

 Federação das Indústrias do Estado da Bahia	<b>Manual de operações do Warthog</b>	Data: Proj: QUALIFICAÇÃO MINERAL Doc: SN-CMT-AUT-PPA-QM-0010 Rev.: 1.0 Pág:
Emissão:	Revisão:	Aprovação:

## **MANUAL DE OPERAÇÕES DO WARTHOG**



## Aprovação da versão documento

Reconhecem e concordam com a Documentação Técnica versão 1.0. Quaisquer alterações a este documento serão submetidas a aprovação e assinadas pelos representantes, conforme designação.

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Título: \_\_\_\_\_

Função: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Título: \_\_\_\_\_

Função: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Título: \_\_\_\_\_

Função: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Título: \_\_\_\_\_

Função: \_\_\_\_\_

## Histórico de Versão

Versão #	Responsável	Data da Revisão	Descrição	Seções Afetadas
1.0				

## Sumário

<b>1. Objetivo do documento.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Documentos de referência.....</b>	<b>5</b>
<b>3. Normas aplicáveis.....</b>	<b>5</b>
<b>4. Siglas e abreviaturas.....</b>	<b>5</b>
<b>5. Introdução.....</b>	<b>5</b>
<b>5.1. Dados Técnicos .....</b>	<b>6</b>
<b>5.2. Modelo esquemático geral do equipamento .....</b>	<b>8</b>
<b>5.2.1 Lógica de parada de emergência (E-STOP).....</b>	<b>11</b>
<b>5.3. Partes que compõem o equipamento .....</b>	<b>12</b>
<b>5.3.1 Chassis .....</b>	<b>12</b>
<b>5.3.2 Laterais .....</b>	<b>14</b>
<b>5.4. Passo a passo de operação .....</b>	<b>19</b>
<b>5.4.1 Controle Futaba .....</b>	<b>19</b>
<b>5.4.2 Controle Kar-Tech.....</b>	<b>20</b>
<b>5.4.3 Ligando o Warthog .....</b>	<b>21</b>
<b>5.4.4 Desligando o Warthog.....</b>	<b>22</b>
<b>5.5. Diagramas elétricos .....</b>	<b>23</b>
<b>6. Referências.....</b>	<b>29</b>

## 1. Objetivo do documento

O objetivo do documento é ser um manual de operação da plataforma de testes Warthog.

## 2. Documentos de referência

Foram utilizados manuais individuais, citados nas referências.

## 3. Normas aplicáveis

O Warthog, conforme manual, possui IP 65. De acordo com a norma ele se enquadra em proteção a prova de poeira e protegido contra jatos de água [3].

## 4. Siglas e abreviaturas

Abreviatura	Definição
AUT	Automação Industrial
AUV	Veículo subaquático autônomo
CIMATEC	Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia
CMT	CIMATEC
QM	Qualificação Mineral
PPA	Projeto de Pesquisa Aplicada
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SN	SENAI

Tabela 1 - Siglas e abreviaturas

## 5. Introdução

Warthog é um veículo de grande porte, não tripulado capaz de andar na terra e água. Pode superar ambientes difíceis com sua construção robusta, baixa pressão de solo e pneus de tração que o permitem, sem muito esforço, andar sobre solos macios, vegetação, barro e ladeiras íngremes.

Possui placas para fixação de cargas, conectores de potência e portas de comunicação que lhe permite ser customizado com sensores, manipuladores e outras cargas para atender aplicações como mineração, agricultura e meio ambiente. [1]

## 5.1. Dados Técnicos

A figura 1 mostra as vistas superior, lateral e frontal do Warthog. A figura 2 da uma visão geral da estrutura e a tabela 2 mostra os dados técnicos.

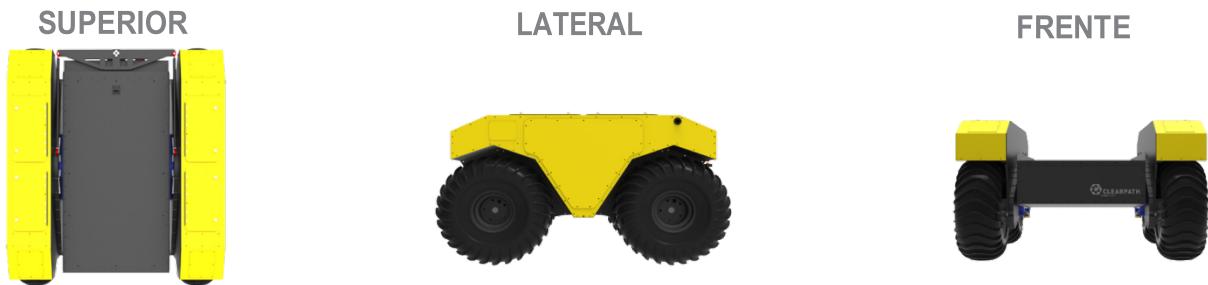


Figura 1 - Vistas do Warthog

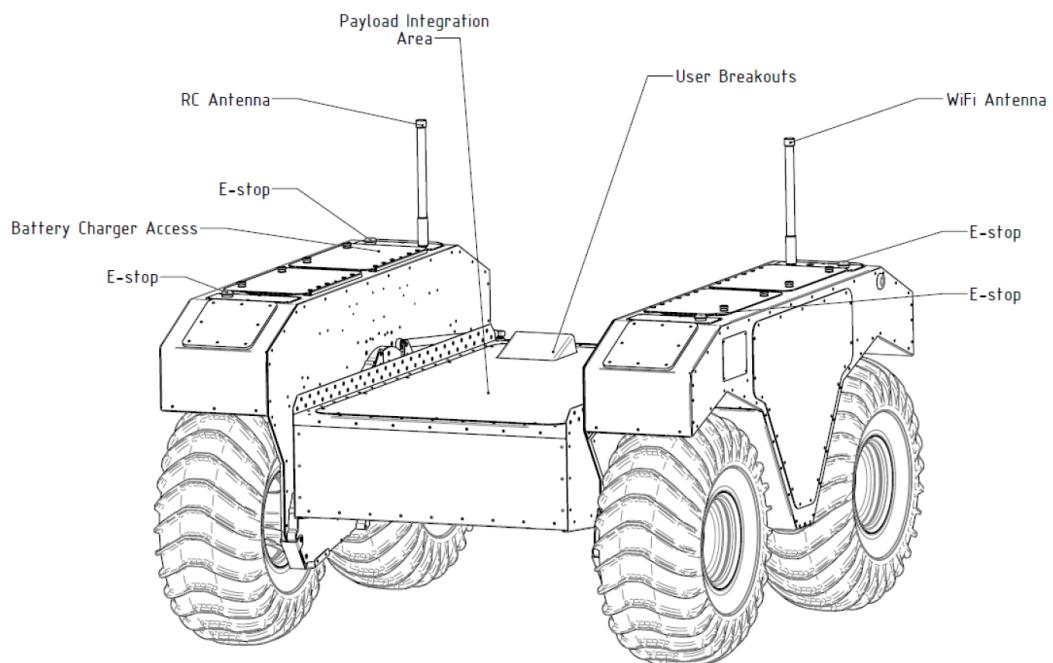


Figura 2 - Visão geral Warthog

## TAMANHO E PESO

DIMENSÕES EXTERNAS (C x L x A)	1.52 x 1.38 x 0.83 m (4.9 x 4.5 x 2.72 ft)
PESO TOTAL (INCLUINDO BANCO DE BATERIAS)	280 kg (551 lbs)
DISTÂNCIA DO SOLO	254 mm (10 in)

## VELOCIDADE E PERFORMANCE

CARGA MÁXIMA	272 kg (600 lbs)
INCLINAÇÃO MÁXIMA	35 - 45°
VELOCIDADE MÁXIMA	18 km/h (11 mph)
SUSPENSÃO	Articulação Geométrica Passiva
TRAÇÃO	24" Argo tire

## BATERIA E SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

TIPO DE BATERIA	Chumbo Selada
CAPACIDADE	105 Ah a 48 V
QUANTIDADE	12 (3 packs em paralelo de 48V)
TEMPO DE CARGA	18 Hrs com o carregador DELTA
TEMPO DE USO	2.0 Hrs
ALIMENTAÇÃO	5 V, 12 V, 24 V, 48 V

## INTERFACE E COMUNICAÇÃO

MODOS DE CONTROLE	Controle Remoto, Comandos via computador (ROS)
FEEDBACK	Nível da bateria, Corrente e Temperatura dos motores, Odometria, Status de funcionamento
COMUNICAÇÃO	Ethernet, USB, Controle Remoto, Wi-Fi
DRIVERS e APIs	Pacote com ROS Indigo ( RViz e Gazebo suporte), Matlab API
HARDWARE INCLUSO	GPS, IMU, Encoders, Computador Mini-ITX , E-Stop , Bombas e Freios.

## CONDIÇÕES DE AMBIENTE

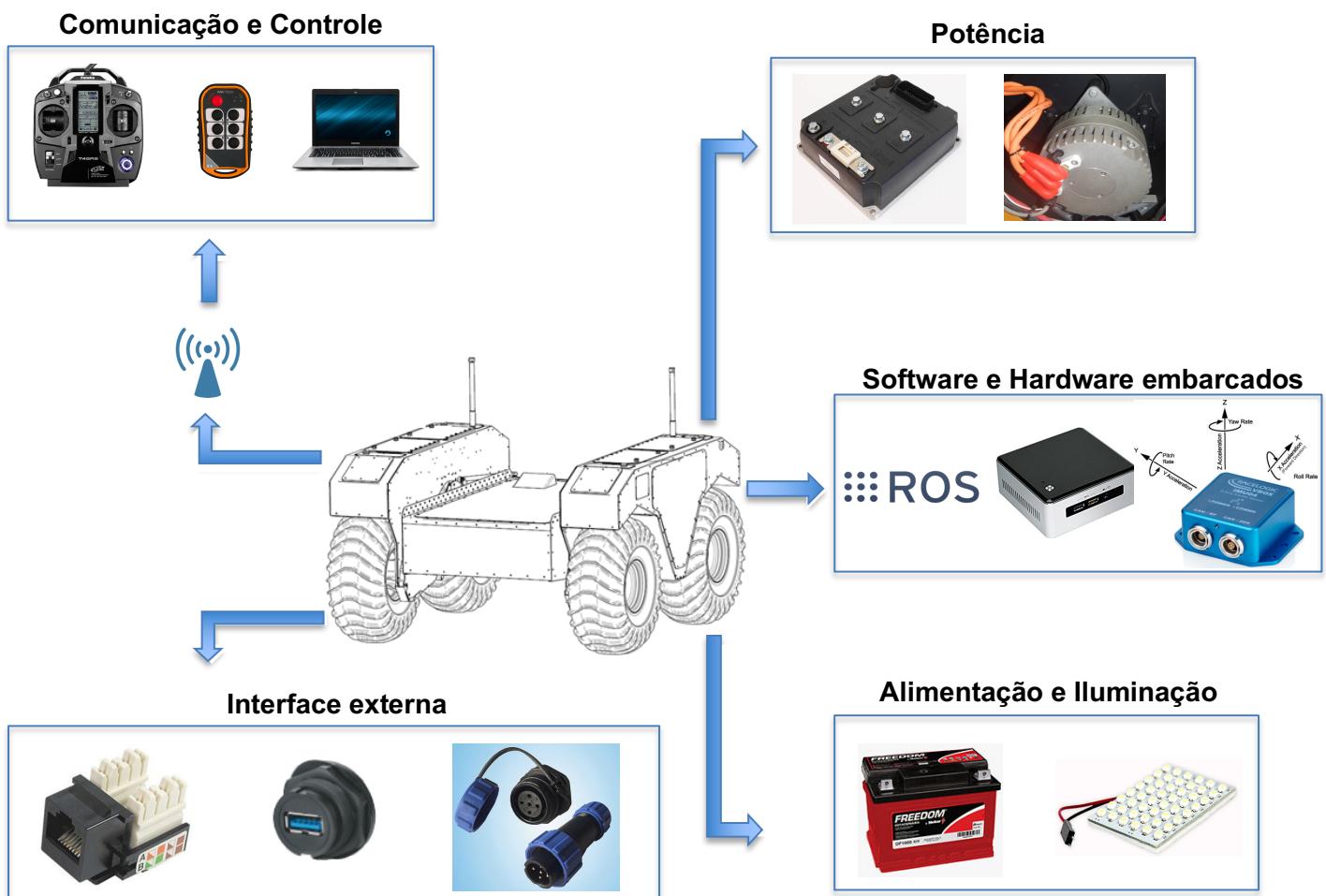
TEMPERATURA	-20 a 40 °C (-4 a 104 °F)
TEMPERATUA DE ARMAZENAMENTO	-40 a 50 °C (-40 a 122 °F)
IP	IP65 – O veículo não deve ser submerso. Máx de 4km/h na água.

Tabela 2 - Dados técnicos

## 5.2. Modelo esquemático geral do equipamento

Dividindo o Warthog em sistemas podemos ter:

- Comunicação e controle: Composto pelo controle remoto Futaba, controle de partida e parada Kar-Tech e o acesso remoto aos dados internos via rede Wi-fi.
- Potência: Composto pela parte de movimentação, seus principais elementos são o controlador de potência e o motor.
- Software e Hardware embarcados: Permitem que sejam coletadas informações sobre o funcionamento do veículo bem como a implementação de rotinas de funcionamento dedicadas. Como principais elementos podemos citar a estrutura de software em ROS hardware composto por NUC e IMU.
- Interface externa: Permite que sejam integrados elementos externos ao veículo. Foram necessárias alimentação elétrica e conexão de dados.
- Alimentação e iluminação: O veículo é totalmente elétrico e possui iluminadores em led.



Podemos dividir o Warthog em 3 partes principais. O chassis central (Center chassis), onde ficam o banco de baterias, barramentos de conexão elétrica, a placa microcontrolada (PCB) com o receptor do controle Futaba (RC) , IMU, computador, access point e as portas de interface do usuário. Nas laterais (Left Rocker e Right Rocker) temos o módulo Sevcon, responsável pelo controle do motor, as placas de iluminação (LED Master e LED Slave), botões de emergência e bombas d'água. Como diferencial a lateral esquerda possui um módulo receptor remoto de parada (Kar – Tech) e a antena do Access Point. Como elementos externos temos o carregador de bateria, o radio controle transmissor Futaba (RC) e o controle de partida e parada de emergência chamado transmissor Kar-Tech.

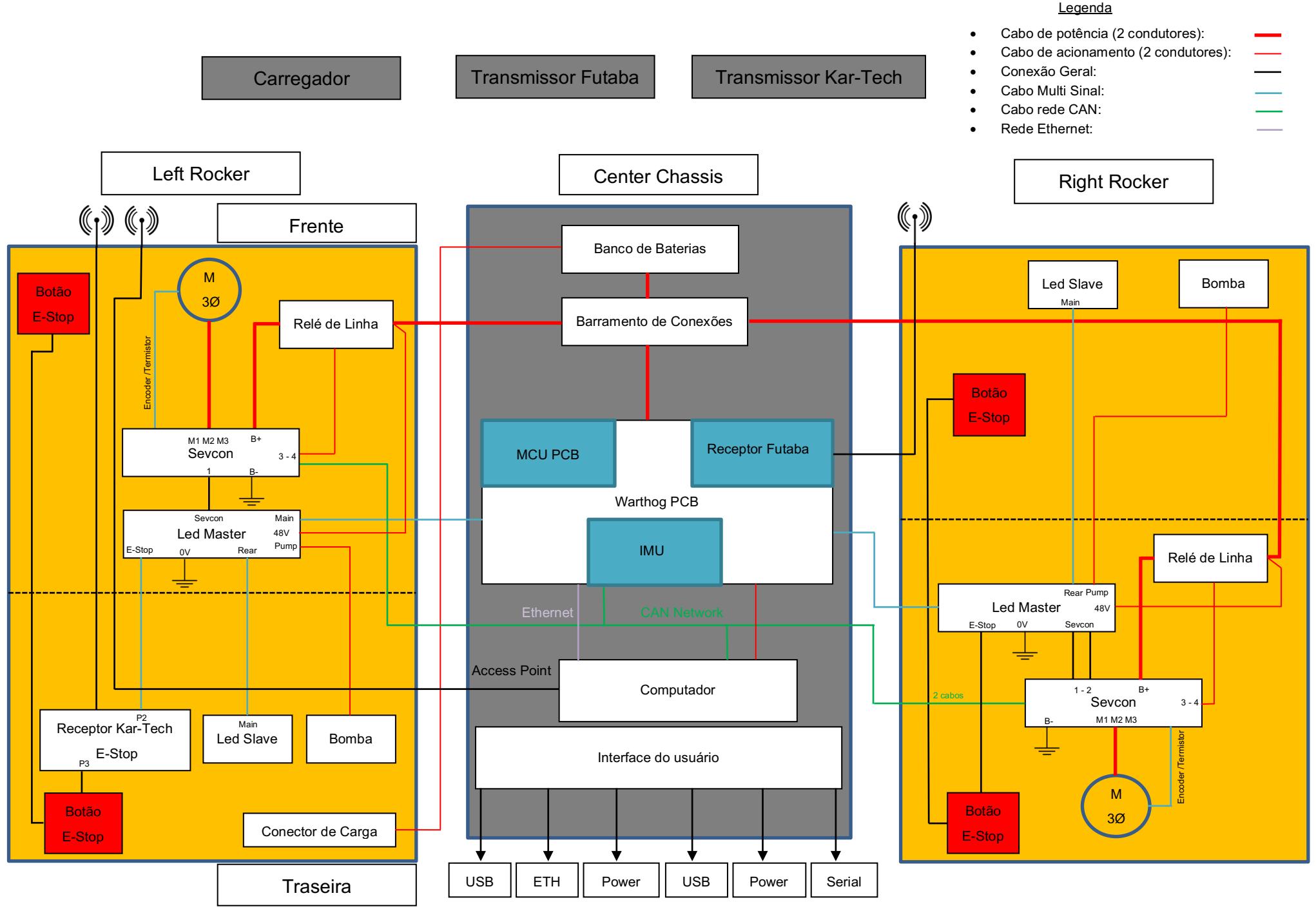


Figura 3 - Modelo esquemático geral

### 5.2.1 Lógica de parada de emergência (E-STOP)

Uma das funcionalidades do Warthog é a parada de emergência. Essa função pode ser ativada pelo usuário pressionando qualquer um dos 4 botões de emergência que existem nas laterais do Warthog ou ainda pressionando o botão de emergência contido no controle remoto Kar – tech. O Warthog pode ativar a parada de emergência automaticamente caso perca a comunicação com o receptor Kar-Tech (Alcance de 900 m) ou perca a comunicação com o radio controle Futaba (Alcance de 100 m).

Existem dois laços de controle que testam o acionamento da função de emergência. Na prática, o microcontrolador que está no chassis central envia um sinal para as laterais, que possuem seus contatos de emergência ligados em série. Caso esse sinal retorne ao microcontrolador, outro sinal é enviado ao módulo Sevcon habilitando o funcionamento. Em qualquer situação de emergência o módulo Sevcon perde esse sinal e freios passivos (ativos por mola) freiam bruscamente o Warthog.

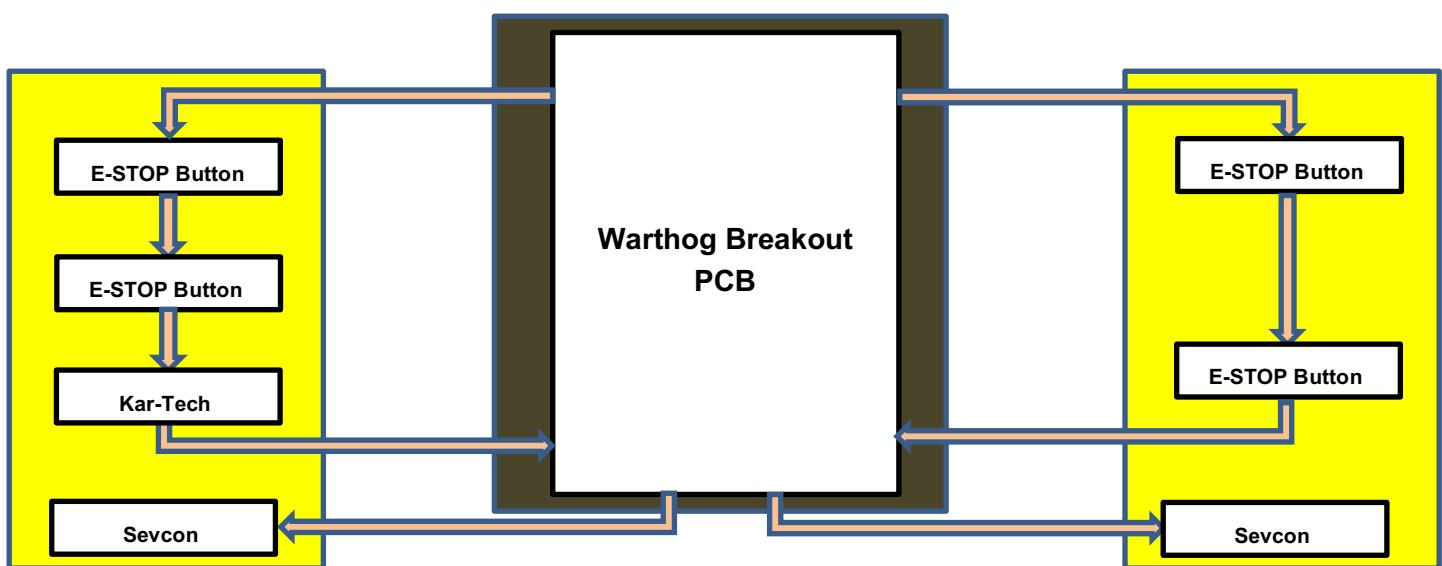


Figura 4 - E-STOP

## 5.3. Partes que compõem o equipamento

### 5.3.1 Chassis

- Chave geral: Fica na parte externa do chassis. Responsável pela alimentação geral (figura 5).



Figura 5 - Chave geral

- Fusível geral 275 A: Fica na parte interna do chassis, ligado em série com a chave geral.

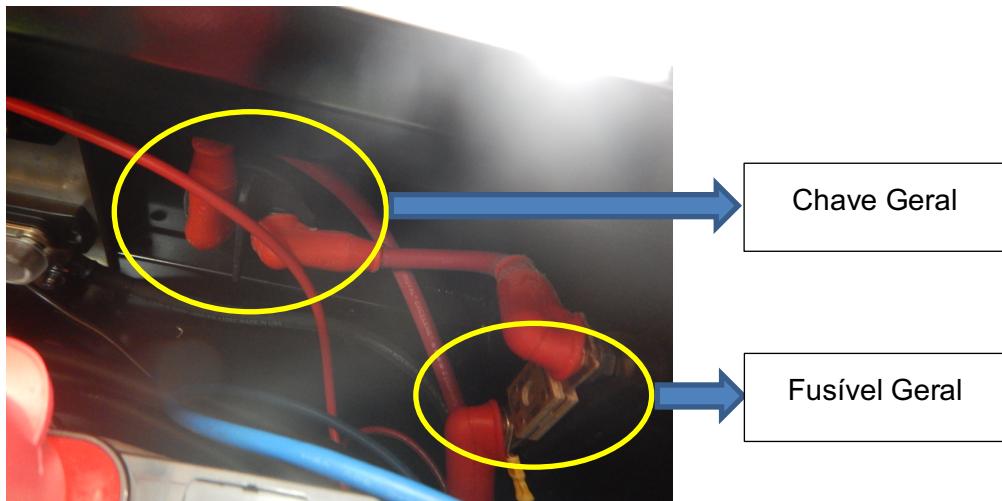


Figura 6 - Chave geral e fusível geral

- Banco de baterias: As baterias são de chumbo do tipo estacionária de 12V, 35 Ah . O banco, composto por 12 baterias, possui uma configuração de 3 grupos de 48 V e 35 Ah ( Cada grupo é composto por uma ligação série de 4 baterias). No total os 3 grupos ligados em paralelo fornecem 48V e 105Ah (Figura 7).

- Chassis Central: O chassis central contém um computador do tipo NUC, uma placa microcontrolada, access point, receptor do controle remoto Futaba e saídas para interface de dispositivos (1 porta Ethernet, 2 portas USB's 3.0, 2 conectores de alimentação protegidos por fusíveis (48V / 10A, 24V / 10A, 12V / 10A) e uma saída serial) (Figura 7).

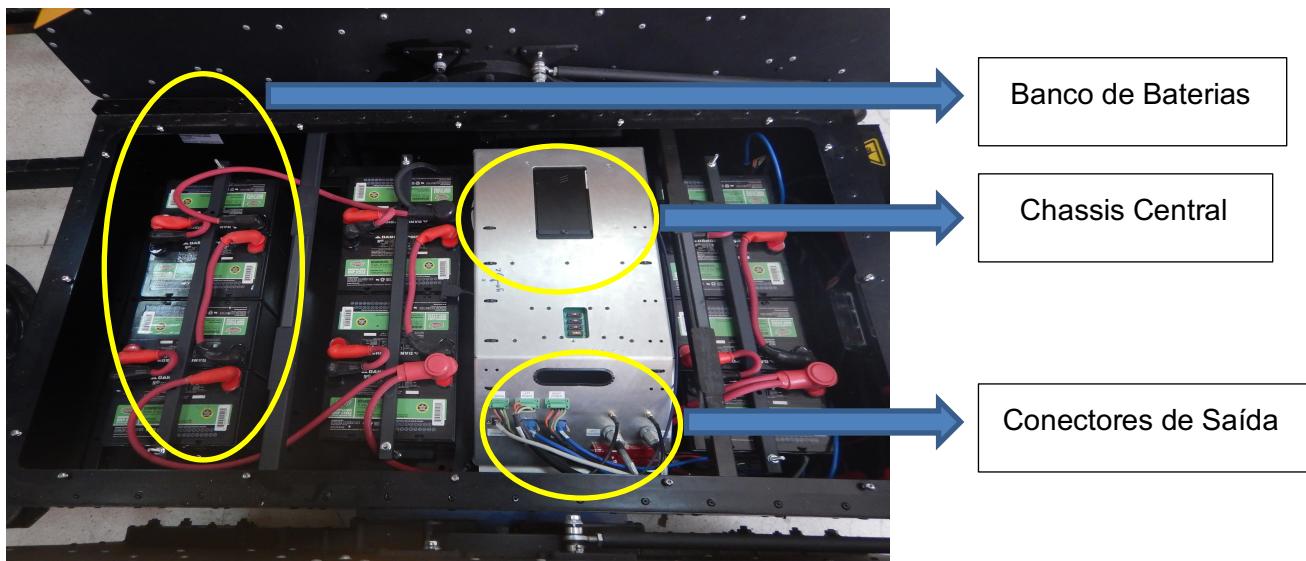


Figura 7 – Banco de baterias e Painel do usuário

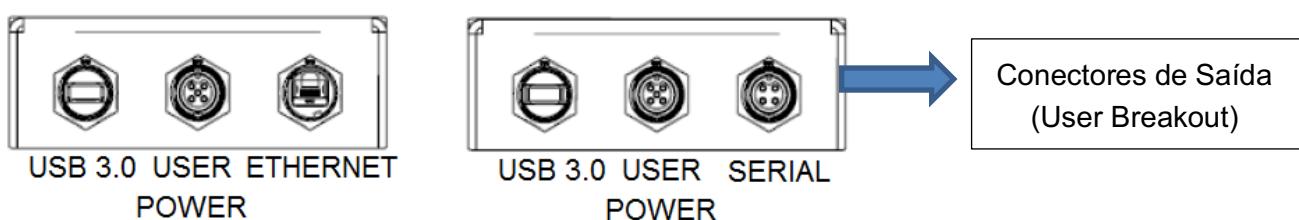


Figura 8 – Detalhe dos conectores de Saída

### 5.3.2 Laterais

Na área externa das laterais estão as antenas de comunicação e botões de emergência (Figura 9 e figura 10).

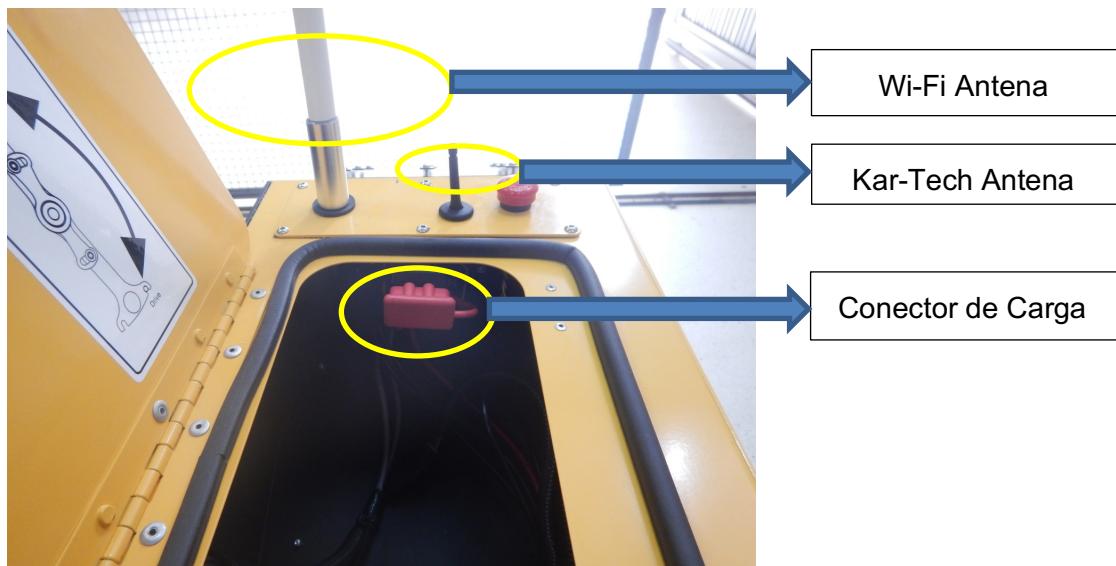


Figura 9 – Detalhe dos componentes na lateral esquerda

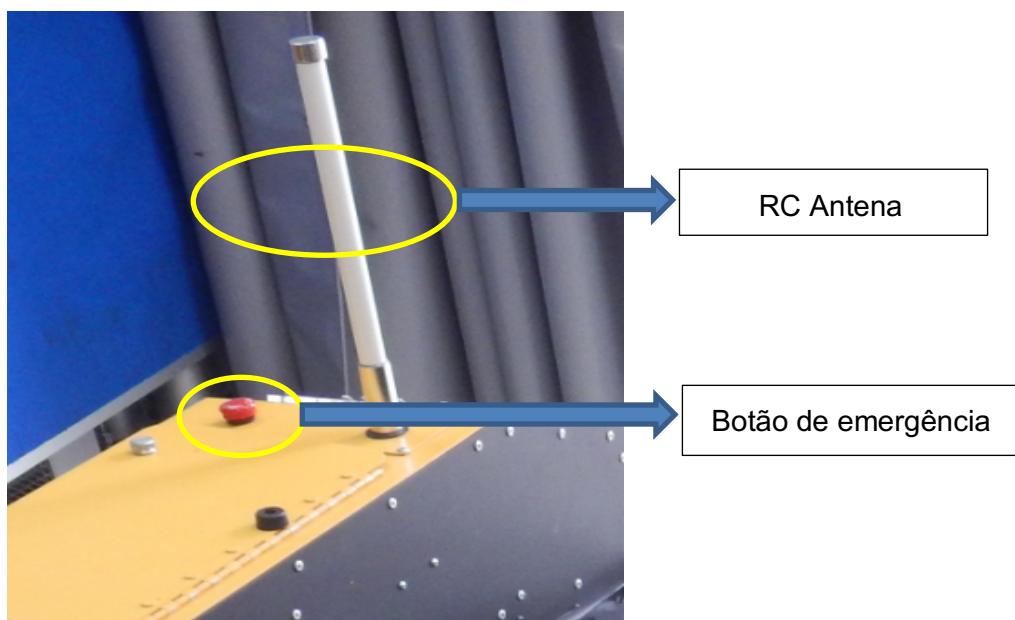


Figura 10 – Detalhe dos componentes na lateral direita

Na área interna das laterais ficam principalmente os dispositivos de potência.

- Motor: Cada lateral do Warthog é composto por um motor trifásico, acoplado a um sistema de transmissão com correia dentada ligado as rodas (Figura 11). O motor possui um encoder interno.

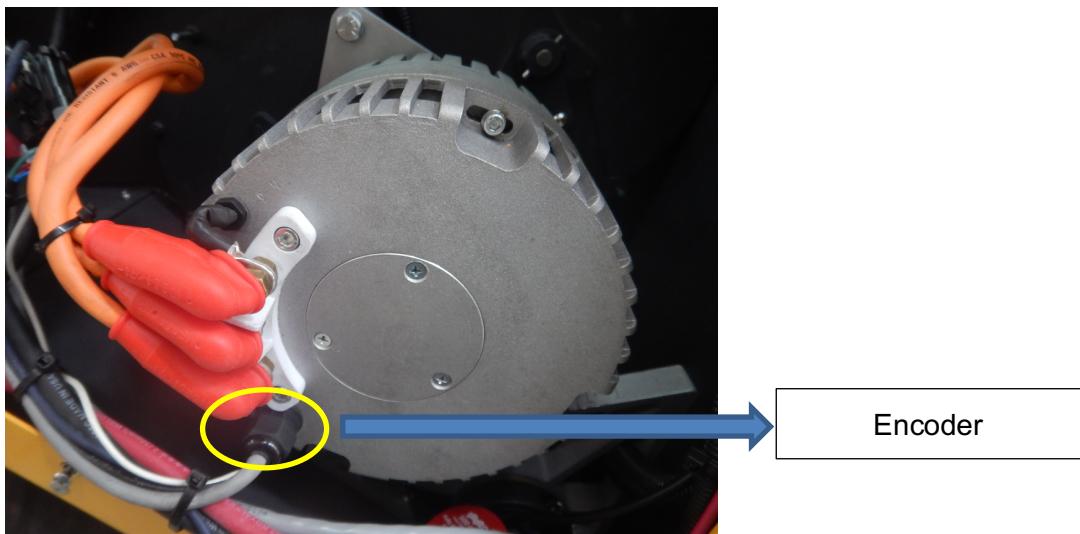


Figura 11 – Motor trifásico

- Módulo Sevcon: O módulo Sevcon controla os motores. Determina sentido de giro, recebe as informações de posição do encoder e executa as proteções típicas (Sobrecorrente, Subcorrente, Sobretensão, Subtensão e temperatura) (Figura 12).



Figura 12 – Módulo Sevcon

- Relé de linha: O relé de linha é responsável pela alimentação do módulo Sevcon (Figura 13).

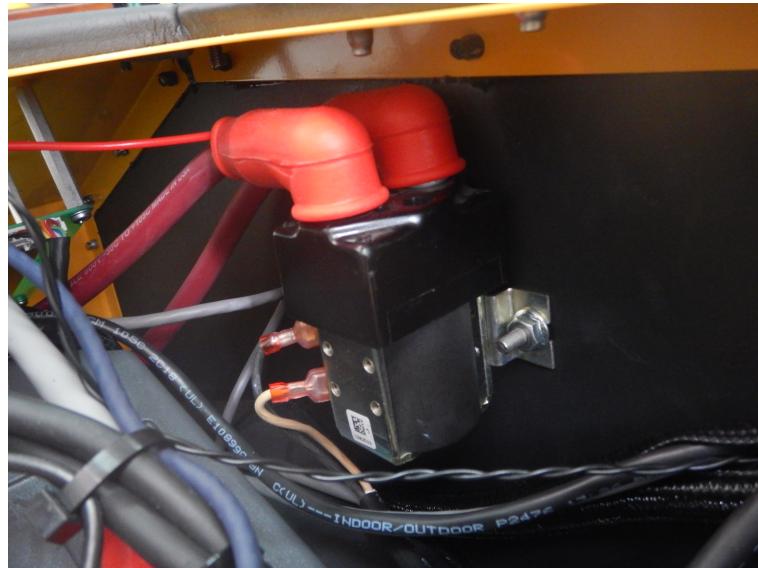


Figura 13 – Relé de linha

- Placas de led Master e led Slave: As placas de led são responsáveis pela iluminação. Como diferencial a placa led Master possui o relé de acionamento lógico que aciona o módulo Sevcon, a alimentação das bombas de drenagem e também distribui o cabamento para sua placa led Slave (Figura 14).

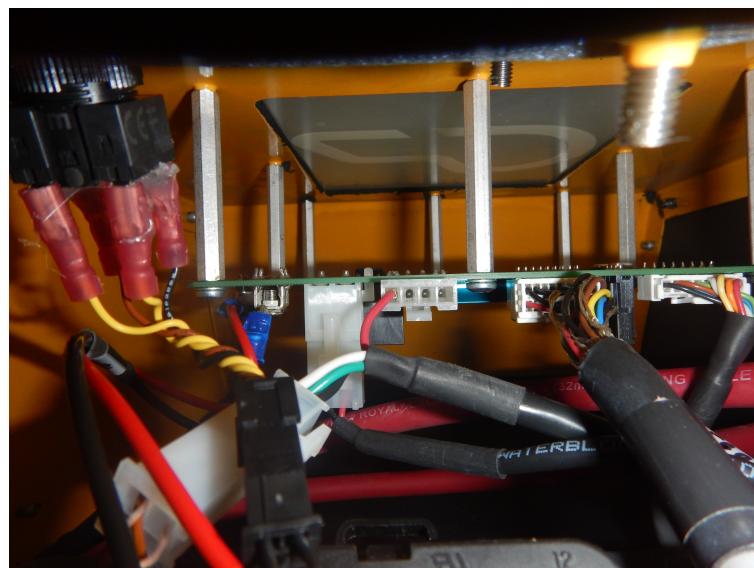


Figura 14 – Placas de led

- Módulo de comunicação KAR-TECH: O módulo Kar-Tech é composto pelo receptor (Figura 15) e controle (Figura 16) e é responsável pelo comando remoto que liga o Warthog. Possui também função de parada de emergência através do controle.

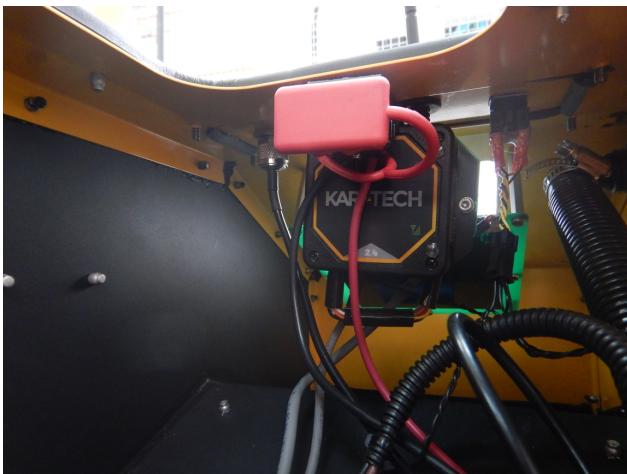


Figura 15 – Módulo receptor



Figura 16 – Controle

- Controle remoto FUTABA: O controle remoto Futaba (Figura 17) é responsável pela manobra do Warthog. Através dele definimos sentido, direção e velocidade de funcionamento do veículo. Trabalha em conjunto com o receptor que esta dentro do chassis do veículo e se comunica através da antena externa (Figura 10).

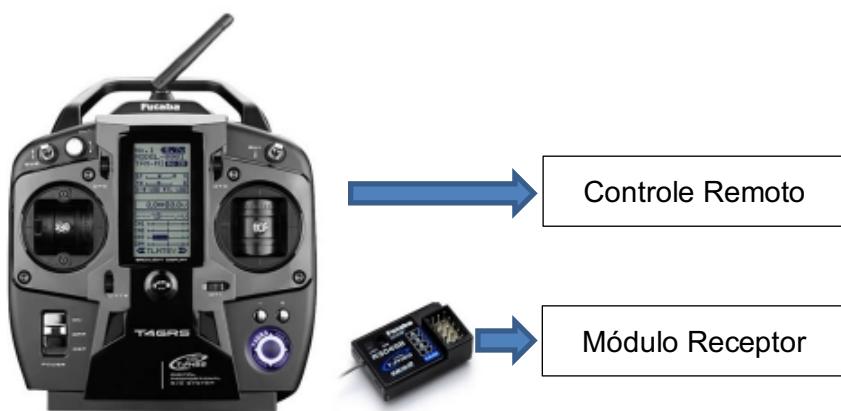


Figura 17 – Controle Futaba e módulo receptor

- Rodas: As rodas são fabricadas pela ARGO com 24" do tipo sem câmara (Figura 17).



Figura 17 – Pneus ARGO 24"

- Freios: O Warthog possui freios passivos (ativos por mola), o que significa que em caso de pane elétrica, falha de comunicação com qualquer um dos controles ou um comando de parada, ele irá parar instantaneamente. Os freios travam o sistema de tração por corrente dentada que traciona as rodas. A lógica de funcionamento é controlada pelo módulo Sevcon (Figura 12).



Freios magnéticos.

Figura 18 – Freios

## 5.4. Passo a passo de operação

Para operar corretamente o Warthog é necessário entender um pouco mais sobre o controle remoto Futaba e do controle Kar-Tech.

### 5.4.1 Controle Futaba

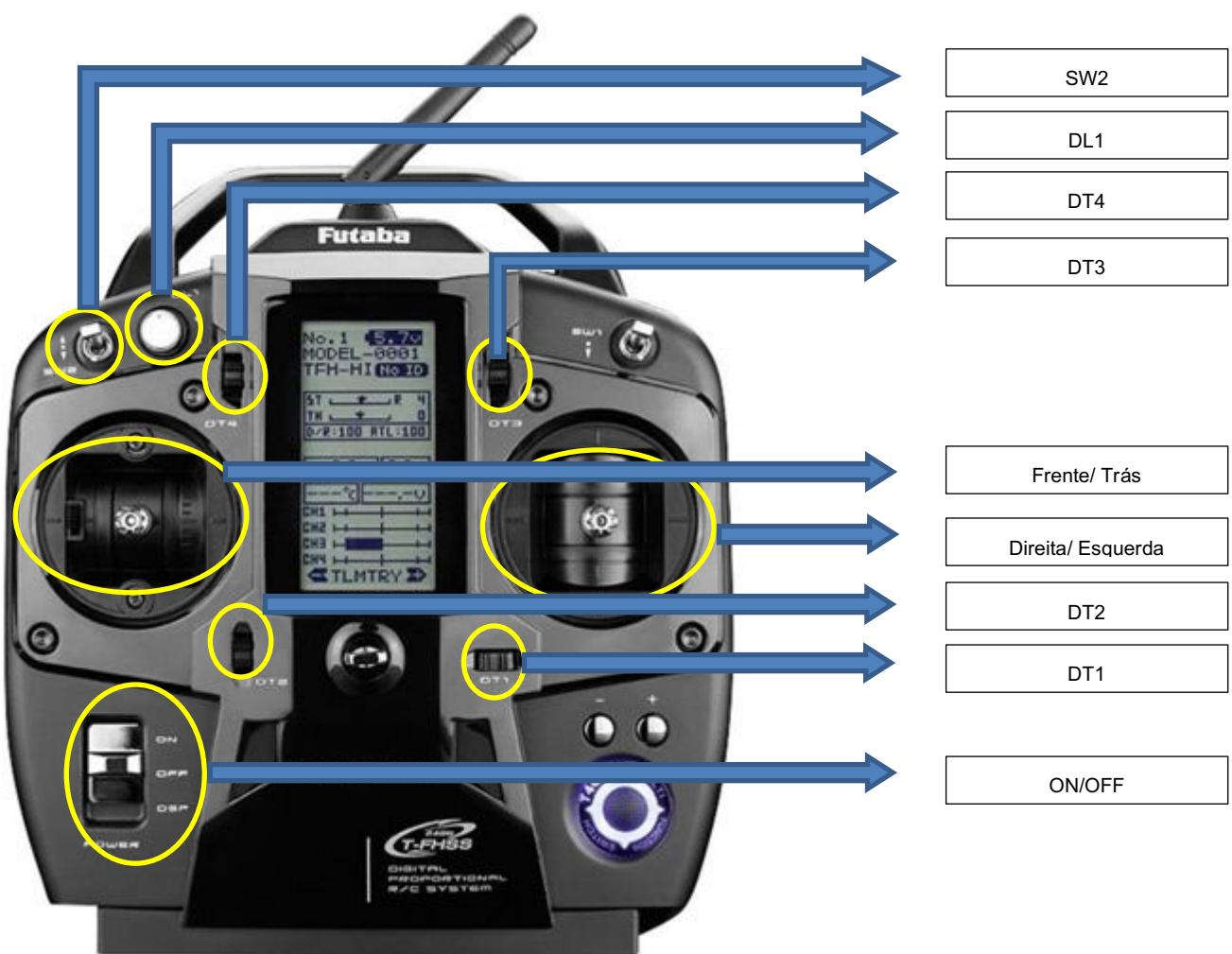


Figura 19 – Detalhamento do controle Futaba

- SW2: Essa é uma chave de 3 posições que configura o canal 3, responsável por sincronizar a comunicação com o receptor no Warthog.
- DL1: Potenciômetro que determina a velocidade do Warthog. Exibe a intensidade no medidor canal 4 (CH4).

- DT4: Seta o limite máximo de operação da alavanca frente/ trás. Exibe o valor na variável “ATL” no display.
- DT3: Seta o limite máximo de operação da alavanca direita/ esquerda. Exibe o valor na variável “D/R” no display.
- DT2: Permite inserir um off-set na alavanca de frente/ trás. Isso compensa alguma movimentação involuntária do Warthog. Exibe o valor na variável “TH” no display.
- DT1: Permite inserir um off-set na alavanca de Direita/ Esquerda. Isso compensa alguma irregularidade de direção do Warthog. Exibe o valor na variável “ST” no display.
- Frente/ Trás: Movimentação do Warthog. Exibe a intensidade no medidor canal 2.
- Direita/ Esquerda: Giro do Warthog. Exibe a intensidade no medidor canal 1.
- On/ Off: Chave geral do controle.

No display também temos informações pertinentes ao controle como nível das baterias internas e se existe a conexão com algum receptor.

#### 5.4.2 Controle Kar-Tech

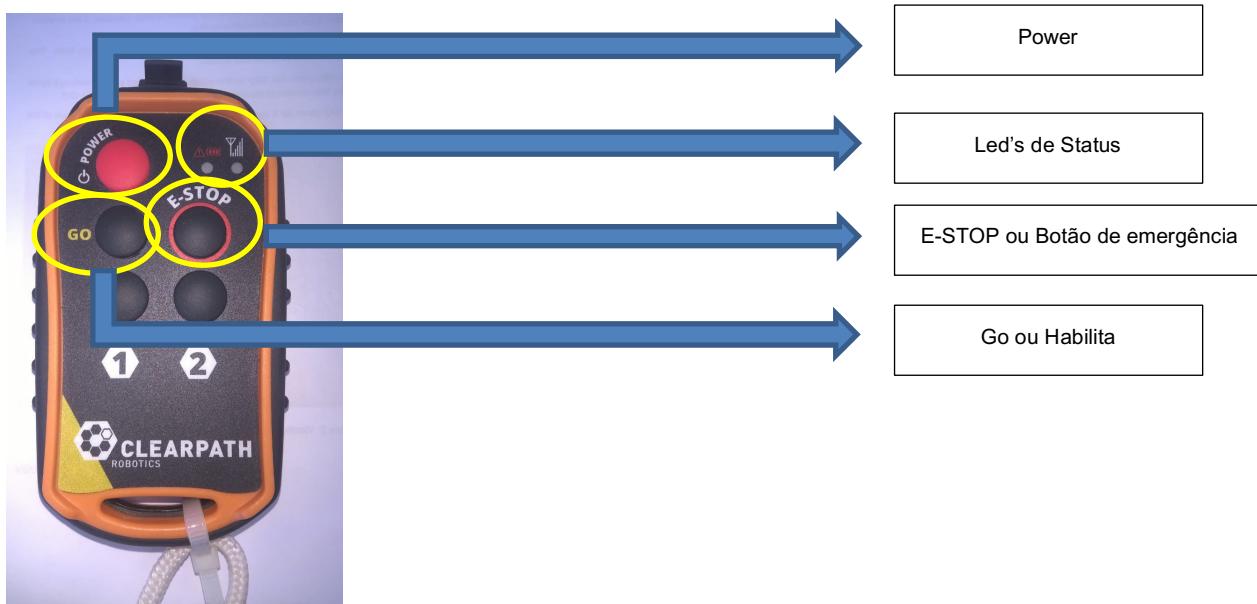


Figura 20 – Detalhamento do controle Kar-Tech

- Power: Liga o controle.
- Led's de Status: Indicador de carga e comunicação.

- E-STOP: Botão de emergência.
- GO: Habilita o funcionamento do Warthog.
- Os botões 1 e 2 são auxiliares não usados no projeto.

As seguintes etapas devem ser seguidas em ordem para as operações de liga e desliga do Warthog.

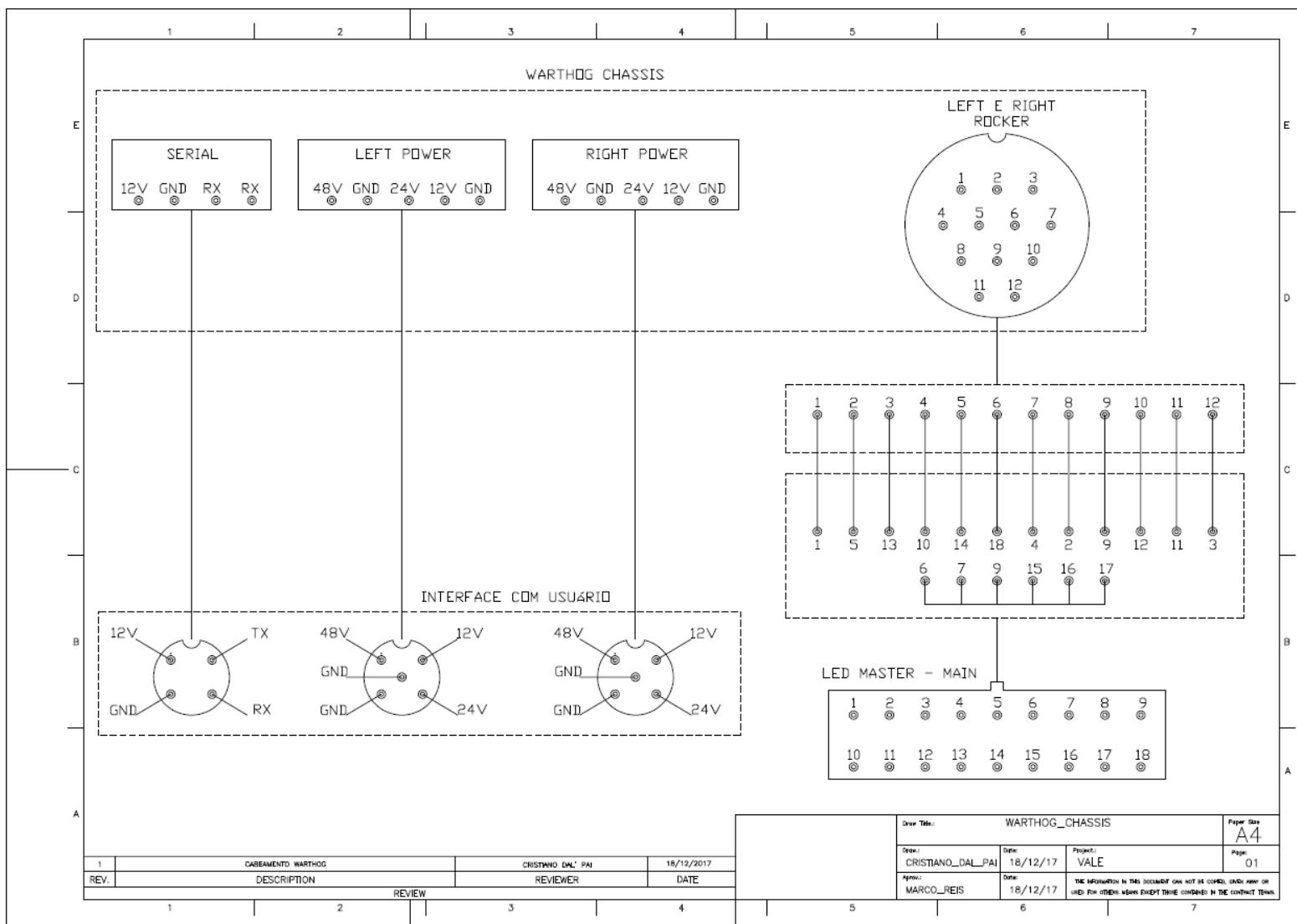
#### 5.4.3 Ligando o Warthog

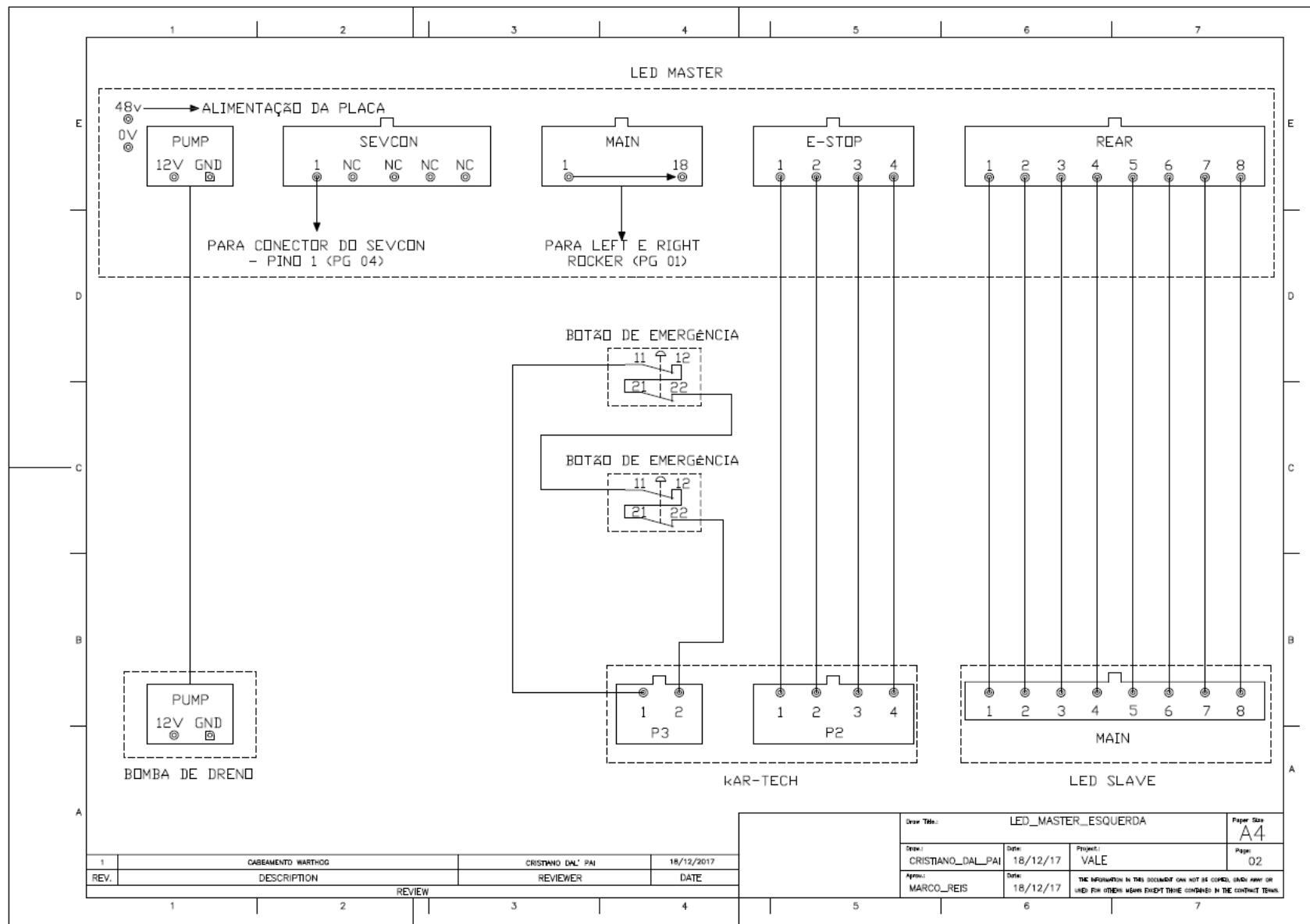
- Certifique-se que o Warthog e ambos os controles (Futaba e Kar-Tech) estejam com as baterias carregas. Caso contrário vá para o item “Tarefas de Manutenção”.
- Mantenha ambos os controles Futaba e Kar-Tech desligados.
- Certifique-se que ao menos um dos botões de emergência do Warthog (Figura 10) esteja pressionado.
- Ligue a chave geral (Figura 5). As luzes do Warthog ligarão.
- Desative os botões de emergência (Figura 10). Para desativar ele deve ser girado.
- Ligue o controle remoto Kar-Tech (Figura 16). Para liga-lo segure o botão de Power por 2 segundos. Um led de status verde começara a piscar no controle. O receptor também possui um led de status que ficará verde quando sincronizado com o controle.
- Ainda no controle remoto Kar-tech pressione “GO”. Nesse momento deve ser ouvido o barulho dos relés de linha (Figura 13) atracando.
- No controle Futaba certifique-se que a chave SW2 (Canal 3) esta na posição superior.
- Ligue o controle Futaba (On/ Off).
- Ainda no controle Futaba gire o botão DL1 no sentido anti-horário para setar a velocidade inicial. Acompanhe no indicador do canal 4 (CH4) a variação. Deixe a barra quase totalmente cheia na parte esquerda do medidor.
- Coloque a chave SW2 (Canal 3) na posição inferior.
- Comece a manobrar o Warthog utilizando as alavancas Frente/ Trás e Esquerda/ Direita. Note que elas tem resposta proporcional.
- Ajuste no botão DL1 a velocidade de operação.
- Caso necessário, execute nos botões DT1 e DT2 correções na movimentação.

#### 5.4.4 Desligando o Warthog

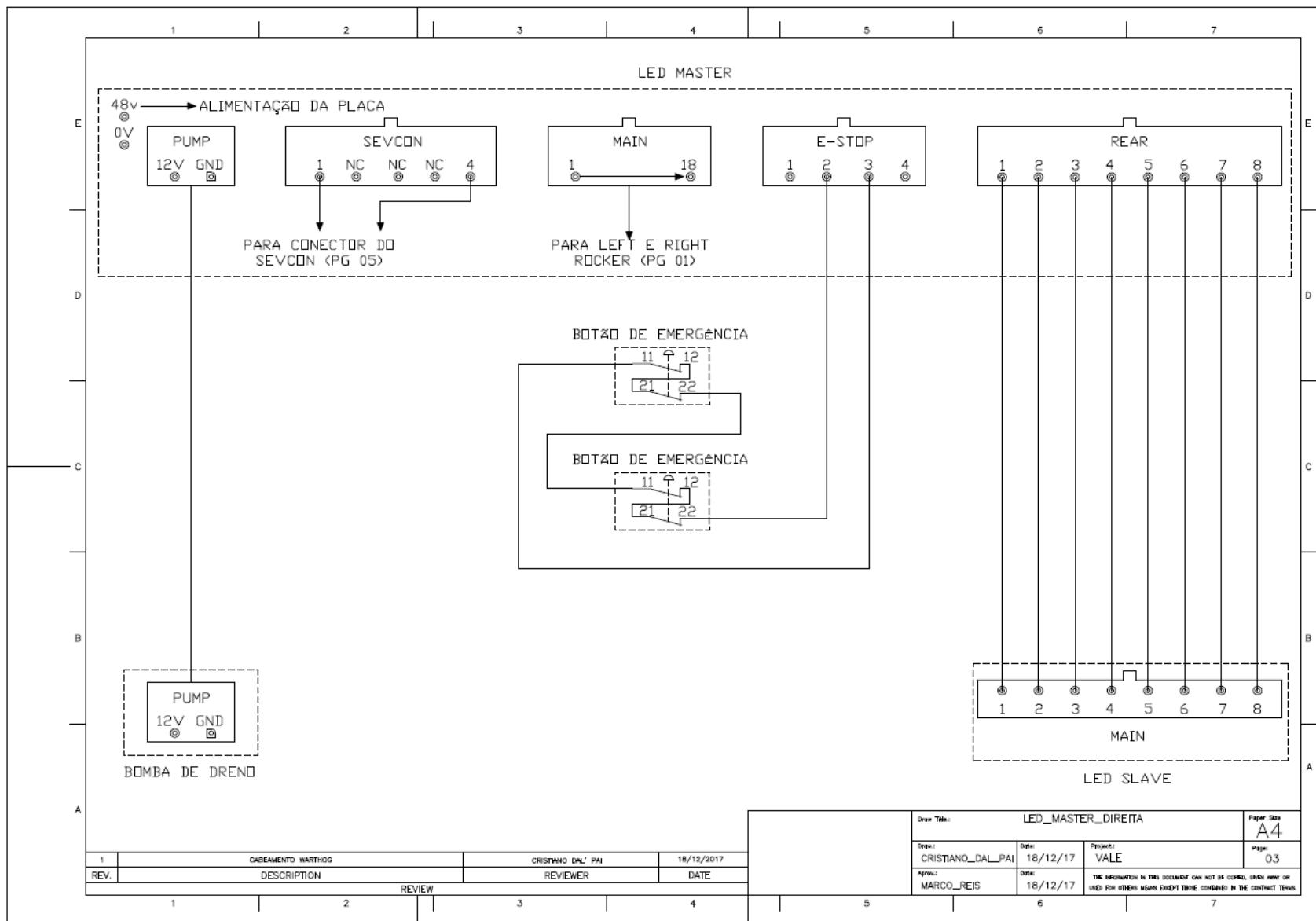
- Pressione um dos botões de emergência do Warthog ou o botão E-STOP do controle Kar-Tech.
- No controle Kar-Tech, segure o botão Power pressionado até que os leds parem de piscar.
- No controle Futaba, coloque a chave SW2 (Canal 3) posição superior.
- Ainda no controle Futaba gire o botão DL1 no sentido anti-horário para setar a velocidade inicial. Acompanhe no indicador do canal 4 (CH4) a variação. Deixe a barra quase totalmente cheia na parte esquerda do medidor.
- Desligue o controle Futaba (On/ Off).
- Desligue a chave geral do Warthog.

## 5.5. Diagramas elétricos

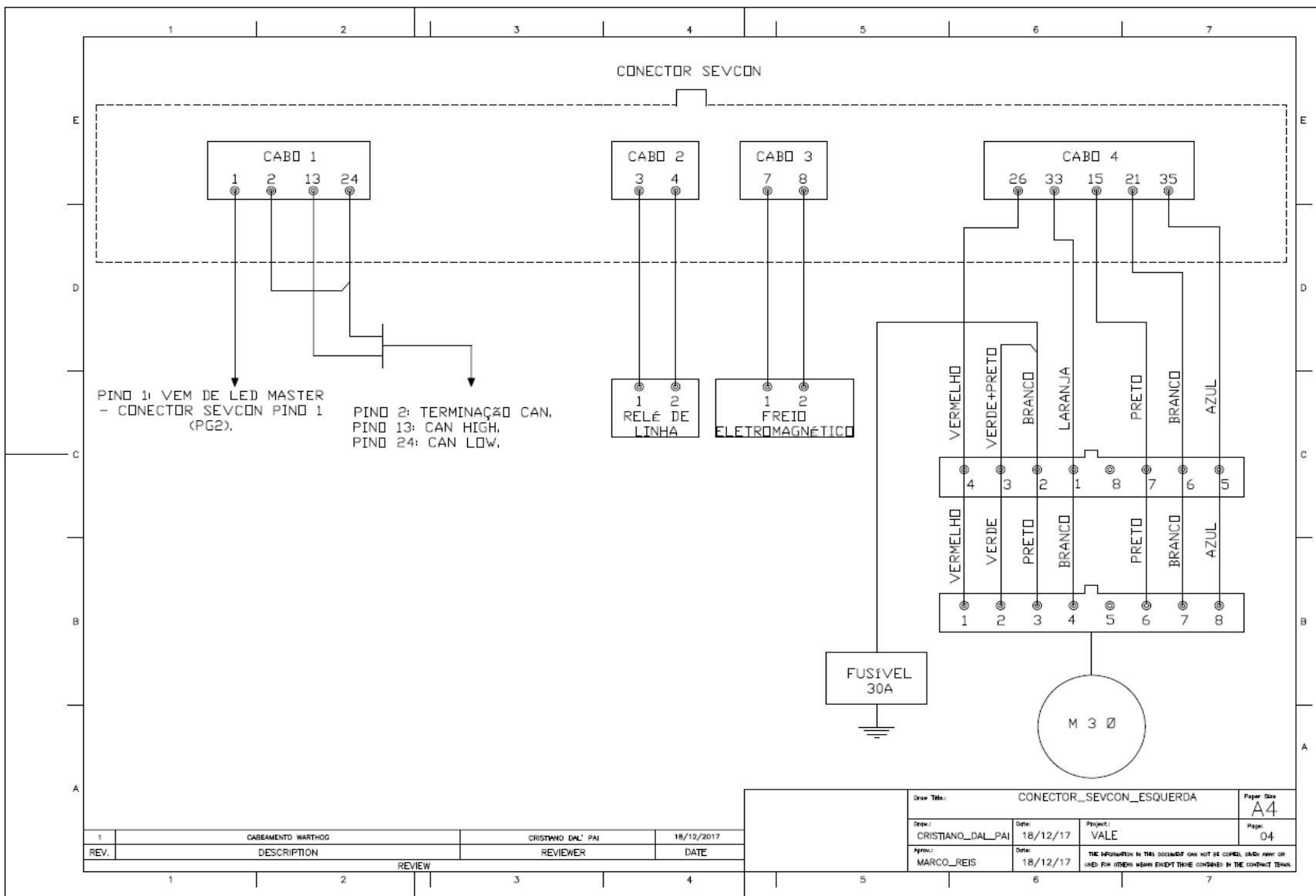


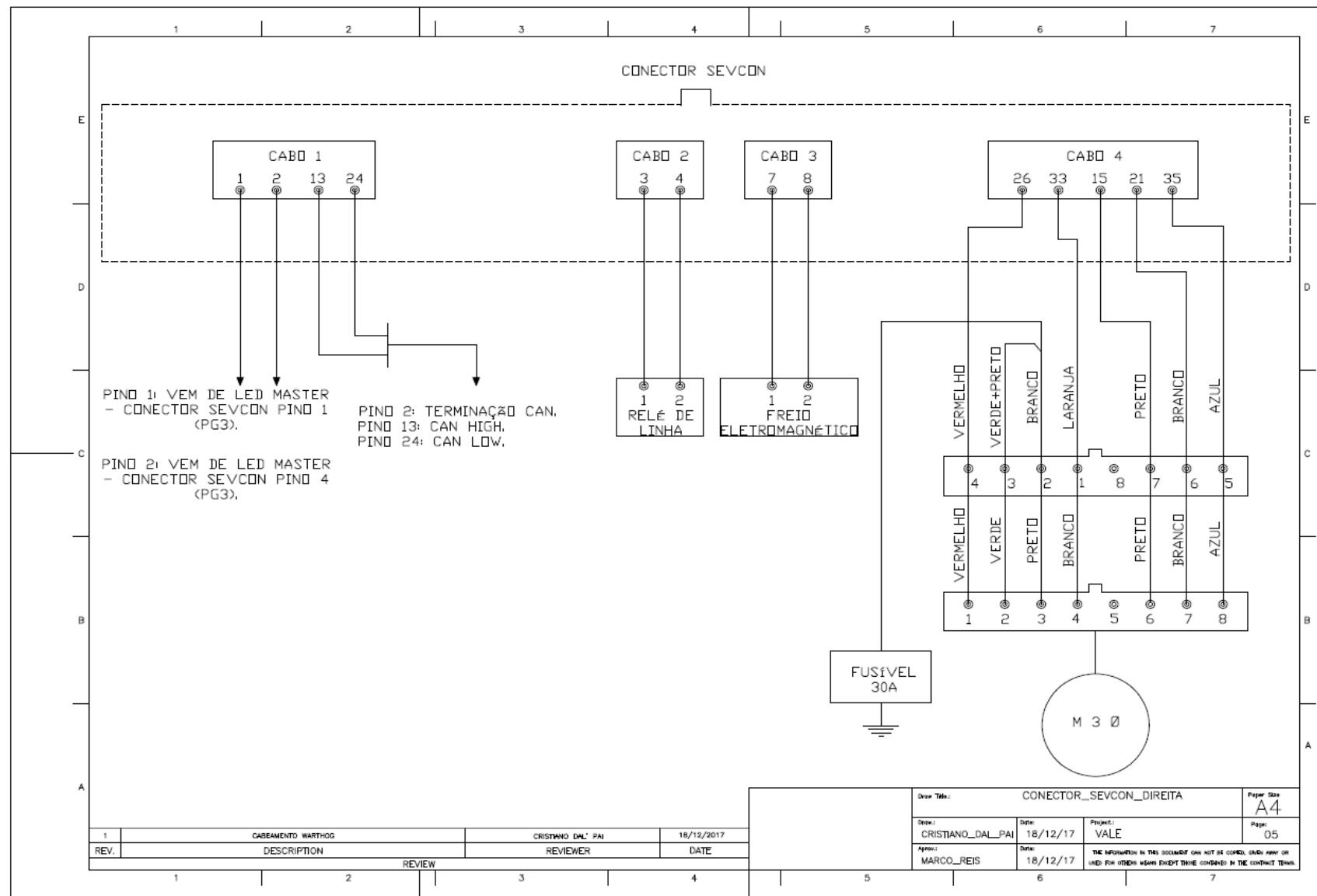


SENAI CIMATEC - ESTRITAMENTE CONFIDENCIAL SOMENTE USO INTERNO.

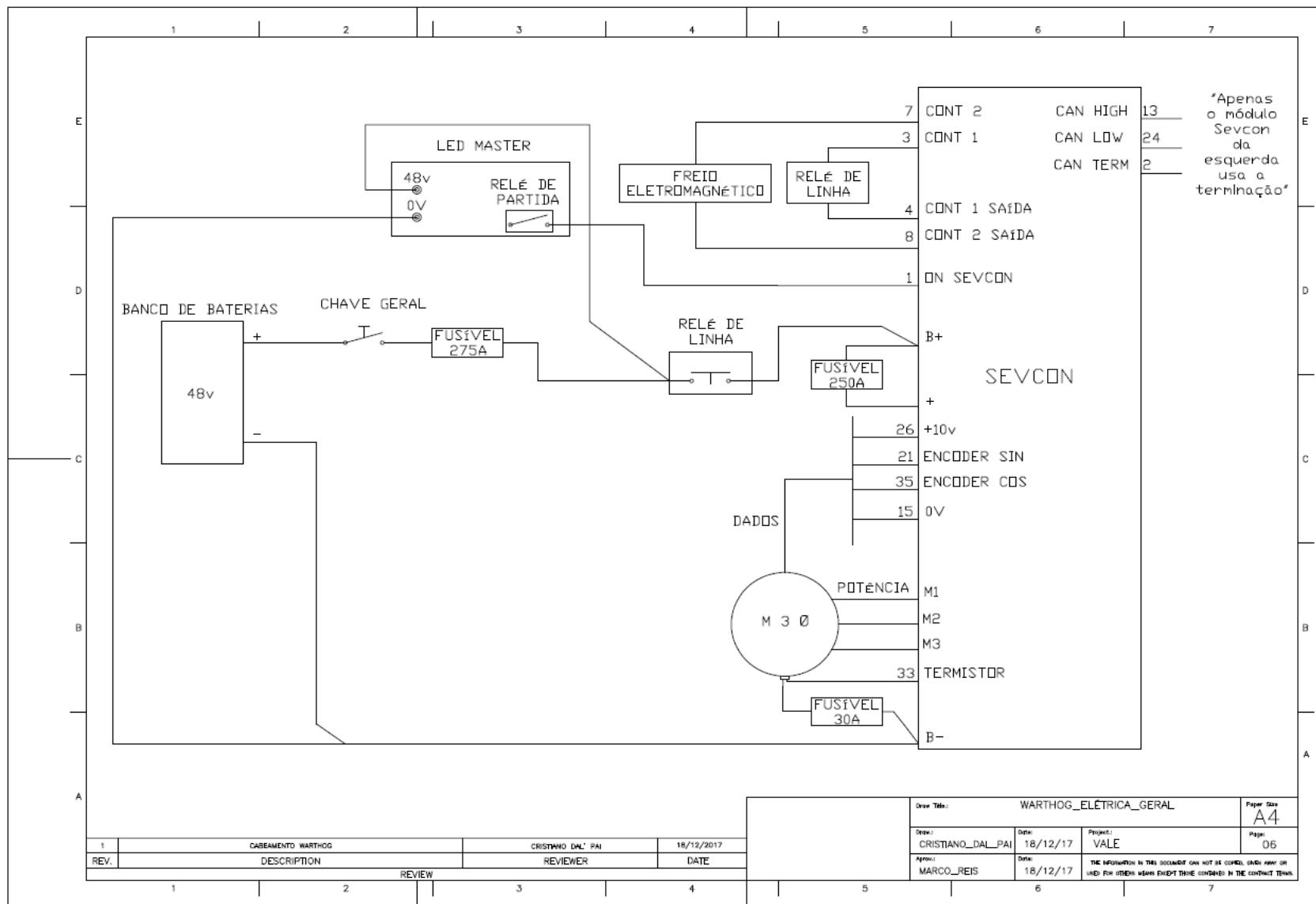


SENAI CIMATEC - ESTRITAMENTE CONFIDENCIAL SOMENTE USO INTERNO.





SENAI CIMATEC - ESTRITAMENTE CONFIDENCIAL SOMENTE USO INTERNO.



## **6. Referências**

- [1] <https://www.clearpathrobotics.com/warthog-unmanned-ground-vehicle-robot/>
- [2] [http://www.thunderstruck-ev.com/Manuals/Gen4\\_Product\\_Manual\\_V3.0.pdf](http://www.thunderstruck-ev.com/Manuals/Gen4_Product_Manual_V3.0.pdf)
- [3] [https://pt.wikipedia.org/wiki/Grau\\_de\\_proteção\\_IP](https://pt.wikipedia.org/wiki/Grau_de_proteção_IP)