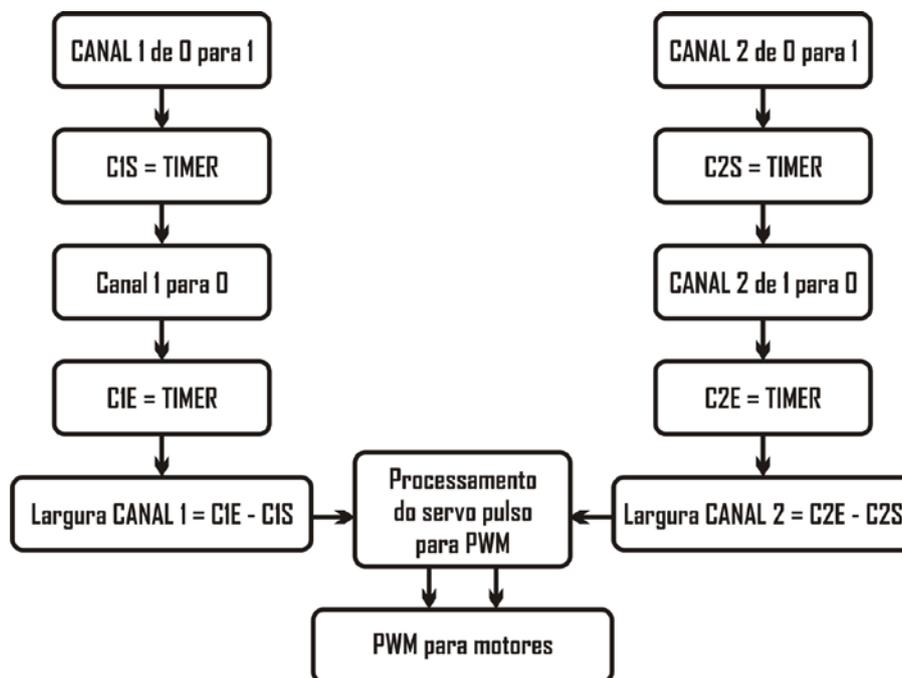


Figura 2.7 – Fluxograma da medição dos canais

#### CANAL 1 – de 0 para 1

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

#### C1S = TIMER

Quando o sinal do canal 1 varia de 0 para 1, é o momento que deve ser iniciada a contagem do tempo da largura do pulso. Desta forma, existe uma espécie de cronômetro (TIMER) atuando enquanto o microcontrolador está ligado. O valor presente desse cronômetro é gravado na variável C1S, 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.

#### C1E = TIMER

Quando o sinal do canal 1 varia de 1 para 0, é o momento em que deve ser encerrada a contagem do tempo da largura do pulso deste canal. O valor presente do TIMER, que agora é outro, é gravado na variável C1E, que indica Canal 1 End.

#### Largura Canal 1 = C1E – C1S

Após o encerramento do pulso no canal 1, o microcontrolador realiza a operação matemática indicada acima, que resulta no valor da largura do pulso. Esta 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. Este canal 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 que deve ser iniciada a contagem do tempo da largura do pulso do canal 2. O valor presente do TIMER é gravado em na variável C2 , 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, é o momento em que se deve encerrar a contagem do tempo da largura do pulso do canal 2. O valor presente do TIMER, que agora é outro, é gravado na variável C2E , 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. Esta 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**

A variação do sinal PWM faz o controle de velocidade dos motores, que por sua vez fazem à movimentação do robô, por serem motores de corrente contínua, têm suas velocidades alteradas de acordo com os valores médios de tensão aplicados sobre os mesmos. 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 girar para a direita (a comando do canal 2).

### **2.3.5 - A Transformação Servo Pulso – PWM**

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

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

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

**Robô Parado (Figura 2.8)**

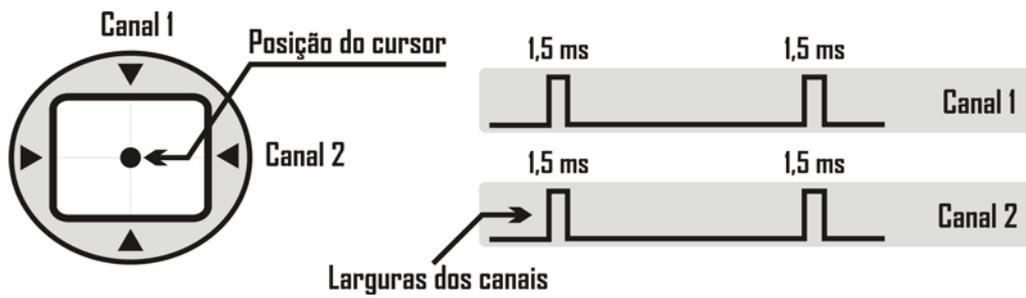


Figura 2.8

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

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

**Para frente com velocidade máxima (Figura 2.9)**

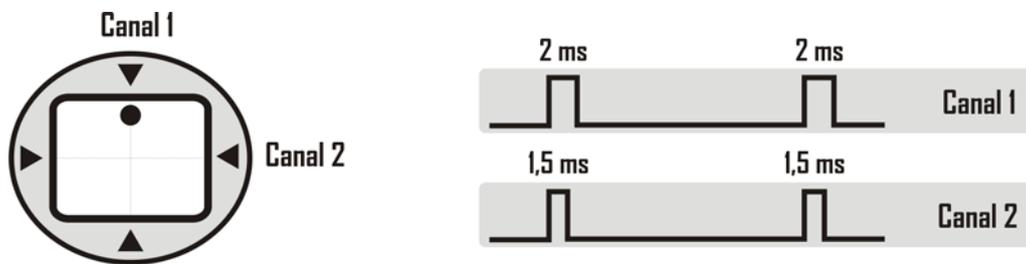


Figura 2.9

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

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

**Para trás com velocidade máxima (Figura 2.10)**

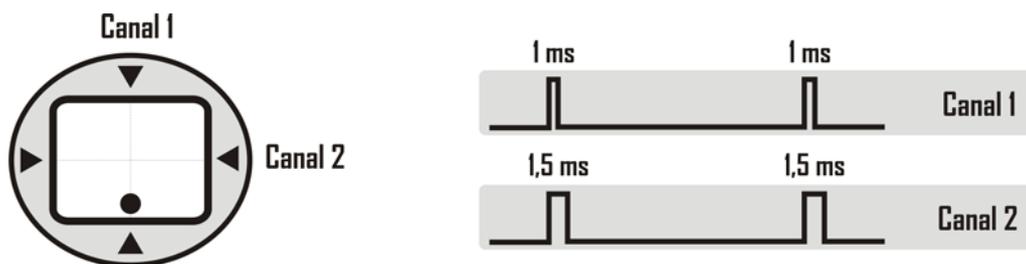


Figura 2.10

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

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

O sinal negativo apresentado no PWM significa que o motor deverá girar no sentido contrário.

**Para direita em torno do próprio eixo (Figura 2.11)**

Com o cursor nesta posição, o robô deve girar para a direita em torno de seu próprio eixo. Desta forma, o motor do lado direito deve ser acionado para trás e o da esquerda deve ser acionado para frente, com máximas velocidades.

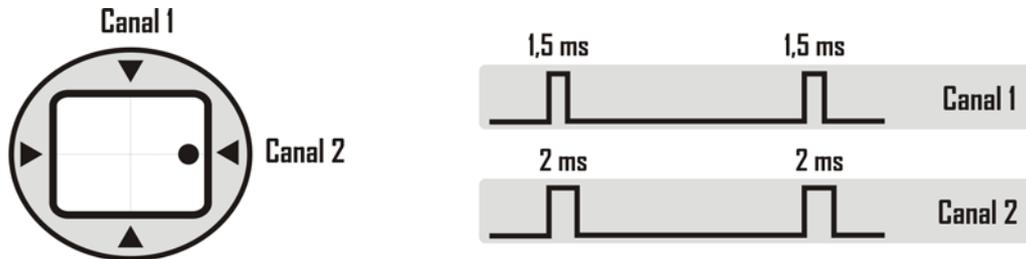


Figura 2.11

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

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

**Posições transversais (Figura 2.12 e Figura 2.13)**

Quando o cursor é posicionado em 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 100%. Da mesma forma para os sinais negativos.

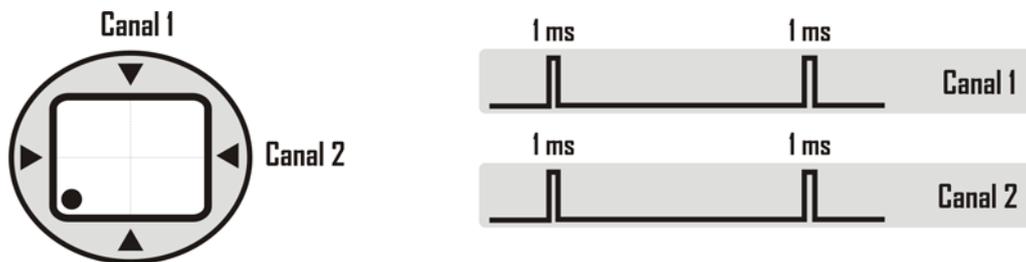


Figura 2.12

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

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

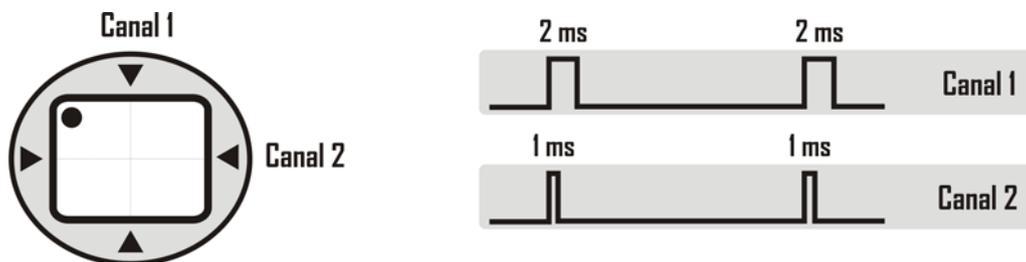


Figura 2.13

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

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

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

### 2.3.6 – Controle de Aceleração

Como os novos robôs estão com tendência de ficarem cada vez com movimentação mais veloz, ficam também mais difíceis de serem controlados. Pensando nisso e observando que o Kako e o Docinho atingiriam velocidades em torno de 20 km/h, na programação foi implementado um controle de aceleração, impedindo que o robô derrape nos momentos de partida e de frenagem, facilitando sua locomoção. Esta nova rotina transforma qualquer movimento brusco no rádio-controle em um movimento suave (Soft Start), sendo que esse grau de suavidade pode ser ajustado por software. Essa partida, por ser mais calma e mais gradual, faz com que o motor tenha uma vida útil maior do que teria caso tivesse uma partida direta.

Outra qualidade desta nova rotina é o controle de curva, que impede que um robô mais alto tombe ao rotacionar rapidamente em torno de seu próprio eixo. O programa limita a velocidade do robô não permitindo que isso ocorra.

Para que possa ser entendido o mecanismo, pode-se considerar que o cursor esteja no centro e rapidamente o controlador o mude para o canto superior direito. Anteriormente, nos programas utilizados nos robôs passados (Vingador, Dragster e Crápula), o microcontrolador mudava a velocidade dos motores praticamente instantaneamente. Agora isso não acontece mais, pois é como se o Canal 1 e o Canal 2 do rádio-controle estivessem se movendo lentamente, com uma velocidade que pode ser ajustada pelo programa.

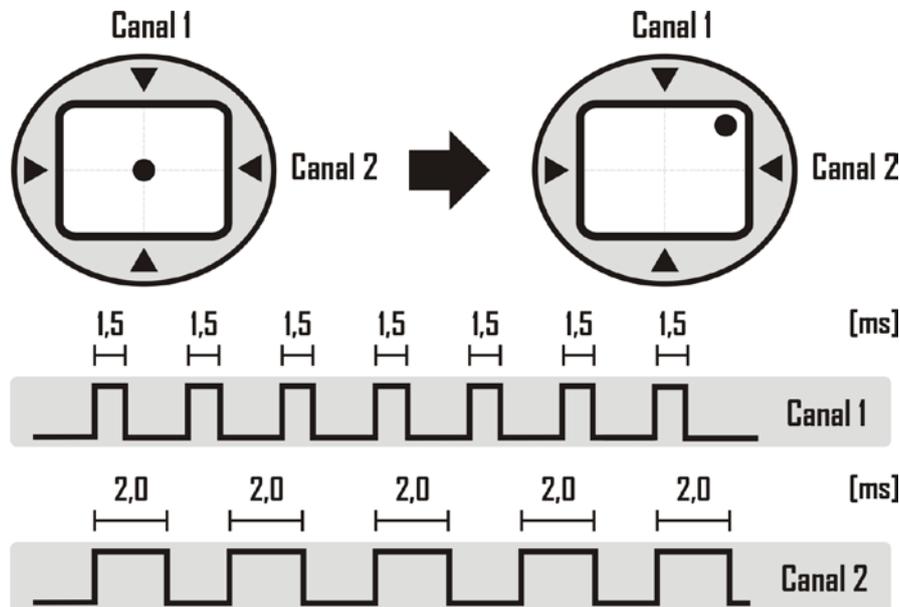


Figura 2.14 – Variação das larguras dos canais antigamente

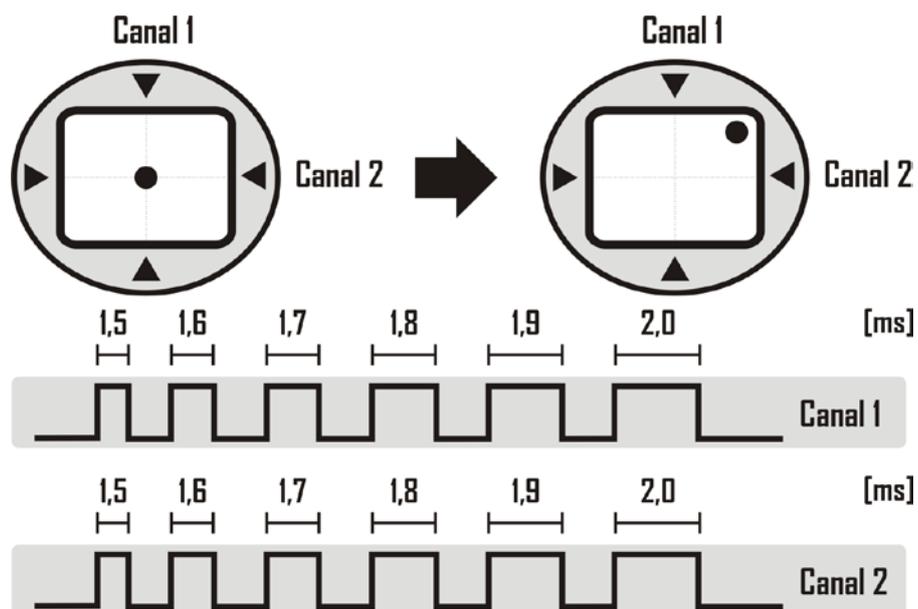


Figura 2.15 – Variação das larguras dos canais com controle de aceleração

A variação, STEP, no exemplo acima de 0,1 ms é um parâmetro configurado facilmente por software;

### **2.3.7 – Balanço de potência**

A utilização dos motores da parafusadeira apresentou novos desafios a equipe. Um destes, eletronicamente, foi o desenvolvimento de um balanço de potência a fim de evitar que o robô ande corretamente. Estes novos motores apresentam velocidades diferentes dependendo do sentido em que são acionados.

Devido ao posicionamento dentro da estrutura dos robôs, os motores são acionados em sentidos inversos, ocasionando o erro. Para corrigir tal erro ao ir para frente, o motor da esquerda tem sua velocidade multiplicada por um fator para que ela fique igual à do motor da direita. Ao ir para trás, o motor da direita tem sua velocidade multiplicada pelo mesmo fator.

Após a realização de medições com a utilização de multímetro e taquímetro, chegou-se, empiricamente, ao valor de 0,875 para o fator de correção.

### **Programação Assembly Para a Correção**

Para fazer a multiplicação por esse fator, utilizando a linguagem assembly basta-se realizar a rotina a seguir:

- Considere que a velocidade seja o valor 20, em decimal, que representa o valor 00010100. Dessa forma,
- $20 \cdot 0,875 = 17,5$
- Desloque o valor para a direita (00001010), some com o valor obtido deslocado mais uma vez para a direita (00000101) e some mais uma vez com o valor obtido deslocado para a direita (00000010). Percebe-se que houve a perda de um dado que saiu fora dos 8 bits. Isso vai causar um erro no resultado, que acaba sendo despercebido ou até mesmo corrigido na prática, pelo controlador.

Assim:

```

0 0 0 0 1 0 1 0
0 0 0 0 0 1 0 1
0 0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 1 0 0 0 1
    
```

O valor conseguido é 17, que, relativamente ao anterior que valia 20, é muito próximo de 17,5.

### **2.3.8 – O Hardware**

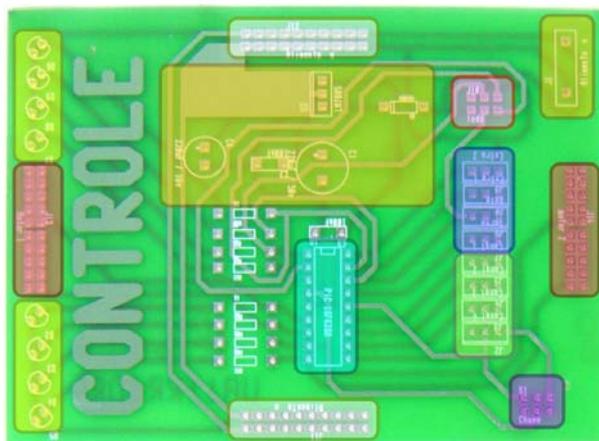


Figura 2.16 – Elementos da placa de controle

#### **Alimentação**

A placa de controle é alimentada por 12V ou 24V (DC) das baterias do robô. Através do regulador de tensão LM7805, reduzimos para 5V, podendo assim ser 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.

#### **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.

#### **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 dos canais. Este projeto tem a capacidade de 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).

#### **Saídas PWM**

A placa possui 4 saídas PWM (duas para cada motor) e cada saída é levada à placa de potência.

#### **Saídas normais**

A saída normal é utilizada para o acionamento de diversos tipos de cargas, como, por exemplo, uma arma do robô. No robô Docinho, estas saídas são levadas à uma placa de relé, que faz o acionamento do seu motor principal. Já no caso do robô Kako, essas saídas vão para uma placa de acionamento de seu circuito pneumático.

### LEDs de sinalização

São utilizados 8 LEDs para a sinalização dos sentidos dos motores e o acionamento das armas dos robôs. Tais LEDs fazem-se necessários pois o microcontrolador pode ser reprogramado e assim existe a necessidade de teste sem a utilização dos robôs.

### 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.

### 2.3.9 – Esquemático

Abaixo é apresentado o esquemático do circuito. Desenvolvido a partir da placa de controle desenvolvida pela equipe no ano de 2005 para o I Winter Challenge, é uma evolução natural de tal projeto, onde necessidades foram adicionadas, como circuitos de proteção, mas também foram retirados itens de menor importância como alguns LEDs sinalizadores.

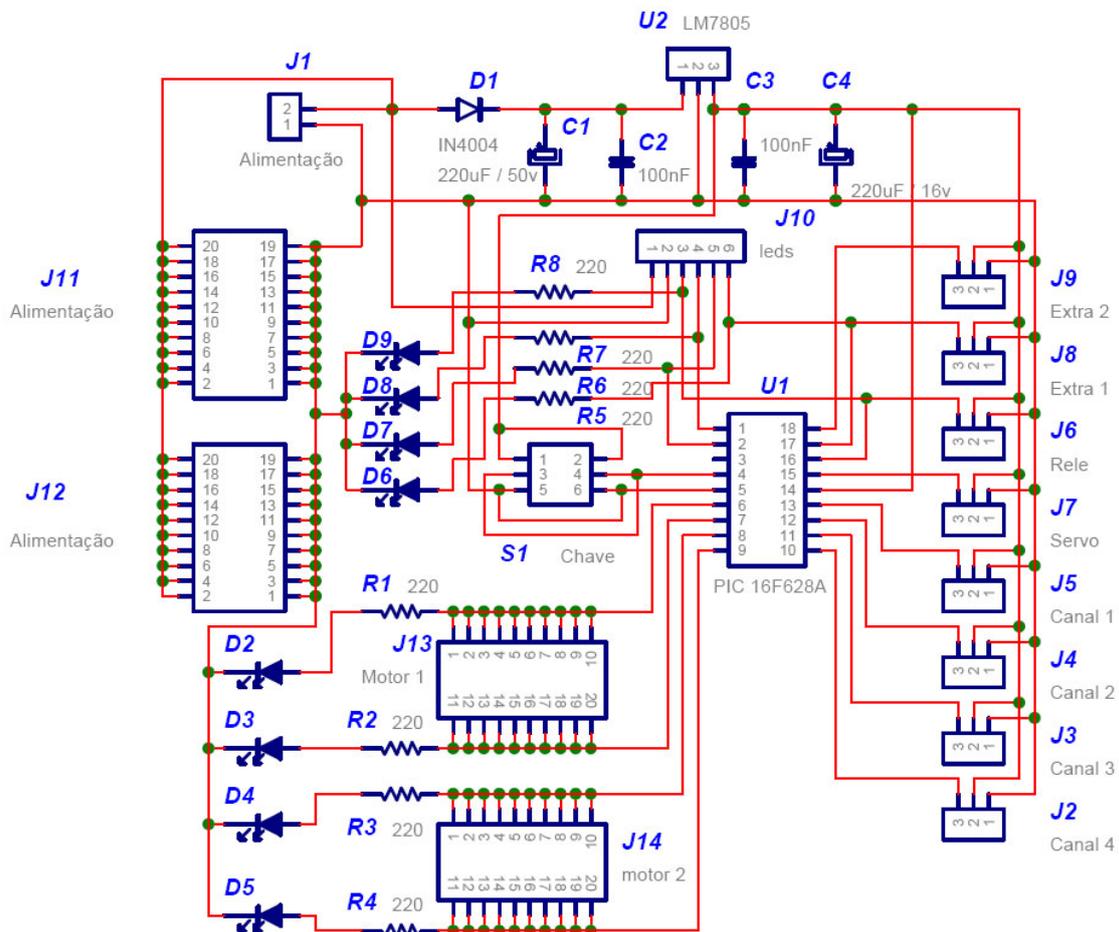


Figura 2.17 – Esquemático da placa de controle

### 2.3.10 - Layout

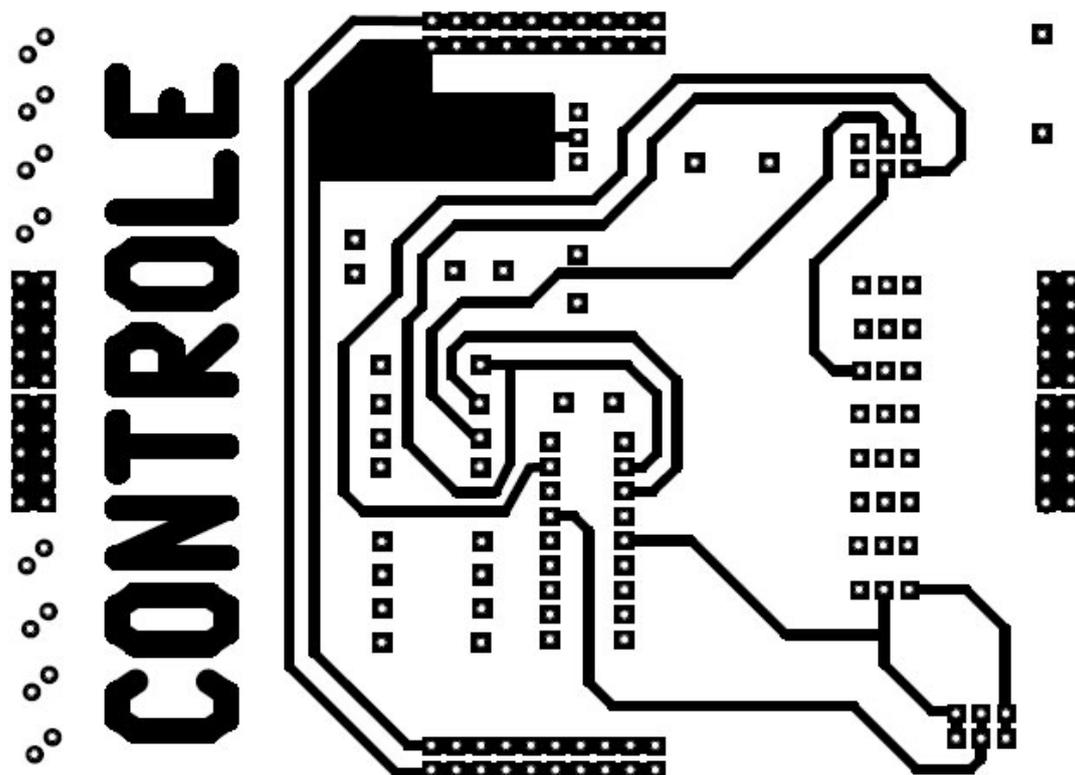


Figura 2.18 – Face superior do circuito

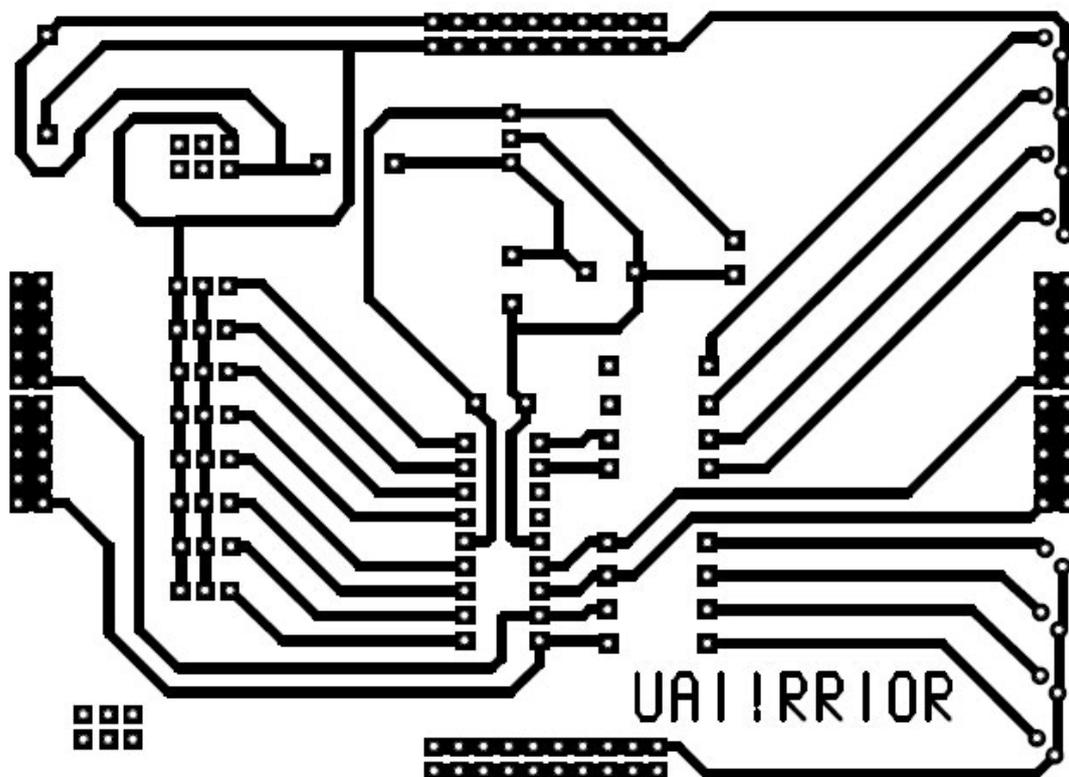


Figura 2.19 – Face inferior do circuito

## **2.4 – Placa de Potência**

Realizada em quatro etapas, a placa de potencia inicialmente montada em proto-board, depois em placa confeccionada pela equipe e utilizada no II Winter Challenge pelo robô Vingador, já para o VI ENECA foram realizadas melhorias no projeto tornando-a mais compacta. Após confecção e testes o time de gestão iniciou a procura por algum patrocinador que pudesse fornecer as placas com tratamento profissional para assim eliminar problemas ocasionados pela confecção “a mão”, tal como falta de furos metalizados.

### **2.4.1 – Funcionamento da Placa de Potência**

Em todas suas versões a placa utiliza o modelo apresentado a seguir, representado abaixo pelo diagrama de bloco que ilustra a composição da placa de potência:

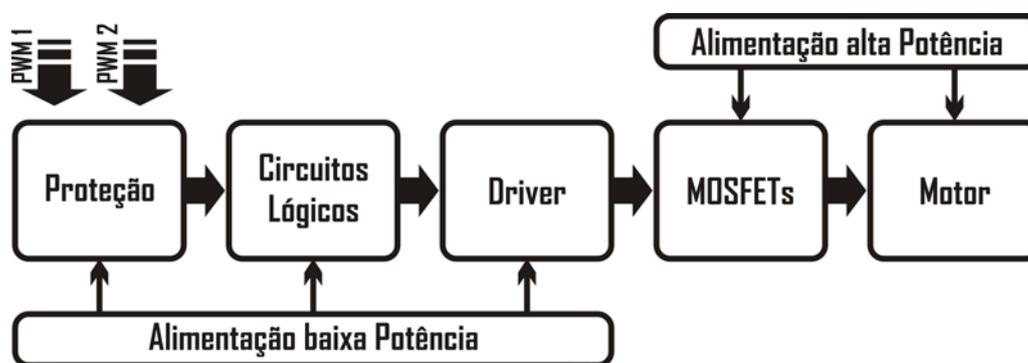


Figura 2.20 – Diagramas de blocos de composição da placa de potência

A placa recebe os sinais de PWM, que passam por um circuito de proteção, introduzido na segunda versão do projeto, um opto-acoplador, responsável por realizar a interface entre o sinal da placa de controle para a placa de potência. Esta proteção faz-se necessária a fim de evitar que ambas as placas sejam danificadas por possíveis curtos

Representado pelo bloco Circuitos Lógicos são os circuitos responsáveis por inverter os sinais de PWM, para gerar os sinais necessários para o acionamento do driver.

O bloco Driver é o responsável pelo acionamento dos mosfets, este bloco utiliza o driver HIP 4081A, responsável pelo acionamento dos mosfets. Para isso ele possui internamente um circuito de delay que não permite que os mosfets da mesma perna da ponte H sejam acionados ao mesmo tempo, evitando um curto circuito na placa. Ele também possui um circuito para gerar o ponto flutuante, este gera um efeito chamado bootstrap que é um ganho de tensão, necessário para que os mosfets da parte superior da ponte H possam ser acionados, pois estes não possuem seu pino de source no referencial zero.

Por fim os sinais do driver chegam aos mosfets, liberando a tensão e a corrente necessárias para o motor acionar.

Para garantir praticidade nos testes, separou-se os circuitos de alimentação para que fosse possível testar várias vezes os sinais da placa sem acionar os mosfets. A alimentação de baixa potência é de 24 V por padrão, porém para utilizar 12 V basta retirar o circuito integrado regulador de tensão 7812, e substituí-lo por um jumper, do pino 1 para o pino 3. Já a alimentação de alta potência é de 12V a 80V. Este valor depende da especificação do motor que será ligado a placa.

### **2.4.2 – Desenvolvimento**

A primeira versão foi desenvolvida a partir do projeto “A High Power H-Bridge” de Vicent Sieben, juntamente com o projeto OSMC – Open Source Motor Control.

Partiu-se de duas condições iniciais:

O projeto deveria ter o menor custo possível e deveria atender as necessidades da equipe em substituição ao projeto OSMC que foi utilizado pela equipe anteriormente, porém com custo elevado e especificações super dimensionadas para os parâmetros dos motores que a equipe utiliza, tornou-se inviável.

Assim a primeira versão da placa é uma síntese do projeto da OSMC e ao de Vicent Sieben. Este último projeto funciona com uma concepção diferente do OSMC, pois necessita apenas de uma entrada de sinal PWM e um sinal de direção, ao contrário das placas OSMC que têm como entrada dois sinais de PWM para efetuar o controle dos motores.

Desde o início foi considerado a necessidade de separar a placa de potência em duas partes principais, apesar de estar na mesma placa, resolveu-se isolar a alimentação do circuito de acionamento dos mosfets em relação a alimentação dos motores. Isto porque é fundamental testar o projeto várias vezes sem os mosfets serem acionados, somente para medir os sinais de saída. Tal funcionalidade não existe na OSMC por não possuir o mesmo tipo de isolamento. Desta maneira é possível testar os sinais básicos da placa sem danificar os mosfets.

O funcionamento da placa consiste em enviar um sinal de PWM para a respectiva entrada de +5 V a 0 V, obedecendo os limites de frequência de 31,25 kHz a 500 kHz, efetuando desta maneira o controle de velocidade de rotação dos motores. Também é enviado outro sinal de direção de +5 V ou 0 V, com a finalidade de orientar o sentido do motor, abaixo estão relacionadas as entradas e o resultado esperado.

<b>Entradas</b>	<b>Entrada [volts]</b>	<b>Efeito no motor</b>
PWM / Direção	0 / X	Parado
PWM / Direção	5 / 0	Rotação à direita
PWM / Direção	5 / 5	Rotação à esquerda

Tabela 2.1 – Relação entre entradas e efeitos ocasionados nos motores

A entrada de alimentação dos motores suporta um nível de tensão de até 80 V e picos de corrente de até 169 A, com uma corrente nominal de 90 A o projeto mostrou-se suficiente para acionar os motores da equipe sem apresentar nenhum sinal sobrecarga. Esta limitação da corrente nominal foi alcançada com a utilização de um número reduzido de mosfets para tornar a placa viável financeiramente. Outro recurso utilizado pela equipe foi a instalação de dissipadores, produzidos pela própria equipe, para uma melhor eficiência e na tentativa de protegê-los contra superaquecimento.

Após montagens sucessivas até o perfeito funcionamento da placa vários outros componentes deste projeto foram alterados com relação ao OSMC e ao de Vicent Sieben para torná-lo barato.

#### **2.4.2.1 - Primeira versão**

A primeira versão foi confeccionada para o segundo Winter Challenge, ocorrido na cidade de Amparo, São Paulo. As primeiras placas produzidas possuíam várias imperfeições, a maior dificuldade encontrada pela equipe foi o processo de montagem da placa, pois as mesmas foram desenhadas para serem placas de dupla face, e para este tipo de placa necessita-se de uma perfeita simetria entre os circuitos das faces inferior e superior. Como todo o processo foi feito manualmente, esta simetria não foi alcançada de maneira a proporcionar o pleno funcionamento das placas.

O processo de soldagem também apresentou vários problemas ocasionados pelo fato dos furos não estarem totalmente alinhados e também por não serem metalizados.

Após testes constatou-se que os flat cables, os cabos por onde os sinais da placa de controle eram enviados para a placa de potência, estavam se soltando facilmente, o que não pode ser tolerado neste tipo de projeto.

Inicialmente o esta versão foi projetada para conter quatro MOSFETs por perna da ponte, que realiza o acionamento dos motores, porém com falta de recursos no orçamento da equipe, utilizou-se apenas dois por perna. Como tal situação não apresentou problemas para acionar os motores, a segunda versão da placa foi desenvolvida com apenas dois MOSFETs por perna.

**2.4.2.1.1 – Esquemático da primeira versão**

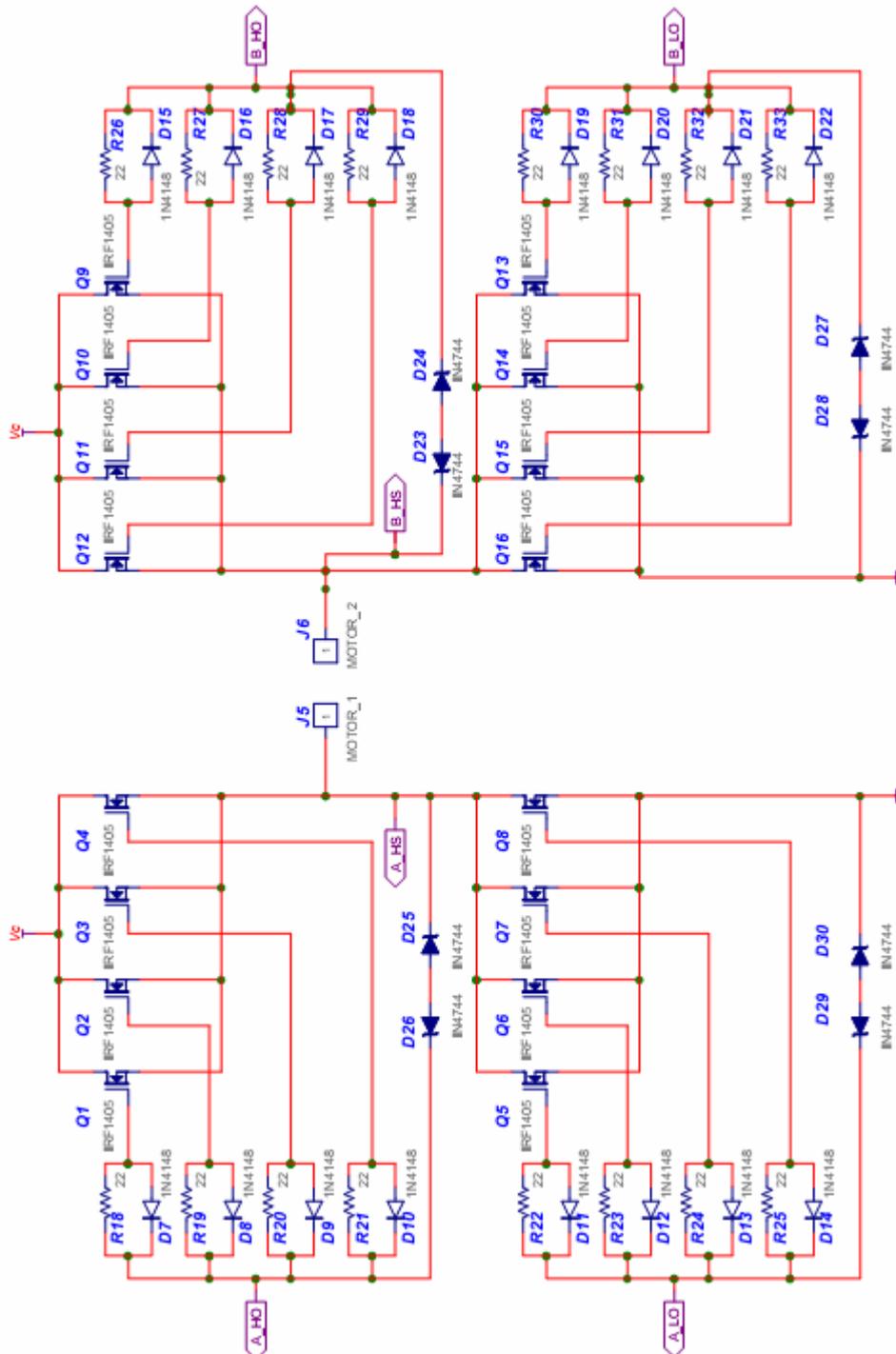


Figura 2.21 – Esquemático da placa de potência, face superior

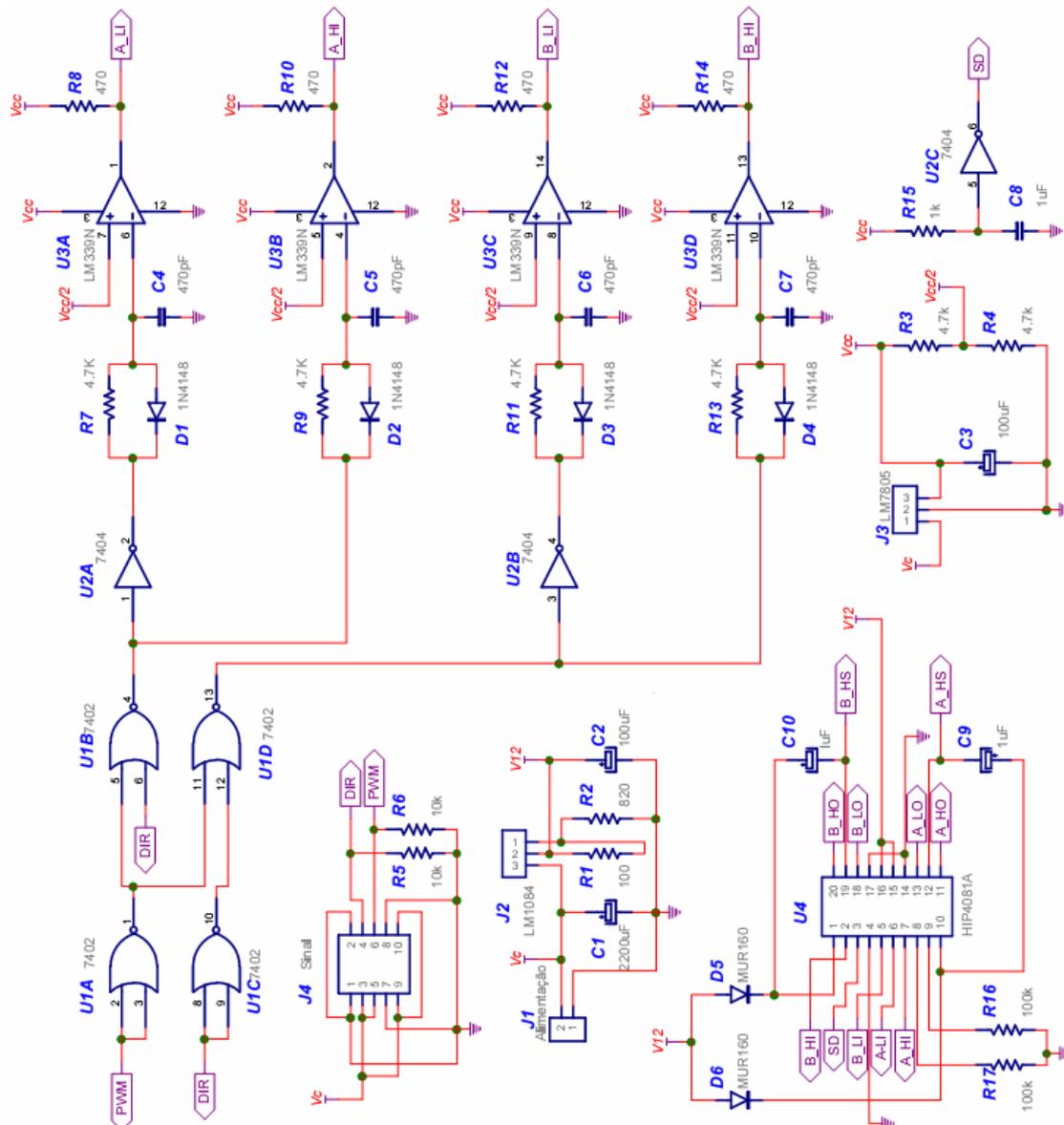


Figura 2.22 – Esquemático da placa de potência, face inferior.

**2.4.2.1.2 – Lista de componentes da primeira versão**

Quantidade	Componente	Quantidade	Componente
1	LM7805	4	Resistores 470
1	LM1084	16	Resistores 22
16	IRF1405	1	Resistor 820
1	Capacitor 2200uF	1	Resistor 100
2	Capacitor 100uF	2	Resistores 100k
3	Capacitores 1uF	2	MUR160
4	Capacitores 470pF	20	1N4148
2	Barras de terminais (macho)	8	1N4744
2	Resistores 10k	1	HIP4081A
6	Resistores 4k7	1	7404

1	Resistores 1k	1	7402
		1	LM339N

Tabela 2.2 – Lista de componentes necessários para a confecção da placa de controle.

**2.4.2.1.3 – Layout**

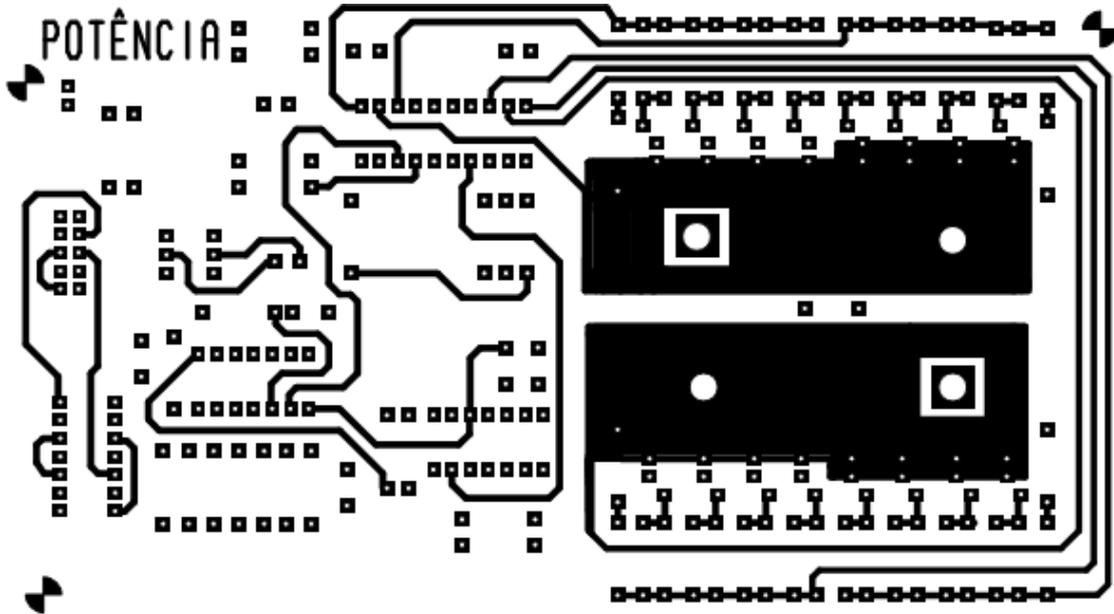


Figura 2.23 – Layout superior

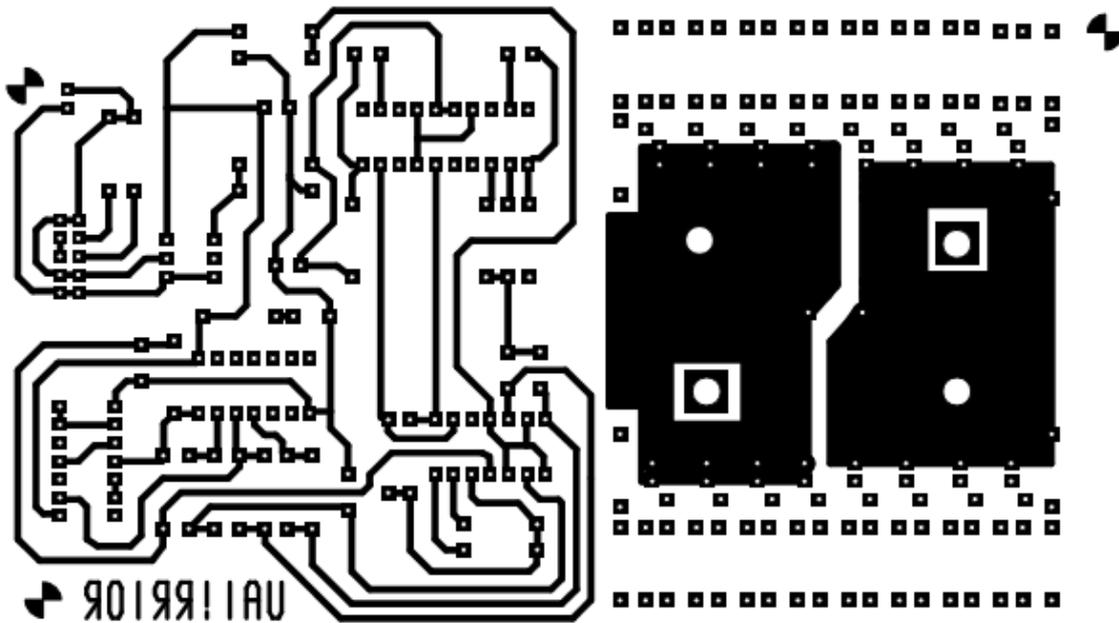


Figura 2.24 – Layout inferior

### **2.4.2.2 - Segunda versão**

Esta versão começou a ser projetada logo após o 3º Winter Challenge. Com o conhecimento adquirido com a primeira versão, foi possível uma evolução natural da placa, tornando-se mais compacta.

Também, e tão importante quando o redimensionamento anteriormente citado, foi alterada a concepção da placa de potência, retirando o sinal de direção e colocando novamente dois canais de PWM. Nesta versão, também, foram removidos os *flat cables*, pois estes apresentavam muitas falhas durante os eventos, pode-se citar como exemplo a eliminação da equipe no 2º Winter Challenge, causada por falha nos *flat cables*.

Nesta nova versão também se implantou opto-acopladores para realizar o isolamento elétrico entre a placa de controle e a placa de potência, visto que em outras competições ocorreram problemas que acabaram danificando ambas as placas por ausência desta proteção.

Esta placa segue exatamente as mesmas especificações técnicas da outra, a única diferença se dá na concepção do controle de direção dos motores. Abaixo segue a tabela explicando seu funcionamento.

<b>Entradas</b>	<b>Entrada (V)</b>	<b>Efeito no motor</b>
PWM1 / PWM2	0 / 0	Parado
PWM1 / PWM2	5 / 0	Rotação à direita
PWM1 / PWM2	0 / 5	Rotação à esquerda
PWM 1 / PWM2	5 / 5	-

Tabela 2.3 – Funcionamento do controle de direção, segunda versão.

As placas desta versão foram confeccionadas na empresa Cirvale e não apresentou falhas durante o evento ENECA 2006, sendo adotadas como padrão pela equipe nos anos de 2007 e 2008.

**2.4.2.2.1 – Esquemático da segunda versão**

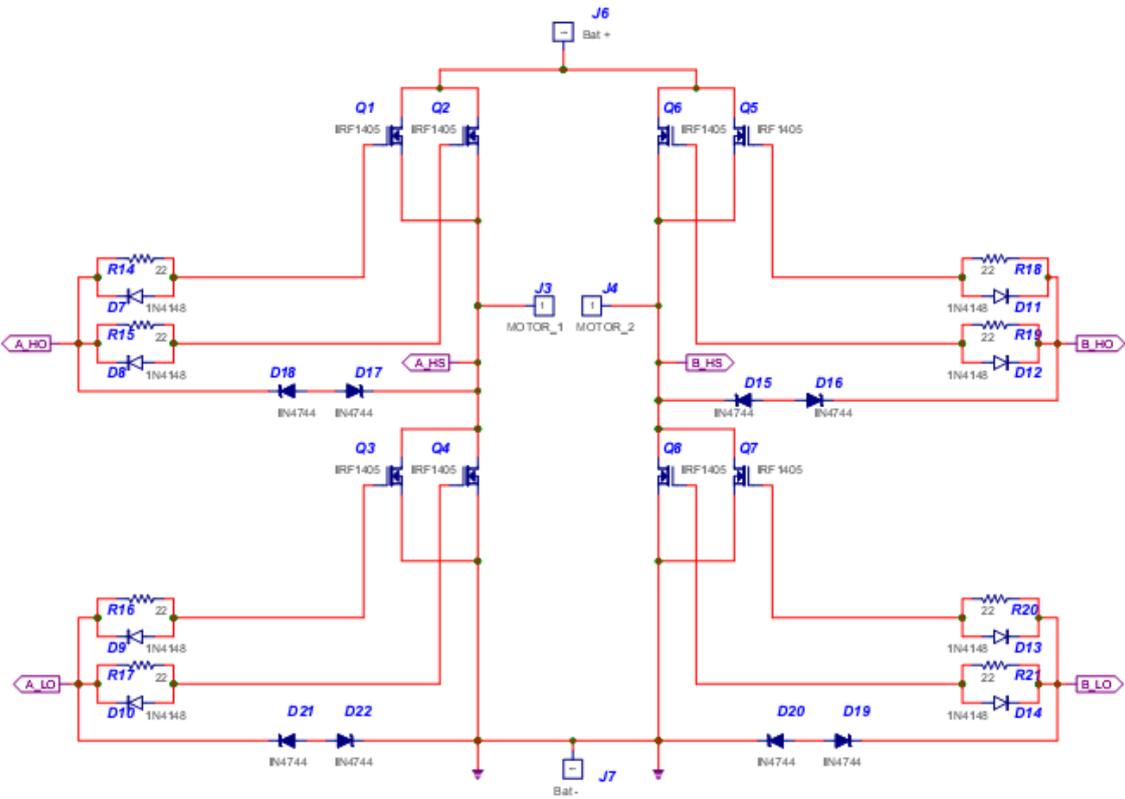


Figura 2.25 – Esquemático segunda versão

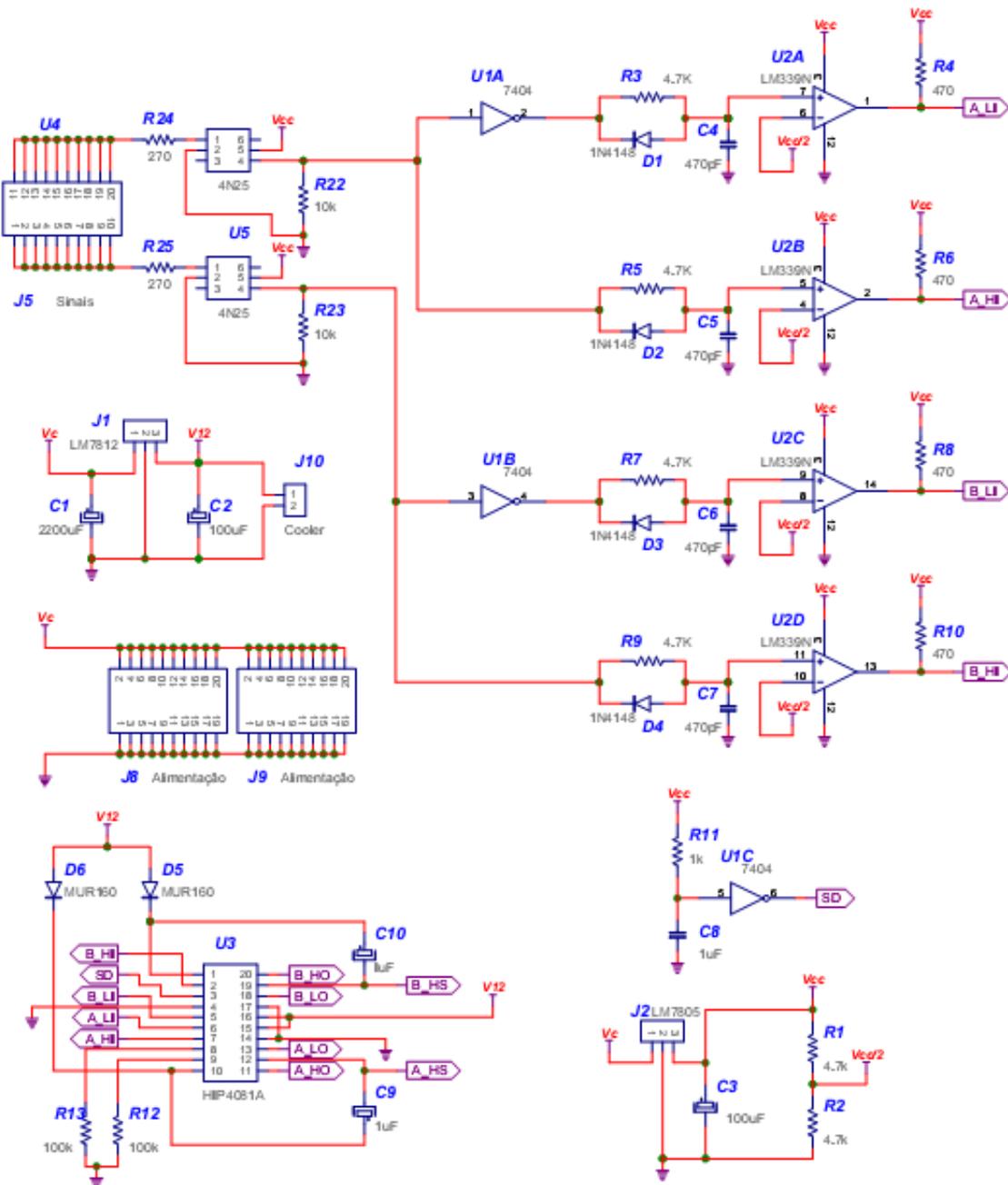


Figura 2.25 – Esquemático segunda versão

**2.4.2.2.2 – Lista de componentes**

Quantidade	Componentes
1	LM7805
1	LM7812
8	IRF1405
1	Capacitor 2200uF 50 V
2	Capacitor 100uF 15V
3	Capacitores 1uF 10V

4	Capacitores 470pF
6	Barras de terminais (fêmea)
2	Resistores 10k
6	Resistores 4k7
1	Resistores 1k
2	Resistores 270
4	Resistores 470
8	Resistores 22
2	Resistores 100k
2	MUR160
12	1N4148
8	1N4744
1	HIP4081A
1	7404
1	LM339N
2	4N25
1	Cooler 12V

Tabela 2.4 – Lista de componentes segunda versão

**2.4.2.2.3 – Layout**

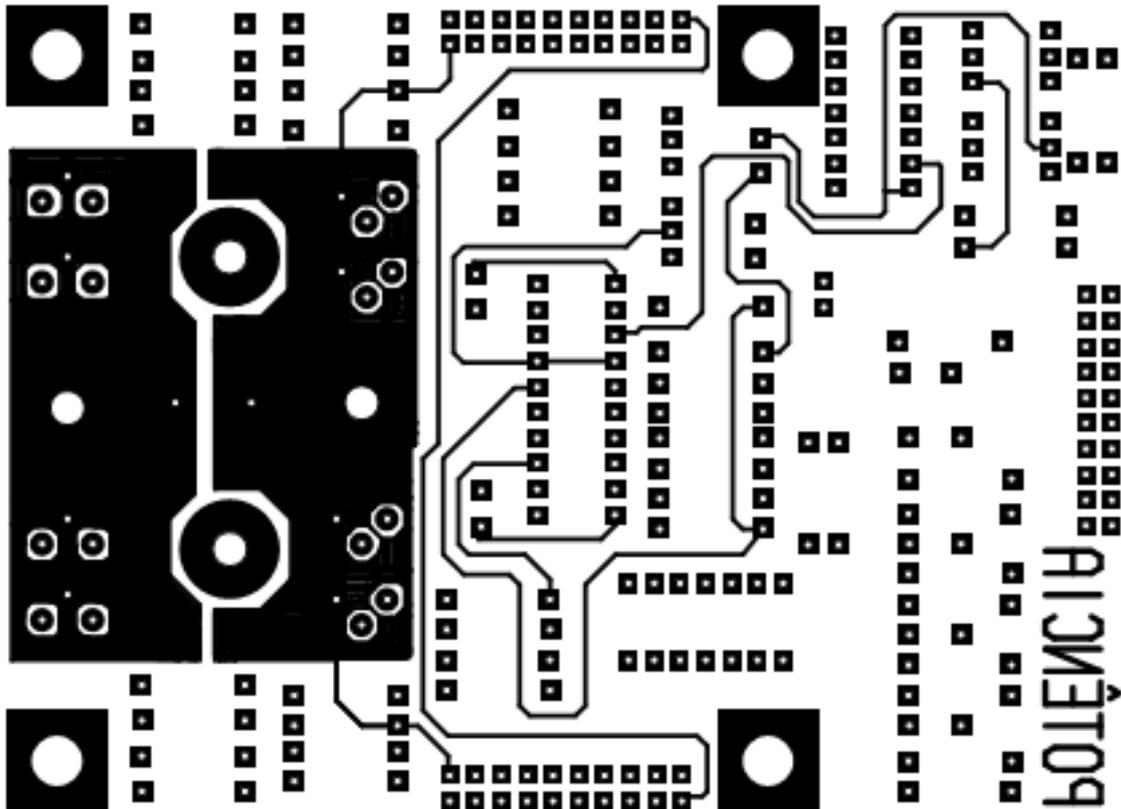


Figura 2.26 – Layout superior segunda versão

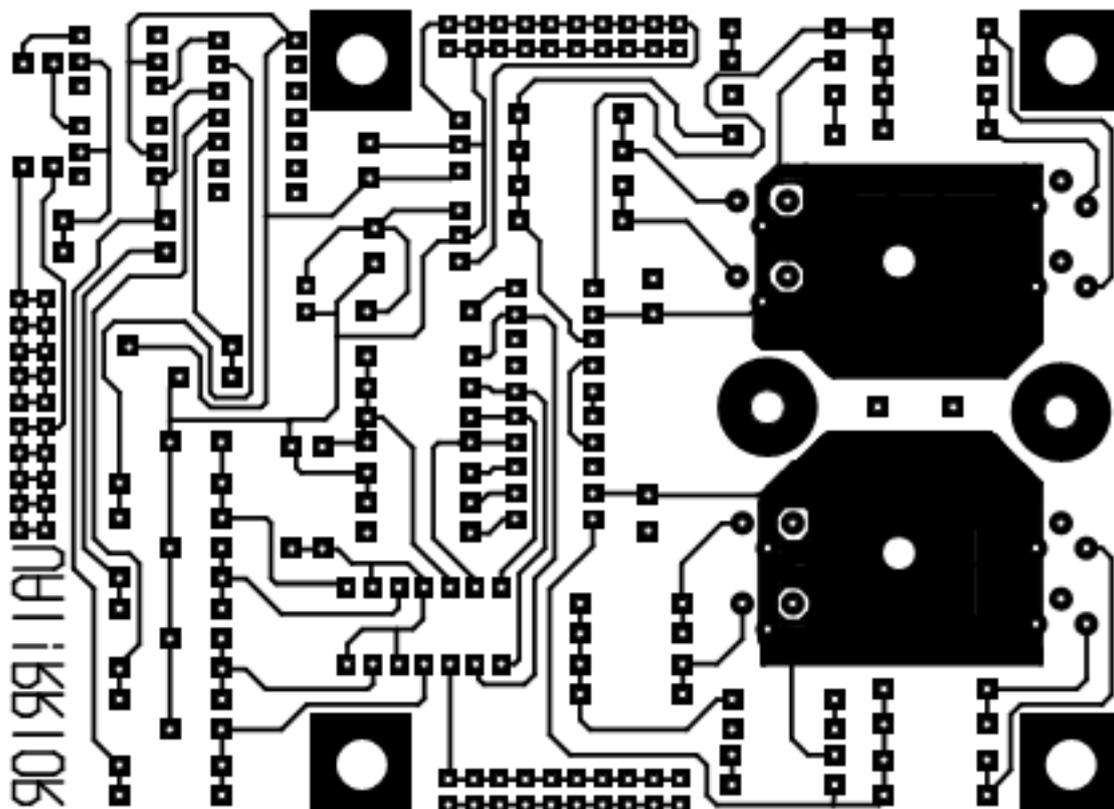


Figura 2.27 – Layout inferior segunda versão

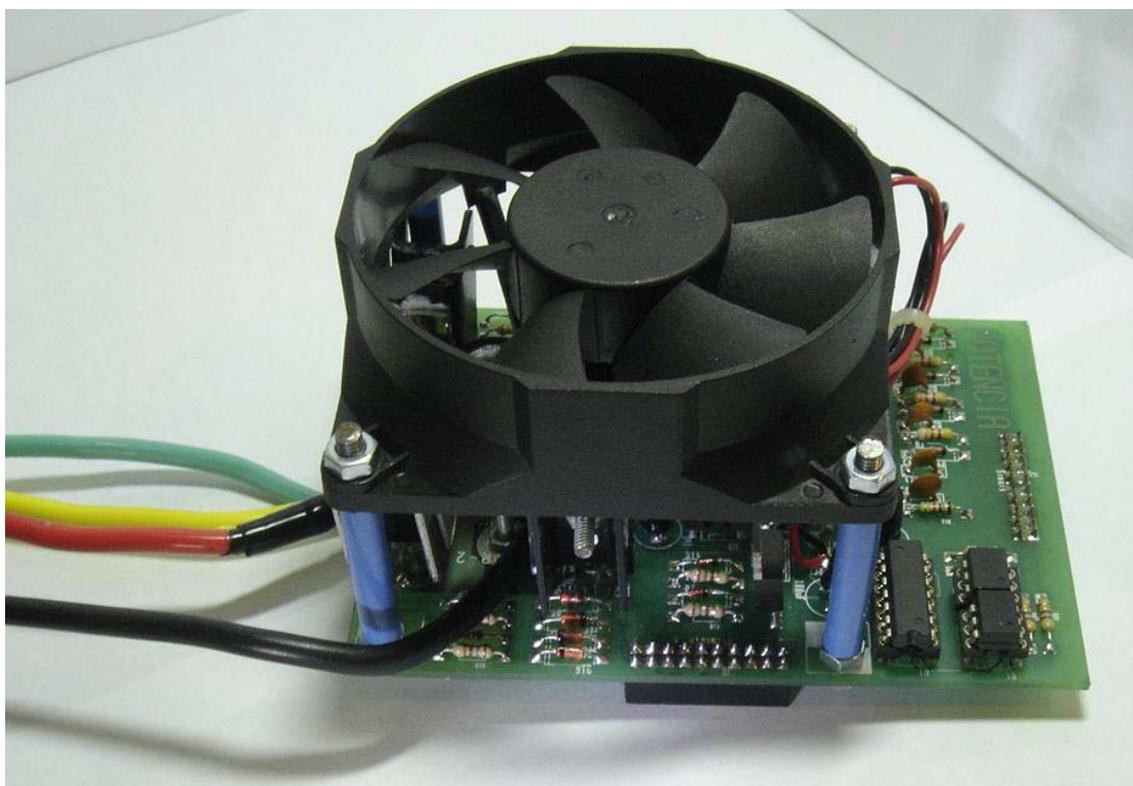


Figura 2.28 – Potência segunda versão montada.

## 3 – Gestão do projeto

Ao contrário de anos anteriores, a equipe realizou um trabalho para gerir o projeto de maneira eficiente e de modo a não cometer os mesmos erros de anos anteriores no que diz respeito a prazos. Para isto foram elaborados cronogramas e pesquisados novos métodos de gerenciamento de projetos.

Porém, o grande destaque da área de gestão foi a total reestruturação da equipe. Esta foi subdividida em três grupos principais: Gestão, Eletrônica e Mecânica. Foram especificadas as tarefas de cada grupo e assim, como nunca antes, todos os projetos trabalharam de maneira independente, porém de maneira paralela.

### 3.1 – Comunicação

Com a reestruturação da equipe, foi criado um grupo de trabalho dentro de gestão denominado 'Comunicação'. Este responsável por 'vender' a marca da equipe e conseqüentemente a da Universidade para todo o país.

Atualmente a Uai!rrior é uma das mais conhecidas equipes de Guerra de Robôs do Brasil e o seu valor ultrapassa os de seus projetos, chegando até aos valores que a equipe possui. Para conseguir tal reconhecimento foram elaborados diversos materiais:

- Website totalmente remodelado. Aumento de acesso: Por volta de 100%
- Vídeos institucionais. Grande apelo tecnológico.
- Aparições na mídia, como televisão e rádio.
- Treinamento de seus integrantes de gestão para uma melhor abordagem
- Demonstração de resultados com antigos patrocinadores
- Realização de um workshop por ano na Universidade.
- CD multimídia com material sobre a Uai!rrior, Unifei e Itajubá para abordagem a potenciais patrocinadores.



Figura 3.1 – Novo website

Também foi continuada a política de criar marcas para cada projeto a fim de criar matérias independentes para cada e aumentar o leque de público alcançado com os robôs. Como exemplo abaixo estão as duas logomarcas dos robôs Kako e Docinho, respectivamente:



Figura 3.2 – Logomarca do robô Kako



Figura 3.3 – Logomarca do robô Docinho

Com o material desenvolvido a quantidade de patrocinadores aumentou mais de duas vezes, abaixo estão os patrocinadores do ano de 2007/2008:



Figura 3.4 – Patrocinadores no ano de 2007/2008

## 4 - Apêndice A – Mecânica

### 4.1 - Calculo do Peso

Como dito anteriormente, o peso é um fator limitante do projeto, portanto tivemos que ter o máximo de cuidado ao calculá-lo para que não ocorressem erros que só seriam descobertos ao final da montagem do robô. Na tabela a seguir, apresenta-se o calculo de peso - todos os cálculos estão aproximados para um valor maior. O item Erro faz referência a itens que por algum acaso tenha ficado de fora do cálculo do peso ou sejam de baixa relevância, como gasolina, parafusos que sejam usados a mais do que fora projetado, fios, reforços ou pequenas modificações estruturais. Deste modo dando uma margem grande de segurança ao projeto.

Peça	Peso		Quantidade	Total
GSR Bosch 24 V2	1,013	Kg/unid.	2	2,026
Bateria Bosch	2,6	Kg/unid.	1	2,600
Eletrônica	1,5	Kg/unid.	1	1,500
Motor Gasolina Sthil	5,5	Kg/unid.	1	5,500
Chapas de Aço	16,15	Kg/unid.	1	16,150
Conjunto do Disco	8,6	Kg/unid.	1	8,600
Eixo roda polia	0,855	Kg/unid.	4	3,420
Mancal Arma com rolamento	0,312	Kg/unid.	2	0,624
Mancal Roda com rolamento	0,092	Kg/unid.	8	0,736
Mancais motor elétrico	0,151	Kg/unid.	2	0,302
Estrutura Alumínio	6,032	Kg/unid.	1	6,032
Ponteira	1,24	Kg/unid.	1	1,240
Polycarbonato frente	0,306	Kg/unid.	2	0,612
Polycarbonato lateral	0,351	Kg/unid.	4	1,404
Polia motor	0,035	Kg/unid.	2	0,070
Correias	0,16	Kg/unid.	1	0,160
Perfil em L para fixações	0,792	Kg/unid.	1	0,792
Polia tensora	0,032	Kg/unid.	2	0,064
Tanque de gasolina	0,12	Kg/unid.	1	0,120
Parafusos, porcas e arruelas	1	Kg/unid.	1	1,000
Erro				2
Total				54,952

Tabela 4.1 - Tabela do calculo de peso do Projeto Docinho

Peça	Peso		Quantidade	Total
GSR Bosch 24 V2	1,013	Kg/unid.	2	2,026
Bateria Bosch	2,6	Kg/unid.	2	5,2
Eletrônica	1,5	Kg/unid.	1	1,5
Pneumático:				
Atuador Pneumático	0,85	Kg/unid.	2	1,700
Conexão do cilindro	0,428	Kg/unid.	1	0,428
Solenóide	0,25	Kg/unid.	1	0,250
Reg. Pressão	0,456	Kg/unid.	1	0,456
Reservatório	1,6	Kg/unid.	1	1,600
Tubos e conexões	1,5	Kg/unid.	1	1,500
Carenagem	7600	Kg/m3	1,25E-03	9,532905
Estrutura	2700	Kg/m3	5,66E-03	15,27294
Tampa	2700	Kg/m3	1,04E-03	2,808
Rampa	7600	Kg/m3	2,60E-04	1,976
Rodas	1140	Kg/m3	6,81E-04	0,77666
Eixos	7600	Kg/m3	8,23E-05	0,62573
Mancal Roda com rolamento	0,213	Kg/unid.	4	0,852
Mancais motor elétrico	0,151	Kg/unid.	2	0,302
Parafusos, porcas e arruelas	1	Kg/unid.	1	1
Erro				2
Total				49,80624

Tabela 4.2 - Tabela do calculo de peso do Projeto Kako

#### **4.2 - Características do Motor/Redutor usados**

A empresa Bosch não forneceu o datasheet deste motor, pois este não é vendido separadamente da parafusadeira, portanto as informações aqui descritas estão relacionadas com a parafusadeira, que inclui também os eixos e caixa de reduções da mesma. Alguns dados foram obtidos experimentalmente, com testes feitos em laboratório no próprio motor a ser usado.

Código Bosch	Tensão	Velocidade 1ª marcha	Velocidade 2ª marcha	Corrente	Torque máx 1ª marcha	Torque máx 2ª marcha	Peso
0 601 912 214	24 V	1300 rpm	400 rpm	45 A	44 N x m	85 N x m	1,012Kg

Tabela 4.3 - Características da Parafusadeira GSR 24 V2

O redutor é composto por dois estágios de engrenagens planetárias. Este sistema facilitou muito o projeto da locomoção, pois, além da compatibilidade motor/redutor, houve

facilidade na adaptação de polias para o sistema de transmissão. Embora seus eixos possuíssem encaixe por rosca Whitworth 55°, foi possível usinar as polias para este fim com facilidade. Esta redução também apresenta um componente interessante, uma chave mecânica que seleciona duas opções de redução: High Speed e High Torque, proporcionados pelo uso de uma ou duas caixas de redução. No caso dos robôs, a opção selecionada é High Torque, que utiliza as duas caixas de engrenagens fornecendo torque máximo ao sistema, condição indispensável ao sistema de locomoção, não forçando o motor, assegurando sua durabilidade em combate.



Figura 4.1 – Detalhe motor parafusadeira



Figura 4.2 - Fotos detalhadas do Motor e suas reduções planetárias.

### **4.3 – Matérias Primas**

#### **4.3.1 - Características dos metais utilizados**

##### Duro-alumínio dos Mancais

- Nome da Liga: 2011-T8
- Composição: Al, Cu, Pb e Bi
- Características: Alta resistência Mecânica e boa usinabilidade.
- Tensão Mínima de ruptura à tração: 370 MPa
- Dureza Brinel: 100

##### Duro-alumínio das cantoneiras em L

- Nome da Liga: 6061-T6
- Composição: Al, Cu, Mg e Si
- Características: Alta resistência Mecânica e boa soldabilidade.
- Tensão Mínima de ruptura à tração: 260 MPa

- Dureza Brinel: 95

Duro-alumínio das estruturas internas:

- Nome da Liga: 5052-F
- Composição: Al e Mg<sub>2,5</sub>
- Características: Alta resistência Mecânica e boa soldabilidade.
- Tensão Mínima de ruptura à tração: 170 MPa
- Tensão Máxima de ruptura à tração: 215 MPa
- Dureza Brinel: 47

Duro-alumínio da ponteira:

- Nome da Liga: 6261-T6
- Composição: Al, Cu, Mg, Si, entre outros
- Características: Boa resistência Mecânica e boa usinabilidade.
- Tensão Mínima de ruptura à tração: 265 MPa
- Dureza Brinel: 90

Aço das chapas de blindagem:

- Nome da Liga: SAE 1045 Normalizado
- Composição: Fe e Carbono
- Características: Alta resistência Mecânica e média soldabilidade.
- Tensão de ruptura à tração: 709 MPa
- Dureza Rockwell : 93 R<sub>B</sub>

Aço das chapas, pós tempera/revenimento:

- Nome da Liga: SAE 1045 Temperado/ Revenido
- Composição: Fe e Carbono
- Características: Altíssima resistência Mecânica e péssima Conformabilidade.
- Tensão de ruptura à tração: 745 MPa
- Dureza Rockwell : 95 R<sub>B</sub>

**4.3.2 - Características dos polímeros utilizados**

Policarbonato das blindagens externas e estruturas simples:

- Nome do Polímero: Policarbonato (Lexar)
- Características: Alta resistência a impactos e boa usinabilidade.
- Tensão de ruptura à tração: 8000-9500 PSI
- Elongação: 50-100 %
- Tensão de ruptura à compressão: 12500 PSI
- Tensão de ruptura à flexão: 13500 PSI
- Dureza Rockwell L : M70-78 R115-125
- Densidade: 1,2 g/cm<sup>3</sup>

Nylon dos mancais, polias e rodas .

- Nome do Polímero: Nylon
- Características: Ótima usinabilidade e boa resistência a tração.

- Tensão de ruptura à tração: 11800-10000 PSI (mat seco máx 0,2% água)
- Elongação: 25 À 70 % (50% Umidade relativa)
- Tensão de ruptura à compressão: 1300 PSI
- Tensão de ruptura à flexão: 6100 (50% Umidade relativa) PSI
- Dureza Rockwell : R119
- Densidade: 1,12-1,14 g/cm<sup>3</sup>

#### **4.4 - Dados dos Cilindros da Luxfer.**

Neste caso ressaltando o Cilindro C-1.2, usado no Projeto do Robô Kako.

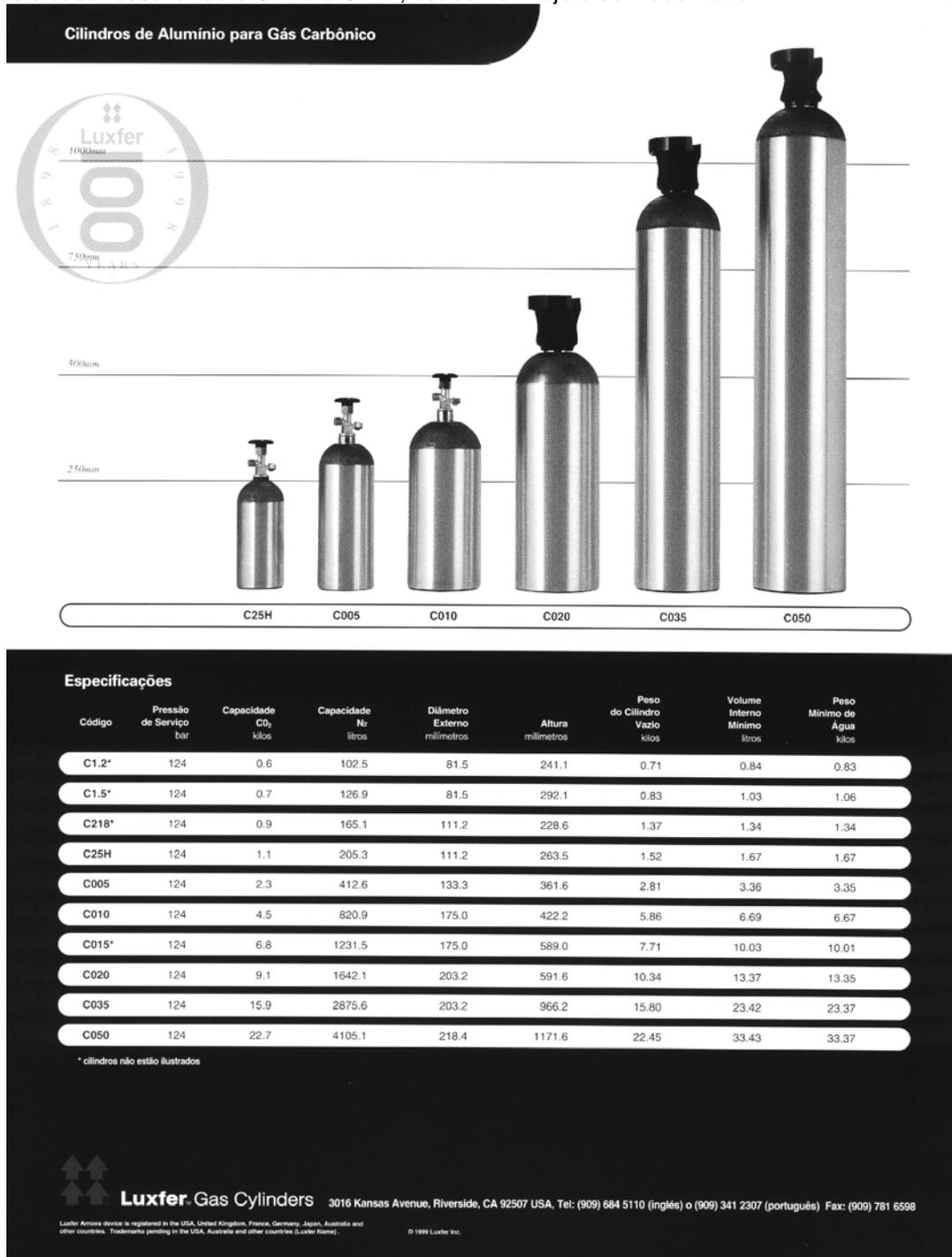
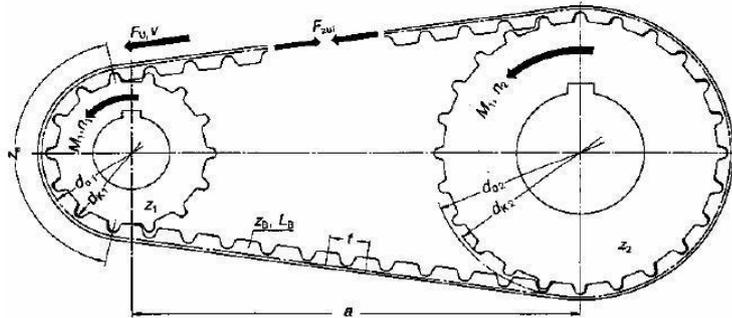


Figura 4.3 - Dados cilindros Luxfer

### 4.5 - Base de Cálculos para as correias Sincronizadoras



Center distance	a	(mm)	Allowable tensile strength of tension member	F <sub>zul</sub>	(N)
Acceleration torque	M <sub>B</sub>	(Nm)	Pulley width	B	(mm)
Acceleration time	t <sub>B</sub>	(s)	Pitch	t	(mm)
Bore	d	(mm)	Velocity	v	(m/s)
Density	ρ	(kg/dm <sup>3</sup> )	Peripheral force	F <sub>U</sub>	(N)
Torque	M	(Nm)	Angular velocity	ω	(s <sup>-1</sup> )
RPM	n	(min <sup>-1</sup> )	Pitch circle diameter	d <sub>0</sub>	(mm)
Outside diameter	d <sub>k</sub>	(mm)	No. of teeth when i = 1	z	
Power	P	(kW)	No. of teeth of small pulley	z <sub>1</sub>	
Moment of inertia	J	(kgm <sup>2</sup> )	No. of teeth of large pulley	z <sub>2</sub>	
Belt length	L <sub>B</sub>	(mm)	No. of teeth on the belt	z <sub>B</sub>	
Ratio	i		No. of teeth in mesh	z <sub>e</sub>	

Belt length when i ≠ 1

$$L_B \approx \frac{t}{2} (z_2 + z_1) + 2a + \frac{1}{4a} \left[ \frac{(z_2 - z_1)t}{\pi} \right]^2$$

Belt length when i = 1

$$L_B = 2a + \pi \cdot d_0 = 2a + z \cdot t$$

Peripheral Force

$$F_U = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot M}{d_0} = \frac{19.1 \cdot 10^6 \cdot P}{n \cdot d_0} = \frac{10^3 \cdot P}{v}$$

Torque

$$M = \frac{d_0 \cdot F_U}{2 \cdot 10^3} = \frac{9.55 \cdot 10^3 \cdot P}{n} = \frac{d_0 \cdot P}{2 \cdot v}$$

Power

$$P = \frac{M \cdot n}{9.55 \cdot 10^3} = \frac{F_U \cdot d_0 \cdot n}{19.1 \cdot 10^6} = \frac{F_U \cdot v}{1000}$$

Angular velocity

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

RPM

$$n = \frac{19.1 \cdot 10^3 \cdot v}{d_0}$$

Velocity

$$v = \frac{d_0 \cdot n}{19.1 \cdot 10^3}$$

Mass moment of inertia

$$J = 98.2 \cdot 10^{-18} \cdot B \cdot \rho \cdot (d_k^4 - d^4)$$

Acceleration torque

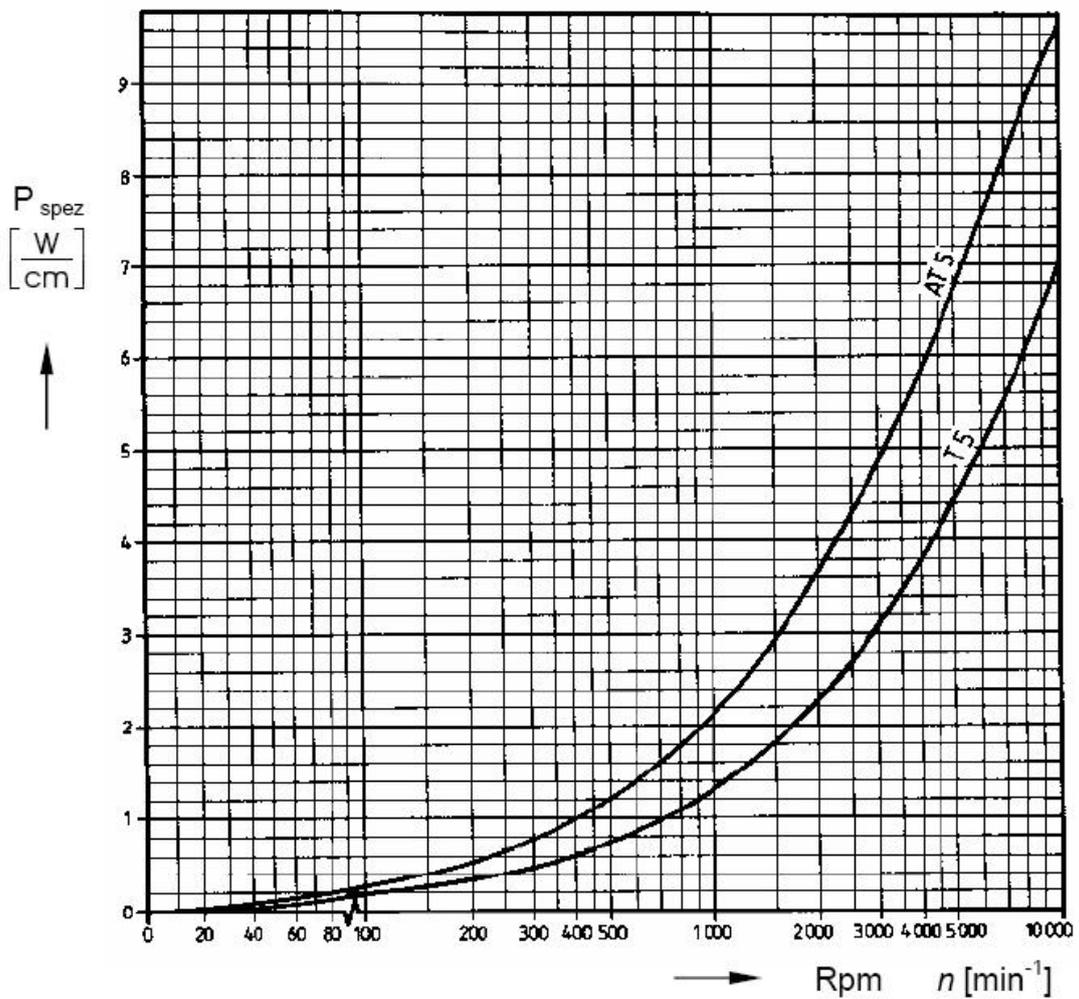
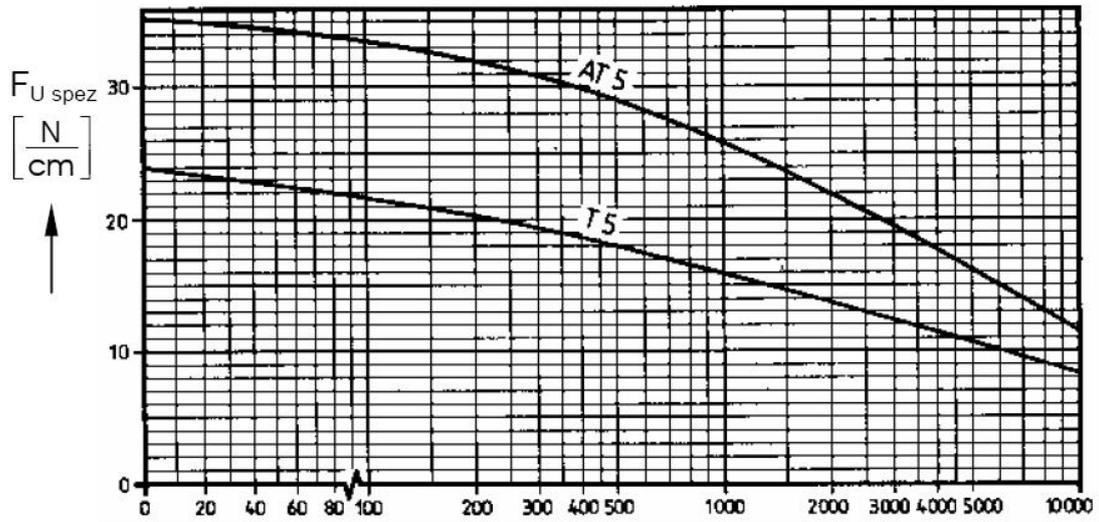
$$M_B = \frac{J \cdot \Delta n}{9.55 \cdot t_B}$$

Only the units listed above should be used in the formulae as they are the approved SI units. The unit of force, the Newton, is very important: 1N is the force required to accelerate a body with a mass of 1kg to 1m/s<sup>2</sup>. ⇔ 1 kg·m/s<sup>2</sup>

Conversion of non-standard units:

Force	1 kp = 1 kg · 9.81m/s <sup>2</sup> = 9.81 N ≈ 1 daN
Torque	1 kpm = 9.81 kgm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> = 9.81 Nm ≈ 1 daNm
Power	1 PS = 75 kpm/s = 0.736 kW
Centrifugal force	1 [GD <sup>2</sup> ] = 4 [J] when GD <sup>2</sup> in kpm <sup>2</sup> and J in kgm <sup>2</sup>

Specific tooth shear strength graphs



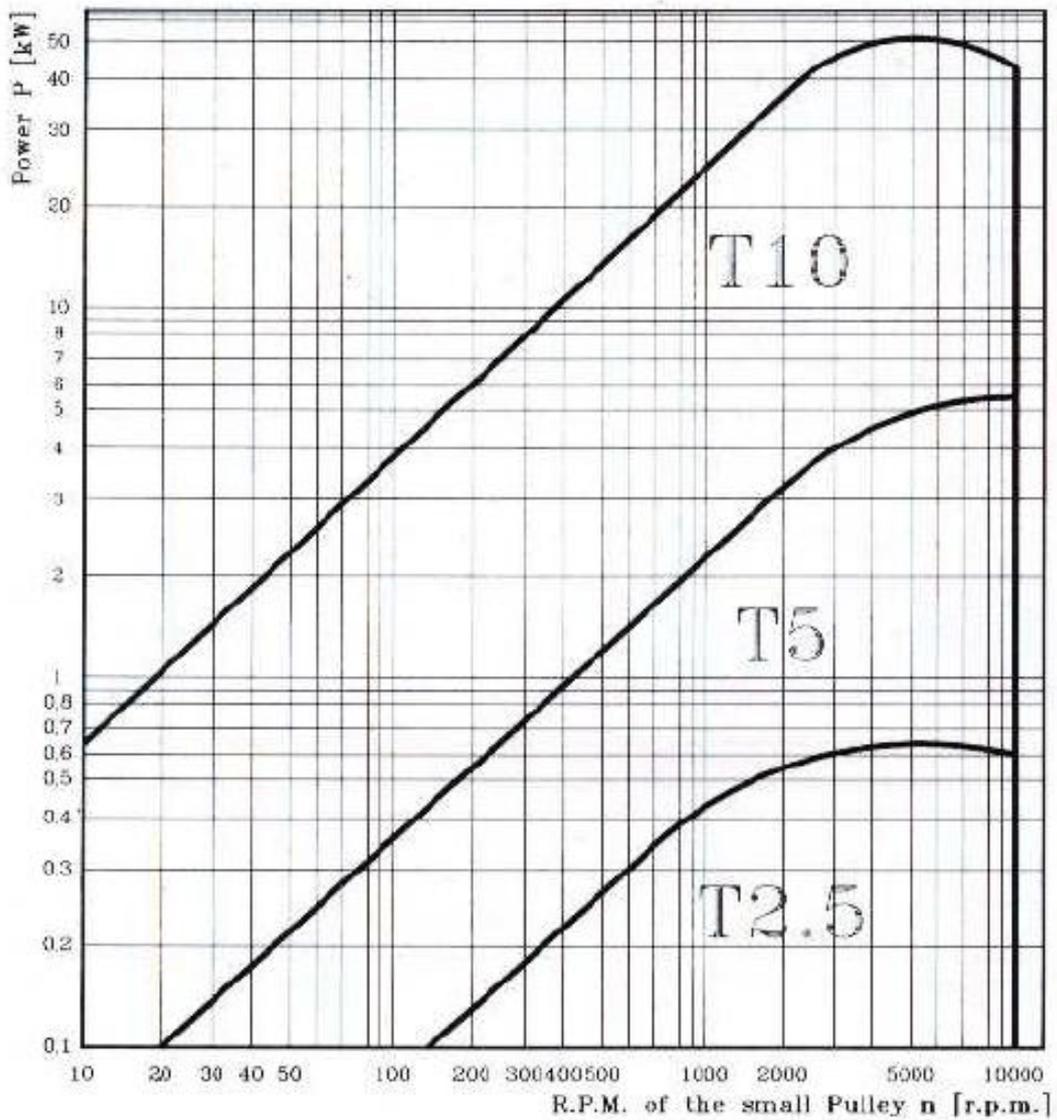
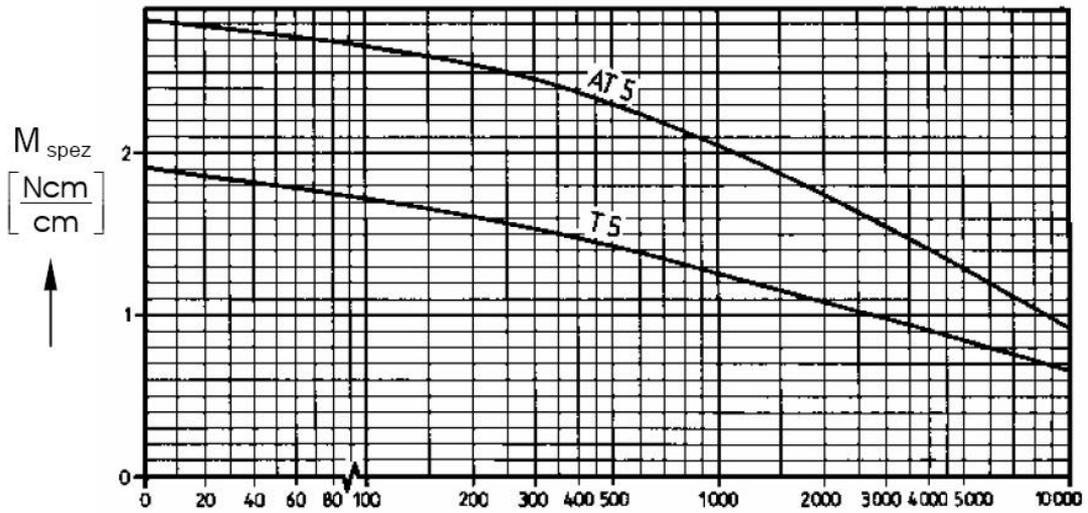


Figura 4.4 – Base de cálculo polias sincronizadoras

## 5 - Apêndice B - Fotos da Construção dos Projetos



Figura 5.1 - Polias e Correias utilizadas nos projetos Kako e Docinho fornecidas pela Megadyne.



Figura 5.2 - Torre principal em alumínio do Robô Docinho, com todas as suas polias e correias corretamente alocadas, juntamente com o sistema da arma.

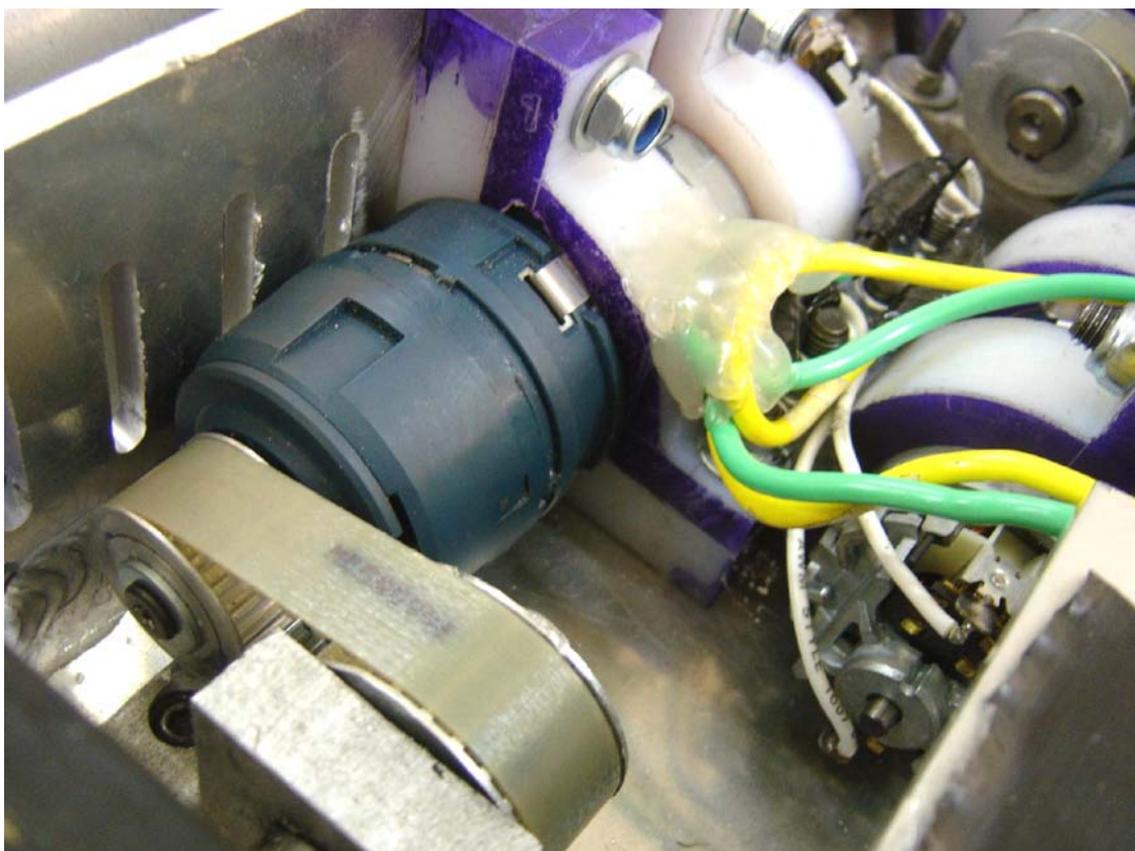


Figura 5.3 - Sistema de Locomoção do Robô Kako, Ilustrando a fixação de seus motores e o sistema de polias e correias montado.

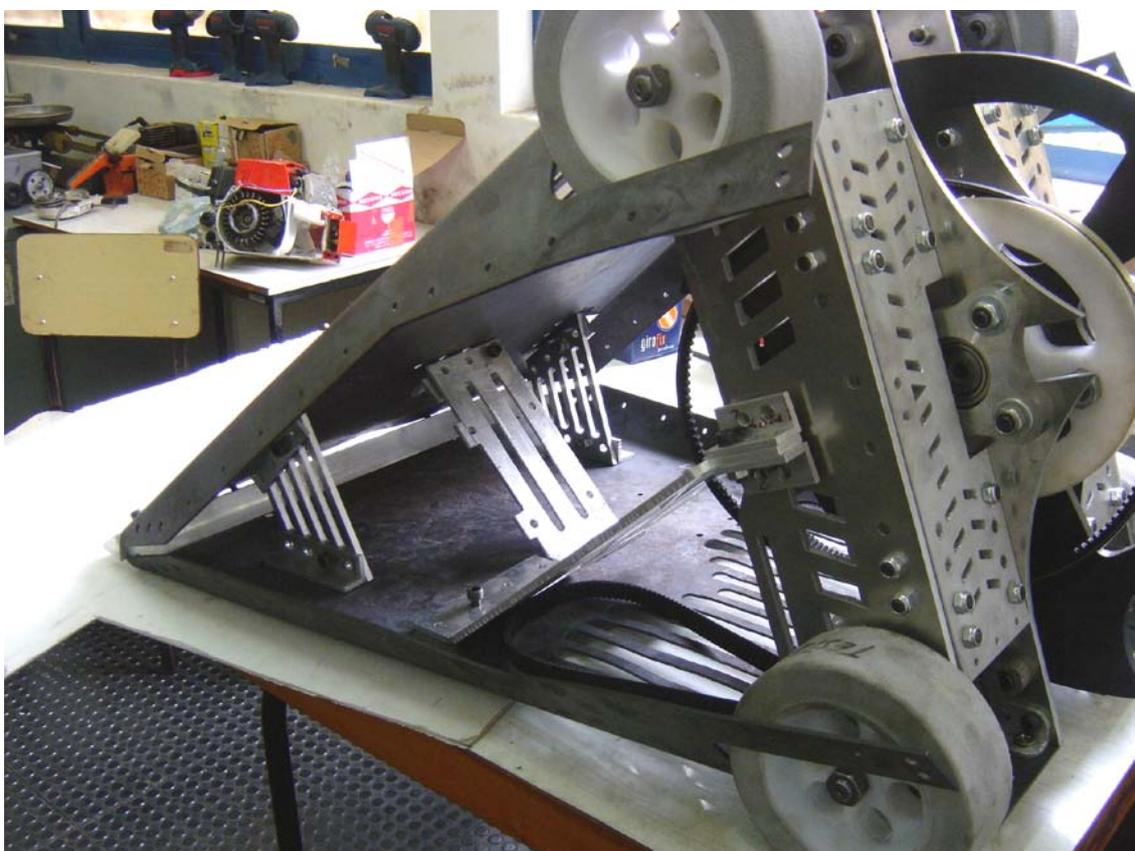


Figura 5.4 - Estrutura do Robô Docinho Pronta. Toda a estrutura de Aço e Alumínio montada, juntamente com sistema de arma e locomoção. Este estágio apenas falta motores, policarbonato e eletrônica.



Figura 5.5 - Kako Completo, instalação dos últimos sistemas e detalhes. Apenas aguardando testes e pintura.

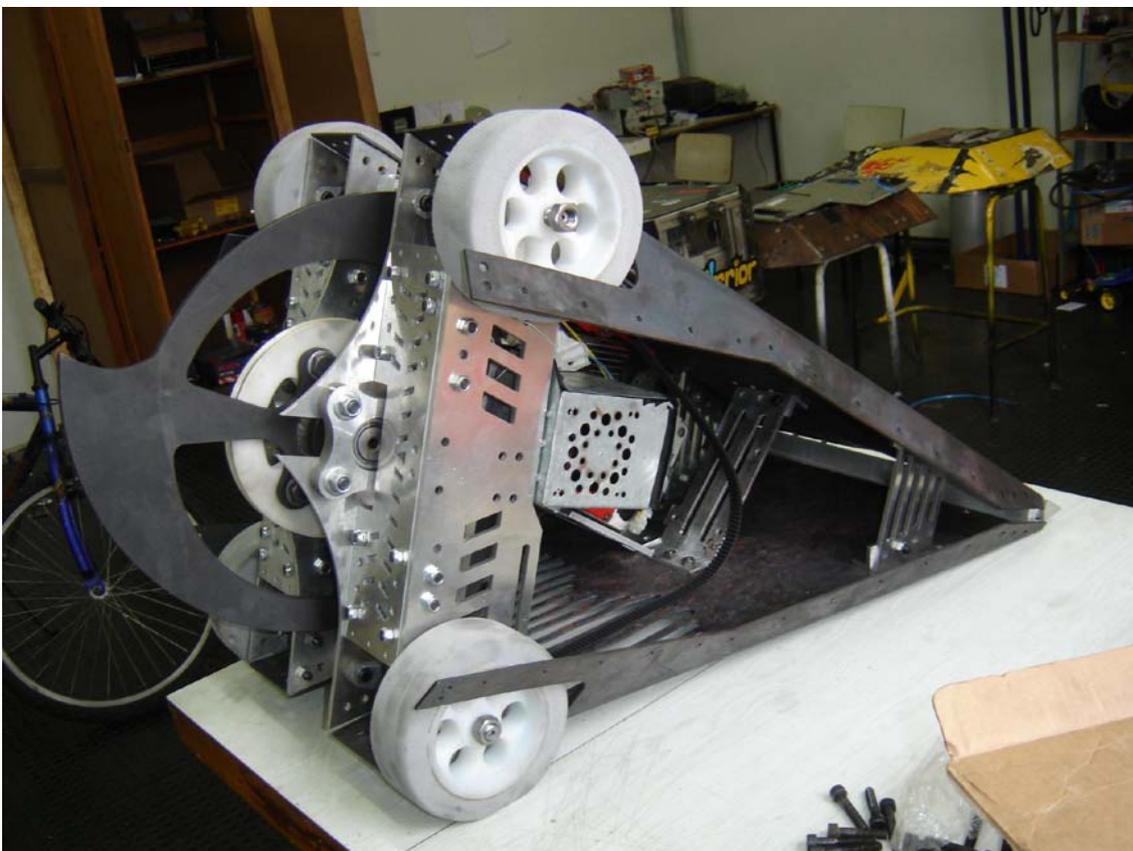


Figura 5.6 - Docinho semipronto, já com o motor a gasolina e caixa da eletrônica.



Figura 5.7 – Kako Finalizado durante Winter Challenge 2007.

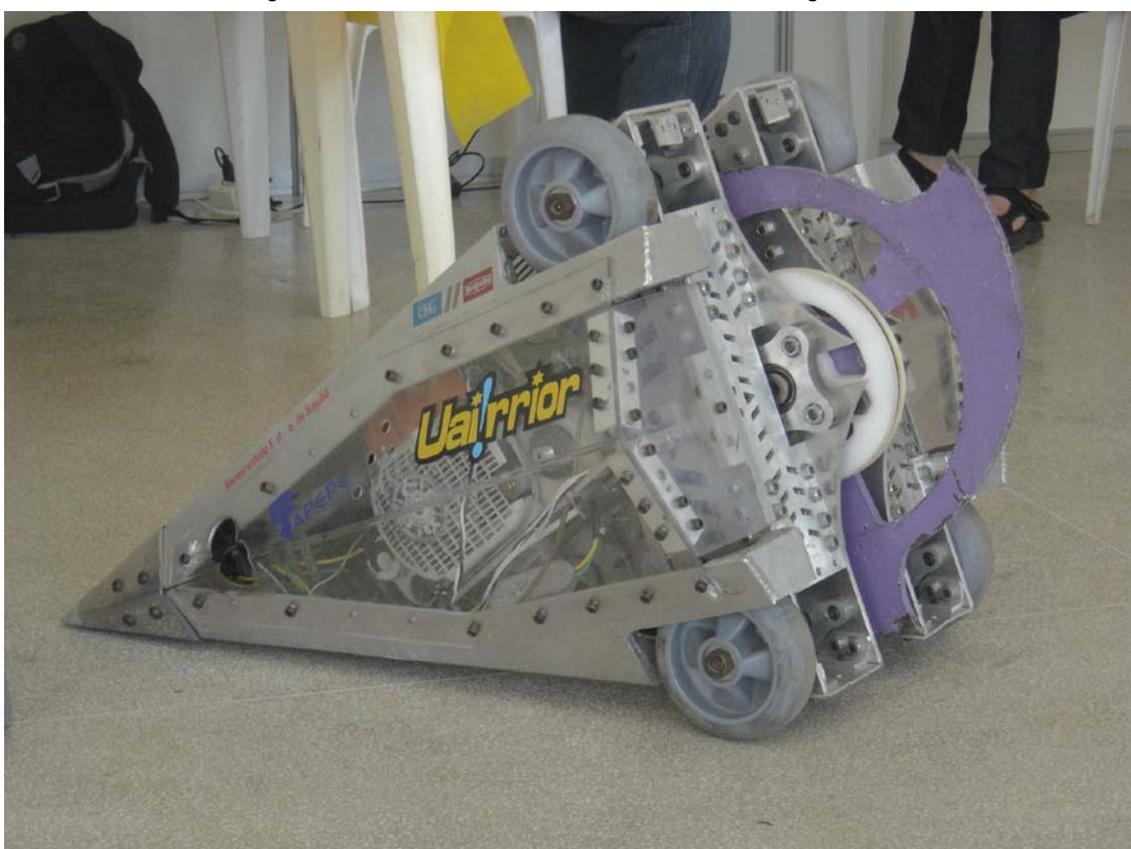


Figura 5.8 – Docinho Finalizado com Tampas em Alumínio.

## 6 – 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](http://www.uairrior.unifei.edu.br)