

Desenvolvimento de roteiros de práticas com Raspberry Pi para o aprendizado em sistemas embarcados.

Matheus de Oliveira Dias ^[1] e Idalmir de Souza Queiroz Júnior ^[2]

^[1] Universidade Federal Rural do Semi-Árido; matheus.dias@alunos.ufersa.edu.br

^[2] Universidade Federal Rural do Semi-Árido; idalmir@ufersa.edu.br

Resumo: Estando cada vez mais presentes na vida das pessoas, os sistemas embarcados são fundamentais no cotidiano delas, podendo ter uma interação direta ou até indireta que não dá para perceber sua interação. Dois equipamentos comum para criar e estudar esses sistemas são os Arduino e os Raspberry Pi, estando cada vez mais presente na educação de jovens nas escolas e nas universidades. Esse trabalho visa apresentar uma introdução à plataforma Raspberry Pi, de uma maneira simples e objetiva, fornecendo aos estudantes um guia introdutório que possibilite o uso educacional da plataforma Raspberry Pi, tanto em aplicações simples como em aplicações de sistemas embarcados mais complexos. Utilizando o Raspberry Pi 3 Model B+, nesse trabalho serão produzidos e testados roteiros com instrução de utilização e práticas simples, para que haja um aprendizado fácil, rápida e mais didática. Nestes roteiros serão apresentadas as características do Raspberry Pi utilizado, a instalação do sistema operacional, e seu uso em aplicações simples de uso de botões, LEDs e sensores digitais, visto que para sensores analógicos é necessária uma placa de conversão. Como finalização deste trabalho, são apresentados anexos com os respectivos roteiros, para que seja executado e dar continuidade ao longo do tempo.

Palavras-chave: Raspberry Pi; Sistemas Embarcados; Programação Python; Raspberry Pi OS; Ensino de Engenharia.

Abstract: Becoming increasingly present in people's lives, embedded systems are fundamental in their daily routines, potentially having both a direct and even indirect interaction that may go unnoticed. Two common tools for creating and studying these systems are Arduino and Raspberry Pi, which are increasingly integrated into the education of young individuals in schools and universities. This work aims to provide an introductory guide to the Raspberry Pi platform in a simple and concise manner, enabling students to use Raspberry Pi for educational purposes, both in basic applications and more complex embedded systems. Using the Raspberry Pi 3 Model B+, this project will develop and test instructions for usage and simple practices, ensuring an easy, quick, and didactic learning experience. These instructions will cover the features of the used Raspberry Pi, the installation of the operating system, and its application in basic tasks involving buttons, LEDs, and digital sensors, while noting that analog sensors require an additional conversion board. To conclude this work, annexes containing the respective instructions are provided for execution and continuous use over time.

Key-words: Raspberry Pi; Embedded Systems; Python Programming; Raspberry Pi OS; Engineering Education.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas embarcados são dispositivos programáveis com capacidades de processar dados e desempenhar tarefas específicas delimitadas, estando presentes em diversas aplicações, desde equipamentos simples que pode haver interação direta no dia a dia, até os mais complexos que não interação direta e está voltado a profissionais específicos, assim se tonado fundamentais na vida cotidiana. Para o funcionamento dos sistemas embarcados é fundamental a presença de microcontroladores, para sistemas mais simples, ou microprocessadores, para sistemas mais complexos, pois é a peça central desses sistemas, saindo deles todas as informações necessárias para o funcionamento de sensores e outros hardwares que fazem parte desse tipo de dispositivo. Para a criação e estudo de sistemas embarcados são bastantes utilizados os Arduino e os Raspberry Pi, que são placas de circuito prontas e que podem receber outros hardwares apenas conectando, com isso dando para rodar e modificar esses sistemas de forma simples e rápida. A maior diferença entre elas, é que os Arduino têm um microcontrolador, com menos poder de processamento, e os Raspberry Pi um microprocessador, mais poder de processamento.

O Raspberry Pi foi criado a partir de uma ideia do engenheiro Eben Upton de desenvolver um microcomputador barato e compacto em uma única placa, para que mais jovens tivessem acesso e interesse em computadores [6]. Anos depois, juntando-se com alguns colegas e professores da Universidade de Cambridge, conseguiu lançar o primeiro protótipo em 2011, e logo depois, teve o lançamento oficial em 2012 do Raspberry Pi 1 Model B [4]. Assim a longo dos anos com sua adoção cada vez maior no ensino de computação e programação, foram lançando diversos modelos, sempre trazendo novidades no hardware e sendo utilizado para novas aplicações.

Na faculdade de engenharia são bastante utilizados os Arduino em sistemas embarcados, sendo desenvolvidos e estudados em diversas aplicações. Com o objetivo de expandir o conhecimento dos estudantes de engenharia adicionando um novo hardware para o desenvolvimento de sistemas embarcados, o presente trabalho adotará o Raspberry Pi. Diferendo dos Arduino que são microcontroladores, os Raspberry Pi são microcomputadores e tem um poder de processamento bem superior, possibilitando o desenvolvimento de ideias para sistemas embarcados bem mais complexas e atingindo novas aplicações, que nos Arduino eram limitados pelo hardware.

Adotando o Raspberry Pi 3 Model B+, por motivo de fácil disponibilidade, pois está disponível na universidade, e é um modelo bastante completo, dando perfeitamente para as intenções deste trabalho, que é desenvolver roteiros e práticas, para depois avaliar se foi ou não de fácil absorção todo o conhecimento básico adquirido nesta nova ferramenta.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

O Raspberry Pi 3 Model B+ foi o modelo escolhido para o desenvolvimento desse trabalho, com suas características apresentadas na Figura 1, agora a partir das suas especificações podem ser definidos todos os periféricos a serem utilizados nele, como a fonte de alimentação de 5 V e 2,5 A e cabo com saída MicroUSB, cartão MicroSD de no mínimo 8 Gb, adaptador de cartão MicroSD para USB-A ou de cartão MicroSD para cartão SD, teclado e mouse com saída USB-A, cabo HDMI e monitor com entrada HDMI.



FIGURA 1. Raspberry Pi 3 Model B+ [2].

O Raspberry Pi 3 Model B+ tem um hardware composto por:

- Processador Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4 GHz;
- Memória RAM de 1 Gb LPDDR2 SDRAM;
- Rede sem fio 2.4 GHz e 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac e Bluetooth 4.2, BLE;
- Rede com fio Gigabit Ethernet ou por USB 2.0 com taxa de transferência máxima de 300 Mbps;
- GPIO de 40-pin;
- Porta HDMI;
- 4 portas USB 2.0;
- Porta CSI para conectar câmera;
- Porta DSI para conectar tela touchscreen (tela sensível ao toque);

- Saída estéreo de 4 polos e porta de vídeo composto;
- Porta MicroSD para carregar seu sistema operacional e armazenar dados;
- Entra de energia de 5 V e 2.5 A corrente contínua (CC);
- Suporte a Power-over-Ethernet (PoE).

Também serão utilizados materiais para montar os circuitos que rodam as programações feita para completar a execução do sistema embarcado, como protoboard, resistores de 220 Ω , LEDs, jumpers e sensor de movimento HC-SR501, sendo esse um sensor digital, pois o Raspberry Pi não funciona sensores analógicos de forma direta.

2.2. Métodos

O método científico aqui adotado é da criação de criar roteiros e práticas para ensinar alunos a utilizar um novo hardware, o Raspberry Pi. Nesse estudo será utilizado um grupo de dois alunos do curso de Engenharia Elétrica, com conhecimentos distintos sobre sistemas embarcados, sendo um que esteja iniciando o curso e não tenha nenhuma experiência em eletrônica e Arduino, e outro próximo de finalizar o curso, bem como possuindo todo o conhecimento e práticas adquiridos durante o curso a respeito do assunto em questão, porém é importante não ter conhecimento prático sobre Raspberry Pi.

Com a escolha do hardware definida, para continuação do trabalho deverão ser feitos roteiros práticos para que os alunos participantes do estudo pudessem aprender e executar sem dificuldades as práticas propostas, como apresentado no fluxograma das etapas de desenvolvimento do trabalho na Figura 2. Com esse intuito, serão feitos quatro roteiros práticos para serem executados em sequência, como os mostrados sequencialmente nos ANEXOS A, B, C e D.

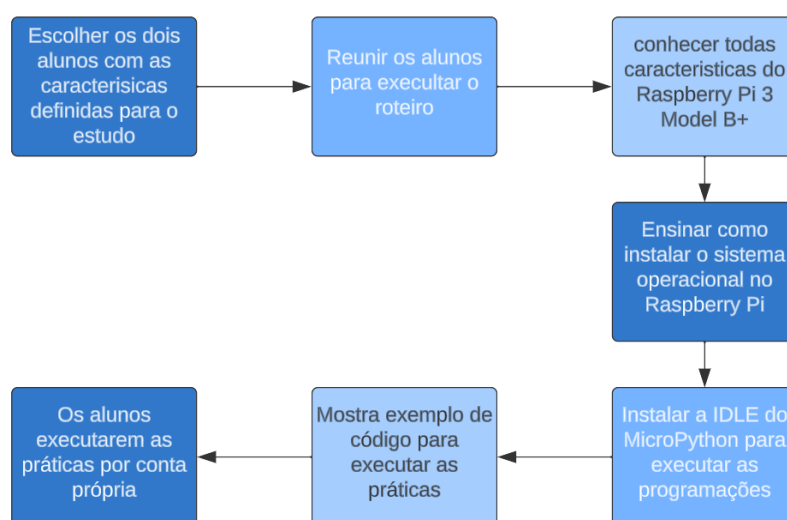


FIGURA 2. Fluxograma da execução dos roteiros (autoria própria).

O primeiro roteiro é uma apresentação de todas as características de hardware do Raspberry Pi 3 Model B+, e todos os periféricos para seu devido funcionamento, como é o caso de uma fonte de alimentação de 5 V e até 2.5 A CC, um cartão MicroSD de no mínimo 8 Gb, um cabo HDMI e um monitor que suporte essa entrada. Além disso, serão apresentados todos os 40 pinos do GPIO, pois é uma parte importante para a criação de sistema embarcados através do dele.

O segundo roteiro apresentara o passo a passo de como instalar o sistema operacional Raspberry Pi OS no Raspberry Pi 3 Model B+, para seu devido funcionamento normal e poder rodar os códigos de programação das práticas solicitadas e qualquer outra atividade que precise utilizar o Raspberry Pi.

O terceiro roteiro é a primeira prática em si, mas antes, deve-se começar o estudo do mapeamento dos 40 pinos GPIO bem como a instalação do ambiente desenvolvimento de programação em Python 3, sendo a linguagem padrão utilizada nessas práticas, apesar do Raspberry Pi poder trabalhar com várias linguagens de programação. Exemplificando, esse roteiro apresenta um de programa para acender e apagar um LED com intervalo de 1 s, como apresentado na Figura 3, assim facilitando a interação com a linguagem de Python 3 em sistemas embarcados (MicroPython).

```

File Edit Format Run Options Window Help
import RPi.GPIO as gpio
import time

gpio.setmode(gpio.BCM)
gpio.setup(5, gpio.OUT)

while (1):
    gpio.output(5, gpio.HIGH)
    time.sleep(1)
    gpio.output(5, gpio.LOW)
    time.sleep(1)

gpio.cleanup()

```

FIGURA 3. IDLE de Python 3 com código para acender e apagar um LED (autoria própria).

Por fim, o aluno deve desenvolver o questionário, resolvendo um código para o funcionamento de um sinal de trânsito, depois colocar para resolver apenas 21 vezes, e, por fim, o código de funcionamento de dois sinais sincronizados.

O quarto roteiro é uma prática com a utilização do sensor de movimento, pois é o único sensor digital à disposição para utilizar na faculdade, onde o Raspberry Pi 3 Model B+ só reconhece sensores digitais, já que, para utilizar sensores analógicos, tem que ter uma placa de conversão. No questionário requer-se a criação de um sistema com sensor de presença, para verificar se está funcionando, para então acrescentar um LED com o intuito de simular uma sala com luz que acender a partir da presença de pessoas. Assim conclui a aplicação dos roteiros, sendo analisado como cada um desenvolveu as programações e os sistemas embarcados montados, para poder validar o objetivo do trabalho.

3. RESULTADOS

Para iniciar a amostra dos resultados os dois estudantes participantes serão referenciados como estudante A, sendo esse o que está começando o curso de Engenharia Elétrica, e o estudante B, o que está finalizando o curso de Engenharia Elétrica, e nenhum conhecimento sobre o Raspberry Pi. Com tudo definido, os estudantes receberam as quatro práticas e foram instruídos a fazer de forma sequencial, como estão nos ANEXOS A, B, C e D. Notando que os dois primeiros roteiros são apenas de instrução para a utilização do Raspberry Pi 3 Model B+.

Nessa primeira parte, nenhum aluno teve dificuldade para conhecer as partes do hardware e para instalar o sistema operacional nele, pois os dois têm familiaridade com computadores, e o hardware trabalhado praticamente replica um computador de forma bem compacta. Com tudo montado e funcionando corretamente, pôde-se iniciar a segunda parte dos roteiros, que é a execução de algumas práticas, após esse breve conhecimento sobre o Raspberry Pi 3 Model B+.

3.1. Prática: Semáforo de trânsito com Raspberry Pi

Esse roteiro inicia apresentando um novo conhecimento, a instalação da IDLE Python 3, que serve para instalar e executar todo código desenvolvido para o sistema embarcado. Também não tendo dificuldade os alunos instalaram de forma corretamente.

Antes de iniciar o exercício foi montado o circuito e executado o código do exemplo mostrado no roteiro da primeira prática. Em seguida os alunos começaram a executar os exercícios da prática, a partir daí pôde-se notar algumas divergências entre eles. O aluno A começou a apresentar algumas dificuldades na criação do circuito, pois até o momento mau tinha criado algum, só visto em outras práticas na faculdade. Então foi preciso ajudá-lo, mas nada que ele não aprendesse rápido, pois a prática é bastante simples. O aluno A montou o circuito com bastante facilidade, pois já trazia bastante conhecimento em circuitos eletrônicos adquiridos durante todo o curso.

Na execução do primeiro código o aluno A não teve tantas dificuldades como na montagem do circuito, mas seu código se apresenta desorganizado em relação ao aluno B, que, apesar de nunca ter utilizado Python para rodar um sistema embarcado, ele tem bom conhecimento em Arduino, que o código se parece bem familiar. Tendo os dois códigos do primeiro exercício apresentado na Figura 4.

```

File Edit Format Run Options Window Help
import RPi.GPIO as gpio
import time

gpio.setmode(gpio.BCM)
gpio.setup(5, gpio.OUT)
gpio.setup(6, gpio.OUT)
gpio.setup(26, gpio.OUT)
while (1):
    gpio.output(5, gpio.HIGH)
    time.sleep(5)
    gpio.output(5, gpio.LOW)
    gpio.output(6, gpio.HIGH)
    time.sleep(2)
    gpio.output(6, gpio.LOW)
    gpio.output(26, gpio.HIGH)
    time.sleep(7)
    gpio.output(26, gpio.LOW)
gpio.cleanup()

```

(a)

```

File Edit Format Run Options Window Help
import RPi.GPIO as gpio
import time

vermelho = 5
amarelo = 6
verde = 26

gpio.setmode(gpio.BCM)
gpio.setup(vermelho, gpio.OUT)
gpio.setup(amarelo, gpio.OUT)
gpio.setup(verde, gpio.OUT)

while (1):
    gpio.output(vermelho, gpio.HIGH)
    time.sleep(7)
    gpio.output(vermelho, gpio.LOW)
    gpio.output(verde, gpio.HIGH)
    time.sleep(5)
    gpio.output(verde, gpio.LOW)
    gpio.output(amarelo, gpio.HIGH)
    time.sleep(2)
    gpio.output(amarelo, gpio.LOW)

gpio.cleanup()

```

(b)

FIGURA 4. Código do primeiro exercício da prática três dos dois alunos: (a) Aluno A; (b) Aluno B (autoria própria).

No segundo exercício os dois alunos não tiveram problema em mudar a programação e fazer ele executar de forma que a repetição seja de forma limitada, pois só bastava um pouco de conhecimento de programação em Python e os laços de repetição, como apresenta a Figura 5.

```

File Edit Format Run Options Window Help
import RPi.GPIO as gpio
import time

gpio.setmode(gpio.BCM)
gpio.setup(5, gpio.OUT)
gpio.setup(6, gpio.OUT)
gpio.setup(26, gpio.OUT)
t=1
while (t<=21):
    gpio.output(5, gpio.HIGH)
    time.sleep(5)
    gpio.output(5, gpio.LOW)
    gpio.output(6, gpio.HIGH)
    time.sleep(2)
    gpio.output(6, gpio.LOW)
    gpio.output(26, gpio.HIGH)
    time.sleep(7)
    gpio.output(26, gpio.LOW)
    t=t+1
gpio.cleanup()

```

(a)

```

File Edit Format Run Options Window Help
import RPi.GPIO as gpio
import time

vermelho = 5
amarelo = 6
verde = 26
t = 1

gpio.setmode(gpio.BCM)
gpio.setup(vermelho, gpio.OUT)
gpio.setup(amarelo, gpio.OUT)
gpio.setup(verde, gpio.OUT)

while (t<=21):
    gpio.output(vermelho, gpio.HIGH)
    time.sleep(7)
    gpio.output(vermelho, gpio.LOW)
    gpio.output(verde, gpio.HIGH)
    time.sleep(5)
    gpio.output(verde, gpio.LOW)
    gpio.output(amarelo, gpio.HIGH)
    time.sleep(2)
    gpio.output(amarelo, gpio.LOW)

    t=t+1

gpio.cleanup()

```

(b)

FIGURA 5. Código do segundo exercício da prática três dos dois alunos: (a) Aluno A; (b) Aluno B (autoria própria).

No terceiro exercício o aluno A teve bastante dificuldade para a criação do código, acabando por não conseguir executar o programa corretamente. Nesse caso ele não conseguiu criar a lógica de programação correta. Diferente do aluno B que conseguiu executar com facilidade seu código, como apresenta a Figura 6.

```

File Edit Format Run Options Window Help
import RPi.GPIO as gpio
import time

gpio.setmode(gpio.BCM)
gpio.setup(5, gpio.OUT)
gpio.setup(6, gpio.OUT)
gpio.setup(26, gpio.OUT)
gpio.setup(17, gpio.OUT)
gpio.setup(27, gpio.OUT)
gpio.setup(22, gpio.OUT)
while (1):
    gpio.output(5, gpio.HIGH)
    gpio.output(17, gpio.HIGH)
    time.sleep(7)
    gpio.output(5, gpio.LOW)
    gpio.output(17, gpio.LOW)
    gpio.output(22, gpio.HIGH)
    gpio.output(6, gpio.HIGH)
    time.sleep(5)
    gpio.output(6, gpio.LOW)
    gpio.output(22, gpio.LOW)
    gpio.output(27, gpio.HIGH)
    time.sleep(2)
    gpio.output(27, gpio.LOW)
    gpio.output(26, gpio.HIGH)
    time.sleep(7)
    gpio.output(26, gpio.LOW)
gpio.cleanup()

```

(a)

```

File Edit Format Run Options Window Help
import RPi.GPIO as gpio
import time

vermelho1 = 5
amarelo1 = 6
verde1 = 26
vermelho2 = 17
amarelo2 = 27
verde2 = 22

gpio.setmode(gpio.BCM)
gpio.setup(vermelho1, gpio.OUT)
gpio.setup(amarelo1, gpio.OUT)
gpio.setup(verde1, gpio.OUT)
gpio.setup(vermelho2, gpio.OUT)
gpio.setup(amarelo2, gpio.OUT)
gpio.setup(verde2, gpio.OUT)

while (1):
    gpio.output(vermelho1, gpio.HIGH)
    gpio.output(verde2, gpio.HIGH)
    time.sleep(5)
    gpio.output(verde2, gpio.LOW)
    gpio.output(amarelo2, gpio.HIGH)
    time.sleep(2)
    gpio.output(vermelho1, gpio.LOW)
    gpio.output(amarelo2, gpio.LOW)
    gpio.output(verde1, gpio.HIGH)
    gpio.output(vermelho2, gpio.HIGH)
    time.sleep(5)
    gpio.output(verde1, gpio.LOW)
    gpio.output(amarelo1, gpio.HIGH)
    time.sleep(2)
    gpio.output(amarelo1, gpio.LOW)
    gpio.output(vermelho2, gpio.LOW)

gpio.cleanup()

```

(b)

FIGURA 6. Código do terceiro exercício da prática três dos dois alunos: (a) Aluno A; (b) Aluno B (autoria própria).

Assim ficou finalizada a primeira prática, com algumas dificuldades superadas pelo aluno A, mas obtendo o conhecimento através da prática, podendo fazer uma futura avaliação se houve evolução para a prática seguinte.

3.2. Prática: Sensor de movimento com Raspberry Pi

A segunda prática é uma continuação da primeira, pois com os conhecimentos adquiridos anteriormente, pode ser aplicado agora com o acréscimo de um sensor digital de movimento. Nesta prática, a montagem do circuito não apresentou dificuldade para nenhum dos alunos.

No primeiro exercício, o aluno A teve uma dificuldade do código para a impressão na tela do Raspberry Pi. Enquanto o aluno B não teve nenhuma dificuldade na programação. Ambos os alunos obtiveram códigos muito parecidos, como prática anterior, assim apresentado na Figura 7.

```

File Edit Format Run Options Window Help
import RPi.GPIO as gpio
import time

gpio.setmode(gpio.BCM)
gpio.setup(23, gpio.IN)
while (1):
    print (gpio.input(23))
gpio.cleanup()

```

(a)

```

File Edit Format Run Options Window Help
import RPi.GPIO as gpio
import time

gpio.setmode(gpio.BCM)
gpio.setup(5, gpio.IN)

while (1):
    print (gpio.input(5))

gpio.cleanup()

```

(b)

FIGURA 7. Código do primeiro exercício da prática quatro dos dois alunos: (a) Aluno A; (b) Aluno B (autoria própria).

O segundo exercício exige um pouco de conhecimento, pois teve que ser criada a interação do LED com o sensor, mas sem muitas dificuldades os dois alunos entenderam e conseguiram executar, como apresenta a Figura 8.


```
File Edit Format Run Options Window Help
import RPi.GPIO as gpio
import time

gpio.setmode(gpio.BCM)
gpio.setup(5, gpio.OUT)
gpio.setup(23, gpio.IN)
while (1):
    print (gpio.input(23))
    gpio.output(5, gpio.input(23))
gpio.cleanup()
```

(a)

```
File Edit Format Run Options Window Help
import RPi.GPIO as gpio
import time

LED = 6

gpio.setmode(gpio.BCM)
gpio.setup(LED, gpio.OUT)
gpio.setup(5, gpio.IN)

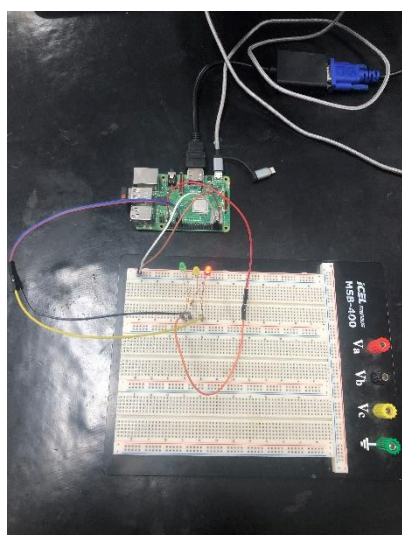
while (1):
    print (gpio.input(5))
    gpio.output(LED, gpio.input(5))

gpio.cleanup()
```

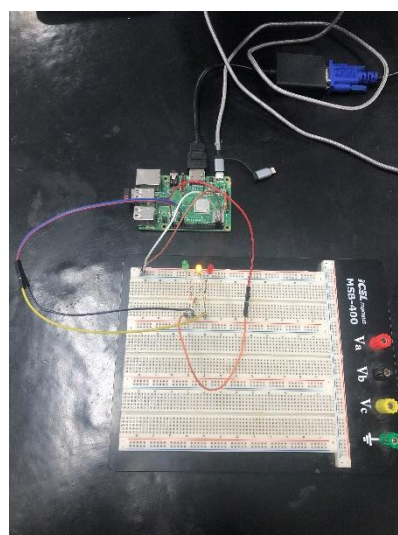
(b)

FIGURA 8. Código do segundo exercício da prática quatro dos dois alunos: (a) Aluno A; (b) Aluno B (autoria própria).

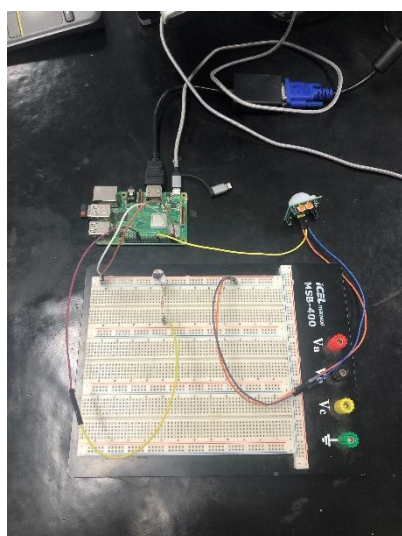
Ao final da execução das práticas pode ser avaliado a participação e o conhecimento no assunto dos dois alunos, existindo uma evolução no conhecimento prático dos dois alunos, principalmente do aluno A. A montagem dos circuitos propostos deve ser montada no estilo das Figura 9.



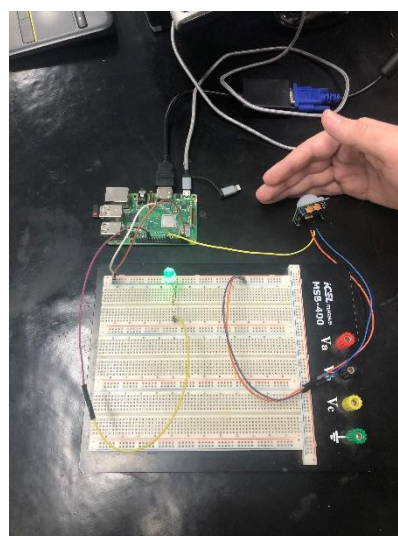
(a)



(b)



(c)



(d)

FIGURA 9. Referência ao primeiro circuito montado da prática três e do segundo circuito montado da prática quatro: (a) LED ligado no vermelho; (b) LED ligado no amarelo; (c) Sem detectar movimento LED apagado; (d) Com movimento detectado LED aceso (autoria própria).

Assim, pode notar que o aluno A, que está iniciando o curso de Engenharia Elétrica, apresentou dificuldades na execução de alguns exercícios, mas não na parte interessada nesse trabalho, e sim dificuldades em conhecimentos prévios para a utilização de Raspberry Pi para sistemas embarcados, como nos casos da criação de circuitos, que durante o curso de Engenharia Elétrica pode ser adquirido na prática. Também é necessário um conhecimento prévio de programação, como Python 3 e C++ aplicado para Arduino, esse sendo bastante visto durante o curso. Enquanto o aluno B, que está finalizando o curso de Engenharia Elétrica, não apresentou dificuldades nas práticas, pois carrega um conhecimento prévio necessário para a execução dessas práticas.

Com tudo isso pode mostrar que esse material está completo para iniciar a utilizar um Raspberry Pi 3 Model B+, se a pessoa que o utiliza tiver um conhecimento prévio de alguns assuntos. Esses assuntos são um conhecimento comum para os alunos de Engenharia, e principalmente Engenharia Elétrica, que acabam conhecendo por estar na grade curricular ou de pelo próprio interesse do aluno. Assim como proposto inicialmente, essas práticas cumprem seu objetivo por atender inicialmente alunos de Engenharia da instituição.

4. CONCLUSÃO

A criação desses roteiros e as práticas são bastantes vantajosas para aprimorar o conhecimento dos alunos de engenharia na faculdade, pois tem o pressuposto de quem vai usá-los tem o conhecimento prévio necessário na área de sistemas embarcados com Arduino e linguagens de programação bastante utilizadas na engenharia, como Python e C++. Assim, com o aprendizado básico proposto no hardware e software do Raspberry Pi, os alunos podem ampliar seus horizontes de conhecimento em sistemas embarcados, que atualmente só podem ser aplicados nos Arduino que estão disponíveis na instituição.

As práticas apresentam uma pequena amostra de coisas básicas, que já são feitas com Arduino, em uma nova plataforma, e assim adquirindo novos conhecimentos à medida que for sendo utilizada e estudada, podendo criar sistemas embarcados mais complexos que realmente o Raspberry Pi faz mais sentido utilizar.

Por tanto a curto prazo esse trabalho cumpre seus objetivos, sendo essas práticas utilizadas na faculdade para uma adesão fácil de um novo conhecimento para os alunos de engenharia. Mas, num futuro, pode melhorá-las para que pessoas com nenhum conhecimento na área possam realizar essas práticas.

REFERÊNCIAS

- [1] Matt Richardson, Shawn Wallace. Primeiros Passos com o Raspberry PI. Novatec. Ed. O'Reilly. 2013.
- [2] Wikimedia Commons. Raspberry Pi 3 B+ (26931245278). Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Raspberry_Pi_3_B%2B_\(26931245278\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Raspberry_Pi_3_B%2B_(26931245278).png). Acesso em: 05 de setembro de 2023.
- [3] Raspberry Pi Foundation. Raspberry Pi Documentation. Disponível em: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/raspberry-pi.html>. Acesso em: 25 de setembro de 2023.
- [4] TechRepublic. Inside the Raspberry Pi: The story of the \$35 computer that changed the world. Disponível em: <https://www.techrepublic.com/article/inside-the-raspberry-pi-the-story-of-the-35-computer-that-changed-the-world/>. Acesso em: 25 de setembro de 2023.
- [5] ETC. HC-SR501 Datasheet. Disponível em: <https://datasheetspdf.com/mobile/775434/ETC/HC-SR501/1>. Acesso em: 25 de setembro de 2023.
- [6] Raspberry Pi Foundation. About. Disponível em: <https://www.raspberrypi.org/about/>. Acesso em: 05 de setembro de 2023.
- [7] Raspberry Pi Foundation. Getting Started with Raspberry Pi. Disponível em: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/getting-started.html>. Acesso em: 05 de setembro de 2023.
- [8] Raspberry Pi Foundation. Raspberry Pi 3 B+ Mechanical Drawing. Disponível em: <https://datasheets.raspberrypi.com/rpi3/raspberry-pi-3-b-plus-mechanical-drawing.pdf>. Acesso em: 25 de setembro de 2023.
- [9] Sérgio de Oliveira. Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi. Novatec. 2ª Ed. 2021.
- [10] Eben Upton, Gareth Halfacree. Raspberry Pi – Manual do Usuário. Novatec. 2013.

ANEXO A – Conhecendo o Raspberry Pi 3 Model B+

https://drive.google.com/file/d/16M-43-rYK5E9IwZuysSR2g1-wTlFVH2Q/view?usp=share_link

ANEXO B – Instalando o Raspberry Pi OS

https://drive.google.com/file/d/1depDDA0ORWy4HJj50cqLaVrrWyMeWiVX/view?usp=share_link

ANEXO C – Semáforo de trânsito com Raspberry Pi

https://drive.google.com/file/d/1UOriGYfHFqt4EIqSWVrvd4n8krqFqAPR/view?usp=share_link

ANEXO D – Sensor de movimento com Raspberry Pi

https://drive.google.com/file/d/1R-d_F5n5j1NBp33BrCmPT4btMDoYOmXi/view?usp=share_link