

## **RASPCAR – CARRO ROBÓTICO GUIADO REMOTAMENTE** ***RASPCAR - REMOTELY GUIDED ROBOTIC CAR***

Rafael Marcelo dos Santos<sup>1</sup>

Daniela Eloise Flôr<sup>2</sup>

**Resumo:** A condução remotamente guiada é parte do futuro vindouro dos carros autônomos. As impactantes mudanças que este cenário vêm sofrendo, bem como seus desafios e consequências exige reflexão e qualificação imediata. Neste cenário, a construção do RASPCAR, protótipo de carro robótico guiado remotamente, promoveu encontros desafiadores para os pesquisadores e para a comunidade discente por onde o trabalho foi apresentado. Os resultados apontam que como estratégia pedagógica, a confecção do protótipo didático aliado aos questionamentos críticos se mostrou bastante produtivo para o aumento do interesse pela temática e na reflexão sobre a importância da qualificação tecnológica para a conquista de novos avanços.

**Palavras-chave:** Condução Remota. Carro Autônomo. Protótipo Didático. Arduino. Raspberry Pi.

**Abstract:** Remotely guided driving is part of the upcoming future of autonomous cars. The shocking changes that this scenario has been undergoing, as well as its challenges and consequences, require reflection and immediate qualification. In this scenario, the construction of RASPCAR, a prototype of remotely guided robotic car, promoted challenging encounters for the researchers and for the student community through which the work was presented. The results show that as a pedagogical strategy, the creation of the didactic prototype, along with the critical questions, proved to be very productive for the interest in the subject and for the reflection on the importance of the technological qualification for the achievement of new advances.

**Keywords:** Remote Driving. Autonomous Car. Didactic prototype. Arduino. Raspberry Pi.

---

<sup>1</sup> Especialista em Desenvolvimento de Sistemas Web, Móveis e Embarcados, IFPR, rafikrafael@gmail.com.

<sup>2</sup> Doutora em Ciência da Computação, IFPR, daniela.flor@ifpr.edu.br.

# 1 INTRODUÇÃO

A ideia de construção de veículos controlados remotamente surgiu para fins militares no início dos anos de 1960. O intuito era a exploração de ambientes desconhecidos ou inóspitos. Posteriormente, a aplicação da robótica móvel em outras áreas permitiu a aplicação desses robôs em outras tarefas como, por exemplo, atividades domésticas e desarmamento de explosivos. A mesma ideia foi estendida para fins comerciais e acabou fomentando pesquisas sobre veículos autônomos.

As pesquisas com veículos autônomos ou semiautônomos evoluíram significativamente, inclusive para uso militar. Egorov (2017) divulgou o Bumerang, veículo militar blindado da Rússia, durante o desfile do Dia da Vitória em 2015. Ele não é o único, o autor ainda cita o finlandês Patria e o americano Stryker, como veículos com as mesmas características.

Para fins comerciais, há muito investimento e interesses de grupos de pesquisas acadêmicos, governamentais e empresariais e eles só tendem a aumentar. Atualmente, carros com navegação autônoma já são uma realidade, porém ainda em fase de testes.

Os primeiros experimentos começaram na década de 1950. De acordo com Pissardini et al. (2013), a General Motors e a Radio Corporation of America (RCA) deram os primeiros passos para automatização da condução de carros. Em meados de 1964, a GM voltou com uma proposta nova durante a Feira Mundial em Nova Iorque e naquele momento a condução automatizada faria parte de um cenário com torre de controle e uma pista automática.

Em 1970, as pesquisas por melhores radares foram intensificadas. A iniciativa “Mobilidade 2000” foi formada em 1986 com o objetivo de iniciar um plano de adoção de sistemas inteligentes de transporte. A partir de 1990 a comercialização de radares automotivos com tecnologia de ultrassom, câmeras de vídeo e outros, já era uma realidade. Em 1999, a Mercedes Benz já tinha modelos que empregavam radares do tipo ACC (Adaptive Cruise Control), ou seja, radares capazes de emitir alerta de colisão e detecção de distância para auxiliar em manobras de estacionar.

O início dos anos 2000 foram marcados pelos desafios organizados pela Organização Central de Pesquisa e Desenvolvimento do Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DARPA) sobre a automação de veículos. Em 2004 aconteceu o Grand Challenger, o desafio constituía em desenvolver um veículo autônomo capaz de percorrer um percurso em um terreno *off-road*. Nenhuma das 15 equipes das 107 inscritas conseguiu navegar mais do que 5% de todo o percurso.

Já na edição de 2005, 5 das 195 equipes conseguiram finalizar a corrida. Em 2007, o evento mudou de nome e passou a se chamar DARPA Urban Challenge devido à mudança da prova para um ambiente urbano simulado. Neste, 11 veículos foram capazes de reconhecer regras de trânsito, detectaram outros veículos, mantiveram distância de segurança, entre outras funções.

Estes eventos refletiram o aumento da busca e da disseminação do conhecimento na área de automação veicular durante as últimas décadas, tanto para fins comerciais quanto militares.

Não é difícil entender as razões pelas quais Gray (2018) cita que empresas interessadas no setor estejam buscando profissionais com as habilidades necessárias para controlar com segurança veículos autônomos em vias públicas. A publicação do autor no site da BBC representa essa afirmação.

De acordo com a empresa de recrutamento ZipRecruiter, o número de anúncios de emprego no setor de condução autônoma tem aumentado 27% ao ano, com um salto de 250% no segundo trimestre de 2018 em comparação com o mesmo período do ano passado. A Sociedade de Fabricantes e Comerciantes de Motores também estima que os veículos autônomos possam representar um adicional de 320 mil postos de trabalho apenas no Reino Unido.

As expectativas são animadoras conforme a visão de executivos do mercado, veja na citação. Mais adiante são citadas mudanças que vão atingir vários outros setores que de alguma forma se conectam com este cenário.

"A indústria vai precisar de um exército de pessoas para desenvolver esses sistemas autônomos", diz Graeme Smith, diretor-executivo da Oxbotica, empresa britânica que testa veículos autônomos. "Vamos precisar de engenheiros que possam fazê-los funcionar, testá-los, validá-los e que certifiquem a tecnologia. Além disso, precisaremos de novos designers de produtos, já que tudo será feito de forma diferente, sem os seres humanos no controle". (GRAY, 2018)

Considerando a expansão, os desafios e as consequências da navegação autônoma a médio e longo prazo, justifica-se a atenção ao aspecto didático dessa temática, afinal com a consolidação deste cenário oportunidades surgirão em novas vagas de emprego que exigirão qualificação para:

- suporte à navegação híbrida;
- suporte aos sistemas de navegação autônoma;
- manutenção e calibragem de componentes instalados nos carros;
- desenvolvimento de softwares de treinamento para consumidores idosos ou com deficiência;
- pilotagem especializada;
- operadores remotos em salas de controle e monitoramento de tráfego urbano;
- planejamento e manutenção de grandes frotas;

Desta forma, o objetivo deste trabalho é refletir junto à comunidade acadêmica como este cenário afetará o futuro profissional deles. Para tanto, será elaborado um protótipo didático denominado RASPCAR. A elaboração do protótipo objetiva a aproximação dos alunos com a tecnologia que precisará ser dominada para, futuramente, credenciá-los a assumir tais vagas.

Para a melhor compreensão desse estudo, optou-se por fragmentar sua apresentação em seções. A seção 2 aborda o estado da arte no Brasil e no mundo referente ao tema abordado, a seção 3 apresenta o passo a passo da construção do protótipo. A seção seguinte apresenta um panorama dos resultados da etapa anterior, bem como a apresentação em eventos. Na sequência, na seção 5, conclui-se os estudos e segue a apresentação das referências que contribuíram para a pesquisa.

## 2 AS PESQUISAS NO BRASIL E NO MUNDO

No Brasil as pesquisas também vêm acontecendo. O projeto CADU (Carro Autônomo Desenvolvido na UFMG), de acordo com Sabbagh (2009), trata-se de um veículo autônomo baseado em um automóvel de passeio que está sendo desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento de Veículos Autônomos (PDVA). Em 2009, o CADU já utilizava mecanismos de controle automático de frenagem, aceleração, câmbio e direção.

O projeto CaRINA (Carro Robótico Inteligente para Navegação Autônoma) do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos (INCT-SEC), tem desenvolvido, desde 2010, aplicações robóticas para uso agrícola e para navegação urbana.

A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em parceria com o LCAD-UFES, objetiva o desenvolvimento de carros robóticos utilizando recursos matemáticos-computacionais para tratar problemas de processamento de alto desempenho, mapeamento e localização.

Em terras estrangeiras, recentemente a empresa Google ganhou destaque pelo Waymo, carro equipado por um conjunto de sensores que, aliado a técnica de localização, navega em ambientes graças a geração de mapas tridimensionais. O empenho da empresa é para que na próxima década a auto condução já esteja disponível.

Muitas outras gigantes estão apostando alto neste mercado, empresas como Ford, General Motors, BMW e Volkswagen, desenvolvem suas próprias pesquisas. Também existem outras que enxergam potencial no serviço de entregas como, por exemplo, Amazon, Pizza Hut e Ocado.

Todos os interesses, aplicações sugeridas e esforços citados estão impactando em várias áreas da sociedade e levaram, inclusive, às primeiras legislações específicas em estados americanos, visto que Apple, Tesla e Uber, tiveram suas tecnologias envolvidas em acidentes leves, moderados e graves levando, inclusive, um pedestre à morte, no caso da Uber, conforme relata Gray (2018).

### 3 O RASPCAR

Desenvolver um protótipo completamente autônomo é uma tarefa bastante complexa para uma etapa única, além de envolver muitas competências diferentes. Considerando que o projeto foi realizado por apenas um aluno, durante suas horas de pesquisa, optou-se pelo controle do escopo a fim de facilitar a compreensão da temática. Por isso, o objetivo deste trabalho foi a conversão de um brinquedo de carrinho de controle remoto no RASPCAR, um protótipo controlado eletronicamente, inclusive pela internet, para subsidiar, futuramente, discussões mais complexas.

#### 2.1 Materiais e métodos

O custo do desenvolvimento de um projeto real está fora da realidade do IFPR Campus Paranavaí, por isso, na busca por alternativas verificou-se que grupos de pesquisa desenvolvem protótipos em escala reduzida utilizando carrinhos de controle remotos ou desenvolvem toda a estrutura do protótipo por meio de impressão 3D. Os trabalhos de Myers (2017) e Chishti et al. (2018) são exemplos que adotam essa prática.

Novamente, considerando os custos e a doação de um carrinho com estrutura plástica resistente, capaz de acomodar as adaptações estruturais e suportar o peso extra dos componentes, foi decisória para a escolha do tipo de estrutura em que o RASPCAR seria desenvolvido. A Figura 1 apresenta o carrinho doado.

**Figura 1** - Carrinho original



Fonte: Autor

Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.4, n.4, outubro de 2019.

Para a consecução do objetivo, os passos seguintes envolveram seleção dos componentes de prototipação, desenvolvimento de um planejamento das adaptações, desenvolvimento das aplicações, realização de testes e submissão e participação de eventos para apresentar os resultados do projeto e provocar discussões com outros estudantes.

Para a seleção dos componentes de prototipação foi necessário avaliar quais placas seriam viáveis para o projeto. À disposição da escola havia placas Arduino Mega 2560, Raspberry Pi model B, componentes eletrônicos e alguns sensores. Foi realizada uma pesquisa em busca de estudos comparativos entre as opções de placas disponíveis, para compreender qual seria mais adequada ao projeto

O quadro a seguir resume algumas características importantes que contribuíram para a decisão final.

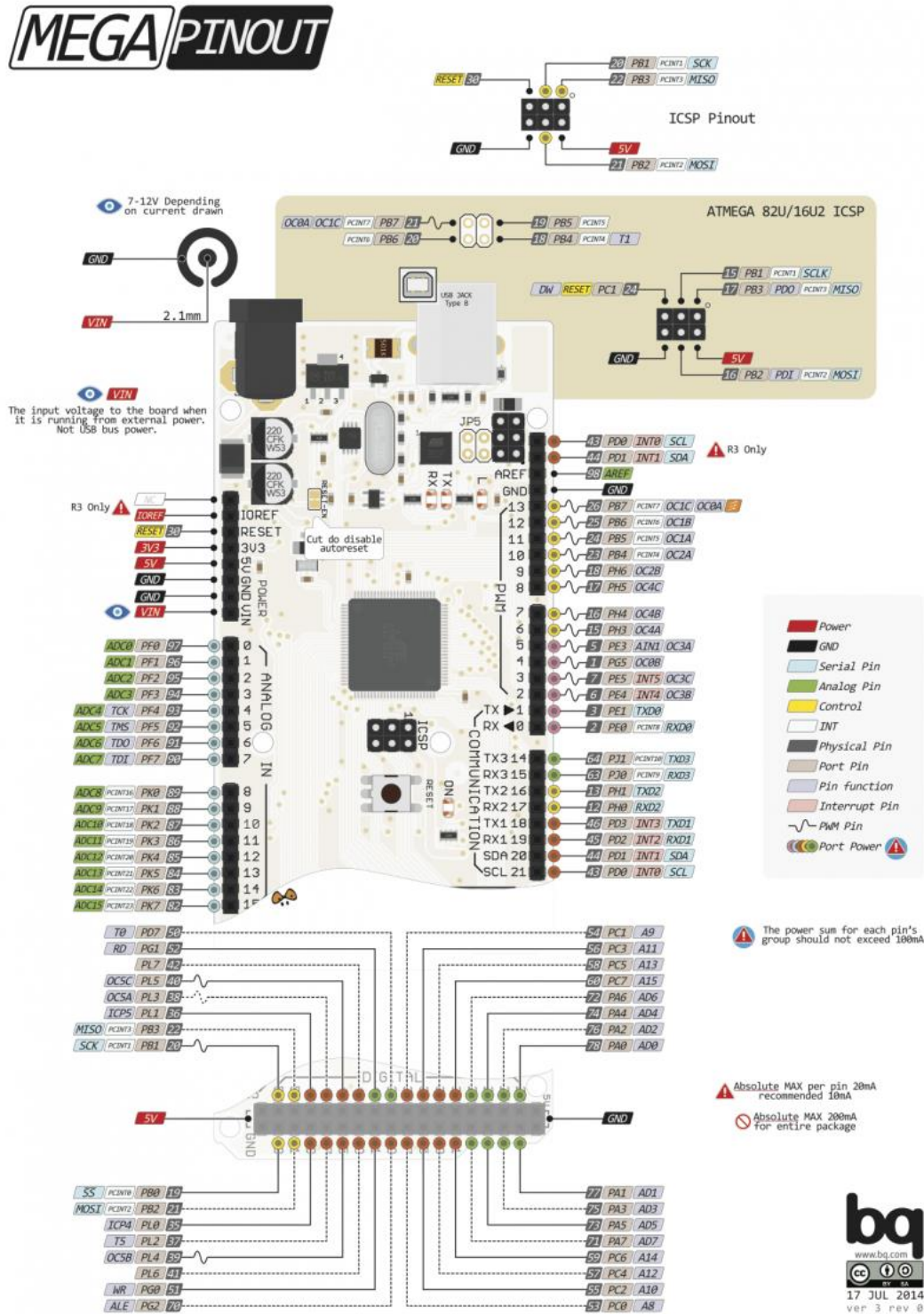
**Quadro 1** – Quadro comparativo entre as placas Raspberry Pi e Arduino

<b>Características</b>	<b>Raspberry Pi</b>	<b>Arduino</b>
Modelo	Raspberry Pi model B	Arduino MEGA 2560
Processador	ARMv8 Quad-Core - Clock 1.2 GHz	Atmega2560 - Clock 16MHz
Memória	1GB SDRAM (900MHz)	Flash 256KB, SRAM 8KB, EEPROM 4KB
Portas	4 portas USB 2.0, conector HDMI, Ethernet, áudio e vídeo, Slot para cartão e 40 pinos GPIO	1 porta USB 2.0, 54 portas digitais 16 portas analógicas e Conector ICSP
Wi Fi	802.11n Wireless LAN	Não possui
Bluetooth	4.1 (Bluetooth Low Energy)	Não possui

**Fonte: Autor**

A Figura 2 apresenta um mapa de pinos e componentes e contribuiu para compreender quais as opções de comunicação, saídas GND, fonte de alimentação e outras características que a placa Arduino MEGA disponibiliza.

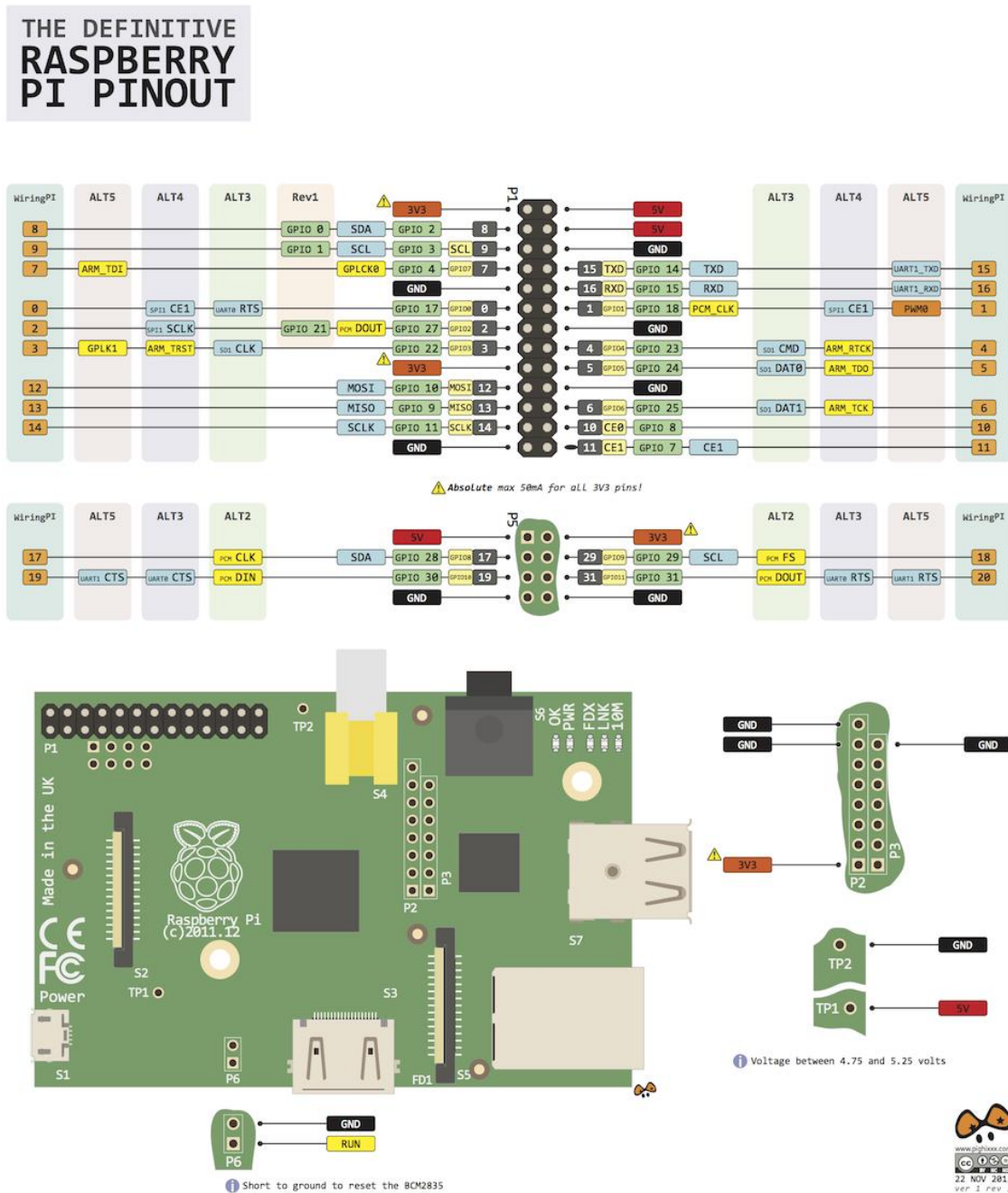
Figura 2 – Pinout da placa Arduino MEGA 2560



Fonte: Yourduino

De forma análoga a Figura 3, apresenta um panorama da placa Raspberry, bem como seus componentes e pinagem.

Figura 3 – Pinout da placa Raspberry Pi 3 B+



Fonte: Horne (2013)

Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.4, n.4, outubro de 2019.

Considerando as expectativas futuras de que o RASPCAR seja dotado de autonomia, a maior capacidade computacional e a integração nativa do Wi Fi e do Bluetooth do Raspberry, foram argumentos fortes em favor da placa. Porém, a autonomia exige o uso de sensores, que muitas vezes são analógicos. O Raspberry, apesar de superior em várias características ao Arduino, não possui um conversor AD (Analógico/Digital), e a falta de portas para leitura deste tipo de dado exigiram novas pesquisas.

Por isso, foram consultadas algumas soluções para driblar essa ausência. Foram encontradas algumas opções como, por exemplo, a aquisição de um conversor A/C, ou a aquisição de uma placa PiSensor que permite a adição de sensores analógicos tolerantes a 5V, ou o uso de placas Arduino para intermediar tal leitura. Considerado a questão do custo de aquisição de novos componentes e o teor acadêmico do trabalho, optou-se por usar as duas placas já disponíveis na escola.

## **2.2 Prototipação**

Na sequência, iniciou-se as adaptações do brinquedo para a elaboração do RASPCAR. Para tanto, utilizou-se para o controle computacional as placas de prototipação experimentais citadas e componentes eletrônicos.

A condução de um brinquedo de carrinho de controle remoto ocorre por meio de comandos enviados por uma central de controle. Porém, tais comandos são apenas para movimentar o carrinho para frente ou para trás, além de manobras para curvas, e a função que cessa o movimento.

Com o intuito de elaborar um protótipo que permitisse a condução remota por dispositivos eletrônicos, além de favorecer futuramente a inserção de sensores e atuadores, entendeu-se que era necessário manter as características nativas, porém, controladas por uma placa que pudesse atuar como uma central de controle inteligente. A estratégia selecionada exigiu mudanças no carrinho de brinquedo escolhido para a pesquisa.

O carrinho da Figura 1 é alimentado por uma bateria recarregável com tensão de 7.5 volts, e dimensões de 30 cm de comprimento, 13 cm de altura e 13 cm de largura. Inicialmente foi efetuada a remoção da carcaça deixando o eixo visível. Com isso, obteve-se acesso aos seus componentes e circuitos. Com o intuito de passar o controle para as placas de prototipação eletrônica, a placa controladora original foi retirada removendo os parafusos de fixação e dessoldando os fios de conexão com os motores e com a fonte de alimentação.

A alteração seguinte foi a retirada da estrutura da transmissão traseira, o que permitiu a troca da fiação do motor traseiro e do botão liga/desliga que nativamente vem ligado ao polo positivo da bateria. A interrupção da comunicação entre os motores e a placa original exigiu a primeira adaptação no protótipo batizado de RASPCAR, ou seja, a inclusão de um módulo Driver motor com Ponte H L298N, popularmente chamado de ponte H, capaz de controlar dois motores ao mesmo tempo.

Como descrito por Reis (2017), a ponte H é um circuito de tamanho reduzido que permite realizar a inversão da polaridade da corrente que flui através de uma carga, permitindo o controle da direção de rotação dos motores e sua velocidade.

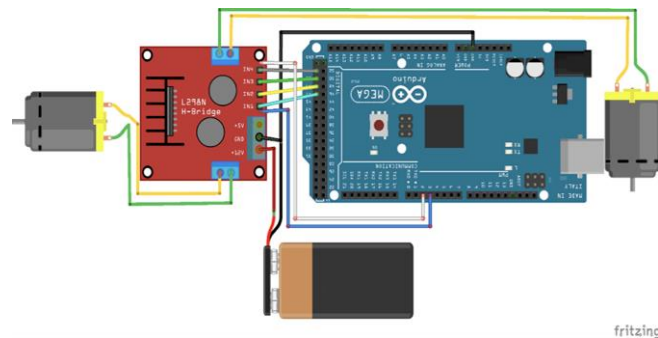
A ponte H possui dois pinos que permitem o controle dos motores, um pino GND (abreviação do inglês *ground*, conhecido como terra em português), um pino de entrada de alimentação com capacidade de 3 a 30 volts e um pino de saída de 5 volts que pode ser usada para alimentar uma placa Arduino ou outro componente. Além disso, possui duas entradas de tensão para sinal PWM que permitem controlar a velocidade da rotação dos motores. PWM (*Pulse Width Modulation*) é uma técnica de geração de sinais analógicos por um dispositivo digital.

Devido a função da ponte H ela foi fixada com cola quente próximo ao motor frontal. Após a secagem substituiu-se os fios curtos por jumpers que permitiram recuperar a transmissão traseira dos motores. Com esta adaptação o motor frontal foi conectado a saída "A" e a fiação do motor traseiro foi conectada à saída "B" da ponte H.

Considerando a necessidade de controle da ponte H pela placa Arduino optou-se por mantê-las próximas, mas devido a fragilidade de possíveis conexões com outros componentes ela foi posicionada sobre o eixo.

Novos jumpers foram incluídos para garantir o controle dos motores, o motor frontal foi conectado aos pinos 47, 49 e o 3 no PWM, o motor traseiro foi ligado nos pinos 51, 53 e o 2 no PWM. A Figura 4 apresenta o diagrama com todas as ligações efetuadas entre o Arduino, ponte H e bateria.

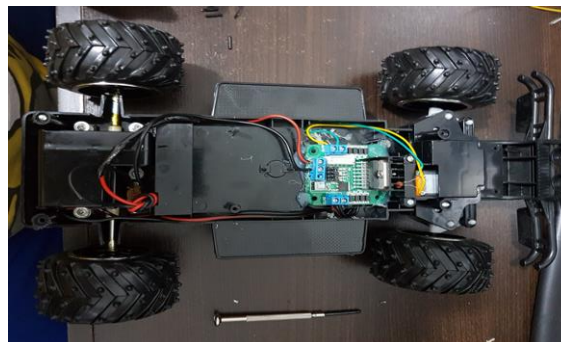
**Figura 4** - Diagrama de ligação da placa Arduino, ponte H e bateria



**Fonte: Autor**

Para energizar os componentes e garantir o movimento dos motores, o fio do polo negativo da bateria foi ligado a entrada GND da ponte H e da placa Arduino e, por fim, a entrada VCC (voltagem de corrente contínua) da ponte H recebeu o fio do polo positivo da bateria. A Figura 5 apresenta a instalação da ponte H e a conexão com os motores.

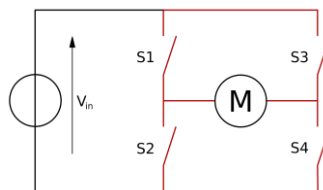
**Figura 5** – Visão inferior do RASPCAR durante a adaptação



**Fonte: Autor**

Compreender a forma de operação da ponte H é imprescindível para entender como os motores ainda são capazes de executar os movimentos originais, mesmo depois da adaptação. Conforme Reis (2017) explica para o funcionamento da mesma são utilizadas quatro chaves eletrônicas internas (S1, S2, S3, S4), que podem ser controladas de forma independente. Dependendo da configuração de acionamento entre as chaves, a corrente pode percorrer o circuito em direções contrárias e refletir em movimentos diferentes dos motores, confira o diagrama na Figura 6.

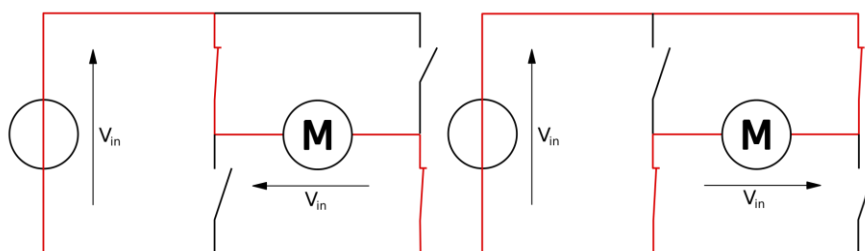
**Figura 6** - Diagrama das chaves da Ponte H



Fonte: Wikipédia

O estado das chaves e suas combinações determinam o funcionamento do motor, as combinações podem ser feitas de várias formas, por exemplo: se nenhum par de chaves está acionado o motor está desligado, acionando as chaves S1 e S4 o motor gira para um sentido e ao acionar as chaves S2 e S3 o motor gira para o lado oposto. Os acionamentos das chaves exemplificadas anteriormente podem ser visualizados na Figura 7.

**Figura 7** - Exemplo das ligações das chaves da Ponte H



Fonte: Wikipédia

Já o controle da velocidade de rotação do motor é conseguido por meio de portas de saídas analógicas, chamadas PWM. Hirzel (2018) descreve PWM como uma técnica utilizada por sistemas digitais que mantém o período de um ciclo de uma onda quadrada enquanto controla o tempo em que ela fica em nível lógico alto, ou seja, a largura do pulso. Essa variação é chamada de Duty-Cycle e no Arduino ela utiliza valores de 0 a 255.

Testes que regulam a tensão de saída foram realizados. No primeiro teste, a ponte H alimentada com 7.5 volts, recebeu um pulso enviado à porta A de 0 volt, o que resultou na inércia do motor, conforme Figura 8.

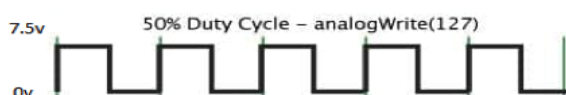
**Figura 8** - Exemplo de pulso PWM com tensão de 0 volts



Fonte: Hirzel

O segundo pulso foi enviado com valor 127, ou seja, metade do valor máximo suportado que é 255. Neste caso, na porta A da ponte H foi aplicada a tensão de 7.5 volts, que resultou na rotação do motor pela metade do tempo. A Figura 9 apresenta o exemplo de um pulso de 50% do ciclo.

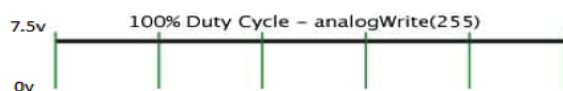
**Figura 9** - Exemplo de pulso PWM tensão de 7.5 volts em um 50% de um ciclo



Fonte: Hirzel

O terceiro pulso foi enviado com valor máximo suportado, ou seja, foi aplicada a tensão total de 7.5 volts, que resultou na rotação máxima do motor. A Figura 10 apresenta o exemplo de um pulso de 7.5 volts.

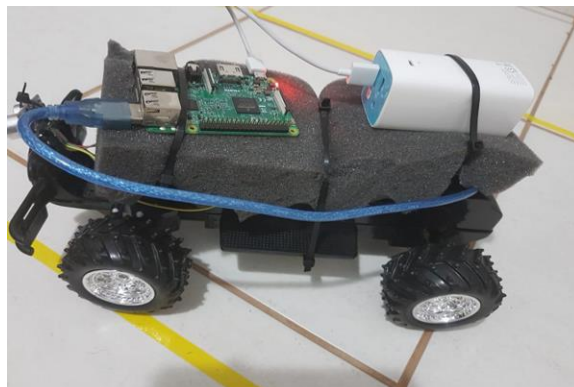
**Figura 10** - Exemplo de pulso PWM tensão de 7.5 volts



Fonte: Hirzel

A Figura 11 apresenta o RASPCAR utilizando uma base feita com espuma reaproveitada que acomoda alguns componentes durante a realização de testes. A estrutura foi colocada sobre o chassi para que a carenagem do carrinho fosse preservada, evitando cortes desnecessários ou indevidos.

**Figura 11** - Protótipo com base de espuma para realização de testes



**Fonte: Autor**

Ao lado do Raspberry PI é possível verificar um carregador portátil, isso porque ele necessita de uma fonte de alimentação confiável, ou seja, a tensão padrão de 5 volts não deve ter variação superior a 5%, devendo variar no intervalo entre 4.75 a 5.25 volts. Para tanto, optou-se pela utilização do modelo TL-PB10400 da marca TP-Link que entre as especificações técnicas dispõe de entrada de 5 volts a 2 amperes e saída de 5 volts a 2.4 amperes.

Após as adaptações estruturais e os testes de comunicação entre placas e motores deu-se início o desenvolvimento do software de navegação.

### **2.3 Software de Navegação**

Após revisão bibliográfica verificou-se a possibilidade do desenvolvimento do software de navegação de algumas formas diferentes. Muitos projetos optam pela linguagem C para trabalhar com Arduino por causa da sua IDE popular, além da quantidade de pessoas da comunidade de desenvolvimento dispostas a ajudar. O leque de opções para programar o Raspberry é maior. Porém, diante da necessidade de escolher uma linguagem

que permitisse o acesso à uma aplicação web, as escolhas diminuíram. Ainda assim, seria necessário usar duas linguagens. O que não pareceu muito produtivo.

Com a realização de novas pesquisas verificou-se que muito conteúdo na área de Internet das Coisas (IoT - do inglês *Internet of Things*) surgiram para favorecer a automação residencial, industrial e a robótica. E, em muitos desses projetos notou-se o uso do protocolo Firmata para comunicação com o microcontrolador do Arduino semelhante ao uso de uma API. O Firmata [Arduino, 2018] é um protocolo genérico que permite a comunicação de um computador hospedeiro e um microcontrolador via software, e possui várias versões em linguagens diferentes.

O Johnny-Five é uma implementação JavaScript do Firmata que suporta a plataforma Arduino e Raspberry, além de permitir o acesso ao software de navegação via web [Johnny-Five, 2018]. Por isso, mostrou-se bastante atrativo e impactou na escolha da linguagem.

Além de muito popular em aplicações web do lado do cliente, a linguagem JavaScript tem ganho destaque crescente em ambientes de execução do lado do servidor com o NodeJs. A principal característica dessa tecnologia é a execução *single-thread*, dessa forma uma única *thread* é responsável por executar o código da aplicação, as requisições são assíncronas e não bloqueantes, ou seja, um maior número de requisições concorrentes podem ser tratadas em comparação ao ambiente multi-thread.

Considerando as decisões já tomadas, ainda foi necessário escolher um framework para desenvolvimento Node.js capaz de criar rotas e obter dados a partir do servidor, o ExpressJs pareceu minimalista, flexível, e dotado de um conjunto robusto de recursos para aplicativos web e móvel [ExpressJs, 2018]. A necessidade de comunicação bidirecional em tempo real fez o SocketIO útil na recepção e emissão de eventos

O servidor foi configurado para utilizar a porta 8080 em uma rota direta na raiz, estando disponível no navegador utilizando o endereço de rede IP do Raspberry PI mais a porta como, por exemplo "http://10.0.0.251:8080".

O módulo SocketIO é carregado e configurado para utilizar o módulo Express, assim ambos utilizam a mesma porta do servidor. Um controlador para gerência e recepção dos comandos de controle do carrinho foi desenvolvido, em HTML.

O módulo Johnny-Five é carregado já na inicialização da aplicação, criando um objeto do tipo Board do módulo, o objeto foi configurado sem uma porta padrão, assim ele ativa o monitoramento das portas USBs do Raspberry PI, aguardando a comunicação com o Arduino que contenha implementado um firmware com protocolo Firmata, o que torna possível ligar o Arduino em qualquer USB do Raspberry PI.

Ao efetuar a conexão com o Arduino é disparado o evento *ready* do objeto do tipo Board, neste evento é carregado o controle dos motores da ponte H, criando um controlador com um objeto do tipo Motor disponibilizado pelo módulo Johnny-Five, parametrizando o objeto com as portas que fazem a conexão entre o Arduino e a ponte H, seguindo o padrão definido pelo módulo.

A Figura 12 apresenta a página web desenvolvida, hospedada no Raspberry PI, ela é de fácil utilização, permitindo que sejam utilizados os botões direcionais do teclado do computador ou botões pressionados na própria página. Também conta com um botão “Parar Tudo” que permite a parada de todos os controles enviados.

**Figura 22** - Página HTML da aplicação no Raspberry PI para o controle do RASPCAR



**Fonte: Autor**

**Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.4, n.4, outubro de 2019.**

A comunicação entre a página HTML e o servidor é efetuada usando WebSockets com módulo SocketIO em sua versão cliente. Para efetuar a comunicação com o servidor são transmitidos os eventos disponibilizados na página. É possível utilizar uma combinação de teclas do teclado para controlar o veículo na direção desejada, ou seja, direita ou esquerda, para cima (frente) ou para baixo (ré).

Também foi desenvolvido um App de navegação remota utilizando o React-Native, possibilitando guiar o RASPCAR remotamente por meio de smartphone ou tablet, tanto para Android quanto para IOS. O App também se conecta à aplicação servidora no Raspberry PI através de SocketIO, sendo necessário informar a porta e endereço IP utilizados pelo Raspberry PI na rede WiFi. A Figura 13 apresenta a tela de configuração da conexão do App com o Raspberry.

Figura 33 - Tela inicial do App



Fonte: Autor

A Figura 14 apresenta os botões direcionais de navegação do App para controle do RASPCAR.

**Figura 44** - Tela de controle do RASPCAR no App



**Fonte:** Autor

Adicionalmente, verificou-se a possibilidade de controlar o protótipo por meio de um controle gamepad modelo Dualshock comercializado para uso no vídeo game Playstation 3®. Neste caso, fazendo uso da conexão bluetooth. Para tanto, foi necessário o uso do módulo Gamepad que permite a comunicação com controles joysticks de diversos modelos [Gamepad, 2018].



No teste de navegação com o gamepad o controle do RASPCAR também foi satisfatório. A única limitação foi a distância entre os dois que se restringe a aproximadamente 10 metros, limitação normal que ocorre na comunicação entre dispositivos por Bluetooth.

Ao final, percebeu-se que a dirigibilidade do carrinho manteve-se igual para as três aplicações desenvolvidas, bem como quando o carrinho ainda estava na configuração original, ou seja, controlado à distância por radiofrequência. Além disso, a adoção das tecnologias citadas fez com que não fosse necessário desenvolver aplicações diferentes para a navegação do RASPCAR, tornando o desenvolvimento mais simplificado. A comunicação entre as placas através do protocolo Firmata, implementado na aplicação em NodeJs com o módulo Johnny-Five, se mostrou estável e confiável.

Os desafios com a adaptação do chassi sem prejudicar a carenagem, os testes com a fonte de alimentação, a comunicação entre os componentes, além da escolha das tecnologias para o desenvolvimento do software estimularam discussões, uso de materiais alternativos e fizeram crescer o interesse pelo tema tanto para os envolvidos quanto para os demais acadêmicos que tiveram contato com o protótipo nos eventos apresentados.

O RASPCAR foi apresentado ao público em três oportunidades diferentes, a primeira vez durante a SETIF Semana de Tecnologia da Informação do IFPR Campus Paranavaí, a segunda vez durante a V Olimpíada IFPR de Robótica do Campus Paranavaí e a terceira vez na Mostra Nacional de Robótica 2018. Na primeira oportunidade o evento reuniu todos os alunos dos cursos Técnico em Informática integrado ao Ensino Médio, Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas e Especialização em Desenvolvimento de Sistemas Web, Móveis e Embarcados.

Durante a V Olimpíada IFPR de Robótica do Campus Paranavaí, o trabalho foi apresentado na Exposição de Protótipos Robóticos que acontece anualmente durante a Olimpíada. No evento estavam além da comunidade discente do IFPR, convidados de outras escolas.

A última oportunidade foi durante a Mostra Nacional de Robótica 2018, o trabalho foi apresentado em João Pessoa e atraiu a atenção de estudantes, principalmente do ensino fundamental e médio, que queriam entender melhor como funcionam os carros guiados remotamente e conseqüentemente carros autônomos.

## **5 CONCLUSÃO**

Os desafios para a consecução do RASPCAR, tanto na adaptação do chassi quanto no desenvolvimento do software de navegação, estimularam muitas reflexões e como previu-se inicialmente envolveu várias pesquisas, testes e saídas criativas. Este cenário era exatamente o que se esperava quando da opção pelo desenvolvimento de um protótipo didático.

Protótipos didáticos são instrumentos úteis ao ensino na medida em que permitem aos estudantes manipular e interagir com uma ferramenta de custo e escala reduzida, que oportuniza pedagogicamente uma formação mais consistente, menos abstrata, como também aguça os sentidos do ponto de vista da pesquisa científica. As discussões sobre os problemas encontrados e a viabilização de hipóteses de solução, bem como os testes, os resultados e os refinamentos fizeram com que os objetivos do trabalho fossem atingidos.

Desta forma, entendeu-se que era necessário provocar um número maior de estudantes a participar dessas reflexões e buscou-se a apresentação do RASPCAR em eventos. Em todas as oportunidades de apresentação o público presente foi levado a refletir como poderia o protótipo trafegar de forma autônoma ou o que ele precisaria ter para estacionar sozinho.

Além das discussões técnicas, suscitou-se questionamentos acerca de quais tecnologias ou cursos qualificariam profissionais a dar manutenção nos equipamentos reais, como pessoas que dirigiram a vida inteira se comportariam diante das mudanças, quais novos postos de trabalho surgiriam para o controle do tráfego urbano, enfim quais conseqüências esse avanço tecnológico traria para o nosso futuro.

Foi enriquecedor apresentar o RASPCAR para públicos de idades tão diferentes e acompanhar como as reações mudam de acordo com o nível de ensino. Por vezes, durante a interação, percebeu-se que os motoristas experientes eram fisgados pelas questões técnicas, visto que queriam entender como e quais mudanças ocorreriam nos carros já existentes. Uma visão mais pragmática.

Os mais jovens, sem experiência com a condução de veículos, eram mais propensos a sonhar com o acréscimo de “coisas legais”, ou seja, funções adicionais que os carros do futuro poderiam ter. É este público que provavelmente no futuro será recrutado a criar novos produtos e novas formas de interação, conforme Graeme Smith, diretor-executivo da Oxbotica, reforçou na reportagem de Gray (2018).

Enfim, os resultados animadores do trabalho e das apresentações foram uma importante conquista para a pesquisa e motivam sua continuação. Atividades futuras do RASPCAR incluem a implementação de sensores de detecção de obstáculos, rumo aos trabalhos com navegação autônoma e manobras para estacionar. Na sequência, objetiva-se novas participações em eventos provocando reflexão na comunidade acadêmica com vistas a popularização do tema.

## REFERÊNCIAS

ARDUINO. Especificações Técnicas do Produto. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>>. Acesso em: 24 de ago. 2018.

BAÚ DA ELETRÔNICA. Descrição do produto Driver Motor ponte-H - L298N. Disponível em: <<http://www.baudaeletronica.com.br/driver-motor-ponte-h-l298n.html>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

Chishty, S. O. A., Zaib, H. M. B., Riaz, S. **DrivingMatter: An Autonomous RC Car using Raspberry Pi**. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Ciência da Computação da National University of Computer and Emerging Sciences, Peshawar. 2018.

Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.4, n.4, outubro de 2019.

EGOROV, B. **Novo veículo militar russo não tem concorrentes estrangeiros à altura**. Disponível em: <[https://br.rbth.com/defesa/2017/07/12/novo-veiculo-militar-russo-nao-tem-concorrentes-estrangeiros-a-altura\\_799697](https://br.rbth.com/defesa/2017/07/12/novo-veiculo-militar-russo-nao-tem-concorrentes-estrangeiros-a-altura_799697)> Publicado em: 12 jul. 2017. Acesso em: 24 jul. 2018.

EXPRESSJS. **Projeto ExpressJs**. Disponível em: <<https://nodejs.org/en/about/>>. Acesso em: 24 jul. 2018.

FIRMATA firmware for Arduino. Descrição do protocolo e firmware. Disponível em: <<https://github.com/firmata/arduino>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

FIRMATA. **Main Page**. Disponível em: <[http://firmata.org/wiki/Main\\_Page](http://firmata.org/wiki/Main_Page)>. Acesso em: 25 mai. 2019.

GAMEPAD. **Gamepad**. Disponível em: <<https://www.npmjs.com/package/gamepad/>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

Gray, R. **Carro autônomo: conheça o 'motorista à distância' e outros empregos do futuro**. Publicado em: 22 dez. 2018. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/vert-cap-46443795>> Acesso em: 10 jan. 2019.

Hirzel, T. **PWM**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Tutorial/PWM>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

Horne. M. **The Definitive RaspberryPi Pinout**. Recanta. 2013. Disponível em: <<https://www.recantha.co.uk/blog/?p=7131>>. Acesso em: 04 out. 2019.

JOHNNY-FIVE. **Projeto Johnny-Five**. Disponível em: <<http://johnny-five.io/>>. Acesso em: 16 ago. 2018.

Myers, N. **RC to Rπ Car Conversion**. 2017. Disponível em: <<http://commons.lib.niu.edu/handle/10843/1748>> Acesso em: 28 abr. 2018

NODE.JS. **Projeto Node.js**. Disponível em: <<http://expressjs.com/pt-br/>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

PONTE h. In: **Wikipédia**: a enciclopédia livre. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Ponte\\_H](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ponte_H)>. Acesso em: 8 out 2019.

RASPBERRY PI. **Especificações Técnicas do Produto**. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>>. Acesso em: 03 mar. 2018.

Reis, F. **Curso de Eletrônica. Como funciona uma Ponte H – Controle direcional de motores DC**, set. 2017. Disponível em:

Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.4, n.4, outubro de 2019.

<<http://www.bosontreinamentos.com.br/eletronica/curso-de-eletronica/como-funciona-uma-ponte-h-controle-direcional-de-motores-dc/>>. Acesso em: <26 ago. 2018>.

Sabbagh, V. **Desenvolvimento de um Sistema de Controle para um Veículo Autônomo**. 2009. Projeto Final de Curso (Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <[http://www.coro.cpdee.ufmg.br/publications/vitor\\_sabbagh.pdf](http://www.coro.cpdee.ufmg.br/publications/vitor_sabbagh.pdf)>. Acesso em: 08 abr. 2018.

Schneider, M. **Automotive Radar – Status and Trends**. Proceedings of the German Microwave Conference, 2005. Disponível em: [https://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-14581/Paper/5\\_3.pdf](https://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-14581/Paper/5_3.pdf). Acesso em: 04 abr. 2018.

Seetharaman, G., Lakhotia, A., e Blasch, E. **Unmanned vehicles come of age: The Darpa grand challenge**. In: Computer, 39(12), p. 26–29. 2006.

SOCKET.IO. **Projeto Socket.IO**. Disponível em: <<https://socket.io/>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

TP-Link. **Características de Hardware**. Disponível em: <[https://www.tp-link.com/br/products/details/cat-5689\\_TL-PB10400.html](https://www.tp-link.com/br/products/details/cat-5689_TL-PB10400.html)>. Acesso em: 24 ago. 2018.

YOURDUINO. **Mega Pinout**. Disponível em: <<http://yourduino.com/docs/MegaPinOut.png>>. Acesso em: 04 out. 2019.

**Edição especial** – Edição Temática sobre tecnologia da informação

**Enviado em:** 10 mar. 2019

**Aceito em:** 03 jun. 2019

**Editores responsáveis:** Eduardo Henrique Molina Da Cruz/Wilian Nalepa Oizumi/ Mateus das Neves Gomes

**Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.4, n.4, outubro de 2019.**