



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Jonathas Tavares Neves

**ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA DE
MONITORAMENTO DO
POSICIONAMENTO DE UM ROBÔ MÓVEL
PARA COLETA DE VARIÁVEIS EM
AMBIENTES NÃO-ESTRUTURADOS VIA
ZIGBEE**

Manaus
2016

Jonathas Tavares Neves

**ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA DE
MONITORAMENTO DO
POSICIONAMENTO DE UM ROBÔ MÓVEL
PARA COLETA DE VARIÁVEIS EM
AMBIENTES NÃO-ESTRUTURADOS VIA
ZIGBEE**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade do Estado do Amazonas como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador M.Sc. Moisés Pereira Bastos
Coorientador Dr. Israel Mazaira Morales

Manaus
2016

Jonathas Tavares Neves

**ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA DE
MONITORAMENTO DO POSICIONAMENTO DE
UM ROBÔ MÓVEL PARA COLETA DE VARIÁVEIS
EM AMBIENTES NÃO-ESTRUTURADOS VIA
ZIGBEE**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade do Estado do Amazonas como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Aprovado em 17 de Junho de 2016.

BANCA EXAMINADORA

M.Sc. Moisés Pereira Bastos
Orientador

Dr. Israel Mazaira Morales
Coorientador

M.Sc. Charles Luís Silva
Presidente da banca

M.Sc. Rayza Araujo Bezerra
Convidado 1

**Dr. Rodrigo Augusto Ferreira de
Souza**
Convidado 2

Manaus
2016

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me concedido a oportunidade e a capacitação junto com os meios necessários para realizar esse trabalho, sem isso eu não teria conseguido nada.

Também, agradeço ao meu pai Francisco Cleilton e a minha mãe Telma, por todo o esforço que eles fizeram e sempre me apoiaram, me motivaram e me incentivaram a lutar pelo meu sonho. Dedico também, a todos os meus familiares e parentes que estavam juntos comigo.

Agradeço aos meus professores Moisés e Mazaira que sempre me estimularam e tiveram paciência neste meu trabalho e também ao professor Puron que disponibilizou o módulo GPS para o uso.

Agradeço em especial aos meus amigos David Ossorio, Kennedy Madson, Josué Caldas, Caique Morato e todos aqueles que tiveram uma participação importantíssima para a finalização deste trabalho.

Gostaria de agradecer também a Coordenação do curso de Engenharia de Controle e Automação pela disponibilidade do laboratório e dos módulos para execução do projeto. Também agradeço a Universidade do Estado do Amazonas pela oportunidade de participar desta graduação e a contribuição para minha carreira profissional.

Resumo

Robôs móveis para a exploração de superfícies estão sendo mais utilizados a cada dia no mundo. Esta aplicação vem crescendo para áreas de pesquisa científica sobre aspectos naturais do ambiente como também para aplicações ao estudo do clima. Contudo, a forma de localização desses robôs e recepção dessas informações colhidas ainda representam uma problemática a ser resolvida em ambientes não-estruturados. No presente projeto desenvolveu-se um robô móvel autônomo híbrido para medição meteorológica a partir de um carrinho de controle remoto. Com isso, a primeira alteração feita foi da estrutura mecânica do veículo para a adaptação em diferentes tipos de terreno. Após isso, estabeleceu-se uma comunicação wireless entre o móvel e uma base fixa, onde visualiza-se os dados obtidos em uma tela. Por sua vez, elaborou-se uma roda com características anfíbias por meio do software solidworks e a impressora 3D as Sethi. Também, utilizou material EPS para a flutuabilidade do veículo. A comunicação wireless foi efetuada entre dois xbee PRO S1 e o sistema supervisor foi desenvolvido na plataforma Labview. Onde usou-se o GPS SIM39EA para georeferenciamento. Com isso, testou-se a montagem física do robô para tração, navegabilidade e capacidade de se desviar de obstáculos à sua frente. Os dados coletados pelo veículo por meio dos sensores DHT11, BMP180 e pelo GPS foram transmitidos via xbee para a base onde foram visualizados em uma tela pelo usuário.

Palavras-chaves: Robô Móvel, Sistema Supervisor, Zigbee.

Abstract

Mobile robots surface exploration are being more used everyday in the world. This application is growing to scientific research areas about environment natural aspects and also to weather study applications. However, the way of localization of these robots and the reception of these informations are still a problem to be solved for non-structured environments. On this present project an autonomous mobile robot was desenvolved for meteorological measurements from a Radio Controled Car. So, the first alteration done was the adaptation of the mechanical structure to different kinds of grounds. After that was established a wireless communication between the mobile and a fix base where tha data obtained can be visualized on a screen. In turn, a tire with amphibious characteristics was elabored on SolidWorks software and the Sethi 3D printer. Also, EPS material was utilized for the vehicle buoyancy. The wireless communication was done between two Xbee PRO S1 and the supervisory system was desenvolved on LabView platform where the GPS SIM39EA was used for the georeferencing. With that, the physical assembly for traction of the robot, navigability and capability of skip obstacles in front of it were tested. The data were colected by the vehicle through the sensors DHT11, BMP180 and through the GPS and were trasmitted via xbee to the base where they were visualized on a screen by the user.

Key-words: Mobile Robot, Supervisory System, Zigbee.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Tipos de Veículos Automáticos	17
Figura 2 – Robô Chico Mendes	19
Figura 3 – Tipos de suspensões	20
Figura 4 – Funcionamentos dos sensores ultrassônicos	22
Figura 5 – Circuito do motor elétrico	24
Figura 6 – Sistema de controle de um robô	25
Figura 7 – Comunicação de Dados	27
Figura 8 – Protótipo desenvolvido no CENPES	30
Figura 9 – Gradiente do ponto da Trajetória	31
Figura 10 – Robô Militar Dragon Runner	32
Figura 11 – Vegetação da Amazônia	33
Figura 12 – Arquitetura Funcional Proposta	35
Figura 13 – Modelo de veículo utilizado	36
Figura 14 – Suspensão utilizada no robô	36
Figura 15 – Placa de ACM aplicada no projeto	37
Figura 16 – Roda desenvolvida	38
Figura 17 – Impressora 3D utilizada	38
Figura 18 – Bateria utilizada	39
Figura 19 – Robô desenvolvido - visualização interna	39
Figura 20 – Módulo Sabertooth	40
Figura 21 – Sensor BMP180	42
Figura 22 – Sensor DHT11	42
Figura 23 – Montagem do circuito dos sensores meteorológicos	43
Figura 24 – Zonas de Transmissão do Posicionamento por Satélites	44
Figura 25 – Zigbee utilizado	44
Figura 26 – Tela de configuração	45
Figura 27 – Xbee Explorer	46
Figura 28 – Visualização das leituras dos dados no XCTU	46
Figura 29 – Leitura do agrupamento de dados no compilador do Arduino	47
Figura 30 – Sistema Supervisório Desenvolvido	48
Figura 31 – Seção 1 da figura 30	48
Figura 32 – Seção 2 da figura 30	49
Figura 33 – Seção 3 da figura 30	50
Figura 34 – Estrutura do Labview para a execução dos gráficos	51
Figura 35 – Estrutura de visualização do posicionamento pelo Google Maps	52
Figura 36 – Local geográfico de testes visto pelo Google Earth	54

Figura 37 – Local destinado aos testes	55
Figura 38 – Pista de Testes do Robô	55

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	PROBLEMÁTICA	12
1.1.1	Localização	12
1.1.2	Tecnologia de Exploração	12
1.1.3	Metodologia de Exploração	12
1.1.4	Comunicação	13
1.2	JUSTIFICATIVA	13
1.3	OBJETIVO GERAL	13
1.3.1	Objetivos Específicos	13
1.4	HIPÓTESE	14
1.5	METODOLOGIA	14
1.6	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	HISTÓRIA DOS ROBÔS	16
2.2	ROBÔS MÓVEIS	16
2.2.1	Robôs Móveis Autônomos	17
2.2.1.1	Robôs Móveis Autônomos Híbridos ou Anfíbios	18
2.2.1.1.1	Camada Mecânica	19
2.2.1.1.2	Camada Eletro-eletrônica	20
2.2.1.1.3	Camada Lógica	22
2.3	SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO	26
2.3.1	Interface	26
2.4	SISTEMA COMUNICAÇÃO	26
2.4.1	Topologia	27
2.4.2	Tecnologia	27
3	TRABALHOS RELACIONADOS	29
3.1	TECNOLOGIAS PARA PESQUISAS SOCIOAMBIENTAIS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA	29
3.2	EXPLORAÇÃO DE AMBIENTES NÃO-ESTRUTURADOS COM TERRENO ACIDENTADO POR ROBÔS MÓVEIS	30
3.3	SOLDADO-ROBÔ ULTRA-ROBUSTO PARA AS MISSÕES DE CONFLITO URBANO	31
4	MATERIAIS E MÉTODOS	33

4.1	ARQUITETURA DO SISTEMA PROPOSTO	34
4.2	ROBÔ	35
4.2.1	Camada Estrutural	35
4.2.2	Central de Controle	40
4.2.3	Aquisição de Dados	41
4.2.4	Xbee Emissor	44
4.3	ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO	45
4.3.1	Xbee Receptor	45
4.3.2	Sistema Supervisório	47
4.4	AMBIENTE DE TESTES	53
5	CONCLUSÕES	57
5.1	Trabalhos futuros	58
	REFERÊNCIAS	59
6	APÊNDICE A - LEITURA DOS DADOS DOS SENSORES METEOROLÓGICOS	62
6.1	DHT11	62
6.2	BMP180	62
7	APÊNDICE B - LEITURA DOS DADOS DO GPS	65
8	ANEXO A - CÓDIGO GERADO PARA A LOCOMOÇÃO DO ROBÔ	68

1 INTRODUÇÃO

O território amazônico por ser um clima equatorial é composto por variações em sua temperatura e umidade. Possui, também, diferentes tipos de relevos, tornando-se, muitas vezes, de difícil acesso aos seres humanos, ao se tratar de áreas de mata virgem ou zonas não habitadas. Um de seus aspectos naturais é a facilidade da proliferação de insetos que transmitem doenças ao homem, como por exemplo o *Anopheles* que é o mosquito transmissor da malária. Com isso, a floresta amazônica torna-se um ambiente propício a pesquisas relacionadas a temas como: fauna, flora, ocupação humana nativa, climatologia e etc (CÁSSIA, 1995).

O levantamento de dados na Amazônia, tratando-se de aferições meteorológicas, é feito *in loco*. Os dados são coletados, analisados, tratados e retransmitidos para estações ou bases meteorológicas. Muitas dessas formas de coleta e retransmissão dos dados são feitos por torres de coleta, como é o caso da torre ATTO (*Amazon Tall Tower Observatory*) (ANDREAE et al., 2015). Dessa forma, novas tecnologias de exploração são interpostas entre o homem e meio para que não aja uma exposição direta do ser humano e também para a redução do impacto ambiental naquele ecossistema.

Para sistemas de navegação e orientação geográfica utilizam-se satélites, onde os sinais são enviados a um usuário na superfície da Terra, possibilitando o cálculo da posição do fixo no globo, sendo que o mais conhecido é o GPS (*Global Positioning System*). O GPS é um sistema de geolocalização que cobre toda a superfície do globo terrestre oferecendo um erro de estimativa máximo de 10 metros em áreas abertas. Esse erro pode ainda ser reduzido para ordem de centímetros fazendo-se o uso de uma estação de referência, num sistema que é chamado de DGPS (*Differential Global Positioning System*) (MOURA, 2007). Entretanto, a floresta amazônica apresenta uma série de complicadores para a utilização de um sistema de navegação por satélite. A vegetação nesta área é caracterizada por grandes árvores, com uma densa folhagem. Isto causa uma grande degradação e por vezes um bloqueio, parcial ou total, dos sinais provenientes dos satélites que integram o GPS (SALYTCHEVA, 2004).

A evolução dos robôs, e em especial dos robôs móveis, tem recebido nos últimos anos um amplo destaque junto à mídia e à sociedade de um modo geral. Onde no passado se falava muito em robôs industriais e braços mecânicos robóticos, atualmente as atenções se voltaram para robôs móveis, capazes de se deslocar no ambiente em que se encontram, e principalmente nos RMAs (Robôs Móveis Autônomos).

A exploração de ambientes não-estruturados, como o caso de florestas, por robôs móveis tem sido objeto de intenso estudo nos últimos anos devido à sua crescente aplicação. Em referência à exploração de ambientes de difícil acesso para o ser humano, encontram casos menos divulgados, como a exploração de ambientes com características florestais. Este é o

caso da Amazônia brasileira (SANTOS, 2007).

Tendo em vista isso, o presente trabalho objetiva a construção física de um robô móvel autônomo, no qual será embutido um sistema para o monitoramento geográfico do mesmo, onde disponibilizará a informação da longitude e latitude.

O desenvolvimento de um sistema de coleta de dados meteorológicos em um ambiente não-estruturado, também fará parte do desenvolvimento do projeto em questão, visando uma possível aplicação na região da floresta amazônica.

1.1 PROBLEMÁTICA

1.1.1 Localização

Os módulos GPS são utilizados para estimar a localização em relação à terra latitude, longitude e altitude. Atualmente, estes também servem para estimar o posicionamento geográfico de corpos sólidos. Onde, sua operação de forma isolada gera dados menos preciso e com propensão a ruído no seu sinal.

1.1.2 Tecnologia de Exploração

Também há estudos para o desenvolvimento de tecnologias que sejam menos agressivas ao meio ambiente ou a sua respectiva zona de atuação. Os critérios que devem ser empregados são os seguintes: segurança, ruídos, manobras, velocidade, potência, versatilidade e poluição (REIS et al., 2010a).

1.1.3 Metodologia de Exploração

Um problema relacionado com a construção do mapa e a exploração autônoma é a forma pela qual o mecanismo atua no meio. Para elaborar um mapa, o robô explora seu entorno percorrendo áreas não registradas em sua memória. Habitualmente se supõe que o robô começa sua exploração sem ter conhecimento da estrutura do ambiente. A partir daí, segue-se uma estratégia de movimentação que objetiva maximizar a área a ser percorrida devido o emprego de sensores (SECCHI, 2008).

A maximização da área total coberta por sensores do robô é um dos desafios a serem vencidos. Há muitas aplicações de cobertura, tais como rastreamento hostil (por exemplo, operações militares), de desminagem ou de vigilância (por exemplo, segurança), e de busca e salvamento urbano (por exemplo, entulho de construção devido a um terremoto ou outras causas). A exigência é que o robô cubra todas as áreas do espaço, e ocasionalmente navegue para uma designada (BATALIN; SUKHATME, 2004).

1.1.4 Comunicação

A comunicação via satélite é ideal quando se deseja uma comunicação para localidades remotas, ou quando se deseja espalhar a recepção em áreas geográficas muito extensas. Mas essa tecnologia está sujeita a constantes atrasos do sinal e interrupções, sendo inviável para alguns tipos de serviços, enquanto outras fornecem o mesmo serviço com maior confiabilidade, maior velocidade e menor custo de implantação.

A implantação da rede de sensores no ambiente e a comunicação representam desafios a serem considerados. Tal rede pode ser usada para o monitoramento ou como uma infra-estrutura de comunicação ad-hoc.

1.2 JUSTIFICATIVA

O presente projeto de pesquisa se justifica pelo o aumento na segurança da integridade física de pesquisadores e pessoas envolvidas com a coleta de dados em ambientes hostis, junto com a elaboração de um sistema que garanta comunicação *wireless* de um móvel nas regiões amazônicas. Dessa forma ao retirar-se a ação humana e pondo-se um robô que venha executar a mesma tarefa nesse tipo de ambiente, logo poderá haver benefícios em relação à saúde do colaborador, uma vez que não será mais necessário a exposição do homem em ambientes com variação de temperatura, pressão, umidade e até mesmo periculosidade.

Outro ponto a levar em conta diz respeito ao cunho acadêmico, uma vez que, ao se desenvolver uma metodologia mais eficaz de exploração de ambientes não-estruturados e um sistema de comunicação robô/controlador com baixa interferência agregará conhecimento. Também, envolverá os estudos das matérias do curso de uma forma mais aprofundada, tais como: Eletrônica Analógica, Controle e Automação, Inteligência Artificial, Instrumentação Industrial e etc.

1.3 OBJETIVO GERAL

Projetar e construir um robô autônomo que se adapte a diferentes relevos, pela qual coletará variáveis de temperatura, umidade e pressão numa rede de sensores. Usará a tecnologia zigbee para se comunicar com a central de processamento (computador) para haver um monitoramento dos dados dos sensores e utilizará GPS para se georreferenciar.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Realizar levantamento e estudo nas áreas relacionadas ao tema;
- Modelar as estruturas Mecânica e Eletroeletrônica do Robô Móvel;
- Projetar e desenvolver a rede de comunicação;

- Implementar a telemetria de dados;
- Efetuar a localização em tempo real do Robô Móvel;
- Apresentar os dados provenientes dos sensores do Robô Móvel em um sistema supervisorio.

1.4 HIPÓTESE

Assimilando-se o conteúdo de estudo proveniente de pesquisas na área da robótica móvel e fazendo-se a junção com pesquisas relacionadas a área de monitoramento meteorológico junto com o uso de GPS, faz-se a aplicação do conhecimento adquirido em um protótipo que será montado e, logo, testado num ambiente natural conhecido pelo usuário.

1.5 METODOLOGIA

O trabalho apresentado é uma pesquisa aplicada, e tem como objetivo a realização de pesquisa exploratória sobre o material bibliográfico colhido sobre o tema. São utilizados os métodos de abordagem hipotético-dedutivo e o método de procedimento monográfico em sua elaboração. Para coleta de dados é utilizada documentação indireta e a análise e interpretação de seus dados, qualitativos, ocorrerá individualmente por natureza de agrupamentos.

Inicialmente, realizam-se pesquisas bibliográficas na área de sistemas microprocessados, tecnologias de redes, em específico a comunicação através de redes de sensores sem fio e sistema de navegação de robôs móveis autônomos.

A pesquisa em laboratório é feita para a coleta de dados e feedback do andamento do projeto, de forma a depurar os erros e problemas que poderão ocorrer durante o processo de montagem do robô.

A construção do sistema é dividida em três principais níveis.

O primeiro define a construção e montagem da estrutura física do robô, a programação do microcontrolador para a realização dos movimentos, onde a mesma programação utilizará a linguagem C e a aplicação do sistema de navegação do robô com a implementação dos sensores.

O segundo nível ou segunda etapa é caracterizada pela implantação da rede zigbee para receber e enviar dados para o robô. Essa transmissão acontecerá entre robô e computador.

O terceiro nível é a implementação do sistema de monitoramento do robô. Tal sistema apresentará os dados da variável medida e a localização em tempo real.

Por fim, são realizados os testes em um terreno com vegetação secundária simulando o desempenho do móvel neste tipo de ambiente, junto com a coleta de dados provenientes do autônomo por uma rede sem fio.

1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos onde cada capítulo descreve abordagens específicas referentes ao escopo deste ofício. Assim, o Capítulo I aborda uma breve introdução sobre o tema em estudo e conceitua o projeto por meio da justificativa, motivação e descrição do problema. Também traz e objetivos a serem alcançados e o cronograma a ser seguido.

Já no Capítulo II se dá a apresentação do referencial teórico necessário ao desenvolvimento do projeto. Isso ocorrerá apresentando os tópicos por meio da visão de autores de obras consultadas e de trabalhos de pesquisa voltados para métodos de exploração, robótica móvel e sistemas de localização, o que resultará em um referencial teórico direto, aplicado e baseado em condições práticas.

Em seguida, o Capítulo III descreve os trabalhos que estão relacionados ao tema em questão. Dessa forma, aborda de forma específica e direta projetos que estão sendo aplicados com a mesma linha de pesquisa.

O Capítulo IV tem como conteúdo os materiais e métodos utilizados durante a elaboração do projeto junto com os resultados obtidos. Para tanto faz-se a modelagem do sistema robótico em um ambiente não estruturado junto com o tipo de comunicação e localização do mesmo. Assim, estabelece uma interface para o estudo de dados pelo usuário.

E, por fim, no Capítulo V serão discutidas as conclusões sobre o trabalho e ainda haverá análise de aplicações para propostas para trabalhos futuros sobre este tema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HISTÓRIA DOS ROBÔS

O precursor do termo robô foi Karel Capek, novelista e escritor de uma peça teatral da Tchecoslováquia, que usou pela primeira vez, em 1920, a palavra “robot” (serviço compulsório, atividade forçada) originando a palavra “robot” em inglês e traduzido para o português como “robô”. Diversos filme de ficção científica mostraram robôs produzidos com o comportamento e a forma humana, levando muitos jovens a pesquisar e desenvolver robôs para o mundo real. Com o surgimento dos computadores na metade do século, iniciaram-se especulações em termos da capacidade de um robô pensar e agir como um ser humano. No entanto, os robôs foram, neste período, criados especialmente para executarem tarefas difíceis, perigosas e impossíveis para um ser humano. Por outro lado, eles não eram projetados com a capacidade de criar ou executar processos que não lhes foram ensinados ou programados. Assim sendo, foram as indústrias que mais se beneficiaram com o desenvolvimento da robótica, aumentando a produção e eliminando tarefas perigosas, antes executadas por seres humanos. Na robótica moderna, há pesquisas e desenvolvimentos de robôs intitulados humanoides ou antropomórficos. Estes são criados com a semelhança humana e com capacidade de interagir com o ambiente, como o ASIMO (*Advanced Step in Innovative Mobility*) construído pela montadora japonesa *Honda Motor Co.* Citam-se ainda diversos brinquedos articulados com feições que lembram animais de estimação como cães, por exemplo, e que se destinam ao entretenimento. Contudo, tais robôs são incapazes de realizar quaisquer tipos de tarefas, e apenas respondem a estímulos externos. Estes equipamentos não fazem parte do propósito deste documento, que visa exclusivamente estudar e compreender os robôs industriais. Estes, por sua vez, caracterizam-se por serem capazes de realizar tarefas, podem ser programados, e possuem força elevada (CARRARA, 2007).

2.2 ROBÔS MÓVEIS

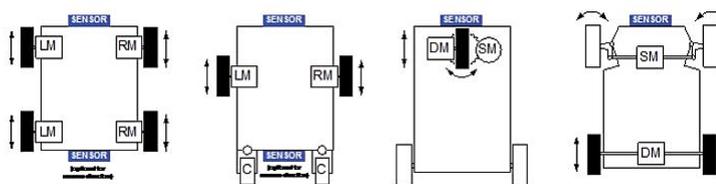
Tradicionalmente as aplicações da robótica estavam centradas nos setores manufatureiros mais desenvolvidos para a produção massiva: indústria automobilística, transformações metálicas, indústria química etc. ainda que na última década o peso da indústria manufatureira tenha diminuído.

No princípio dos anos sessenta introduziu-se na indústria, de modo significativo, os robôs manipuladores como um elemento a mais do processo produtivo. Essa proliferação, motivada pela ampla gama de possibilidades que oferecia, levantou o interesse dos pesquisadores

para conseguir manipuladores mais rápidos, precisos e fáceis de programar. A consequência direta desse avanço originou um novo passo na automação industrial, que tornou mais flexível a produção com o nascimento da noção de célula de fabricação robotizada.

O trabalho desenvolvido pelos robôs manipuladores consiste frequentemente em tarefas repetitivas, como a alimentação das diferentes máquinas componentes da célula de fabricação robotizada. Para isso, é necessário situar as máquinas no interior de uma área acessível para o manipulador, caracterizada pela máxima extensão de suas articulações, o que poderia ser impossível na medida em que as células sofriam progressivas ampliações. Uma solução para esse problema foi o desenvolvimento de um veículo móvel sobre trilhos para proporcionar um transporte eficaz dos materiais entre as diferentes zonas da cadeia de produção. Dessa forma, aparecem nos anos 80 os primeiros Veículos Guiados Automaticamente conforme figura 1. Uma melhoria com respeito a sua concepção inicial se baseia na substituição dos trilhos como referência guia na navegação pelos cabos enterrados, reduzindo, com ele, os custos de instalação (SECCHI, 2008).

Figura 1 – Tipos de Veículos Automáticos



Fonte: (ROBOTEQ, 2015?)

Dessa forma, os robôs moveis são dispositivos de transporte automático, ou seja, são plataformas mecânicas dotadas de um sistema de locomoção capazes de navegar através de um determinado ambiente de trabalho, dotados de certo nível de autonomia para sua locomoção, portando cargas. Suas aplicações podem ser muito variadas e estão sempre relacionadas com tarefas que normalmente são arriscadas ou nocivas para a saúde humana, em áreas como a agricultura, no transporte de cargas perigosas ou em tarefas de exploração solitárias ou cooperativas junto a outros veículos não tripulados. Exemplos clássicos são o traslado e coleta de materiais, as tarefas de manutenção de reatores nucleares, a manipulação de materiais explosivos e a exploração subterrânea (SECCHI, 2008).

2.2.1 Robôs Móveis Autônomos

A autonomia de um robô móvel é caracterizada por uma conexão inteligente entre as operações de percepção e ação, que define seu comportamento e o permite chegar a execução dos objetivos programados sobre o ambiente. O grau de autonomia depende em grande medida da capacidade do robô para abstrair o entorno e converter a informação obtida em ordens, de tal modo que, aplicadas sobre os atuadores do sistema de locomoção,

garanta a realização eficaz de sua tarefa. Desse modo, as principais características que os distinguem de qualquer tipo de veículo são:

- Percepção;
- Raciocínio.

Robôs móveis autônomos não estão limitados a caminhos predefinidos, tendo em vista que eles têm capacidade de percepção relacionada ao ambiente que estão e ainda podem fazer uma representação do mesmo. Planejam seus movimentos, evitando obstáculos e detectando marcas ou pontos característicos para obter uma meta. O robô móvel deve possuir características de manipulação, controlabilidade, tracionabilidade, estabilidade, navegabilidade e odometria . Eles podem ter uma abundância de sistemas de tração como a configuração diferencial, triciclo, Ackerman, roda síncrona omnidirecional, correntes, pés, rastejando, etc. como o meio de locomoção (SECCHI, 2008).

2.2.1.1 Robôs Móveis Autônomos Híbridos ou Anfíbios

A área da robótica, que se ocupa de mecanismos que se movimentam de forma autônoma, tem conquistado um grande destaque na comunidade científica por apresentar grande aplicação nas mais variadas situações, cotidianas ou especiais. Um caso extremo desta aplicação são as missões de exploração de ambientes não estruturados (SANTOS, 2009).

Esse tipo de robô deve possuir elementos a bordo, que o faça ser capaz de reconhecer e se adaptar aos diferentes tipos de solo, desviar de obstáculos, encontrar trajetória entre pontos inicial e final de uma dada excursão, receber e cumprir ordens enviadas remotamente, entre outras. Para isso deve dispor de um conjunto de sistemas mecânicos, elétricos, eletrônicos, computacionais, de sensoriamento e de comunicação que sejam um auxílio de grande vantagem para o homem, onde realizem tarefas pré-programadas ou em tempo real, com a supervisão humana ou de forma autônoma conforme o veículo apresentado na figura 2 (SANTOS, 2009).

Figura 2 – Robô Chico Mendes



Fonte: (PRÉ-SAL, 2011)

Assim, a capacidade de empregar robôs autônomos em terrenos de difícil acesso continua a ser uma área rica para pesquisa. Como também, o desenvolvimento de robôs anfíbios capazes de operar de forma autônoma dentro de praia, mar ou oceano, pela qual, envolvem características com turbulência na água. (BOXERBAUM et al., 2012).

2.2.1.1.1 Camada Mecânica

Chassi: Em nível de robótica móvel, o material deve ser altamente durável. Assim, o composto que será selecionado deverá ter: resistência, limite de fadiga, densidade, alongamento, torção e rigidez lateral conforme o especificado no projeto.

Para robôs anfíbios, seu chassi deverá possuir características náuticas para que possa possuir uma boa hidrodinâmica. Com isso, necessitará de:

- Flutuabilidade;
- Estabilidade;
- Robustez;
- Mobilidade;
- Manobrabilidade.

Roda: Dentre os vários tipos de mecanismos de movimentação/locomoção utilizados em robótica móvel, há de se destacar os que se utilizam de rodas/propulsores. Este tem, como principais vantagens, menor consumo de potência, além de maior velocidade e disponibilidade para suportar altos carregamentos (REIS et al., 2010b).

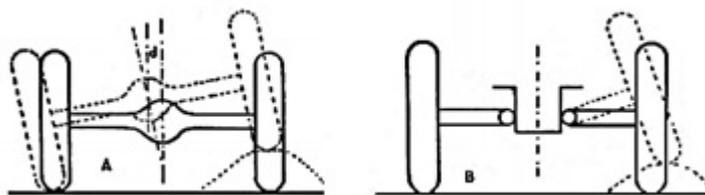
Uma das características importantes dos robôs móveis dotados de rodas é a presença de restrições não-holonômicas.

Suspensão: A suspensão de um móvel destina-se a diminuir as trepidações que resultam do contato das rodas com o solo. A suspensão compreende todos os elementos que participam da estabilidade, da firmeza e do conforto.

O tipo de suspensão é definido pela forma que as rodas são ligadas ao chassi. Há vários tipos de suspensões, tais como a de eixo rígido e de rodas independentes.

As suspensões de eixo rígido são ligadas transversalmente por uma peça rígida (o eixo) que as tornam dependentes uma da outra conforme figura 3.

Figura 3 – Tipos de suspensões



Fonte:(SUL, 2015?)

Nas suspensões de rodas independentes cada roda é ligada ao chassi por um sistema de braços articulados no sentido vertical.

2.2.1.1.2 Camada Eletro-eletrônica

Motor: Em robôs de pequeno porte os motores que costumeiramente são utilizados são: motores DC (*Direct Current*), motores de passo e servomotores.

Os motores DC possuem uma tensão e uma corrente limitada de acordo com a especificação móvel da estrutura, tendo em vista que, dessa forma sendo agregado com algum outro componente pode-se haver o controle da velocidade e até mesmo da posição do ciclo de rotação no motor.

Bateria: As baterias de LiPo, que são mais usadas para pequenos projetos, têm os mesmos elementos que as demais baterias, isto é, são constituídas por um ânodo, um cátodo e um eletrólito. As diferenças são: possui um eletrólito gel micro poroso que aumenta a condutividade elétrica, pequena resistência interna, grande capacidade de descarga e sem necessidade de manutenção (RODRIGUES, 2011).

Servo motor: Os servos motores são usados em várias aplicações quando se deseja movimentar algo de forma precisa e controlada. Sua característica mais marcante é a sua capacidade de movimentar o seu braço até uma posição e mantê-lo.

O servo motor é dividido em partes que desempenham funções determinadas. Tais elementos são descritos:

- Circuito de Controle;

- Potenciômetro;
- Engrenagens.

Microcontrolador: Um microcontrolador é um sistema computacional completo, no qual estão incluídos uma CPU (*Central Processor Unit*), memória de dados e programa, um sistema de clock, portas de I/O (*Input/Output*), além de outros possíveis periféricos, tais como, módulos de temporização e conversores A/D (Analógico/Digital) entre outros, integrados em um mesmo componente. As partes integrantes de qualquer computador, e que também estão presentes, em menor escala, nos microcontroladores são:

- Unidade Central de Processamento (CPU);
- Sistema de clock para dar sequência às atividades da CPU;
- Memória para armazenamento de instruções e para manipulação de dados;
- Entradas para interiorizar na CPU informações do mundo externo;
- Saídas para exteriorizar informações processadas pela CPU para o mundo externo;
- Programa (*firmware*) para definir um objetivo ao sistema (DENARDIN, 2014).

A arquitetura de um microcontrolador em geral consiste em um núcleo de processamento, barramento e periféricos.

Microcontroladores são geralmente utilizados em automação e controle de produtos e periféricos, como sistemas de controle de motores automotivos, controles remotos, máquinas de escritório e residenciais, brinquedos, sistemas de supervisão, embarcados, robótica, etc (FILHO; GÜTHS, 2013).

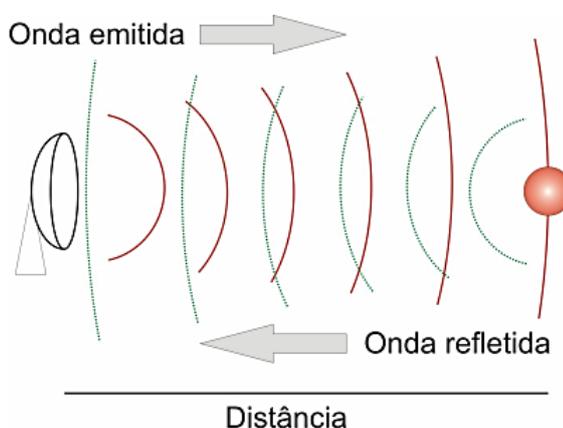
Sensores Meteorológicos: Os sensores traduzem eventos físicos em sinais elétricos e eletrônicos e são responsáveis por quantificar diversos parâmetros meteorológicos, sendo os mais comuns nas estações meteorológicas: precipitação, umidade relativa do ar, temperatura do ar, velocidade do vento, direção do vento, radiação solar (incidente e refletida) e pressão atmosférica. Estações meteorológicas automáticas (EMA) geralmente operam com apenas um registrador central, denominado *datalogger*, que armazena as leituras dos sensores, podendo também comandar a transmissão telemétrica dos dados registrados (SILVA et al., 2016).

Um desses tipos de sensores meteorológicos é o Termohigrômetro. O Termohigrômetro é um instrumento que permite obter diretamente a Temperatura e a Umidade Relativa do ar, através de dois sensores conjugados. O conjunto sensor é protegido por um abrigo meteorológico que pode ser de plástico ou alumínio na cor branca. Esse abrigo evita a exposição direta dos elementos sensores aos raios solares e à chuva, além de garantir a

livre circulação do ar permitindo um equilíbrio com a atmosfera a sua volta. Esse conjunto sensor deve ser instalado no lado oposto do sensor de radiação. Suas unidades de medida são: Temperatura: °C (Celsius) Umidade Relativa: % (Porcentagem) (NEVES et al., 2015).

Sensores de Distância: Os sensores baseados em radar e ultrassom (sonar) emitem um pulso de rádio ou de som e calculam o tempo que leva para que ele seja refletido e retorne ao sensor. Como a velocidade do pulso emitido é conhecida (300000 km/s para o rádio e 1200 km/h para o som, aproximadamente), é possível então calcular a distância ao objeto onde o pulso foi refletido conforme figura 4. Contudo, tais modelos são caros e relativamente difíceis de operar (PATSKO, 2006).

Figura 4 – Funcionamentos dos sensores ultrassônicos



Fonte: (PATSKO, 2006)

2.2.1.1.3 Camada Lógica

Arquitetura: Arquitetura de um robô móvel descreve uma maneira de se construir o *software* de controle inteligente do robô, apresentando quais módulos devem estar presentes no sistema, e como estes módulos interagem entre si. A descrição de uma arquitetura pode ter um nível razoável de abstração permitindo várias implementações diferentes, ou instâncias, de uma mesma arquitetura (HEINEN; OSÓRIO, 2002).

As primeiras arquiteturas propostas são baseadas em sistemas de planejamento e normalmente, possuem quatro módulos básicos:

- Módulo de controle dos sensores;
- Módulo de descrição do mundo;
- Módulo de planejamento;
- Módulo de controle e execução.

Esta abordagem ficou conhecida como paradigma percepção-planejamento-ação. Sendo caracterizada por um processamento centralizado, onde na maioria das vezes uma única unidade de processamento executava todos os quatro módulos básicos de forma sequencial.

A maior limitação desta abordagem é que a tarefa de modelar o estado atual é complexa e demorada, fazendo com que o ciclo da execução se torne lento, o que compromete, muitas vezes, a segurança do robô - um obstáculo, por exemplo, deve ser identificado em tempo hábil para que o robô possa desviar-se do mesmo. Na segunda metade da década de 80, pela iniciativa de Rodney Brooks [Brooks 1986], começa a ser definido um novo paradigma para o controle de robôs. Este ficou conhecido como paradigma percepção-ação, não havendo planejamento como nos sistemas pioneiros. Nesta abordagem, os diversos comportamentos desejados no robô são modelados e implementados utilizando-se autômatos finitos. Esses autômatos recebem as informações diretamente dos sensores e determinam as ações que devam ser tomadas, os autômatos são organizados em camadas, onde há uma hierarquia entre as mesmas. Por exemplo, uma camada é responsável por desviar de obstáculos, uma segunda por fazer o robô caminhar na direção de um dado ponto da sala. Este comportamento irá dominar o anterior, fazendo com que o robô se desloque até o ponto determinado, mantendo-se a uma distância segura dos obstáculos (HEINEN; OSÓRIO, 2002).

Autonomia: Uma primeira condição para o sistema ser chamado de autônomo é que o mesmo seja capaz de reagir a estímulos externos, tomando decisões imediatas ou a curto prazo, sem a necessidade de representar o ambiente onde atua. Robôs implementados usando arquitetura reativa exibem tal condição e, portanto, são chamados de autônomos. Entretanto, uma definição mais exigente de autonomia deve incluir a habilidade do agente em tomar decisões de longo prazo, possuindo a capacidade de mudar o modo como interage com o ambiente ao seu redor. Isto mostra que uma organização autônoma não pode ser apenas estática, devendo adaptar-se, integrando o conhecimento de sua própria dinâmica com a representação do mundo exterior. Pode-se, então, definir autonomia de um robô, de forma ampla, como a habilidade de sensoriar seu ambiente e atuar correspondentemente sobre uma dada situação de forma apropriada, sem intervenção humana, em busca de seu objetivo, ou da execução de uma dada tarefa. Deve-se observar, entretanto, que não existe autonomia absoluta; o que podemos razoavelmente dizer é se um sistema é “mais autônomo” do que outro (AUGUSTO, 2007).

Para tal nicho de aplicações, uma plataforma robótica deve permitir a implementação de agentes com as seguintes habilidades básicas:

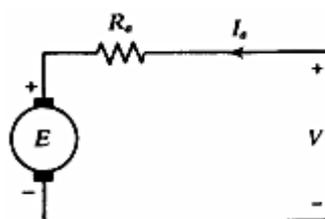
- Detectar sua localização no espaço;
- Mover-se pelo ambiente sem colidir com obstáculos;
- Reagir a ambientes dinâmicos;

- Detectar certos tipos de objetos;
- Resolver objetivos conflitantes.

Controle:

Controle de velocidade: Uma das formas de controlar a velocidade de um robô móvel é controlando-a pelo próprio funcionamento do motor. Assim, avalia-se o motor elétrico conforme figura 5.

Figura 5 – Circuito do motor elétrico



Fonte: (PATANÉ, 2008)

Onde é descrito pelas equações:

$$V - E = I_a R_a \quad (2.1)$$

$$E = k_a \phi \omega_m \quad (2.2)$$

Pela qual, substitui-se Equação 2 na Equação 1 obtêm-se:

$$\omega_m = (V - I_a R_a) / (k_a \phi) \quad (2.3)$$

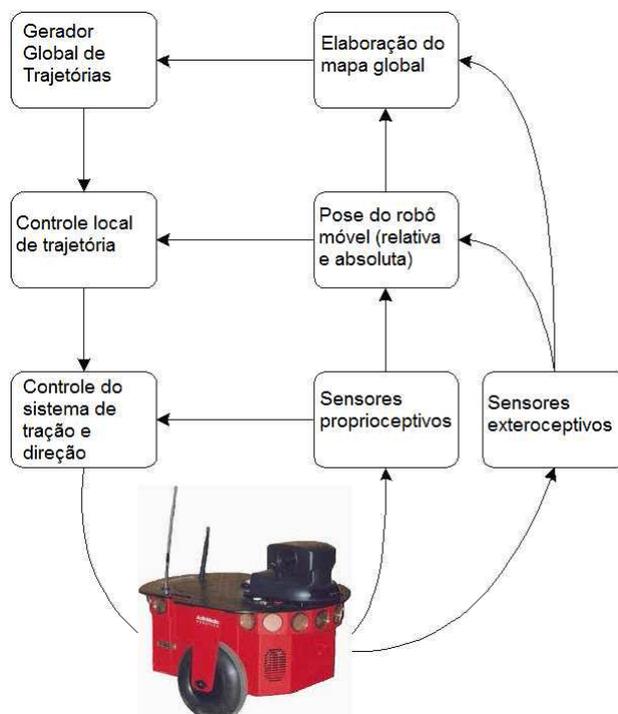
Que neste caso, descreve a velocidade angular do motor em relação a sua tensão de armadura.

O controle pela resistência geralmente era utilizado em motores de tração onde as resistências eram inseridas manualmente em série com a armadura. O controle do fluxo no entreferro pode ocasionar diminuição no torque e, por isto, não é normalmente utilizado. Melhor desempenho do sistema é obtido através da tensão aplicada à armadura uma vez que permite ajustes relativamente rápidos (limitados pela dinâmica eletromecânica do sistema), além de possibilitar o controle do torque através da corrente da armadura. Este último, é geralmente o método utilizado nas indústrias para controle dos motores CC (Corrente Contínua) (PATANÉ, 2008).

Controle de Posição: Gerador Global de Trajetórias (GGT): Este nível está encarregado de decidir, com base na tarefa determinada, as coordenadas do ponto de destino, de pontos intermediários na trajetória e, no caso de obstrução ao longo do caminho, redefinir a trajetória escolhida. A informação que emprega este nível hierárquico pode ser gerada *off-line* (conhecimento prévio do ambiente de trabalho) ou *on-line*, baseando-se em critérios predefinidos e utilizando a informação oferecida pelo sistema sensorial (desconhecimento parcial ou total do ambiente de trabalho) a partir da elaboração de mapas do entorno.

Gerador Local de Trajetórias (GLT): Este nível hierárquico faz o papel do operador (piloto) do robô móvel, evitando os obstáculos do caminho, realizando correções na trajetória e adequando a velocidade do veículo de acordo com a manobra a ser realizada. Permite um controle dinâmico do robô móvel. Mantém informado o GGT sobre os resultados do objetivo designado, e no caso de ter um conhecimento prévio do ambiente de trabalho, gera informação para ser armazenada na memória do GGT. Está diretamente ligado com o sistema sensorial, o que lhe permite tomar decisões *on-line* e, além disso, gera os valores de referência para o Controle Local do Sistema de Tração e Direção. Desenvolvem-se GLTs tanto com algoritmos clássicos do tipo *Maze-Search* como com a utilização de elementos da Inteligência Artificial que emulam o comportamento do operador humano, pela qual a figura 6 descreve a aplicação no sistema robótico (SECCHI, 2008).

Figura 6 – Sistema de controle de um robô



Fonte: (SECCHI, 2008)

2.3 SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO

A grande maioria dos robôs móveis possui um sistema de odometria que permite estimar o deslocamento dos mesmos e, conseqüentemente, calcular a posição dos robôs no ambiente. Normalmente, as informações odométricas são obtidas por meio de sensores acoplados às rodas dos robôs, de forma a calcular o deslocamento dos mesmos a partir do movimento destas. Na prática, existem diversos fatores que causam erros nesse tipo de dispositivo como a imprecisão mecânica do sistema e irregularidades do terreno em que o robô atua. Outro fator que dificulta e pode até inviabilizar a localização do robô a partir da odometria é o fato de que os pequenos erros causados durante o cálculo da posição do robô vão se acumulando ao longo do tempo. Normalmente, é fornecido um mapa do ambiente e a localização é estimada com base nas informações fornecidas pelos sensores. O grande desafio na solução do problema de localização está no fato de que tanto as informações sobre o ambiente como os dados fornecidos pelos sensores são normalmente limitados e imprecisos. Nesse contexto, técnicas probabilísticas têm sido amplamente utilizadas na solução desse problema (COMPUTAÇÃO; BETTEZ, 2013?).

2.3.1 Interface

É um sistema supervisorio, que é um software que demonstra ocorrências através de telas, que são configuradas conforme as entradas e saídas destinadas ao microcontrolador. Deste modo o supervisorio inspeciona tudo que o microcontrolador está recebendo do campo, ou seja, todos os sinais que este receber ele informa pelo supervisorio por meio de telas de configuração. Com a comunicação entre o supervisorio e o microcontrolador se torna possível ligar e desligar qualquer sistema automatizado, desta forma o objetivo dos sistemas supervisorio é uma comunicação de alto nível entre o operador e o processo, dando as informações no exato momento de todos os eventos (CORRÊA, 2013?).

2.4 SISTEMA COMUNICAÇÃO

Um dos meios utilizados na automação industrial, residencial e robótica para a comunicação é através do *Zigbee*. As bases da tecnologia denominada hoje por *ZigBee* foram estabelecidas no protocolo *Home RFLite* criado pela Philips. A tecnologia foi pela primeira vez apresentada ao público com o nome de *ZigBee* em Julho de 2005. O nome *ZigBee* veio da analogia entre o funcionamento de uma *mesh network* e a maneira como as abelhas trabalham e se deslocam. As que vivem numa colmeia voam em zig zag, de modo que quando voam em busca de néctar comunicam com outras abelhas da mesma colmeia, dando informações sobre a distância, direção e localização de alimentos (SALEIRO; EY, 2009).

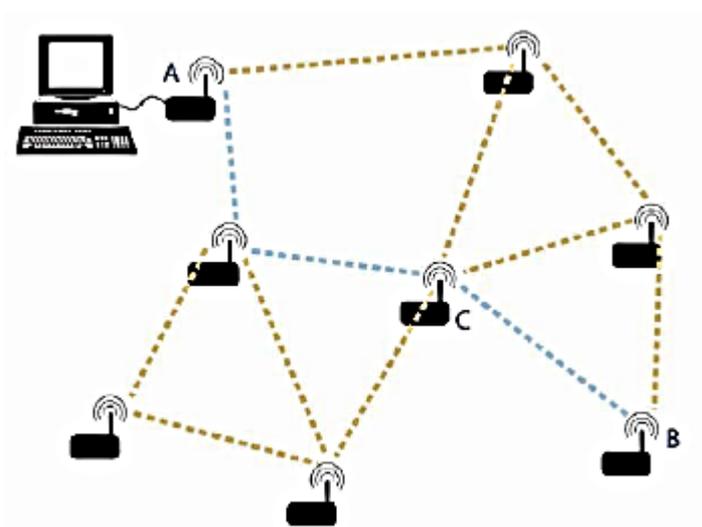
2.4.1 Topologia

Uma das grandes vantagens do *ZigBee* é o fato de suportar redes em malha, onde, havendo vários caminhos possíveis, é possível eliminar falhas de comunicação no caso de falha de um nó de rede. Embora tenha sido originalmente criado a pensar em redes em malha (mesh), suporta também topologias em estrela (star) e em árvore (cluster tree), permitindo o estabelecimento de redes de nós “*ad-hoc*”. Independentemente do tipo de rede implementada, o protocolo permite até 65535 dispositivos por cada nó coordenado (*ZigBee Coordinator*) (SALEIRO; EY, 2009).

2.4.2 Tecnologia

O *ZigBee* é um protocolo que utiliza o padrão IEEE 802.15.4 como base e acrescenta uma funcionalidade muito útil: a capacidade de estabelecer redes e de fazer roteamento. O protocolo *ZigBee* foi desenvolvido pela *ZigBee Alliance*. A *ZigBee Alliance* é um grupo de empresas que trabalharam em conjunto para desenvolver um protocolo para o estabelecimento de redes que pudessem ser utilizadas em diversos ambientes, como por exemplo o comércio e a indústria, em que não se exigem taxas de transmissão elevadas. Deste modo, o *ZigBee* foi concebido de modo acrescentar a implementação de *mesh networking* ao conjunto de funcionalidades ao IEEE 802.15.4. O tipo de rede em malha (*mesh networking*) é principalmente utilizado em aplicações em que se pretende efetuar a transmissão de dados entre dois nós que não estão fora do alcance um do outro conforme figura 7. Deste modo, os dados são transmitidos para outros nós intermédios que fazem o redirecionamento da informação até que esta chegue ao destinatário.

Figura 7 – Comunicação de Dados



Fonte: (SALEIRO; EY, 2009)

A baixa taxa de transmissão dos dispositivos *ZigBee* dá lugar a uma melhor sensibilidade

a alcance, mas implica também um *throughput* mais baixo, ou seja, taxas de transferência mais reduzidas. As principais qualidades do *ZigBee* são o baixo consumo de potência, a grande autonomia e a possibilidade de estabelecimento de redes segundo várias topologias com grande versatilidade e *self-healing* (SALEIRO; EY, 2009).

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Os trabalhos mencionados nesta seção são exemplos de aplicações de robôs móveis e técnicas de desenvolvimento de sistemas secundários aplicados nos autônomos, pela qual, relaciona-se com a aplicação em terrenos de difícil acesso, como também, os atributos conferidos a estes tratando-se de sua função de caráter civil ou militar.

3.1 TECNOLOGIAS PARA PESQUISAS SOCIOAMBIENTAIS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

A exploração em relação à pesquisa na Amazônia é essencial. Empresas como a Petrobras, visam uma adequação de maquinário correspondente a situação geofísica do terreno a ser estudado. Para isso, projetos como o PIATAM (Projeto Inteligência Socioambiental Estratégica da Indústria de Petróleo do Amazonas) são criados pensando no correlacionamento de sociedade, meio-ambiente e indústria.

Objetiva-se com isso (REIS et al., 2010b), desenvolver um modelo conceitual de transporte para região de florestas inundadas e de várzeas amazônicas, que, desde seu nascedouro, considere as características peculiares da região, conseguindo, assim, operar em condições onde os meios convencionais de locomoção apresentam dificuldades ou mesmo impossibilidade de uso.

Para isso, utiliza-se primeiro a pesquisa em bibliografias relacionada ao tema. Logo após, foram feitas pesquisas de campo para determinar padrões da estrutura do solo e assim categorizou-se os mesmos. Também, foram-se desenvolvidos protótipos de robôs híbridos no laboratório de robótica do CENPES (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Petrobrás) que se adaptassem aos tipos de solo e que obedecessem aos critérios estabelecidos pelo autor, neles possuíam sistema de visualização do ambiente.

Foi possível observar que o robô é capaz de percorrer locais aonde a altura da vegetação supera em muito suas dimensões, sobre macrófitas em aclive de solo lamacento, vegetação rasteira e sobre tronco de árvore caído, apesar de seu tamanho, o veículo da figura 8 conseguiu demonstrar um bom desempenho e assertividade dos conceitos propostos.

Figura 8 – Protótipo desenvolvido no CENPES



Fonte: (REIS et al., 2010a)

3.2 EXPLORAÇÃO DE AMBIENTES NÃO-ESTRUTURADOS COM TERRENO ACIDENTADO POR ROBÔS MÓVEIS

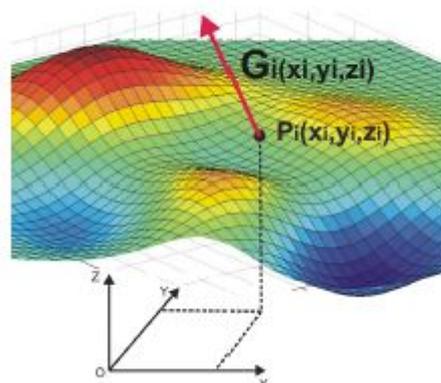
O uso de robôs móveis em ambientes não-estruturados tem sido objeto de intenso estudo nos últimos anos, devido à sua crescente aplicação para exploração de ambientes com características florestais.

No trabalho de (SANTOS, 2007), pretende-se apresentar um algoritmo que facilite a condução do robô com alto nível de autonomia através do planejamento da trajetória que este deve seguir para chegar a um ponto determinado. Para explorar estas áreas precisa-se de métodos de ação que não sejam simplesmente reativos e que planejem ações no futuro distante.

Através de cálculos matemáticos, a questão do planejamento da trajetória do robô móvel passa a utilizar um método que escolhe a sequência de módulos de ação (localização do robô x ações do robô) permitindo que o robô chegue em um ponto geográfico determinado. Logo, é gerado um mapa topográfico que define cada ponto geográfico como coordenada cartesiana. Assim, um algoritmo “genético” de evolução para os futuros módulos de ação é gerado e utilizado conforme a necessidade.

Para implementar o algoritmo proposto utilizou-se o *Toolbox* do Matlab (*MATrix LABORatory*) de Algoritmos Genéticos conforme figura 9. Para a tarefa do robô ir de um ponto específico a outro se descartou os módulos de ação referentes ao manipulador. Onde esse método considera as restrições físicas oferecidas pelo ambiente. Para isso, foi-se aplicada essa forma de interpretação de terrenos em um robô móvel da CENPES.

Figura 9 – Gradiente do ponto da Trajetória



Fonte: (SANTOS, 2007)

3.3 SOLDADO-ROBÔ ULTRA-ROBUSTO PARA AS MISSÕES DE CONFLITO URBANO

Em conflitos urbanos se torna essencial o uso de maquinário para espionagem, fazendo com que a vida humana seja mais resguardada. Por tanto, enfrentar o inimigo em um terreno desconhecido ou que possua uma grande resistência pode ser uma decisão com resultados não satisfatórios.

O trabalho elaborado por (SCHEMPF et al., 2003), estuda uma aplicação de um robô móvel em um ambiente de conflito urbano. O veículo, sendo o foco deste projeto, é constituído por materiais de baixo custo e componentes comerciais, integrados em uma unidade ultra resistente. Sendo usado pela marinha estadunidense, sua missão principal é dar conhecimento da situação atual para uma unidade, ajudando na observação dos objetivos táticos e perigo áreas além linha da unidade de visão.

Para tal, foi elaborado um veículo de pequeno porte, com chassi rígido, teleoperado, equipado com sensores de movimento e de distância, usando uma bateria BB-padrão de uso militar, pela qual, se comunica com um sistema computacional. O sistema pode operar em diversos terrenos, utilizando pouca luz câmera de vídeo (com iluminador Infravermelho), movimento de grande ângulo sensores de detecção e microfone.

Figura 10 – Robô Militar Dragon Runner



Fonte: (CENTER, 2015)

Um protótipo do *Dragon Runner* foi testado com respeito a: durabilidade, habilidade em diversos tipos de terreno e métodos de operação. Possuindo uma velocidade máxima em torno de 40 km/h. Atualmente o veículo também está equipado com taser, sinais por laser, detector de fumaça e um pequeno holofote fazendo com que cumpra com uma missão pré-estabelecida, onde na figura 10 observa-se o kit do robô.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

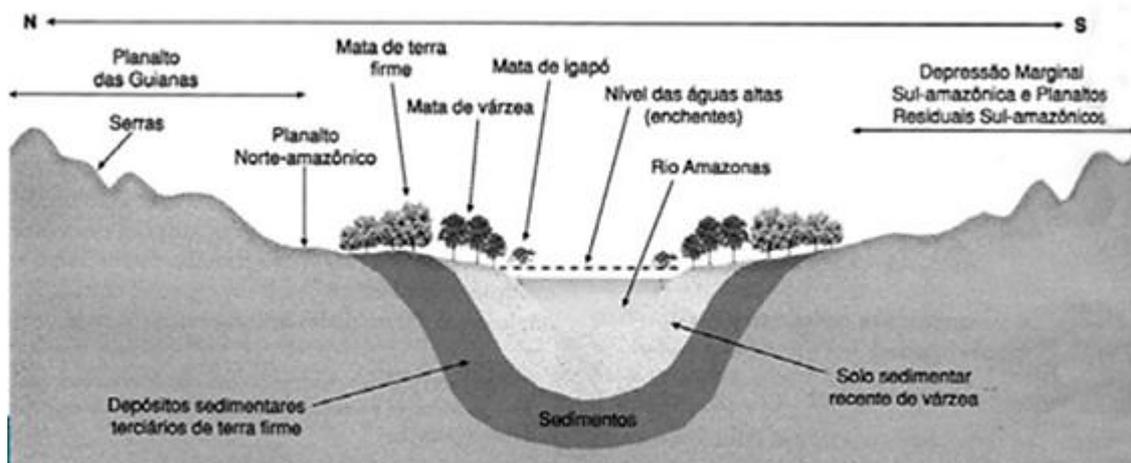
O tema do presente projeto aborda o desenvolvimento de um sistema de monitoramento do posicionamento de um robô móvel e, ao mesmo tempo, da coleta de dados meteorológicos (temperatura, pressão e umidade) provenientes de um ambiente não estruturado, que é um local onde as atividades humanas são bem reduzidas tornando-se similar ou sendo um ambiente com vegetação.

Por metodologia, escolhe-se uma divisão para o desenvolvimento do trabalho por dois principais grupos: máquina e sistema. Nesse caso, define-se “máquina” todo e qualquer componente/equipamento associado a estrutura física (*hardware*) do robô, com isso, através de pesquisas em livros define-se uma carcaça que seja adaptável ao tipo de terreno ocorrerá a locomoção.

Em nível de relevo amazônico ou geologia amazônica, a mobilidade deverá ser executada em: mata de terra-firme, mata de várzea e mata de igapó conforme figura 11. À vista disso, a estrutura híbrida, que é a habilitação necessária para que o veículo possa se deslocar tanto em meios aquosos, com pouca ou sem água, está inclusa no desenvolvimento do mecanismo. Assim como, a forma pela qual o dispositivo de GPS atuará no envio da localização do móvel, tendo em vista que, as copas das árvores poderão funcionar como um sistema de bloqueamento de sinal.

O robô foi elaborado com um chassi híbrido e rodas ajustáveis. Possui sensores meteorológicos, como também, é composto por sensores de distância. Ele é localizado através de um módulo GPS e a sua comunicação com a base é feita por *ZigBee*, pela qual ele transmite os dados coletados. A interface de comunicação com o usuário está alocada em um computador e nela mostra os dados de acordo com o período de coleta.

Figura 11 – Vegetação da Amazônia



Fonte: (PRADO, 2014)

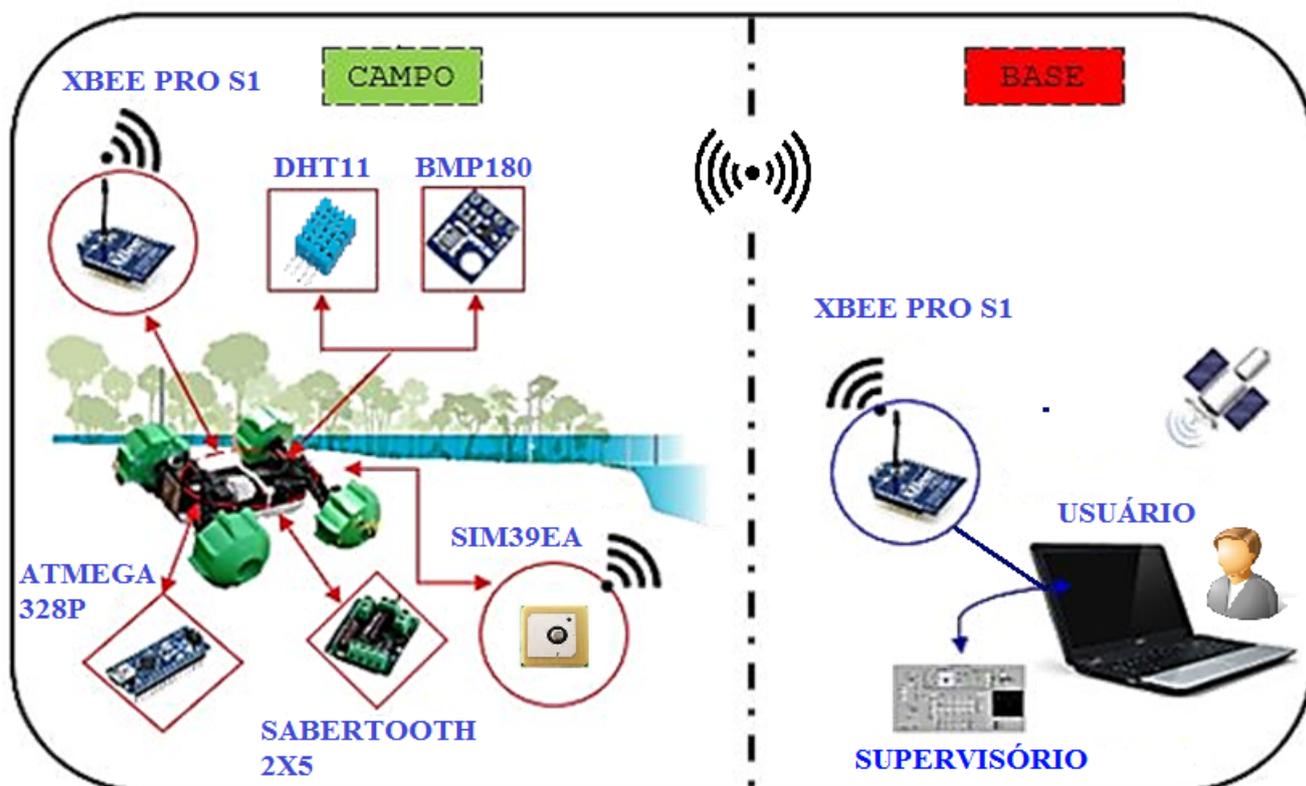
Para os sistemas computacionais de compreensão do terreno, que funcionam como o fundamento de ação do robô, existem três formas de divisão: lógica de processamento interno, lógica de processamento externo e lógica de comunicação. Basicamente tratam-se de linhas de comando programadas em um compilador que retransmitem essa informação para um microcontrolador. Porém, para o robô atuar de forma mais autônoma é necessário, como visto no capítulo 2 (no subitem 2.2.1.1.3 – Autonomia), uma integração dos sensores com o ambiente. A lógica de processamento interno trata da comunicação entre motor com o regulador de velocidade e servomotor com o “cérebro” do robô, pois assim, os comandos são operados de forma direta com a dependência mínima do meio externo. A lógica de processamento externo trabalha com todos os sensores que estão inclusos no veículo. Esses leitores, como o visto, interpretam suas especificações através de sinais elétricos que são retransmitidos para a placa controladora onde dessa forma será processada uma ação a ser tomada. Já a lógica de comunicação está ligada a operabilidade do módulo GPS e o módulo *Xbee* com um computador. Nesse último caso, ambos os módulos ao enviarem seus respectivos comandos para o computador esses serão traduzidos para o usuário em forma de um sistema supervisório.

4.1 ARQUITETURA DO SISTEMA PROPOSTO

A arquitetura trata da visão geral do funcionamento do trabalho proposto. Desta forma, será descrito por classes de camadas cada estrutura que incorpora o robô móvel e seu sistema. Conforme a figura 12 vê-se a aplicação do projeto em questão para dois tipos de ambientes: Base e Campo.

No Campo de atuação (floresta) o referido projeto discorre da aplicação do mecanismo robótico e seu funcionamento. Esse, por dispor de um desenvolvimento autônomo, é capacitado para sensoriar obstáculos e tomar a devida ação, lembrando que, cada componente eletrônico e elétrico está alocado numa estrutura física de suporte do robô, no qual totalizam duas estruturas. A primeira é composta pelo microcontrolador ATMEGA328P, na qual processa todos os comandos lógicos, o Sabertooth 2x5, onde, por ser um controlador de motor, permite a aceleração e desaceleração de acordo com o requisitado no programa, e pelo módulo GPS SIM39EA, na qual recebe os dados de latitude e longitude do robô móvel. Possui também sensor meteorológico DHT11 e BMP180 que são respectivamente responsáveis pela mensuração da temperatura, umidade e pressão barométrica estão situados no segundo nível, pela qual também é visto o shield *Xbee Pro S1* para a comunicação serial com o computador.

Figura 12 – Arquitetura Funcional Proposta



Fonte: Autor

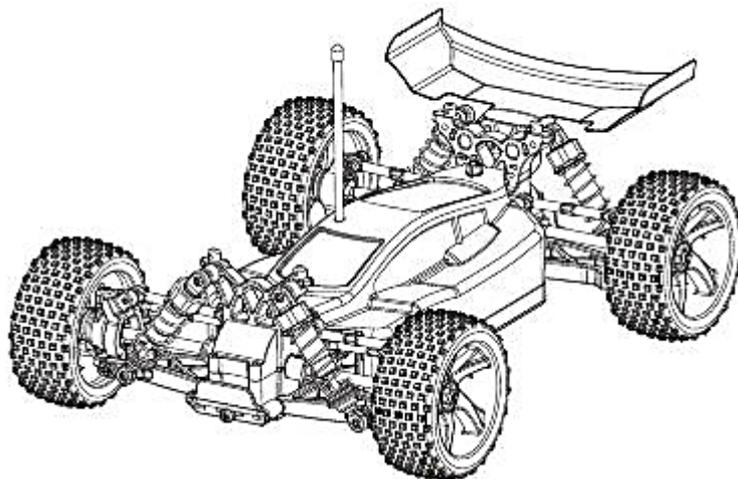
4.2 ROBÔ

Esta seção do capítulo 4 retrata os métodos de desenvolvimento do Robô Móvel Autônomo Híbrido, junto com os resultados obtidos na construção e execução do protótipo. Assim, divide-se em níveis de compreensão para descrever as etapas para a elaboração do veículo.

4.2.1 Camada Estrutural

Na construção mecânica do robô móvel, adquiriu-se um carrinho de controle remoto do tipo *Himoto 4x4 Spino Buggy E18XB*, de acordo com visto na figura 13. Logo, foram-se feitas alterações quanto a parte estrutural do robô para que ele pudesse obter as características híbridas descritas no projeto, levando em conta que, o termo híbrido é referente à propensão de andar tanto na terra quanto na água.

Figura 13 – Modelo de veículo utilizado



Fonte: Autor

A primeira alteração feita foi superposição da camada de EPS (Poliestireno Expandido) sobre a parte inferior do chassi do veículo, dessa forma essa estrutura funciona como uma quilha náutica dando a força de empuxo necessária para que haja a navegação sobre a água. Para que houvesse aderência entre os dois tipos de materiais, lixou-se a parte abaixo de carrinho aumentando-se assim a rugosidade na região. Desse modo, acrescentou-se uma substância aderente, tanto no EPS quanto na estrutura de polipropileno do móvel, estabelecendo-se uma fixação.

Figura 14 – Suspensão utilizada no robô

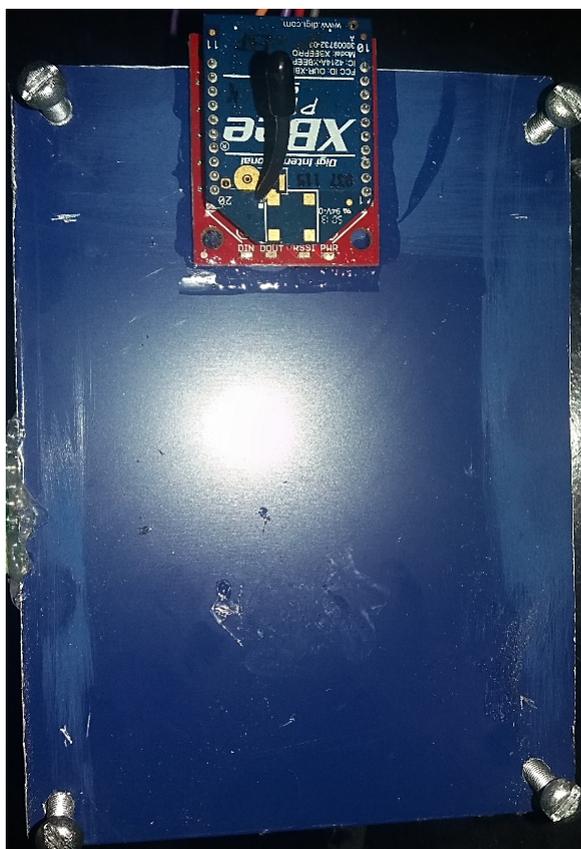


Fonte: Autor

A suspensão também sofreu alterações conforme a figura 14, porém condizentes apenas para o aumento da resistência de compressão da mola, efetivando com isso, uma diminuição da vibração dos demais componentes do carrinho. Para isso, introduziu-se poliuretano no interior das molas.

Alguns elementos primários do móvel, com respeito a carcaça plástica, foram retirados. Dessa forma, de acordo com a figura 15 afixou-se uma placa de ACM (Alumínio Composto) no qual serve como base para posicionar os circuitos e os módulos eletrônicos.

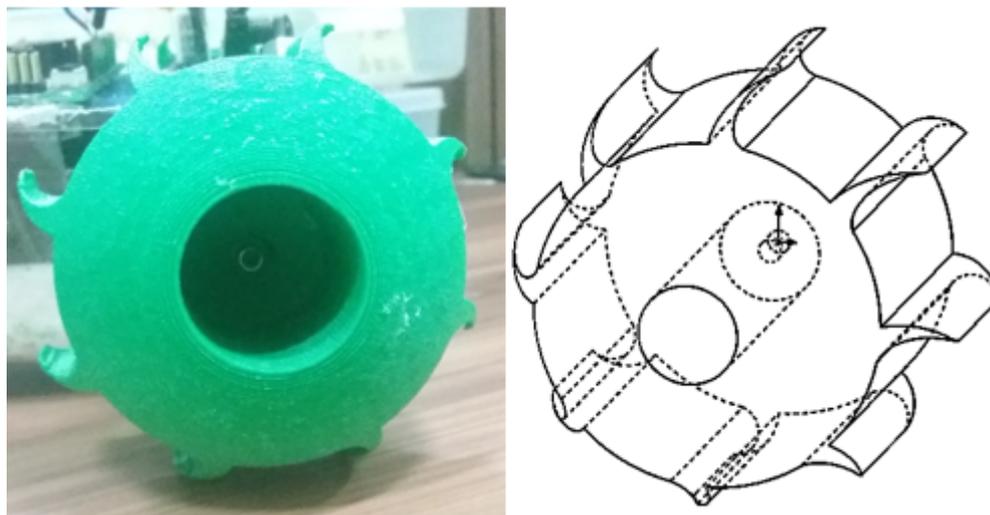
Figura 15 – Placa de ACM aplicada no projeto



Fonte: Autor

Uma das principais alterações feitas na parte mecânica do robô móvel foi adaptação do veículo para ele se locomovesse sobre superfície líquida e sólida. Dessa maneira, projetou-se uma roda da figura 16 para habilitar o veículo a andar nesses tipos de terrenos, levando em conta a característica não-holonômica do mecanismo. Essa foi elaborada visando o deslocamento de massa entre o eixo central do pneu e os sulcos tangentes a ele. Isso quer dizer que, enquanto o veículo se mover em rios, igarapés ou pântanos o perfil de aderência do pneu fará com que ele funcione com o mesmo princípio de hélices de navios e barcos.

Figura 16 – Roda desenvolvida

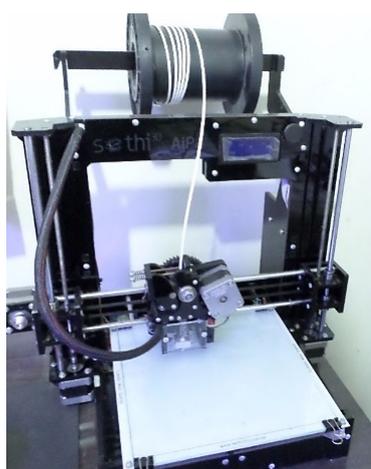


Fonte: Autor

As hélices ao serem posicionadas no sentido do movimento da roda dão impulso ao veículo. Similarmente, o tamanho da roda é definido baseado no torque do motor, onde no veículo utilizado só existe um motor de corrente direta, pelo qual fornece a rotação para as quatro rodas através de um eixo cardã.

Para o processo de fabricação da roda utilizou-se a impressora 3D sethi 3D Aip da figura 17. Nela, compilou-se o desenho no formato stl (*Stereo Lithography*) que foi elaborado no *software solidworks 2015*. O material usado na impressão foi o ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*). Após isso, foi feita a montagem da peça na estrutura do veículo.

Figura 17 – Impressora 3D utilizada



Fonte: (3D, 2015?)

Com respeito a camada eletroeletrônica, além do veículo ser dotado dos sensores de distância e sensores meteorológicos para efetuar a medição desses dados, possui, também, bateria *Nano-Tech LiPo* de 2200mAh com 11.1V em 3 células conforme a figura 18 e um servomotor do tipo E3003.

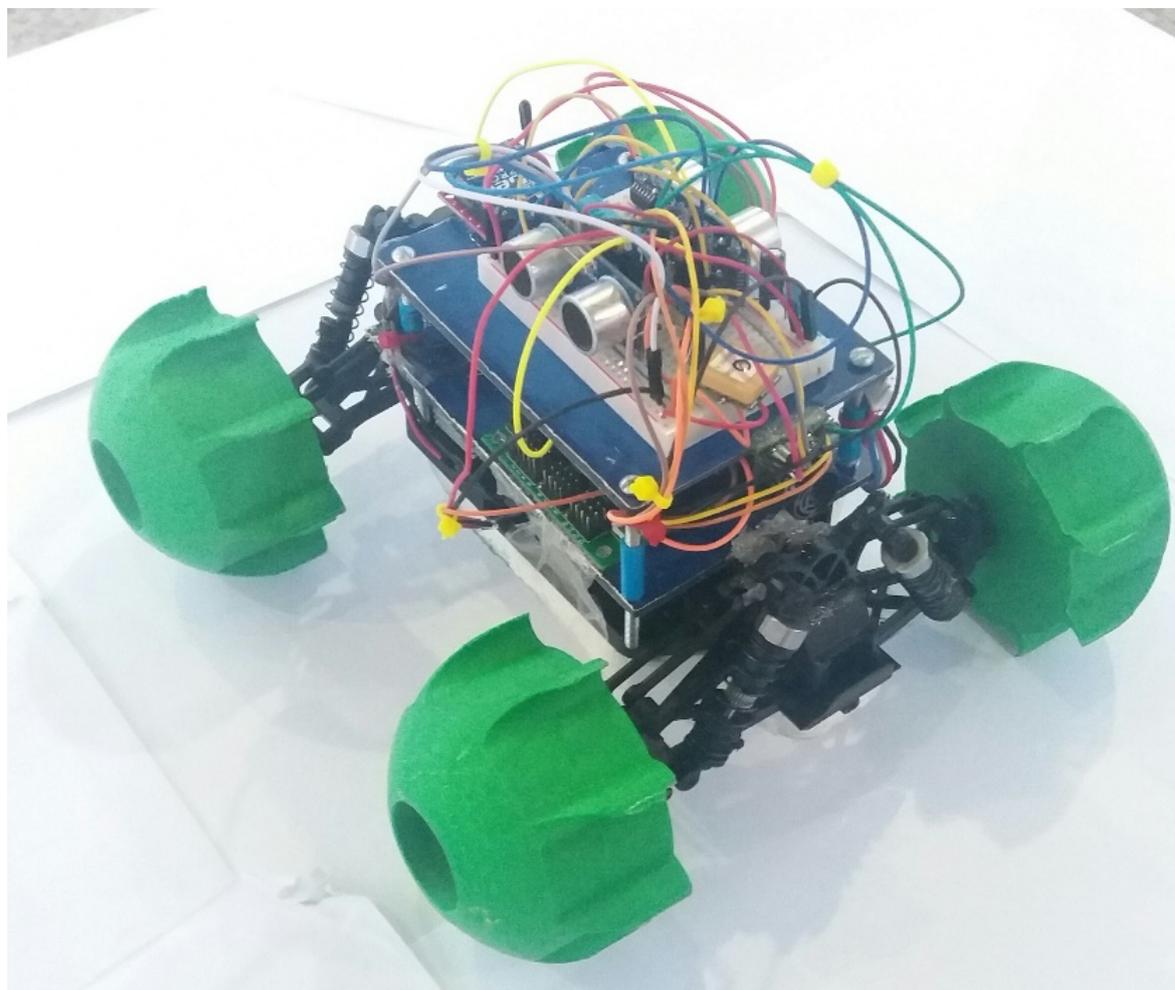
Figura 18 – Bateria utilizada



Fonte: (MODELISMO, 2015?)

Tendo em vista isso, o protótipo da figura 19 desse robô foi revestido com Etil Vinil Acetato, mais comumente chamado de material emborrachado, criando-se, assim, a conservação dos elementos internos do autônomo tanto a contatos físicos por meio de corpos externos, quanto a intemperes ambientais, onde utilizou-se este componente com a cor verde, visando uma mimetização com a floresta.

Figura 19 – Robô desenvolvido - visualização interna



Fonte: Autor

4.2.2 Central de Controle

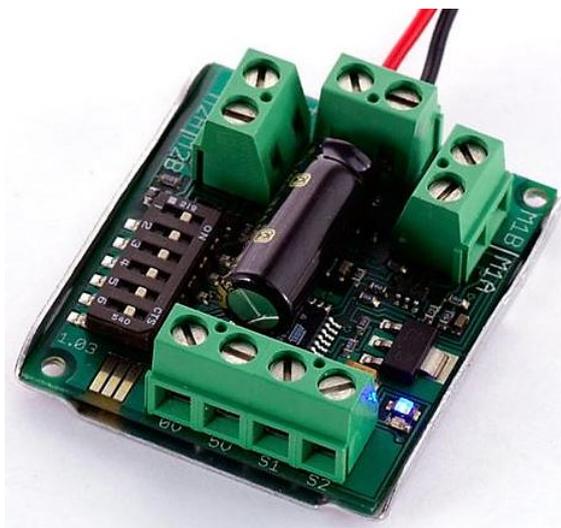
Camada de Controle ou Central de Controle é a parte responsável pelo gerenciamento da lógica interna. Composta basicamente pelo microcontrolador do tipo ATMEGA328P e pelo Sabertooth 2x5 essa classe se torna o meio de comunicação do ambiente interno do robô com o ambiente externo. Seu funcionamento está interligado com a característica específica de cada componente eletrônico.

O microcontrolador está ligado a uma placa Arduino Genuíno Uno, que é uma plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* livre e de placa única. Assim, os pinos estão distribuídos em digitais e analógicos, permitindo conexão com os demais componentes.

A unidade lógica opera seguindo linhas de comando estruturadas durante a programação. Essas, correspondem com a ação e reação do robô mediante a estímulos externos e internos tornando-o autônomo. A disposição da interpretação dos comandos está categorizada da seguinte forma: iniciar sistema (energização dos elementos constituintes), aguardar informação do usuário, leitura de sensores, movimentação até o ponto, coleta de dados, envio de dados e aguardar próxima solicitação.

O módulo Sabertooth da figura 20 funciona como regulador de tensão e também direciona o sentido da corrente elétrica dentro do motor, assim o giro do rotor pode seguir no sentido horário ou anti-horário. Também, fornece uma tensão de 5V para a alimentação do microcontrolador e de componentes com a mesma tensão de entrada.

Figura 20 – Módulo Sabertooth



Fonte: (ROBOTICS, 2013?)

A variação da velocidade do motor, baseando-se nos parâmetros estabelecidos pela programação, está dividida essencialmente em:

I. Rápida: Quando o valor analógico gerado pelo compilador da placa estiver em torno de 200 a 255. Para isso, não haverá obstáculos na frente do veículo;

II. Normal: Quando o valor analógico gerado pelo compilador da placa estiver em torno de 150 a 200. Dessa forma o veículo estará em proximidade de obstáculo;

III. Devagar: Quando o valor analógico gerado pelo compilador da placa estiver em torno de 100 a 150. Esse descreve a detecção do obstáculo;

IV. Manobra: Para este, o valor analógico lido e o sentido de giro do motor dependerão da situação existente no momento, ou seja, poderá ser efetuada uma manobra do veículo para direita ou esquerda contando que não haja um próximo obstáculo adjacente, assim o robô continuará seguindo sua trajetória estabelecida;

V. Parado: Esta situação acontece quando o robô está esperando o envio de um comando.

Haja vista isso, a integrabilidade do sistema efetua todas as leituras exercidas pelos componentes e age diretamente no conjunto, adequando-se assim, as modificações do meio externo. Assumindo características de um controlador reativo, sua vantagem está no controle do erro, onde associa-se o a posição e velocidade do veículo. Na leitura de dados, a atuação dos elementos está apenas relacionada com o próprio microcontrolador.

4.2.3 Aquisição de Dados

A maneira pela qual o robô compreende o ambiente em sua volta é através da aquisição de dados. Estes são provenientes dos sensores meteorológicos, sensores ultrassônicos e o módulo GPS. Assim, a participação de cada um desses componentes está diretamente ligada ao seu modo de funcionamento.

A especificação dos componentes usados são:

- Um sensor BMP180 (pressão barométrica);
- Um sensor DHT11 (temperatura e umidade);
- Dois sensores HC-SR04 (distância);
- Um sensor SRF02 (distância);
- Um Módulo GPS SIM39EA.

Para a fixação dos itens descritos acima utilizou-se uma miniprotoboard 5 x 7 cm onde, a coluna vermelha do lado esquerdo da placa representa a alimentação de 5V proveniente do Sabertooth 2x5, a primeira coluna do lado direito representa o GND (*Graduated Neutral Density filter*) e uma outra coluna indicada com Vin para a alimentação de 3.3V.

O sensor BMP180 conforme a figura 21 opera com uma tensão máxima de 3.3V, dessa forma, na placa descrita acima existe um espaço designado para esse tipo de alimentação, que é procedente do kit Arduino, assim, esse local também está conectado com a tensão de entrada do referido sensor, fazendo com que ele receba esse fornecimento indiretamente do Arduino. A sua comunicação é através do protocolo I²C (*Inter-Integrated Circuit*),

onde transmite para um endereço em formato hexadecimal a informação coletada do componente. Este, por se tratar de pressão barométrica retorna para o usuário o valor e a unidade em *Pascal*.

Figura 21 – Sensor BMP180

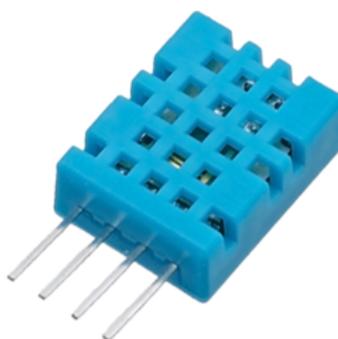


Fonte: (MILANI, 2015)

O sensor DHT11 da figura 22, trabalha com uma tensão de 5V, logo ele está ligado a esse fornecimento do protoboard. Por se tratar de um medidor meteorológico, ele envia ao usuário a informação da temperatura em “°C” e a umidade em “%”, que neste último citado, traz referência a umidade relativa do ar entre 20 a 80%. A figura 23 descreve a montagem no físico dos sensores meteorológicos com sua comunicação com o kit Arduino, onde também, os códigos para a execução da leitura destes sensores encontram-se no Apêndice A.

Vê-se que, o sensor HC-SR04, por se tratar de mensuração de distância, mostra ao usuário valores em “cm”, porém, nesse caso a intenção é o uso do mesmo para manter o robô numa trajetória segura identificando cada corpo sólido em suas laterais, para isso utiliza-se um desses medidores em cada lado do veículo, na qual ele opera com uma tensão de 5V.

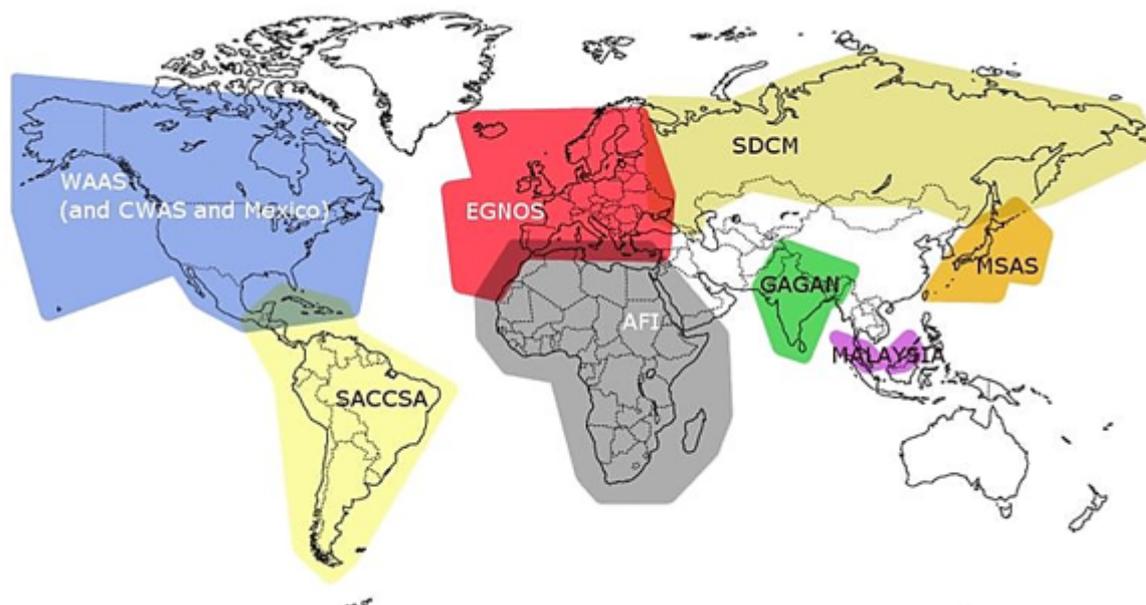
Figura 22 – Sensor DHT11



Fonte: (ELETRODEX, 2013?)

O sensor SRF02 é também para mensuração de distância, contudo, este está localizado

Figura 24 – Zonas de Transmissão do Posicionamento por Satélites



Fonte: (EESA, 2011)

4.2.4 Xbee Emissor

Um dos diferenciais do atual projeto é o emprego do Xbee Pro S1 para a comunicação de dados, onde envia apenas uma informação por vez para o xbee receptor de modo *wireless* (sem fio). Logo, o agrupamento desses dados é efetuado pela ordem da leitura dos sensores meteorológicos. A localização deste componente está no segundo nível, onde ele com o auxílio do shield *Xbee Explorer Regulated* para realizar a transmissão dessas informações.

A partir daí, esse tipo de comunicação ocorre por meio de fios que se conectam com o microcontrolador, onde essa placa do *Xbee* emissor, possui quatro pinos principais: GND, 5V, Din (TX) e Dout (RX). Por meio da comunicação serial, as informações coletadas pelos sensores meteorológicos, podem ser repassadas da unidade móvel (robô) até uma unidade fixa (computador/usuário).

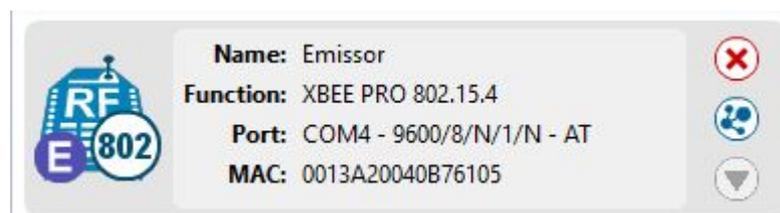
Figura 25 – Zigbee utilizado



Fonte: Autor

Para configurar um *Xbee* como Emissor é necessário a utilização do software XCTU. Após carregar o módulo do *Zigbee* da figura 25 na seção *Radio Modules* do *software* compilador, passa-se para a seção *Radio Configuration* conforme a figura 26, onde, os dados de *Destination Address High* (DH), *Destination Address Low* (DL) e o nome são alterados visando o estabelecimento da comunicação serial e a identificação do componente.

Figura 26 – Tela de configuração



Fonte: Autor

Por este ser responsável por receber os sinais, que são procedentes dos sensores meteorológicos (BMP180 e DHT11), e transmiti-los até a “base”, onde estará o *Xbee* receptor, ele se encontrará exposto, junto com o robô, ao ambiente de uma floresta. Para isso, o invólucro plástico servirá como corpo de proteção de caráter térmico, atmosférico e de contato direto com o meio externo, lembrando que, definiu-se esse tipo de material para o envoltório visando um baixo efeito na perda de sinal de dispositivos recepto-transmissores.

4.3 ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO

A estação de monitoramento refere-se ao computador (*notebook*) pela qual os dados transmitidos pelo móvel são visualizados numa interface pelo usuário e os componentes utilizados para essa comunicação.

4.3.1 Xbee Receptor

O *Xbee* receptor trata-se de um dispositivo de comunicação *wireless* que está conectado por meio de um cabo USB (*Universal Serial Bus*) a um *notebook* de acordo com a figura 27. Ele recebe a informação provida do *Xbee* emissor e a retransmite via porta serial. Sua principal função é a leitura do agrupamento dos dados coletados pelos sensores meteorológicos. Após isso, esses dados, que estão sendo lidos pela porta serial, são visualizados no *software* XCTU através do estabelecimento da conexão com o *Xbee* Emissor.

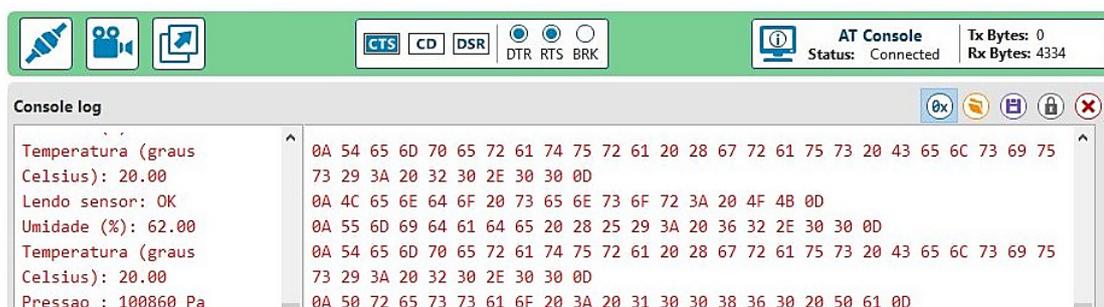
Figura 27 – Xbee Explorer



Fonte: Autor

No software XCTU na seção de *working mode* visualiza-se o painel referente as medições tomadas em campo conforme figura 28. Os dados estão agrupados em leituras no formato string no painel esquerdo da tela (*Console log*) e hexadecimal no painel direito. Após isso, pode ser gerado um documento que descreve a leitura, a porta de comunicação, o protocolo de comunicação e a data em que foi efetuado esse teste.

Figura 28 – Visualização das leituras dos dados no XCTU



Fonte: Autor

De acordo com a quantidade de portas seriais integradas no microcontrolador pode-se fazer um direcionamento dos dados lidos, contudo, no componente utilizado do projeto em questão houve-se a necessidade de identificar cada instrução na mesma porta, tendo em vista que, o *Kit Arduino Genuino Uno* só possui uma porta serial para a comunicação. Sendo assim, essa forma de tratamento das informações foi elaborada no próprio escopo do sistema de visualização, através de agrupamento por strings, fazendo com que cada valor possuísse um limitador por meio de uma “,” (vírgula), dessa maneira, estes eram lidos em gráficos distintos, podendo-se identificar cada variável meteorológica lida pelos sensores que foram embutidos no chassi do robô.

4.3.2 Sistema Supervisório

O sistema supervisório do veículo robótico mostra ao usuário as informações obtidas deste por meio de gráficos e indicadores. Estes são elaborados através do *software* Labview (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) versão 2014. Basicamente, os dados coletados pelos sensores meteorológicos que são transmitidos pelos *Xbee*, chegam nos formatos de *string* e *float* na porta serial e são compilados no programa. Assim, se estabelece uma conexão da porta de comunicação do PC (*Personal Computer*) com o *VISA Configure Serial Port*, que é uma ferramenta de leitura de dados do Labview.

Os dados transmitidos para a interface de leitura são compilados na ferramenta *VISA Read*, onde estes chegam agrupados sequencialmente, como descrito na figura 29, seguindo as instruções elaboradas no software de execução da lógica, o *Arduino*. Lembrando que, devido a transmissão do GPS se realizar apenas por 4800 *baud*, logo, configura-se tanto os dispositivos xbee como a comunicação dos sensores para este valor.

Figura 29 – Leitura do agrupamento de dados no compilador do Arduino

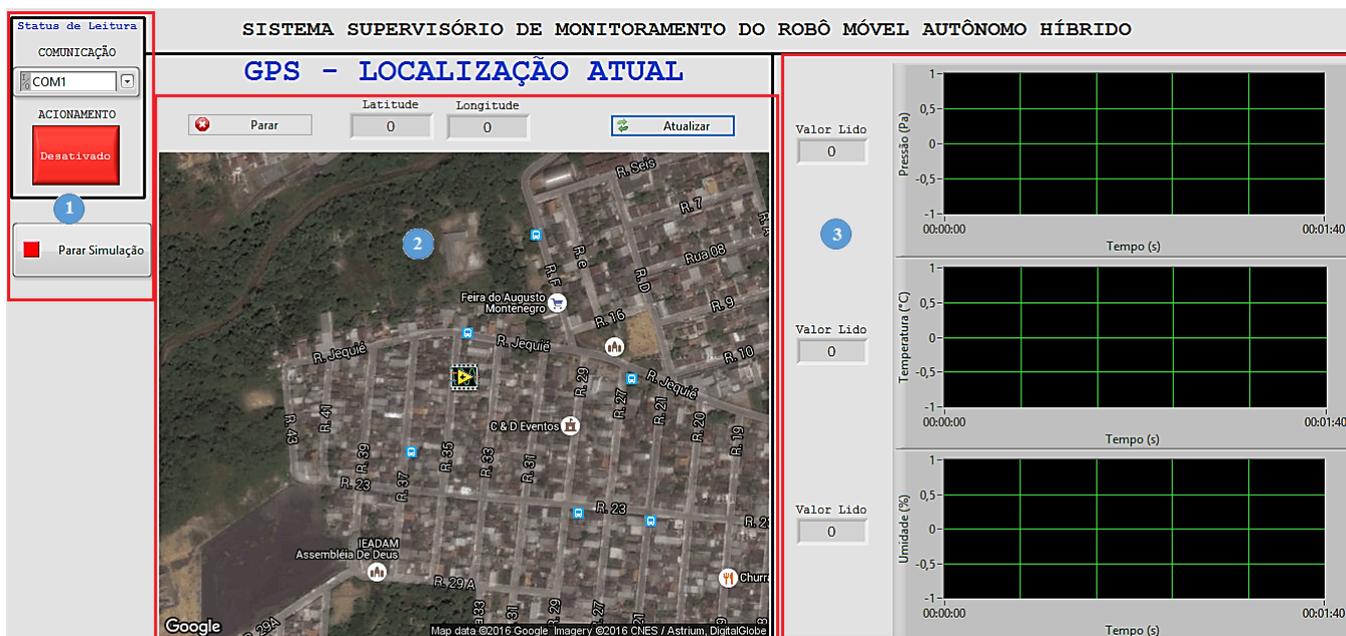
```
Serial.print(bmp180.readPressure());  
Serial.print(",");  
Serial.print(bmp180.readTemperature());  
Serial.print(",");  
Serial.println((float)sensor.humidity, 2);  
Serial.print(linea[3]);  
Serial.print(",");  
Serial.print(linea[5]);  
delay(1000);
```

Fonte: Autor

O processo de agrupamento em vetores ocorre por meio do uso da ferramenta do Labview *Spreadsheet String To Array*, que essencialmente direciona cada valor lido para um gráfico específico. De caráter mnemônico, utiliza-se figuras que descrevem as funções básicas da compilação dessa estrutura, ou seja, para a realização do “acionamento” ou “ligar a tela” usa-se um botão onde a parte clicada verde descreve a habilitação e a vermelha a inabilitação.

No acionamento do programa completo, as estruturas de comando do labview executam-se de maneira simultânea, pela qual os dados de cada gráfico ou imagem gerada estão agrupados sem nenhuma interferência entre si. Portanto, após a configuração de baixo nível das telas, onde não há necessidade da intervenção ou atuação direta do usuário, torna-se possível a visualização por meio de um sistema supervisório descrito na figura 30.

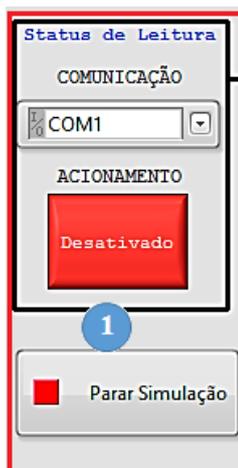
Figura 30 – Sistema Supervisório Desenvolvido



Fonte: Autor

No sistema supervisório da figura 30 descreve-se o funcionamento específico de cada item selecionado pela numeração. Onde, na figura 31 do sistema supervisório apresenta-se a planilha de seleção da porta de comunicação serial, responsável em receber os dados gerados pelo móvel via *xbee*, e o botão de ativação, pela qual tem a capacidade de interromper a transmissão das informações.

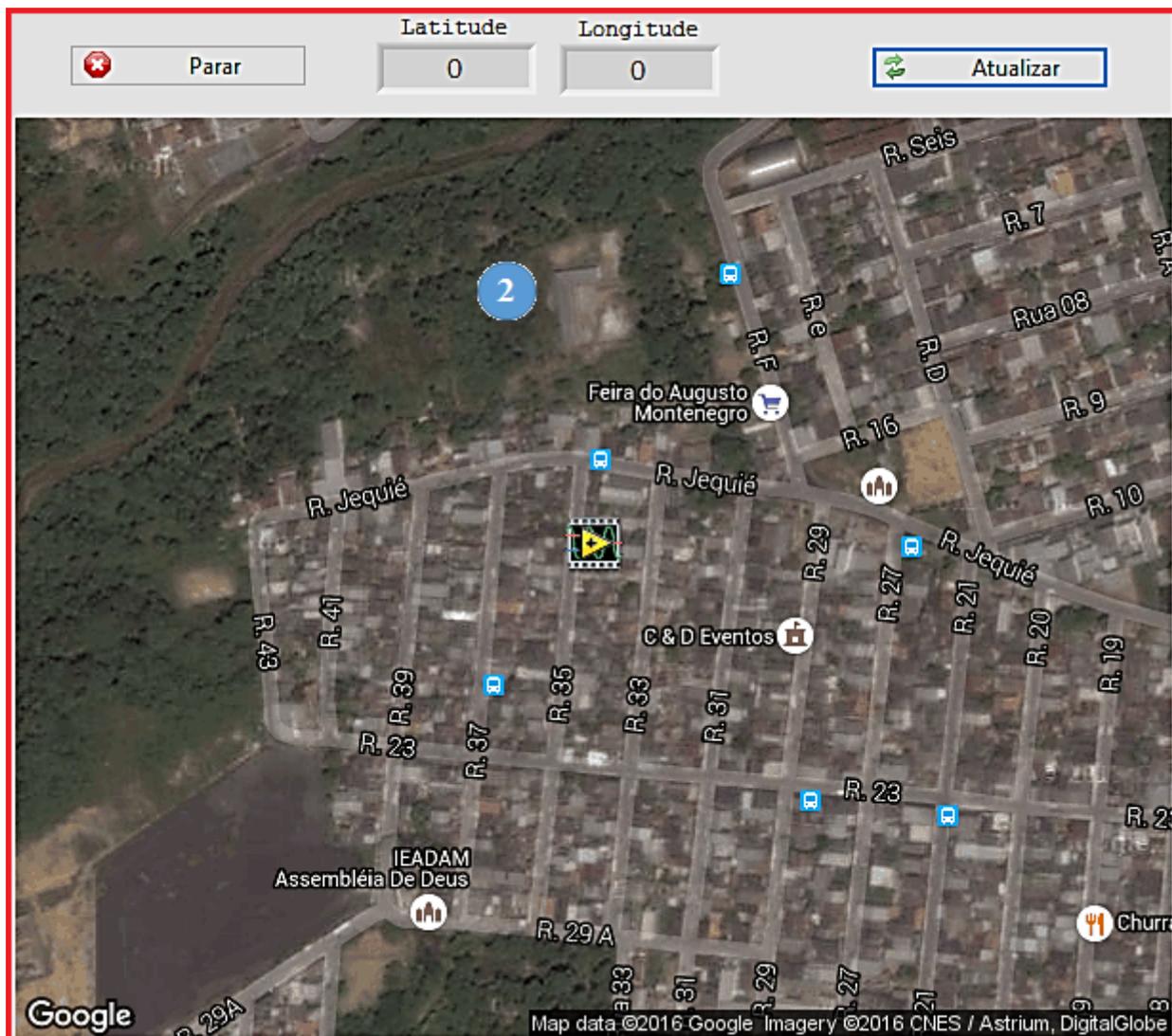
Figura 31 – Seção 1 da figura 30



Fonte: Autor

Na figura 32 indica-se a forma de visualização do posicionamento atual do robô móvel. Nesta por meio do *Google Maps* mostra a localização do veículo sendo indicada pelo símbolo do Labview, com isso a cada movimento do referencial geográfico do veículo atualiza-se o gráfico. Também possui duas caixas distintas (Latitude e Longitude) com os valores gerados pelo GPS, onde estes se comunicam com o mapa em 2D.

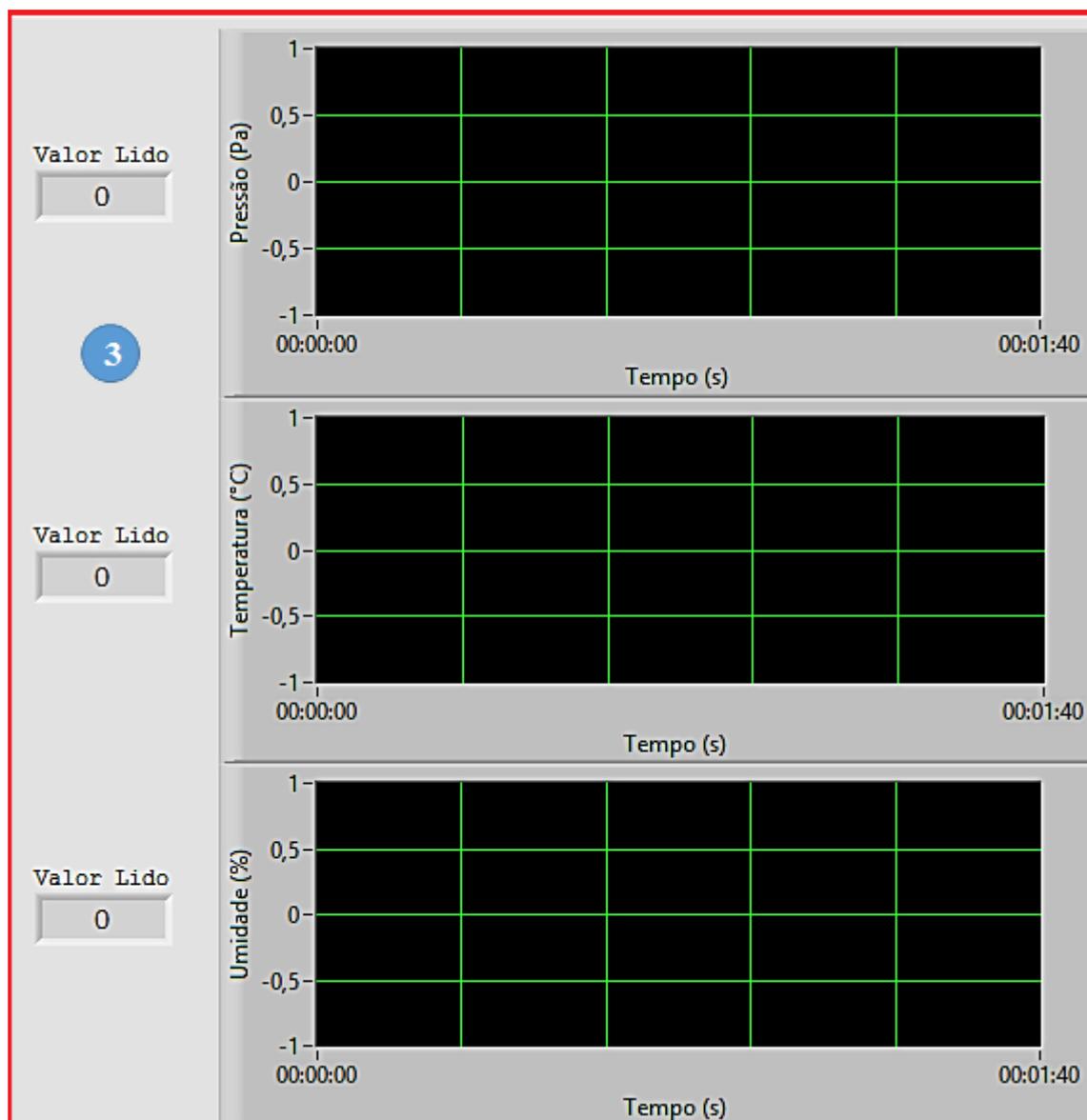
Figura 32 – Seção 2 da figura 30



Fonte: Autor

A figura 33 trata-se dos dados lidos pelos sensores meteorológicos, estes são mostrados tanto em formato de gráfico, quanto em uma caixa de texto, onde exibe o valor atual medido. Assim, a configuração dessas telas está conforme a figura 34, onde, a comunicação para a execução interna ocorre em virtude da porta serial “COMUNICAÇÃO I/O”, com isso, as informações recebidas em vetores são processadas no *VISA READ* e endereçadas para os seus respectivos destinatários.

Figura 33 – Seção 3 da figura 30



Fonte: Autor

Para a elaboração do mapa em 2D do posicionamento do robô em tempo real utilizou-se conforme a figura 35 uma ferramenta livre disponibilizada pelo *Google Maps* e fez-se as alterações para a adequação no presente trabalho. Com isso, os dados provenientes do GPS SIM39EA são manipulados e direcionados como strings para uma segunda estrutura que está encarregada de ler e gerar a forma de visualização da localização do veículo. Após receber os dados, usa-se o *Array to Spreadsheet String* na conversão deles em um formato que possa ser lido em agrupamento.

Figura 34 – Estrutura do Labview para a execução dos gráficos

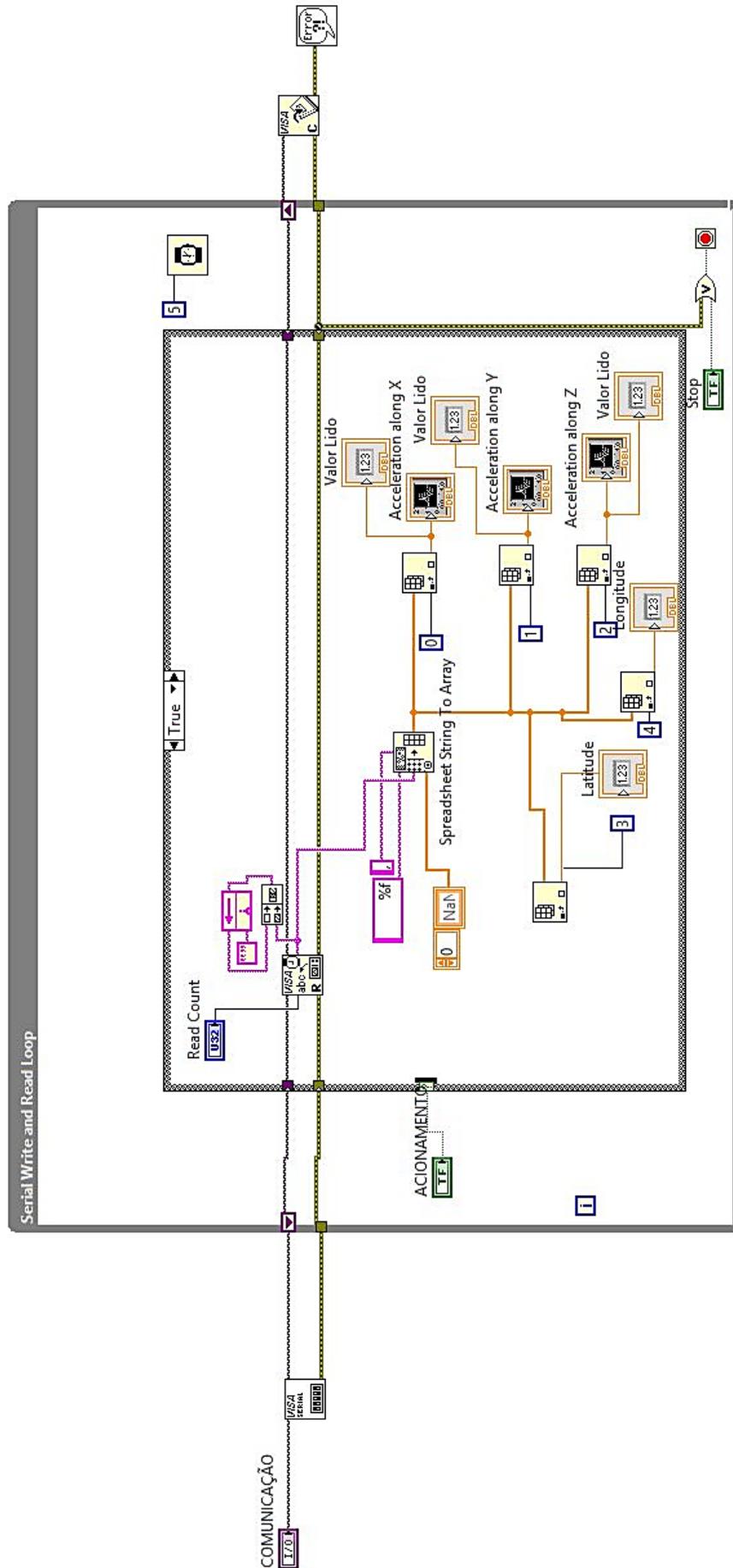
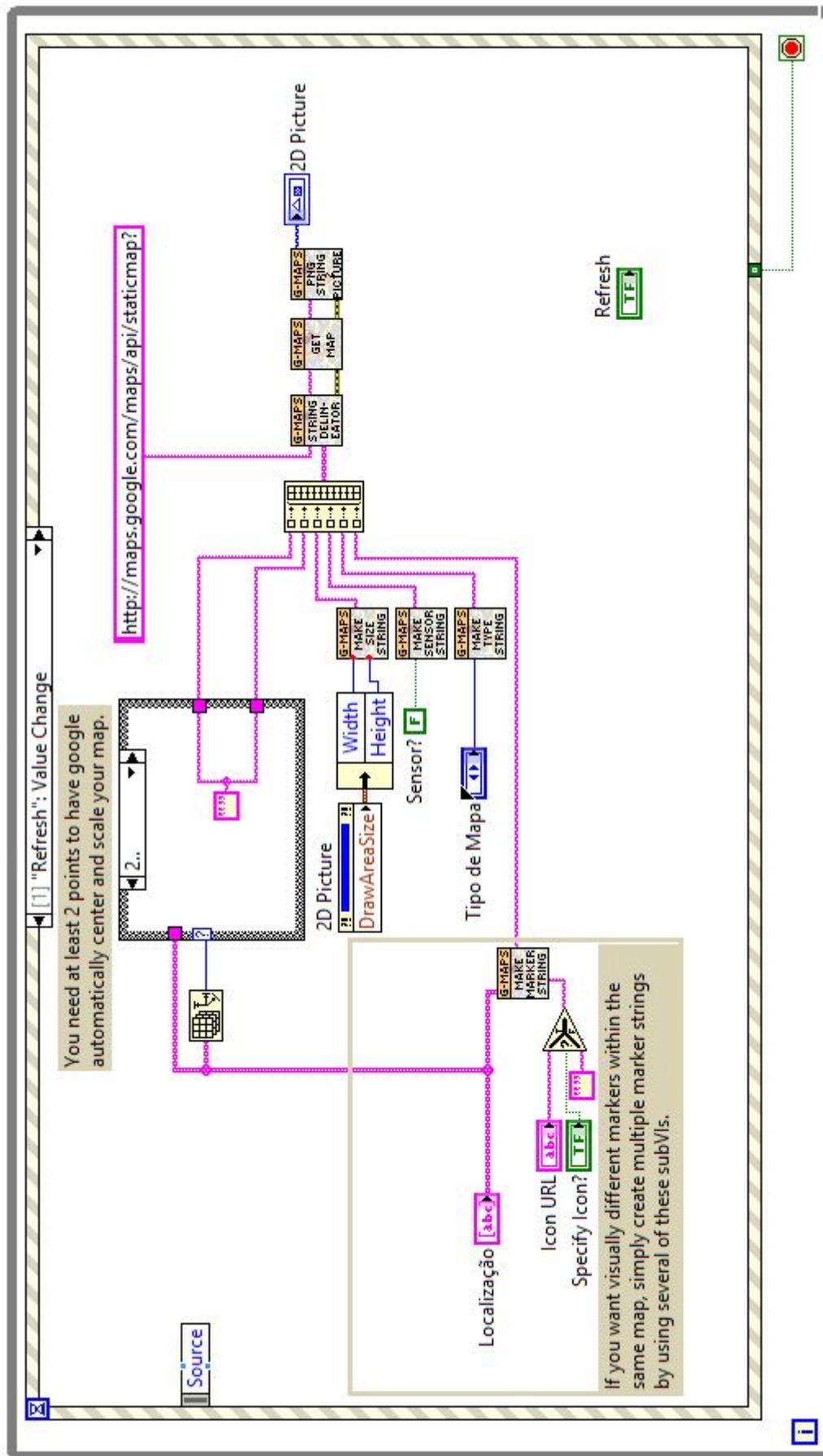


Figura 35 – Estrutura de visualização do posicionamento pelo Google Maps



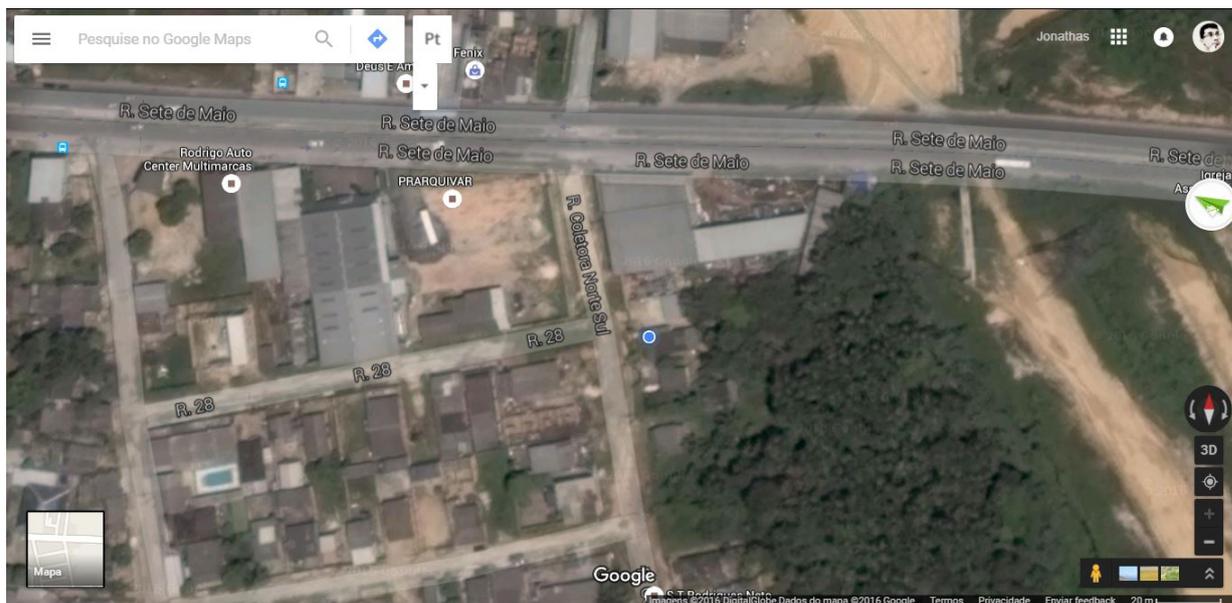
4.4 AMBIENTE DE TESTES

O ambiente de testes descreve o espaço natural onde o mecanismo robótico atuará. Ele deverá possuir características semelhantes às encontradas na floresta amazônica, porém em uma escala reduzida, onde possa ser delimitado o percurso, como também, para a integridade do protótipo. Dessa forma, na construção do campo para rodagem, estipula-se três diretrizes distintas para condições de avaliação:

- Teste de capacidade anfíbia: Este define se o veículo possui a habilidade de flutuar sobre a água. No campo de testes, ele representará uma das rotas programadas no sistema do robô, pela qual, o terreno possuirá a presença de uma poça de água criada artificialmente devido a extração de solo naquela região;
- Teste de capacidade de tração: Descreve uma área do percurso destinada a simulação de terrenos com diferentes relevos. Neste caso, são criadas pequenas elevações sobre o solo destinado ao teste, levando em conta aspectos estruturais do autônomo;
- Teste com obstáculo: Aqui, o dispositivo autônomo será avaliado quanto a sua capacidade de desvio de corpos sólidos a sua frente, utilizando comandos programados e as leituras efetuadas pelos sensores de distância.

Para a efetivação dos testes escolheu-se uma área destinada com as propriedades descritas e a viabilidade em relação ao acesso. Localizada no bairro do Santa Etelvina-Manaus com CEP (Código de Endereçamento Postal) 69017-125 conforme as figuras 36 e 37, este terreno possui vegetação secundária devido ao processo de urbanização. Sendo que, as fotos colhidas no ambiente estão de acordo com o previsto pela constituição federal de 1988 Art.5º - inciso X em publicação de imagens privadas.

Figura 36 – Local geográfico de testes visto pelo Google Earth



Fonte: Google Maps

Levando em conta a constituição do solo arenoso, do relevo de planície e vegetação aberta o terreno foi configurado para a realização dos testes. Primeiramente, fixou-se a limitação do terreno, através de toras de madeira, com área de $4 \times 2 \text{ m}^2$, sendo assim, estipulou-se um caminho para ser percorrido pelo robô. Neste percurso os obstáculos a serem testados são ordenados em conformidade com os níveis de dificuldade. Do lado esquerdo da pista, posicionam-se os corpos rígidos pela qual o veículo deverá se desviar, ao todo, compõe-se três elementos com dimensões distintas. Do lado direito, colocou-se rampas para simulem o movimento de subida e descida do robô e, também, uma declividade onde acumula-se água, pela qual, averigua-se a capacidade do mecanismo de flutuabilidade.

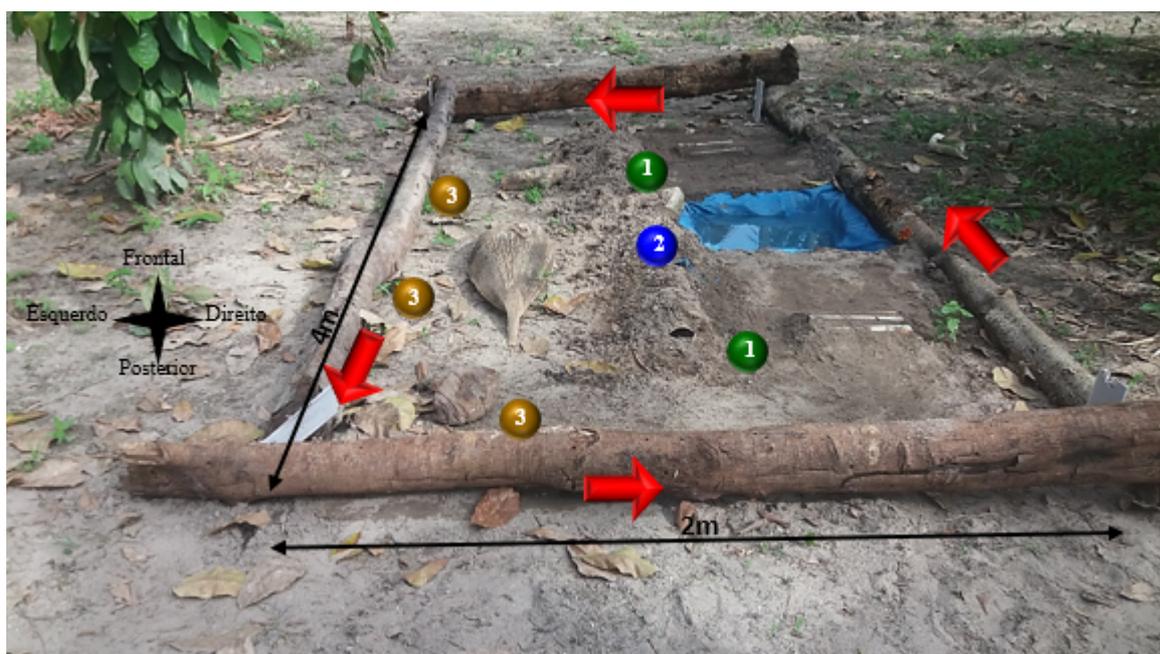
Figura 37 – Local destinado aos testes



Fonte: Autor

Os obstáculos físicos postos na trilha a ser percorrida são elementos que estão presentes em uma floresta tropical, como a floresta amazônica. Derivados de árvores nativa são exemplos de estruturas encontradas na mata, além da folhagem que está disposta por todo o percurso. Conforme a figura 38, observa-se os itens descritos e a seta de direcionamento do sentido de rodagem do veículo.

Figura 38 – Pista de Testes do Robô



Fonte: Autor

Na figura 38 o percurso do robô é efetuado no sentido anti-horário, onde ele percorre as rampas de níveis descritas com o número 1 (simulando os diferentes relevos), a declividade com o acúmulo de água (destinado ao teste anfíbio, onde tem dimensões de 800x800 mm) e os obstáculos que representam corpos sólidos dispostos na floresta. As dimensões da pista são 2x4m, no qual os testes são conduzidos em solo arenoso, seco, resguardando o aparelho de incidência direta de luz solar evitando-se um superaquecimento dos componentes, onde a distância do veículo até a base é aproximadamente 26m de distância em linha reta. A coleta dos dados meteorológicos é efetuada tanto com o carrinho em movimento quanto parado, assim como a percepção do posicionamento do mesmo que chega em formato de latitude e longitude ao usuário.

5 CONCLUSÕES

O desenvolvimento de um robô móvel com autonomia para o direcionamento de uma rota de tráfego por intermédio do sensoriamento a distância e lógica reativa que se desloque num ambiente que simula uma floresta (por meio de uma mata de vegetação secundária) e também em terrenos que possuam água (de acordo com a característica hidrográfica da região amazônica) com o objetivo de medir a variação dos dados meteorológicos de pressão atmosférica, temperatura local e umidade relativa do ar visando uma possível aplicação ao estudo do clima, conforme o estabelecido na Conferência das Partes da Convenção sobre o Marco da ONU (Organização das Nações Unidas) sobre a Mudança Climática 2015 (COP21/CMP11), foi realizado de acordo com a metodologia estabelecida no capítulo 4.

Mediante os trabalhos desenvolvidos por Ney Robinson ao tratar da construção do robô ambiental Chico Mendes que detecta larvas de mosquito da malária na amazônia avaliou-se os padrões de comportamento deste tipo de veículo e aplicou-se no protótipo do projeto em questão, pela qual decidiu-se nomear o veículo como Matuto, dando alusão a quem vive no mato.

Para que fosse possível a locomoção do robô nesse ambiente conhecido, porém, não-estruturado foi desenvolvida a roda híbrida. Esta representa a helice de um navio quando o veículo está emerso, onde atua em conjunto com o material EPS que está na parte inferior do carrinho. As dimensões estão em conformidade entre a relação da distância do veículo com o solo e o torque do motor. O teste da conexão direta da bateria com o motor e o efeito do giro deste transferindo o movimento para as engrenagens e, após isso, adjacentes conectados a roda mostraram a capacidade móvel em terreno com atrito relativo aos relevos amazônicos. Também, verificou-se no teste de fluviabilidade em um tanque com profundidade de 300mm a capacidade de movimentação sobre a água.

Os itens da estrutura eletroeletrônica foram fixados visando melhor aproveitamento de sua funcionalidade, com isso, os sensores, gps e o módulo *xbee* estão dispostos no nível superior da placa de ACM, já que oferecem menor ruído e baixa interferência de sinal por estarem dispostos na parte mais elevada do robô. O microcontrolador ATMEGA328P e o regulador de velocidade Sabertooth 2x5 estão instalados no nível inferior, onde permitem uma interação mais efetiva com o motor, servo motor e os demais elementos. Constatou-se assim, a necessidade da configuração de duas colunas com tensões específicas para a alimentação dos referidos componentes, pela qual foram utilizadas as colunas vermelhas da miniprotoboard.

Por sua vez, a rede de comunicação entre os dispositivos *xbee PRO S1* transmissor e o receptor foi estabelecida como o previsto, onde, não apresentou interferência nos dados meteorológicos medidos pelos sensores DHT11 e o BMP180, uma vez que a distância de comunicação estabelecida no teste foi de aproximadamente 26m, pela qual, não ultrapassou

os limites de operatividade do comunicador *xbee* estabelecido no *datasheet* deste componente na seção de comunicação *indoor*.

O mapeamento da posição atual do veículo foi efetuado com a aquisição de dados comunicados direto com o *kit Arduino*. Essa localização chegou em formato padrão do código do componente utilizado, para isso, foi necessária a manipulação dessa informação, tornado possível a compreensão destas informações no gerador de gráfico 2D do *Google Maps*, onde, mostra ao usuário o referencial geográfico do robô.

O Sistema Supervisório com capacidade de mostrar três gráficos de leitura dos dados dos sensores meteorológicos, possuindo uma janela para a visualização da posição geográfica atual do robô e de finalizar a leitura dos dados foi desenvolvido utilizando o *software Labview*, no qual o acionamento do veículo é efetuado por um botão encontrado na própria estrutura física.

5.1 Trabalhos futuros

O diferencial do projeto em questão está na interdisciplinaridade com relação a estrutura de comunicação wireless, a robótica móvel e visualização de sistema supervisório. Com isso, torna-se possível propor desenvolvimento de trabalhos complementares do projeto que são:

- Implementação do telecomando, ou seja, o acionamento automático do veículo pelo *Labview*;
- Implementação de uma rede de triangulação que localize o autônomo em ambientes desconhecidos;
- Implantação de um sistema de coleta de dados em pontos distintos na floresta;
- Melhoria quanto a disposição de motores com o torque mais eficiente;
- Implantação de uma tinta hidrofóbica na carcaça do robô;
- Implantação de Lógica Fuzzy para o desenvolvimento de uma inteligência artificial.

Referências

- 3D, S. 2015? Disponível em: <<http://www.sethi3d.com.br/>>. 38
- ANDREAE, M. et al. The amazon tall tower observatory (atto) in the remote amazon basin: overview of first results from ecosystem ecology, meteorology, trace gas, and aerosol measurements. *Atmos. Chem. Phys. Discuss*, v. 15, n. 8, p. 11599–11726, 2015. 11
- AUGUSTO, S. R. *Uma plataforma móvel para estudos de autonomia*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2007. 23
- BATALIN, M. A.; SUKHATME, G. S. *Coverage, exploration and deployment by a mobile robot and communication network*. [S.l.]: Springer, 2004. v. 26. 181–196 p. 12
- BOXERBAUM, A. S. et al. Design, simulation, fabrication and testing of a bio-inspired amphibious robot with multiple modes of mobility. 2012. 19
- CARRARA, V. *Apostila de robótica*. [S.l.: s.n.], 2007. 16
- CÁSSIA, B. Rita de. Malária no brasil: panorama epidemiológico na última década. *Cad. Saúde Públ*, SciELO Public Health, v. 11, n. 1, p. 128–136, 1995. 11
- CENTER, N. R. E. 2015. Disponível em: <<http://www.nrec.ri.cmu.edu/projects/dragonrunner/images/overview.jpg>>. 32
- COMPUTAÇÃO, C. D. E. D.; BETTEZ, H. R. Robô para mapeamento de ambientes estruturados. 2013? 26
- CORRÊA, T. Monitoramento de um sistema de emergência industrial, aplicando o software supervisor scada (eclipse). 2013? 26
- DENARDIN, G. Microcontroladores. *Joinville, SC*, 2014. 21
- EESA. 2011. Disponível em: <http://www.navipedia.net/index.php/File:SBAS_in_the_world.png>. 44
- ELETRODEX. *Sensor DHT11 de temperatura e umidade para arduino*. 2013? Disponível em: <<http://www.eletrdex.com.br/media/catalog/product/d/h/dht-11.png>>. 42
- FILHO, E. L. Z. dos S.; GÜTHS, R. Barco automatizado utilizando a plataforma arduino. *CADERNO DE*, p. 94, 2013. 21
- HEINEN, F. J.; OSÓRIO, F. *Sistema de controle híbrido para robôs móveis autônomos*. Dissertação (Mestrado), 2002. 22, 23
- MILANI, M. *SENSOR BM*. 2015. Disponível em: <[http://i.ebayimg.com/00/s/NTAwWDUwMA==/z/OAwAAOxydB1SjYNH/\\$_35.JPG](http://i.ebayimg.com/00/s/NTAwWDUwMA==/z/OAwAAOxydB1SjYNH/$_35.JPG)>. 42
- MODELISMO, H. *Bateria Nano-Tech LIPO - 2200mah - 11,1v - 3S - 35/70c*. 2015? Disponível em: <[http://www.chicohobbi.com.br/loja/product_images/o/972/N2200-3S-35\(1\)___36840_zoom.jpg](http://www.chicohobbi.com.br/loja/product_images/o/972/N2200-3S-35(1)___36840_zoom.jpg)>. 39

- MOURA, A. I. Wbls: um sistema de localização de dispositivos móveis em redes wi-fi. 2007. 11
- NEVES, G. A. R. et al. Desenvolvimento e calibração de um termohigrômetro para uso em pesquisas de micrometeorologia, agrometeorologia e clima (development and calibration of a thermohygrometer for use in research micrometeorology, agrometeorology and climatological). *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, n. 1, p. 136–143, 2015. 22
- PATANÉ, E. Implementação de controle de velocidade em malha fechada para motores de corrente contínua utilizando sistema de aquisição de dados. *Escola de Engenharia Mauá*, 2008. 24
- PATSKO, L. *Tutorial–Aplicações, Funcionamento e Utilização de Sensores*. [S.l.: s.n.], 2006. v. 200. 22
- PRÉ-SAL, D. D. 2011. Disponível em: <<https://diariodopresal.files.wordpress.com/2011/05/robc3b4-ambiental-hc3adbrido-chico-mendes-foto-cenpes-petrobras.jpg>>. 19
- PRADO, C. *A fitogeografia brasileira*. 2014. Disponível em: <http://images.slideplayer.com.br/3/397355/slides/slide_29.jpg>. 33
- REIS, N. R. S. d. et al. *Desenvolvimento de tecnologias como conjunto de ferramentas e suporte às atividades e pesquisas socioambientais na Amazônia brasileira: mobilidade e acessibilidade em áreas de várzea*. Dissertação (Mestrado), 2010. 12, 30
- REIS, N. R. S. d. et al. *Desenvolvimento de tecnologias como conjunto de ferramentas e suporte às atividades e pesquisas socioambientais na Amazônia brasileira: mobilidade e acessibilidade em áreas de várzea*. Dissertação (Mestrado), 2010. 19, 29
- ROBOTEQ. 2015? Disponível em: <<http://www.roboteq.com/index.php/applications/100-how-to/278-building-a-magnetic-track-guided-agv>>. 17
- ROBOTICS, Z. 2013? Disponível em: <<http://www.zagrosrobotics.com/images/Sabertooth2X5.jpg>>. 40
- RODRIGUES, J. P. Q. Gestão inteligente da carga das baterias de um robô futebolista. *Universidade do Minho.*, 2011. 20
- SALEIRO, M.; EY, E. *ZigBee-Uma abordagem prática*. [S.l.: s.n.], 2009. v. 26. 2014 p. 26, 27, 28
- SALYTCHIEVA, A. O. Medium accuracy ins/gps integration in various gps environments. Geomatics Engineering, University of Calgary, 2004. 11
- SANTOS, A. V. Controle de capotagem e deslizamento de sistemas robóticos móveis em terrenos acidentados. 2007. 12, 30, 31
- SANTOS, K. d. S. *Sistema de Navegação Autônoma para Robôs Móveis Baseado em Arquitetura Híbrida: Teoria e Aplicação*. Tese (Doutorado) — Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Itajubá-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Itajubá, 2009. 18
- SCHEMPF, H. et al. Ultra-rugged soldier-robot for urban conflict missions. 2003. 31

SECCHI, H. *Uma Introdução a Robôs Móveis*. [S.l.]: Argentina, 2008. 12, 17, 18, 25

SILVA, A. C. M. da et al. Estação meteorológica automática de baixo custo-low cost automatic meteorological station. *Multiverso: Revista Eletrônica do Campus Juiz de Fora-IF Sudeste MG*, v. 1, n. 1, p. 46–56, 2016. 21

SUL, U. F. do Rio Grande do. 2015? Disponível em: <[https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3539/000339615.pdf?sequence=1\(página22\)](https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3539/000339615.pdf?sequence=1(página22))>. 20

6 APÊNDICE A - LEITURA DOS DADOS DOS SENSORES METEOROLÓGICOS

6.1 DHT11

```
#include "DHT.h"
#define DHTPIN A1 // pino que estamos conectado
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("DHTxx test!");
  dht.begin();
}
void loop()
{
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  if (isnan(t) || isnan(h))
  {
    Serial.println("Failed to read from DHT");
  }
  else
  {
    Serial.print("Umidade: ");
    Serial.print(h);
    Serial.print(" %t");
    Serial.print("Temperatura: ");
    Serial.print(t);
    Serial.println(" *C");
  }
}
```

6.2 BMP180

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_BMP085.h>
```

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12,11, 5, 4, 3, 2);
Adafruit_BMP085 bmp180;
int mostrador = 0;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16,2);
  if (!bmp180.begin())
  {
    Serial.println("Sensor nao encontrado !!");
    while (1) {}
  }
}
void loop()
{
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Temp. : ");
  Serial.print("Temperatura : ");
  if ( bmp180.readTemperature() < 10)
  {
    lcd.print(" ");
    lcd.print(bmp180.readTemperature());
    Serial.print(bmp180.readTemperature());
    Serial.println(" C");
  }
  else
  {
    lcd.print(bmp180.readTemperature(),1);
    Serial.print(bmp180.readTemperature(),1);
    Serial.println(" C");
  }
  lcd.print(" ");
  lcd.print((char)223);
  lcd.print("C ");
  if (mostrador == 0)
  {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(" ");
  }
}
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Altit.: ");
Serial.print("Altitude : ");
lcd.print(bmp180.readAltitude());
Serial.print(bmp180.readAltitude());
Serial.println(" m");
lcd.print(" m");
}
if (mostrador == 1)
{
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Press.: ");
Serial.print("Pressao : ");
lcd.print(bmp180.readPressure());
Serial.print(bmp180.readPressure());
Serial.println(" Pa");
lcd.print(" Pa");
}
delay(3000);
mostrador = !mostrador;
}
```

7 APÊNDICE B - LEITURA DOS DADOS DO GPS

```

#define DADOS_LEN 100
#define IDLEN 6
#define TEMPLEN 11
char dados[DADOS_LEN]; //buffer dos dados do GPS
byte conta=0; //variavel auxiliar para contar
char* idnmea[] = {"$GPRMC","$GPGGA"}; //IDs dos NMEA que vou utilizar
#define GPRMC 0
#define GPGGA 1
byte verificador[]={0,0}; //variavel auxiliar para verificar ID NMEA
byte indice[12]; //Em uma linha $GPRMC contem 12 valores separados por virgulas.
Esta variavel guarda a posição do caracter de inicio de cada valor.
byte contindice=0; //variavel auxiliar de controle usada na variavel indice[];

char tempmsg[TEMPLEN]; //variavel temporaria auxiliar para guarda o valor
de um dado extraido do GPS.
void setup(){
limpaBuffer(); //limpa buffer do GPS (dados)
limpaTemp(); //limpa dado do GPS (tempmsg)
Serial.begin(4800); //Inicia UART para comunicar com módulo GPS
}
void loop(){
while(Serial.available()){//Enquanto tiver caracteres no buffer
dados[conta] = Serial.read(); //pega caracter do buffer da Serial
if(dados[conta]==13){ //Se o caracter = 13 então é final de linha. Vamos
interpretar esta linha que recebemos
verificador[GPRMC]=0; //verifica idnmea[0] ($GPRMC)
//verificador[GPGGA]=0;//verifica idnmea[1] ($GPGGA)
for(byte i=1;i<=IDLEN;i++){ //verificando o ID NMEA da linha recebida
if(dados[i]==idnmea[GPRMC][i-1]){ //Verifica se é $GPRMC
verificador[GPRMC]++; //incrementa 1
}
}
if(verificador[GPRMC]==IDLEN){
//A linha recebida é $GPRMC
//A linha GPRMC tem 11 "," que dividem 12 dados

```

```

//exemplo: $GPRMC,220516,A,5133.82,N,00042.24,W,173.8,231.8,130694,004.2,W*70

// 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
// nos interessa: 2-timestamp (UTC), 3-latitude, 4-Norte/Sul, 5-Longitude,
6-Leste(E)/Oeste(W),7-velocidade (em nós),9-date stamp
contindice = 0;
indice[contindice] = 1; //dados[] inicia no caracter 1
contindice++;
for(byte i=1; i<DADOS_LEN;i++){//percorre toda linha dados[] identificando
onde começa cada valor do GPS
if(dados[i]==' '){//achou o final de um dado
indice[contindice] = i+1;
contindice++;
}
}
Serial.print("Lat:");
Serial.println(buscaDado(3)); //ler comentario na funcao buscaDado(byte)

Serial.print("Lon:");
Serial.println(buscaDado(5));
}
conta = 0; //zera conta, ou seja, vai iniciar proxima linha do GPS e dados[conta]
esta na posição 0
limpaBuffer(); //limpa dados[]
}
else{
conta++; //incrementa conta, ou seja, dados[conta] pula para a proxima posição
}
}
}
void limpaBuffer(){
for (byte i=0;i<DADOS_LEN;i++){ // limpa variavel (buffer) que recebe dados
do GPS
dados[i]=' ';
}
}
void limpaTemp(){
for(byte i=0;i<TEMPLEN;i++)

```

```
tempmsg[i]=' ';
}
char* buscaDado(byte inicio){
/* Funcao que busca na variavel dados[] o valor procurado do GPS. Lembrando
que: 2-timestamp (UTC), 3-latitude, 4-Norte/Sul, 5-Longitude, 6-Leste(E)/Oeste(W),7
(em nós),9-date stamp */
limpaTemp();
byte i;
byte fim = indice[inicio+1]-2;
inicio = indice[inicio];
for(i=0;i<=(fim-inicio);i++){
tempmsg[i] = dados[inicio+i];
}
tempmsg[i] = '\0';
return tempmsg;}
```

8 ANEXO A - CÓDIGO GERADO PARA A LOCOMOÇÃO DO ROBÔ

```

#include <NewPing.h>
#include <Servo.h>
#include <Wire.h>
//Determina o numero de sensores no circuito
#define SONAR_NUM 2
//Intervalo de tempo entre as medicoes - valor minimo 29ms
#define PING_INTERVAL 33
#define velocidade 7
//Armazena a quantidade de vezes que a medicao deve ocorrer, para cada sensor
unsigned long pingTimer[SONAR_NUM];
//Armazena o numero de medicoes
unsigned int cm[SONAR_NUM];
// Armazena o numero do sensor ativo
uint8_t currentSensor = 0;
Servo motor;
NewPing sonar[SONAR_NUM] =
{
//Inicializa os sensores nos pinos especificados
//(pino_trigger, pino_echo)
//Sensor 1
NewPing(9, 8),
//Sensor 2
NewPing(11, 10), };
void setup() {
Serial.begin(4800);
Wire.begin();
pinMode(velocidade,OUTPUT);
motor.attach(5);
//Inicia a primeira medicao com 75ms
pingTimer[0] = millis() + 75;
//Define o tempo de inicializacao de cada sensor
for (uint8_t i = 1; i < SONAR_NUM; i++)
pingTimer[i] = pingTimer[i - 1] + PING_INTERVAL;
}
int reading = 0;

```

```
int cont= 0;
float esq=0;
float dir=0;
void loop() { Wire.beginTransaction(112);
Wire.write(byte(0x00));
Wire.write(byte(0x50));
Wire.endTransmission();
delay(70);
Wire.beginTransaction(112);
Wire.write(byte(0x02));
Wire.endTransmission();
Wire.requestFrom(112, 2);
if (2 <= Wire.available()) {
reading = Wire.read();
reading = reading << 8;
reading |= Wire.read();
}
delay(250);
if(dir<=15 && reading<=30){
analogWrite(velocidade,100);
motor.write(160); // vira para o lado esquerdo
}
if(reading>30){
analogWrite(velocidade,255);
motor.write(95); // fica seguindo em linha reta
}
if(esq<=15 && reading<=30){
analogWrite(velocidade,100);
motor.write(0); // vira para o lado direito
//Faz um loop entre todos os sensores
for (uint8_t i = 0; i < SONAR_NUM; i++) { // Loop entre todos os sensores

if (millis() >= pingTimer[i]) {
pingTimer[i] += PING_INTERVAL * SONAR_NUM;
if (i == 0 && currentSensor == SONAR_NUM - 1) oneSensorCycle();
sonar[currentSensor].timer_stop();
currentSensor = i; cm[currentSensor] = 0;
sonar[currentSensor].ping_timer(echoCheck);
}
}
```

```
}
}
void echoCheck()
{
//Se receber um sinal (eco), calcula a distancia
if (sonar[currentSensor].check_timer())
cm[currentSensor] = sonar[currentSensor].ping_result / US_ROUNDTRIP_CM;
}
void oneSensorCycle()
{
// Ciclo de leitura do sensor
for (uint8_t i = 0; i < SONAR_NUM; i++) {
//Imprime os valores lidos pelos sensores, no serial monitor
// Serial.print("Sensor : ");
// Serial.print(i);
//Serial.print(" = ");
//Serial.print(cm[i]);
//Serial.print(" cm - ");
cont=cont+1;
if (cont%2==0){
esq=cm[i];
}
else
{
dir=cm[i];
}
}
//Serial.println();
}
```