

DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA PARA APLICAÇÃO EM PESQUISA NA ÁREA DE ROBÓTICA AUTÔNOMA MÓVEL

***DEVELOPMENT OF A PLATFORM FOR APPLICATION IN RESEARCH IN
THE AUTONOMOUS MOBILE ROBOTICS FIELD***

Gustavo Lindemann dos Santos¹ 

Ricardo Siqueira Aguilar Villarroel² 

Prof.^º Dr. Álvaro Rogério Cantieri³ 

Resumo: A robótica móvel é um campo de extrema versatilidade, englobando robôs móveis e autônomos, desde aspiradores de pó domésticos até robôs cirurgiões. Contudo, essa tecnologia de grande potencial tem a possibilidade de ser ainda melhor explorada, sendo implementada em diversas propostas. Dessa maneira, o presente projeto tem como objetivo a criação de uma plataforma de robótica móvel que servirá para a pesquisa dessa tecnologia e como um ponto de partida para projetos de robótica para seus utilizadores. Para isso, é utilizado o robô aspirador de pó Roomba da fabricante iRobot, que, com seus sensores e limitada capacidade de navegação autônoma, funciona perfeitamente como base para o desenvolvimento da plataforma. O robô foi equipado com uma placa de processamento, a Raspberry Pi, que por sua vez é ligada a outra placa, o Arduino, que funciona como módulo conversor para a Raspberry e também é responsável por executar os comandos recebidos pela mesma, os quais são inseridos previamente por meio de um sistema externo. Esse sistema estabelece comunicação com os componentes do robô por meio de um SSH (Secure Shell), terminal que permite o envio de comandos em tempo real e à distância. Espera-se que a plataforma possa servir como ponto de partida para futuros projetos, auxiliando em pesquisas e podendo ser adaptada com o tempo e conforme as necessidades dos colaboradores. Com a implementação de novos recursos, como fontes de percepção ou outros tipos de sensores, há uma grande ampliação das potencialidades de aplicação da plataforma em projetos ou em pesquisas.

Palavras-chave: Robótica, Robótica Móvel, Arduino, Raspberry Pi, Roomba.

Abstract: Mobile robotics is an exceptionally versatile field, encompassing mobile and autonomous robots, from household vacuum cleaners to surgical robots. However, this high-potential technology has the possibility of being better explored and implemented in various initiatives. Thus, this project aims to create a mobile robotics platform that will serve for researching this technology and as a starting point for robotics projects and its users. To achieve this, the iRobot Roomba robotic vacuum, with its sensors and limited autonomous navigation capabilities, is employed as the foundation for platform development. The robot has been equipped with a processing board, the Raspberry Pi, which is connected to another board, the Arduino, serving as a converter module for the Raspberry and responsible for executing commands received by it. These commands are pre-inserted through an external system. This

¹ Técnico Integrado em Informática, IFPR - câmpus Pinhais, gustavolds2705@gmail.com.

² Técnico Integrado em Informática, IFPR - câmpus Pinhais, ricardosmvillarroel@gmail.com.

³ Técnico Integrado em Informática, IFPR - câmpus Pinhais, alvaro.cantieri@ifpr.edu.br.

system establishes communication with the robot's components through Secure Shell (SSH), a terminal that enables the real-time and remote sending of commands. It is expected that the platform can serve as a starting point for future projects, assisting in research and being adaptable over time according to the collaborators' needs. With the implementation of new features, such as perception sources or other types of sensors, there is a significant expansion of the platform's application potential in projects or research.

Keywords: Robotics, Mobile Robotics, Arduino, Raspberry Pi, Roomba.

1 INTRODUÇÃO

A partir do momento em que os robôs foram introduzidos, diversas atividades que previamente eram executadas manualmente vieram a ser automatizadas. “No passado, se falava muito em robôs industriais e braços mecânicos robóticos, mas atualmente as atenções se voltaram para robôs móveis, capazes de se deslocar no ambiente em que se encontram” (WOLF; OSÓRIO; SIMÕES; TRINDADE, 2009 p. 4). O crescente avanço da tecnologia vem trazendo cada vez mais recursos para a área da robótica, o que resulta em um grande aumento de possibilidades no uso dos robôs industriais, como a discorrada maneira de utilizá-los de forma independente, ou seja, máquinas que são capazes de se locomover pelo ambiente sem intervenção humana direta. “Os robôs móveis são muito mais versáteis, pois não precisam estar fixados a uma célula de trabalho como os robôs industriais convencionais” (PIO; CASTRO; CASTRO, 2006, p. 1). Um ótimo exemplo desta tecnologia em uma versão doméstica é o robô aspirador de pó Roomba (iRobot, 2012), fabricado pela iRobot.

1.1 Objetivos

A Robótica móvel está em constante expansão, no entanto, por mais que seja uma área de grande versatilidade, não é predominante e não é amplamente utilizada em setores que fariam bom uso desta tecnologia. Dessa forma, a presente pesquisa tem como objetivo apoiar a utilização deste método em cada vez mais projetos envolvendo robótica, por meio da criação de uma plataforma para aplicação em pesquisa, que poderá ser utilizada pelos colaboradores ou estudantes do campus Pinhais do Instituto Federal do Paraná. Fazendo uso do Roomba como plataforma, diversas pesquisas e projetos podem ser feitos de maneira a abranger a tecnologia da robótica móvel.

Para que esse robô funcione apropriadamente, é necessário o desenvolvimento de uma estrutura adequada, sendo assim, para dar início ao andamento do projeto, o primeiro passo seria realizar um levantamento dos componentes disponíveis no laboratório e planejar quais destes seriam utilizados na estrutura da base móvel. Em seguida, fazer a interface da base

móvel com o *hardware* de processamento designado a ela. Com isso, é concebível a execução de comandos manualmente inseridos em uma estação base através do processador embarcado. Essa estrutura serve como ponto de partida para a futura atribuição de funcionalidades adicionais, como por exemplo, a instalação de uma fonte de percepção, que torna o robô capaz de mapear o espaço ao seu redor e se locomover com base neste mapeamento.

Em suma, a atual proposta tem por objetivo desenvolver um robô que possa ser utilizado como plataforma de pesquisa utilizando o Roomba que se encontra no Laboratório de Robótica como base móvel, equipando-o e preparando-o para ser capaz de realizar projetos, sejam eles com fins didáticos ou não, que necessitem ou possam fazer uso da tecnologia da robótica móvel. Desse modo, espera-se contribuir, além de na pesquisa dessa tecnologia, com quaisquer projetos da área que precisem de um ponto de partida.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir, serão apresentados os conceitos que norteiam o desenvolvimento deste projeto, assim como os trabalhos relacionados.

2.1 Robótica e Robôs

“Robótica é a ciência que estuda as tecnologias associadas à concepção e construção de robôs” (PORTAL DA INDÚSTRIA, n.d.). Os robôs, por sua vez, podem ser descritos como máquinas criadas com a função de realizar tarefas, sejam elas complexas ou simples, em substituição ao trabalho humano para determinadas funções.

2.2 Robótica Móvel

“Um robô móvel é um agente autônomo capaz de extrair informações do seu ambiente e utilizá-las a seu favor a fim de se locomover com segurança” (PIO et al., 2006, p. 1). A Robótica Móvel é a área da robótica que estuda robôs autônomos. A escala dessa tecnologia pode variar de pequena complexidade, como o aspirador de pó Roomba, e grande complexidade, como o robô MIRA (*Miniaturized In-vivo Robotic Assistant*) produzido pela Virtual Incision, que

também é um robô autônomo e deve ser capaz de realizar procedimentos cirúrgicos em futuras expedições espaciais (FREIRE, 2022).

2.3 Robôs No Meio Educacional

Os robôs comumente utilizados no meio educacional podem ser divididos em três vertentes, sendo elas: robôs criados do zero, robôs adaptados e robôs prontos. Entende-se, no atual contexto, “robôs no meio educacional” como robôs que podem ser utilizados com os propósitos de aprendizado, teste ou pesquisa.

2.3.1 Robôs Educacionais Prontos

Um exemplo de robô pronto é o iRobot Create, que é projetado especificamente para o desenvolvimento de robótica. Outro exemplo é o Robotino Festo, também produzido para fins didáticos. Um dos pontos negativos desta vertente é o elevado custo dos robôs comercializados, fator que torna a obtenção destes, para determinados propósitos, inviável.

Nesse contexto, “O iRobot Create possui os mesmos fundamentos do robô aspirador de pó comum, então o equipamento de *hardware* é similar”⁴ (David Publishing Company, 2013, p. 198 [tradução]). O desenvolvimento é facilitado através de uma “interface de protocolo aberta, que permite a criação de um simples código para controlar a movimentação do robô sem uma noção avançada de programação”⁵ (David Publishing Company, 2013, p. 199 [tradução]).

2.3.2 Robôs Educacionais Adaptados

O principal exemplo de robôs adaptados para o meio educacional é o próprio iRobot Roomba. O presente projeto se encontra nessa vertente, onde adapta-se um robô de uma determinada função para exercer outra. Nesse caso, a função é servir como uma plataforma para pesquisa e estudos, tornando o iRobot Roomba mais flexível. Essa vertente possui alta variabilidade

⁴ The iRobot Create is based on the same grounds as the robotic vacuum cleaner Roomba, so it has similar hardware equipment.

⁵ The advantage of open interface protocol is the ability to create a simple script to control the robot motion without the use of programming resources.

de custos, podendo ser tão cara quanto a anterior ou até mesmo mais acessível.

2.3.3 Robôs Educacionais Criados

Extremamente versátil, essa perspectiva de uso dos robôs pode se tornar igualmente complexa. Em outras palavras, por mais que existam infinitas formas de atender perfeitamente às necessidades requeridas, a criação de um robô do zero demanda muito mais tempo e conhecimentos avançados na área, exigindo que o desenvolvedor lide tanto com detalhes de baixo nível quanto de alto nível.

2.4 Trabalhos Relacionados

Nesta seção serão demonstrados alguns dos projetos relacionados ao tema abordado na presente pesquisa:

O RAVE (Robotic Autonomous VEhicle) é um robô em forma de automodelo criado com o objetivo de servir como uma plataforma de testes para estudos de sistemas robóticos, que possui um *software* denominado RaveControl para o controle à distância (SOBRAL et al., 2010).

Já o artigo de Dieisson Martinelli visa a montagem de um robô autônomo de baixo custo utilizando como base móvel o Roomba. Nesse projeto, o robô é dividido em três seções, sendo elas a fonte de percepção, o controlador e a base móvel (MARTINELLI, 2019).

Como outro exemplo, o Robô móvel utilizado para fins didáticos em estudos iniciais ou avançados de robótica autônoma, com diversos sensores, baseado em plataformas open-source como o Arduino e Raspberry Pi (SOUZA et al., 2017).

Por fim, o E-puck, robô projetado para o ensino de engenharia a nível universitário, com *design* versátil capaz de servir para diversas áreas de ensino, não estritamente relacionadas à robótica (MONDADA et al., 2017).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, serão apresentados os materiais utilizados nas etapas de criação do robô, assim como os recursos físicos que auxiliaram em sua

confecção ou de embarcados, isto é, que fazem parte do robô. Além disso, também serão descritos os métodos utilizados em todo o processo.

3.1 Materiais

Os materiais, divididos em *hardware* e *software* serão demonstrados nas tabelas presentes nos tópicos 3.1.1 e 3.1.2.

3.1.1 Materiais - *Software*

Na tabela 1 estão listados os materiais, como *softwares* utilizados em quaisquer etapas do desenvolvimento, para testes ou não, divididos em: nome, versão, localização e descrição de uso.

Tabela 1 – Materiais (software)

Nome	Versão	Localização	Descrição de uso
Ubiquity Robotics Raspberry Pi	Ubuntu 16.04	https://learn.ubiquityrobotics.com/noetic_pi_imager_downloads	Sistema operacional utilizado para o controlador
Raspberry Pi Imager	1.7.1	https://www.raspberrypi.com/software/	Utilizado para criar o bootável do sistema operacional
Robot Operating System	Melodic / Noetic / Foxy	http://wiki.ros.org/pt_BR	Disponibilidade de Bibliotecas e de Workspace
Azure Kinect	-	https://gist.github.com/madelinegannon/c212dbf24fc42c1f36776342754d81bc	Compatibilidade do dispositivo Kinect com uma plataforma Ubuntu (testes)
Pacote create_robot	-	https://github.com/AutonomyLab/create_robot	Pacote com diversos algoritmos e funcionalidades compatíveis com o ROS (testes)
GitHub	-	https://github.com	Repositório da documentação
Arduino IDE	2.2.1	https://www.arduino.c	Utilizado para criação e

		c/en/software	gravação de códigos para o Arduino
LucidChart	-	https://lucid.app	Criação de diagramas

Fonte: Os Autores (2023).

3.1.2 Materiais - *Hardware*

A seguir, na tabela 2, são apresentados os recursos físicos utilizados que compõem o robô, assim como ferramentas auxiliares, divididos em: nome, versão, localização, descrição de uso e versão final (sim/não).

Tabela 2 – Materiais (Hardware)

Nome	Modelo	Localização	Descrição de uso	Versão Final (Sim/Não)
Robotino	-	https://www.fest'o.com/br/pt/	Base móvel do robô (testes)	Não
Robô aspirador de pó iRobot Roomba	621	https://www.irobotloja.com.br/	Base móvel do robô	Sim
Sensor Kinect	v1	https://www.xbox.com/pt-BR	Fonte de percepção do robô	Não
Raspberry Pi	v3 Modelo B	https://www.raspberrypi.com/	Controlador do robô	Sim
Carregador de celular	-	-	Fonte de alimentação temporária	-
Módulo Conversor USB/Serial CH340	ESP LINK	-	Conversor USB para Serial para conexão do controlador com a base móvel	Não

			(testes)	
Cabos Jumper Macho/Fêmea	-	-	Conexão serial	Sim
Notebook	Notebook Acer Aspire One	-	Testes como controlador do robô	Não
Arduino	UNO	https://www.arduino.cc	Execução de comandos para o Roomba	Sim
Conversor FTDI FT-232RL	-	-	Conversor USB/Serial, utilizado como teste	Não
Cabo USB A/B	-	-	Utilizado para gravar códigos pelo IDE do Arduino	Sim

Fonte: Os Autores (2023).

3.2 Métodos

Inicialmente, seria necessária a obtenção de informações sobre a demanda para um robô autônomo dentro do campus que justificasse a confecção da plataforma para aplicação. Como este projeto é baseado em uma oferta dos orientadores, essa etapa foi concluída. O exemplo descrito pelos orientadores seria um projeto de um robô de assistência a idosos, se enquadrando em uma das possibilidades de pesquisa com a plataforma. Pôde-se assim dar início ao planejamento, para o qual inicialmente foi utilizado como base o artigo de Dieisson Martinelli (2019). A partir disso, foi possível obter informações sobre os recursos e métodos de alocá-los ao robô. O primeiro passo tomado foi a observação dos equipamentos existentes no Laboratório de Robótica e quais eram as alternativas viáveis para implementação na plataforma.

3.2.1 Seções

O robô de Martinelli (2019) é dividido em três seções principais, sendo elas a base móvel, o controlador e a fonte de percepção. Com isso, foi decidido que seria inicialmente utilizado esse modelo. A seguir, são apresentadas brevemente as alternativas utilizadas para a viabilização de cada seção.

3.2.1.1 Base móvel

Para a base móvel, foi utilizado o robô aspirador de pó inteligente Roomba, que possui as características de um robô autônomo móvel. Basta ligá-lo e ele irá começar a se locomover sem a necessidade de nenhuma intervenção, desde que esteja devidamente carregado. A sua locomoção se baseia em seus sensores infravermelhos que permitem a detecção da distância do próprio robô até objetos ao seu redor com base no tempo de resposta do sinal. Além disso, o robô conta com sensores anti-queda e sensores anti-impacto.

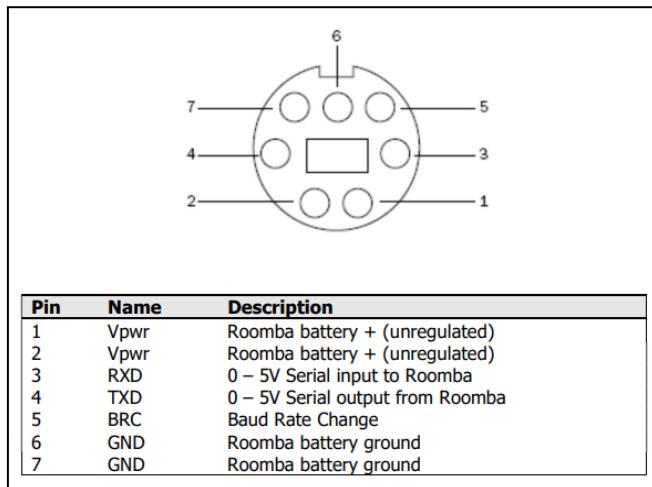
Figura 1 – iRobot Roomba 614



Fonte: Adaptado de IROBOT (2023).

Ao retirar a camada exterior, é revelada uma entrada serial de 7 pinos, que foi utilizada para fazer a ligação da base móvel com o controlador, num primeiro momento, com cabos jumper e um módulo conversor USB/Serial. As figuras 2 e 3 demonstram respectivamente a entrada serial do Roomba e o módulo conversor.

Figura 2 – Pinagem porta serial mini-DIN 7 pinos.



Fonte: Manual iRobot® Create® 2 Open Interface (OI) (2023).

Figura 3 – Módulo Conversor Inadequado



Fonte: Os Autores (2023)

Percebeu-se em estágios posteriores do desenvolvimento que o uso de um módulo conversor não era adequado. Como solução, o Arduino UNO, ligado à Raspberry Pi, foi utilizado em substituição ao módulo.

3.2.1.2 Controlador

A principal função do controlador embarcado ao robô no presente projeto é ser capaz de rodar um sistema operacional, para que seja possível a comunicação SSH com a estação base. Com o uso da Raspberry Pi como hardware de processamento, não é necessário designar todo o gerenciamento a um computador externo, ao invés disso deixando a estação base responsável

apenas por enviar comandos através de um *Secure Shell* (SSH) para o controlador em questão. Na figura 4 é possível visualizar o mesmo.

Figura 4 – Raspberry Pi 3 Model B



Fonte: Os Autores (2023).

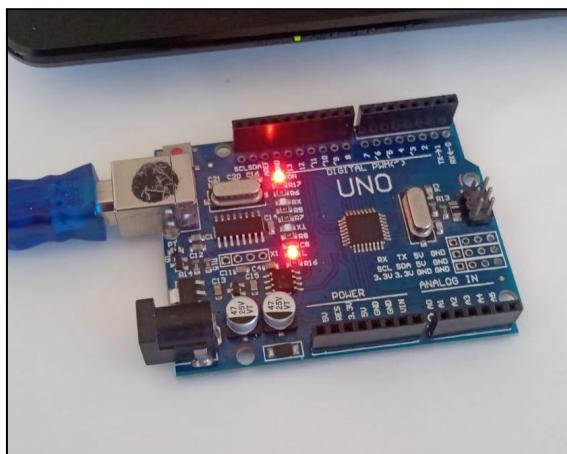
No entanto, devido a problemas de funcionamento relacionados ao que se pensava ser uma incompatibilidade do sistema operacional utilizado com esse *hardware* (Ubiquity Robotics), optou-se pela posterior utilização de outros dois equipamentos, sendo eles um pequeno notebook equipado com o Ubuntu 18.04, o qual foi temporariamente utilizado, e um Arduino UNO, respectivamente demonstrados nas figuras 5 e 6.

5 – Notebook Acer Aspire One



Fonte: Os Autores (2023).

Figura 6 – Arduino UNO



Fonte: Os Autores (2023).

Futuramente no desenvolvimento foi retomada a utilização da Raspberry, em conjunto ao Arduino. Percebeu-se que a conexão serial do mesmo com o Roomba através de seus pinos 0 e 1 (RX⁶ e TX⁷ seriais) não funcionava. Dessa forma, a seção do código de controle demonstrada na figura 7 define dois pinos customizáveis do Arduino (2 e 3) para serem conectados à entrada mini-DIN do robô.

Figura 7 – Código de definição serial

```
#include <SoftwareSerial.h>

#define rx_1Pin 2
#define tx_1Pin 3

// define as portas seriais

SoftwareSerial mySerial = SoftwareSerial(rx_1Pin, tx_1Pin);

void setup() {

    // define os modos dos pinos para tx, rx:
    Serial.begin(9600);

    pinMode(rx_1Pin, INPUT);
    pinMode(tx_1Pin, OUTPUT);
```

Fonte: Os Autores (2023).

⁶ O pino RX se refere ao “Receiver”.

⁷ O pino TX se refere ao “Transmitter”.

3.2.1.3 Fonte de percepção

A fonte de percepção, no contexto do trabalho relacionado, fornece os dados necessários para visualização tridimensional do ambiente em que o robô está inserido. Tais dados são essenciais para um funcionamento satisfatório de seu mapeamento, os quais permitem que o robô, por exemplo, desvie de obstáculos e seja capaz de ter um reconhecimento permanente do local onde está inserido. Para exercer essa função, pode ser utilizado um sensor como o Kinect, que por estar presente no laboratório é um material mais acessível para sua atribuição. Contudo, se notou inviável a inclusão dessa fonte de percepção, deixando em aberto a possibilidade para futuras ocasiões. A figura 8 mostra o Kinect.

Figura 8 – Sensor Kinect Microsoft Xbox 360



Fonte: Os Autores (2023).

3.2.2 Robot Operating System

“O Robot Operating System, popularmente conhecido como ROS, se trata de um conjunto de bibliotecas *open source* de *softwares* e ferramentas que ajudam na construção de aplicações para robôs”⁸ (ROS, 2023 [traduzido e adaptado]). O ROS possui uma *wiki* própria (ROS Wiki, 2023), que, devido aos simples e detalhados tutoriais de utilização fornecidos, é de extrema utilidade para os usuários.

⁸ The Robot Operating System (ROS) is a set of software libraries and tools that help you build robot applications. From drivers to state-of-the-art algorithms, and with powerful developer tools, ROS has what you need for your next robotics project. And it's all open source.

Durante todo o processo de criação da plataforma, diferentes distribuições do ROS foram utilizadas, de acordo com a versão do sistema operacional Ubuntu operada, como a Kinetic, Melodic, Noetic e Humble.

3.2.2.1 Pacotes Externos

Os pacotes externos, no contexto do Robot Operating System, são conjuntos de *softwares* ou códigos desenvolvidos para funcionar e interagir dentro do ecossistema do ROS. Em outras palavras, os conjuntos ofertados reduzem a quantidade de detalhes de menor nível a serem levados em consideração. Esses pacotes são componentes modulares que podem conter diferentes funcionalidades, como controle de *hardware*, algoritmos de percepção, planejamento de movimento, visualização, simulação, entre outros.

Em geral, o atual projeto se utilizou principalmente do pacote externo *Create Autonomy* (*AutonomyLab*), disponível no seu repositório no Github, o qual possui os arquivos necessários e as instruções recomendadas para seu uso.

O ROS e os pacotes relacionados oferecem o que é necessário para o desenvolvimento da plataforma. Contudo, o atual projeto se viu em sucessivas dificuldades para alcançar o devido funcionamento dos pacotes. Dessa forma, optou-se pela criação de códigos simples seguindo os comandos oferecidos pelo manual de interface aberta do iRobot Create 2.

3.2.3 iRobot Roomba Open Interface

Com esse manual, previamente citado na seção 2.3.1, é necessário reduzir o nível do desenvolvimento, fazendo com que seja preciso realizar manualmente as etapas que originalmente seriam automatizadas pelos pacotes ROS.

Primeiramente, é necessário sincronizar a *baudrate* do Roomba e do controlador para que seja possível a transferência de *bits*. Por padrão, a *baudrate* do robô é 115200 *bits* por segundo. Com isso, é possível criar um código simples e executá-lo, enviando as informações para o processador interno do Roomba, que efetiva os comandos.

O Roomba utiliza um sistema onde existe a correspondência de uma sequência de números à uma ação. O exemplo na figura 9 mostra um simples

bloco de comandos contendo as seguintes sequências: a [128] inicia a interface. A sequência [131]⁹ coloca o robô no modo seguro, entrando em um estado em que qualquer comando enviado é executado. O comando [146] utiliza 4 *bytes* e permite o controle bruto e independente do movimento das rodas do Roomba através dos próximos quatro blocos de comando, sendo eles: roda direita *high byte*¹⁰, roda direita *low byte*¹¹, roda esquerda *high byte* e roda esquerda *low byte*. Os números inseridos determinam a velocidade do motor, e é recomendado a inserção de valores moderados. O comando *time.sleep* em Python, ou *delay* no IDE do Arduino, gera um pequeno atraso em milissegundos. Esse comando serve tanto para a adequada interpretação dos blocos por parte do Roomba quanto para a definição de intervalos de execução. Em suma, o código demonstrado abaixo faz com que, quando o usuário aperte a tecla “1”, o robô inicie o protocolo, entre em modo seguro e ande para frente, na velocidade 64.

Figura 9 – Bloco de comandos

```
if (dado=='1')
{
    mySerial.write(128);
    delay(1000);
    mySerial.write(130);
    delay(1000);
    mySerial.write(131);
    delay(1000);
    delay(500);

    mySerial.write(146);
    delay(300);
    mySerial.write(byte(0x00));//high byte
    delay(300);
    mySerial.write(64);
    delay(300);
    mySerial.write(byte(0x00));//high byte
    delay(300);
    mySerial.write(64);
    delay(300);
    delay(200);
}
```

Fonte: Os Autores (2023)

⁹ O código 130 funciona exatamente da mesma forma que o código 131.

¹⁰ Refere-se aos bits mais significativos de um número. Por exemplo, em um número de 16 bits, os mais significativos incluem os bits 8 ao 15.

¹¹ Refere-se aos bits menos significativos de um número. Por exemplo, em um número de 16 bits, os menos significativos incluem os bits 0 ao 7.

Assim como esse bloco de código, é possível definir diferentes movimentações do Roomba, como por exemplo um código que define todas suas velocidades para 0, cancelando assim o movimento do robô.

3.2.4 Sinergia Arduino e Raspberry Pi

Para executar as sequências seriais, é possível gravar o código no Arduino através de seu IDE. Quando em conexão com o Roomba, o controlador indicado envia o comando gravado para o robô, realizando assim, quaisquer sequências. No entanto, não é ideal traçar uma comunicação Arduino-estação base, pois, dessa forma, não é possível realizar um controle manual e em tempo real do código gravado sem que o mesmo esteja em uma conexão direta com o computador base, ou seja, conectado com o auxílio de um cabo USB A/B. Paralelamente, a Raspberry Pi permite a comunicação SSH com a estação base, o que além de viabilizar o controle à distância e *wireless* do robô, por fazer uso do cabo citado apenas entre as duas placas, também possibilita a execução de diferentes blocos de comando em tempo real. Dessa forma, o presente projeto faz uso de ambas as placas conectadas entre si, onde o Arduino envia os comandos gravados ao Roomba e a Raspberry executa diferentes comandos recebidos pelo *secure shell* por meio das teclas predefinidas presentes no código gravado ao Arduino. O funcionamento da predefinição de teclas é discorrido melhor na documentação do projeto.

3.2.5 Documentação

A plataforma de pesquisa visa a incorporação de projetos por parte de colaboradores do campus, o que faz com que seja substancial ofertar de maneira clara as instruções de utilização do robô e seus componentes. Dessa forma, os autores escreveram uma documentação para o projeto, através do uso do GitHub para a criação do repositório, que está disponível para acesso na seção 4.3 do documento. Essa documentação deve ser capaz de auxiliar os utilizadores quando em conjunto ao presente artigo, oferecendo informações pertinentes ao que se refere à plataforma.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão abordados os resultados obtidos da criação da plataforma, bem como informações úteis e vicissitudes relacionadas ao processo de desenvolvimento.

4.1 Resultados

O resultado final do projeto consiste na base móvel Roomba com os controladores Arduino e Raspberry incorporados, permitindo o controle manual do robô, correspondendo com os objetivos esperados.

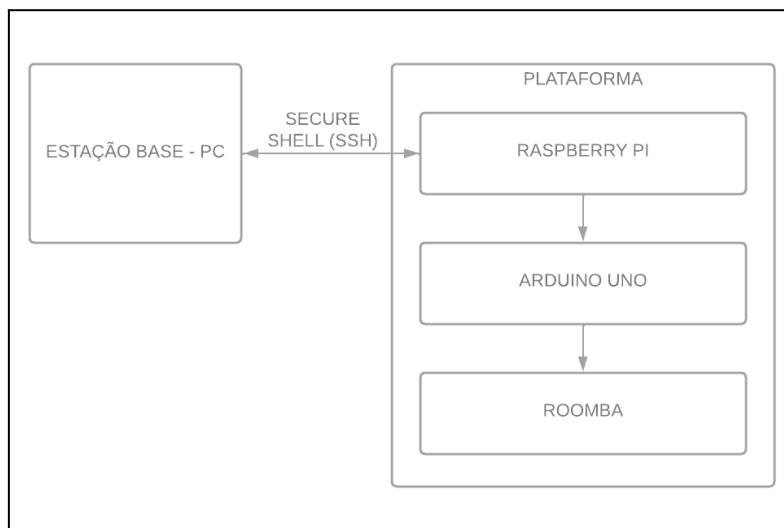
A efetivação da Raspberry como responsável por enviar comandos diretamente para o Roomba não foi alcançada devido a uma série de dificuldades relacionadas aos códigos em Python e módulos conversores. Dessa forma, a presente proposta oferta o uso do Arduino para essa função por sua simplicidade e facilidade ao ser utilizado em projetos de robótica em conjunto com seu IDE, compreendendo para outras funções a Raspberry, por ofertar um significativo aumento na versatilidade de operações, como a comunicação à distância e em tempo real com a estação base via SSH, além de também oferecer facilitada incorporação de novos recursos na estrutura da plataforma de pesquisa, principalmente por ser capaz de operar um sistema operacional, aberto a possibilidades como o uso do ROS. A figura 10 demonstra uma imagem da conexão dos dois controladores e o Roomba, já a figura 11 mostra em uma versão de diagrama essa estrutura e a estação base.

Figura 10 – Estrutura do robô



Fonte: Os Autores (2023)

Figura 11 – Diagrama da estrutura do robô



Fonte: Os Autores (2023)

4.2 Adversidades

O trabalho com recursos físicos pode ser especialmente imprevisível. O desenvolvimento da plataforma de aplicação apresentou diversas dificuldades, tanto de *hardware* como de *software*, onde foram necessárias múltiplas tentativas com controladores e módulos diferentes. Na questão da base móvel como um todo, foi considerado o uso do Robotino (Festo) na gênese do projeto, no entanto, tal robô apresentou mal funcionamento, levando à sua substituição e a utilização do Roomba.

Além disso, foi substancial o desenvolvimento do robô sem a utilização de pacotes externos como o Create Autonomy, os quais apresentaram falhas e se tornaram a origem dos sequenciais problemas, que, por sua vez, ocasionaram atrasos na pesquisa como um todo. Dessa forma, a proposta final foi a conexão serial Raspberry-Arduino-Roomba.

4.3 Documentação

É imprescindível que o atual projeto ofereça o devido auxílio aos colaboradores, visto que o objetivo principal proposto visa justamente a utilização da plataforma por terceiros. Dessa maneira, como discorrido na seção 3.2.5, o seguinte repositório agrupa diversas informações úteis para o manuseio da plataforma: [<https://github.com/RicardoSAV/Projeto-Roomba->].

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto tinha como objetivo o incentivo da tecnologia de robótica móvel por meio da criação da plataforma para aplicação em pesquisa no campus Pinhais, para isso utilizando uma base móvel, nesse caso o robô aspirador de pó Roomba, equipado com o necessário para exercer tal função.

Ao longo do desenvolvimento do trabalho, foram encontradas algumas adversidades, tais como dificuldades para a aplicação de pacotes ROS, afetando diretamente o funcionamento do robô, além de dificuldades diversas envolvendo múltiplos equipamentos de *hardware*.

No entanto, é possível afirmar que os objetivos traçados no início do projeto foram atingidos com êxito, mesmo que fora do cenário ideal em que o robô também é equipado com uma fonte de percepção como o Kinect. Foi possível criar uma plataforma destinada à pesquisa na área de robótica autônoma móvel, por meio da utilização do robô aspirador de pó Roomba em uma conexão serial com o *hardware* de processamento Arduino UNO, ligado à Raspberry Pi, que por sua vez estabelece comunicação SSH com sistemas externos. A proposta de disponibilizar essa plataforma para colaboradores no campus se revela uma escolha viável, uma vez que o robô atende aos requisitos essenciais de funcionamento, além de ter uma documentação adequada para os auxiliar devidamente. Desse modo, essa iniciativa não apenas impulsiona projetos de robótica autônoma, mas também serve como um valioso objeto de estudo nesse campo.

Por fim, por mais que o sensor Kinect não tenha sido implementado, o mesmo não era essencial para o funcionamento básico da plataforma, onde ainda há espaço para a incorporação desse e de outros sensores, graças à versatilidade que a Raspberry oferece com seu sistema operacional.

REFERÊNCIAS

Create_robot. AutonomyLab. Disponível em: https://github.com/AutonomyLab/create_robot. Acesso em 6 de novembro de 2023.

DEKAN, Martin et al. **iRobot Create Used in Education**. Journal of Mechanics Engineering and Automation, Volume 3, Number 4, p. 197-202, 2013. Institute of Control and Industrial Informatics, Faculty of Electrical Engineering and

Information Technology, Slovak University of Technology in Bratislava, Bratislava 812 19, Slovakia. Acesso em: 23 de Agosto de 2023.

Festo. Robotino. Disponível em: https://www.festo.com/br/pt/e/sobre-a-festo/pesquisa-e-desenvolvimento/bionic-learning-network/destaques-de-2010-2012/robotino-r-xt-id_33731/. Acesso em 6 de novembro de 2023.

FREIRE, Raquel. **Nasa vai testar “robô cirurgião” autônomo na Estação Espacial**. TechTudo, 2023. Acesso em: 23 de Agosto de 2023.

GONÇALVES, Paulo et al. **The e-puck, a Robot Designed for Education in Engineering**. In: Proceedings of the 9th Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions. Volume 1. 2009. Acesso em: 30 de Agosto de 2023.

IROBOT. Roomba 600 series. Disponível em: <<https://www.irobotloja.com.br>>. Acesso em: 11 de Outubro de 2023.

MARTINELLI, Dieisson. **Desenvolvimento de um robô autônomo de baixo custo utilizando a plataforma ROS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação do Planalto Norte, São Bento do Sul, 2019. Acesso em 11 de abril de 2023.

O que é robótica e como ela está presente no seu dia-a-dia?. Portal da Indústria. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/robotica/#:~:text=Robótica%20é%20a%20ciência%20que,movimentos%20humanos%20simples%20ou%20complexos>. Acesso em: 23 de Agosto de 2023.

PIO, José Luiz S.; CASTRO, Thais H. C.; JÚNIOR, Alberto N. C. **A Robótica Móvel como Instrumento de Apoio à Aprendizagem de Computação**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE p. 497-506. Universidade Federal do Amazonas - UFAM, 2006. Acesso em: 19 de Abril de 2023.

ROS. Disponível em: <https://www.ros.org>. Acesso em: 6 de novembro de 2023.

ROS Wiki. Disponível em: http://wiki.ros.org/pt_BR. Acesso em 6 de novembro de 2023.

SOBRAL, Andrews Cordolino et al.. **RAVE: Um Robô Como Plataforma Para Pesquisa Em Robótica Móvel Utilizando Um Automodelo**. In: VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica - CONEM. Universidade Federal da Bahia, 2010. Acesso em: 30 de Agosto de 2023.

SOUZA, Raphaell Maciel de et al. **Desenvolvimento de um protótipo de robô móvel de baixo custo para práticas de ensino e pesquisa**. Revista

Principia-Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB. Instituto Federal da Paraíba - IFPB, 2017. Acesso em: 30 de Agosto de 2023.

WOLF, Denis Fernando et al. **Robótica móvel inteligente: da simulação às aplicações no mundo real**. In: Atualizações em Informática 2009. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2009. Acesso em: 10 de maio de 2023.