

Submitted: Feb 16th, 2024

Approved: Mar 22th, 2024

Proposta de implementação de automatização de ar-condicionado com Raspberry

Proposal for implementation air conditioning automation with Raspberry

Propuesta para implementar la automatización del aire acondicionado con Raspberry

André Luiz Martendal da Silva

Bacharelado em Engenharia da Computação pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: Curitiba, Paraná, Brasil

E-mail: andre24916@unifatecpr.com.br

Joel Rabitch Junior

Bacharelado em Engenharia da Computação pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: Curitiba, Paraná, Brasil

E-mail: JOEL97941@unifatecpr.com.br

Marjori Klinczak

Mestre em Computação Aplicada pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: Curitiba, Paraná, Brasil

E-mail: marjori.klinczak@unifatecpr.com.br

RESUMO

A evolução da tecnologia promove a automação de inúmeras atividades, otimizando o tempo e trazendo mais eficiência. O Raspberry Pi é um minicomputador de placa única, extremamente versátil e que pode assumir o papel central em diversas automações. Ele permite a criação de um sistema inteligente capaz de controlar o funcionamento do ar-condicionado, por exemplo, ajustando automaticamente a temperatura com base na temperatura da CPU. Dessa forma, o objetivo geral do projeto, é descrever, de forma teórica, os componentes necessários, ambientes de programação e a linguagem de programação que será utilizada para enviar comandos infravermelhos ao ar-condicionado, que além de proporcionar maior eficiência energética também permitem ajustes precisos de temperatura e monitoramento contínuo, assim a automação de ar-condicionado com o Raspberry Pi não apenas otimiza o uso de recursos, mas também aumenta o conforto e a praticidade para os usuários.

Palavras-chave: Raspberry, automação, programação, tecnologia, infravermelho.

ABSTRACT

The evolution of technology promotes the automation of numerous activities, optimizing time and increasing efficiency. The Raspberry Pi is a highly versatile single-board minicomputer that can play a central role in various automations. It enables the creation of an intelligent system capable of controlling the operation of an air conditioner, for example, by automatically adjusting the temperature based on the CPU temperature. Thus, the general objective of the project is to theoretically describe the necessary components, programming environments, and the programming language that will be used to send infrared commands to the air conditioner, which, in addition to providing greater energy efficiency, also allow precise temperature adjustments and continuous monitoring. In this way, air conditioning automation with the Raspberry Pi not only optimizes resource usage but also increases comfort and convenience for users.

Keywords: Raspberry, automation, programming, technology, infrared.

RESUMEN

La evolución de la tecnología promueve la automatización de innumerables actividades, optimizando el tiempo y aportando más eficiencia. Raspberry Pi es una minicomputadora de placa única extremadamente versátil que puede ocupar un lugar central en una variedad de aplicaciones de automatización. Permite la creación de un sistema inteligente capaz de controlar el funcionamiento del aire acondicionado, por ejemplo, ajustando automáticamente la temperatura en función de la temperatura de la CPU. Así, el objetivo general del proyecto es describir, de forma teórica, los componentes necesarios, los entornos de programación y el lenguaje de programación que se utilizarán para enviar comandos infrarrojos al aire acondicionado, que además de proporcionar una mayor eficiencia energética también permite ajustes precisos de temperatura y un monitoreo continuo, por lo que la automatización del aire acondicionado con la Raspberry Pi no solo optimiza el uso de recursos, sino que también aumenta la comodidad y practicidad para los usuarios.

Palabras clave: Raspberry, automatización, programación, tecnología, infrarrojos.

1 INTRODUÇÃO

Desde os tempos remotos, o homem vem tentando fazer com que utensílios e ferramentas o substituam no trabalho, sendo o seu maior sonho criar um autômato que realize todas as suas funções operacionais (ROSÁRIO, 2012). Assim, a automação é um conceito e um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem ativos capazes de atuar com ótima eficiência pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam (MORAES e CASTRUCCI, 2007), mas também pode significar a interação do ser humano com a máquina, no intuito de realizar alguma tarefa ou chegar a um objetivo específico.

Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), em 2021, 90% dos brasileiros tem acesso à internet e isso possibilita acesso à informação e meios para conseguir inovar cada vez mais na tecnologia (IBGE, 2021). Além de promover inovação, a automação contribui para a economia de energia. Segundo a nota técnica EPE 030/2018 da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o consumo de energia para climatização em edifícios é o que mais cresce entre os diferentes usos, tendo mais que triplicado entre 1990 e 2016. Dessa forma, o conforto ambiental, normalmente gerado por meio de ventiladores elétricos ou aparelhos de ar-condicionado, está contribuindo cada vez mais com o aumento demanda global de energia (IEA, 2018).

Com base nisso, usa-se a Raspberry Pi que é um minicomputador integrado em uma única placa e que contempla diversos avanços para a acessibilidade a tecnologia graças ao seu baixo custo que obtém uma importância na democratização da tecnologia, pois torna-se viável em comparação aos computadores convencionais, de acordo com a CEO Magazine (2024). Sua integração é realizada através de um sensor de temperatura para ligar e desligar um ar-condicionado em ambientes empresariais, como aeroportos e fábricas no geral, visando o conforto térmico do público que compõe o ambiente e facilitando processos que teriam que ser feitos manualmente.

Tem-se então como objetivo geral do trabalho a elaboração de um projeto teórico cuja proposta é a de automatizar um ar-condicionado de maneira eficiente, economizando tempo, energia e diminuindo a dependência de interferência humana através da automação. O objetivo é desenvolver um método replicável que não dependa de conexão à internet, indo além do conceito de IoT (Internet das Coisas).

Com seu design compacto e acessível, a Raspberry Pi tornou-se uma ferramenta essencial para diversas aplicações, como, automação de ambientes empresariais, controle de temperatura e iluminação, segurança, educação em programação e robótica e eletrônica. Sua eficiência energética e facilidade de uso tornam-na ideal para projetos inovadores. Além disso, a compatibilidade com diversos sistemas operacionais e linguagens de programação, como Python, ampliam suas possibilidades.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RASPBERRY PI

A Raspberry Pi surgiu no ano de 2006 na universidade de Cambridge (UK), baseado no microcontrolador ATmega644, e nesse meio tempo o layout e os esquemas foram disponibilizados ao público por meio de circuito impresso, com o objetivo de motivar aos jovens a desenvolverem.

"O Raspberry Pi é pequeno – aproximadamente o mesmo tamanho de um cartão de crédito – mas isso não significa que ele não seja poderoso: um Raspberry Pi pode fazer qualquer coisa que um computador maior e mais sedento por energia pode fazer, embora não necessariamente tão rapidamente. A família Raspberry Pi nasceu do desejo de incentivar mais educação prática em informática ao redor do mundo." (HALFACREE, 2024).

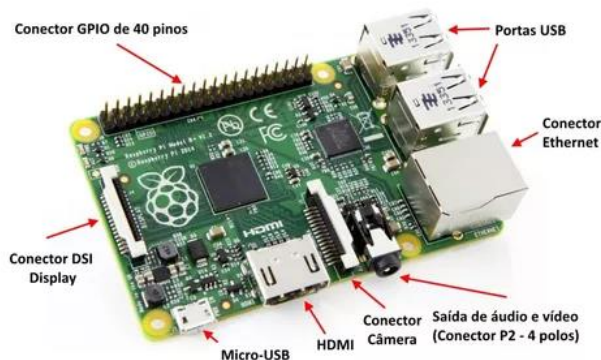
Contudo, diversas pessoas utilizam a Raspberry Pi para fins de aprendizado na área, como por exemplo o Python, assim, conseguindo criar sistemas de câmeras de segurança, controles de iluminação, robôs, entre outros. Além disso, a Raspberry tem um custo muito acessível, tem um tamanho reduzido e é fácil de usar,

"O Raspberry Pi foi criado para inspirar uma nova geração de engenheiros e inventores, para que eles possam ver que é possível fazer coisas incríveis com tecnologia, sem a barreira do custo." (UPTON, Eben, 2016. p. 12).

O Raspberry PI, conforme demonstrado na Figura 1, é um minicomputador que elimina a necessidade de adaptadores adicionais e liberando as portas USB para outras aplicações. Para armazenamento de dados utiliza um cartão SD, pois não inclui memória não-volátil.

"O Raspberry PI possui capacidade de processamento, armazenamento e memória RAM inferior à de um computador desktop convencional, porém possui recursos suficientes para ser utilizado na fabricação de projetos de robótica, como portas de entrada digitais, além de portas USB e HDMI. Trabalha com um sistema operacional baseado na distribuição Linux Debian, de código aberto. (SILVA et al., 2014).

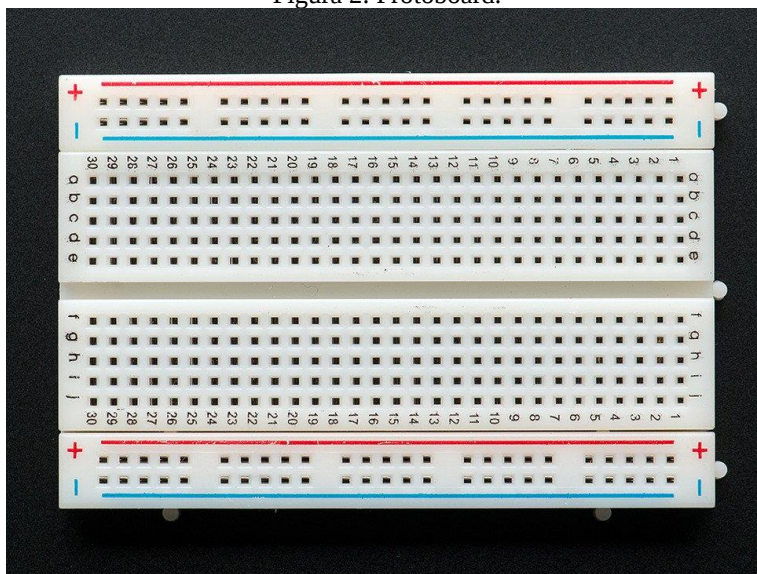
Figura 1 – Raspberry Pi.



Fonte: Arduino e Cia (2014)

A Protoboard funciona de acordo com uma plataforma de montagem temporária de circuitos eletrônicos, sendo assim ela funciona com furos condutores, linhas de conexão, barramentos de conexão e a alimentação, Além de ter uma flexibilidade de montagem e uma facilidade de modificação, portanto esses componentes encaixam-se devido às fileiras de pequenos grampos metálicos. Para testá-la, é possível utilizar um multímetro realizando a leitura de continuidade de cada linha. Também é possível utilizar os pinos digitais de uma placa da plataforma Arduino para realizar leituras de 5V de cada trilha. Como a protoboard propicia um teste do circuito, serão conectados os emissores e receptores infravermelho. A figura dois representa uma protoboard.

Figura 2: Protoboard.



Fonte: Vida de Silício (2018)

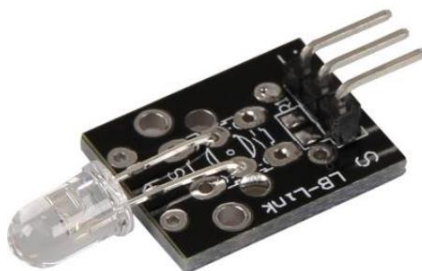
O Módulo LED Emissor Infravermelho (IR) KY-005: é amplamente utilizado em projetos com plataformas microcontroladoras como Arduino, PIC, Raspberry e NodeMCU. Seu uso mais comum é em projetos que utilizam dispositivos infravermelhos, como controles remotos. Além disso, pode ser aplicado em simuladores de segurança, onde um fototransistor detecta a interrupção do sinal infravermelho para acionar uma ação no microcontrolador,

"Os módulos KY-005 (transmissor infravermelho) e KY-022 (receptor infravermelho) são amplamente utilizados devido à sua versatilidade e facilidade de uso em projetos de controle remoto, automação residencial e sistemas de comunicação por infravermelho. O KY-005 é projetado para transmitir sinais de IR codificados, enquanto o KY-022 é otimizado para receber e decodificar esses sinais. Esses módulos funcionam a uma frequência de 38 kHz, um padrão amplamente suportado por dispositivos IR comerciais, tornando-os ideais para aplicações de hobby e profissionais, especialmente com Arduino e Raspberry Pi."(SCHÖFFLER, 2021).

O emissor infravermelho possui especificações que garantem seu funcionamento. Operando em uma tensão de 2.7 a 5.5V DC e com uma frequência de 38KHz, sendo ideal para aplicações de controle remoto, automação residencial e sistemas controle automatizados. Com uma faixa de temperatura de operação entre -25 a 85°C, o sensor é capaz de funcionar de maneira estável em ambientes com variações térmicas. Suas dimensões de 7.4 x 6.4 x 5.1mm facilitam a utilização em locais com pouco espaço, fazendo do sensor uma escolha prática e eficiente para aplicações de automação com controle infravermelho.

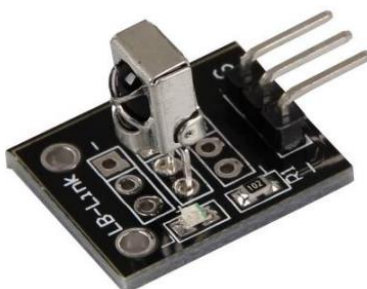
Junto ao Emissor, também é conectado um receptor, o módulo Receptor Infravermelho KY-022, que é usado para captar sinais codificados emitidos por LEDs infravermelhos. Ele pode capturar e filtrar sinais modulados e vem montado em uma placa de circuito impresso com uma barra de pinos, facilitando seu uso. É compatível com diversos microcontroladores em aplicações que envolvem a emissão de sinais infravermelhos, possuindo um receptor IR 1838 que opera nas tensões entre 2,7 e 5,5V além de se comunicar com o Raspberry Pi por meio de um único pino de sinal e recebe e envia dados codificados, assim permitindo uma comunicação de nível serial com plataformas controladoras, diretamente com Raspberry Pi. A Figura 3 apresenta a imagem de um emissor infravermelho, enquanto a Figura 4 apresenta de um receptor.

Figura 3: Módulo LED Emissor Infravermelho KY-022.



Fonte: ALLDATASHEET (2017)

Figura 4: Módulo Receptor Infravermelho KY-005.



Fonte: ALLDATASHEET (2020)

A radiação infravermelha foi descoberta por William Herschel em 1800 (NASA, 2023), sendo emitida através das vibrações moleculares e alterando as cargas elétricas dos átomos. Isso provoca o calor emitindo a radiação infravermelha. É uma radiação não ionizante que possui um longo comprimento de onda e não é visível ao olho humano, pois está fora do espectro visível da Luz, mas pode ser sentida em forma de calor.

O comprimento de onda do infravermelho está entre 700 nanômetros (nm) e 1 milímetro (mm). Sendo divididos em IRA, IRB e IRC que são definidas com base no comprimento de onda utilizado:

IRA – 780 nanômetros (nm) a 1,4 micrômetros (μm).

IRB – 1,4 micrômetros (μm) a 3 micrômetros (μm).

IRC – 3 micrômetros (μm) a 1 milímetro (mm)

O infravermelho possui diversas aplicações na saúde e tecnologia, como os controles remotos usam esse tipo de radiação como forma de transmissão do tipo Simplex, que podem executar uma tarefa específica no aparelho de destino através de códigos pré-programados. Existem dois principais tipos de controle, os controles via Radiofrequência e o controle remoto infravermelho que é o foco central deste trabalho.

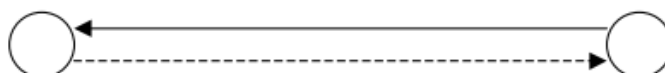
O controle infravermelho envia um pulso cada vez que algum botão é apertado, e nesse instante é enviado um código binário em específico que está associado a cada comando que está associado a cada botão.

Neste trabalho, o infravermelho será usado como sistema de transmissão, pois transmite dados através da luz. Atualmente, existem três métodos de transmissão de dados, que são denominados como Simplex, Half-Duplex e Full-Duplex. Em que cada um deles tem maneiras diferentes de comunicação com os dispositivos, mas a finalidade de todos é transmitir dados. O Simplex é utilizado para transmitir os dados de um ponto para o outro, neste modo a comunicação ocorre em apenas uma direção; No Half-Duplex, dados podem ser enviados e recebidos, porém pelo mesmo meio transmissão. Devido a isso, não é possível os dois pontos transmitirem dados simultaneamente, pois existe apenas um canal. E por fim, o Full-Duplex é semelhante ao Half-Duplex, mas com a diferença que os dois pontos podem transmitir os dados simultaneamente, é denominada como comunicação bidirecional simultânea. A diferença entre eles pode ser observada na Figura 5.

Figura 5: Características dos canais de transmissão de dados.
Simplex



Half-Duplex



Full-Duplex



Fonte: MIRANDA, Ramon Dutra (2011)

2.2 PYTHON

O Python é uma linguagem de programação de alto nível, criada em 1991 por Guido Van Rossum, é uma linguagem interpretada e atualmente está na versão Python 3.13.0, anunciada no dia 07/10/2024, de acordo com o site oficial¹.

¹ python.org

“A linguagem de programação Python é muito interessante como primeira linguagem de programação devido linguagem à sua simplicidade e clareza. Embora simples, é também uma linguagem poderosa, podendo ser usada para administrar sistemas e desenvolver grandes projetos. É uma linguagem clara e objetiva, pois vai direto ao ponto, sem rodeios.” (Menezes, 2010, p.21).

A linguagem Python está aliada ao Raspberry, usando o sistema operacional Raspberry Pi OS Lite e escrevendo o código através do próprio sistema operacional da Raspberry, vale ressaltar que apesar da Raspberry ser um minicomputador, não possui uma unidade de armazenamento própria, o que se torna necessário o uso de um cartão de memória para guardar as informações.

3 METODOLOGIA

O artigo desenvolvido visa automatizar, de forma teórica o controle de temperatura de um ar-condicionado utilizando uma Raspberry Pi, com isso, a automação é realizada por meio de controle infravermelho, com detecção de dispositivos externos como pen drives e monitoramento da temperatura da CPU. O objetivo é que o sistema ligue, desligue e ajuste automaticamente a temperatura do ar-condicionado sem a necessidade de interação humana, a partir das estruturas condicionais inseridas na programação da Raspberry Pi ou de configurações salvas em um pen drive.

Quando se utiliza um controle remoto que não seja wi-fi, é enviado uma um comando diretamente para o ar-condicionado e através de um receptor infravermelho pode-se verificar esse código enviado e replicado, para outros fins. Nesse caso, o receptor infravermelho recebe esses dados, que serão incluídos no código de programação e replicados em determinadas situações através das estruturas de condição, assim sempre que o sensor captar alguma alteração da temperatura no meio, fará a execução de um comando através do Emissor infravermelho, substituindo o controle do ar-condicionado.

O sistema de comunicação utilizado neste artigo é o unidirecional, denominado Simplex, pois apenas pode enviar sinal e não pode recebê-lo, diferente da comunicação Half duplex ou full duplex. A escolha deve-se devido a maior compatibilidade com ar-condicionado, pois são majoritariamente compatíveis com essa comunicação. A função do receptor infravermelho é somente para copiar os comandos enviados pelos controles,

porém é possível utilizar bases de dados prontas para replicar comandos em Python usando o emissor infravermelho.

Para isso, foram utilizadas as bibliotecas *Python*², *pigpio*³ e *pyudev*⁴. O Python foi selecionado pela sua simplicidade e pela vasta disponibilidade de bibliotecas, que facilitam a interação com o hardware da Raspberry Pi. A biblioteca *pigpio* foi usada para gerenciar os sinais de infravermelho permitindo o envio de sinais IR precisos, essenciais para controlar o ar-condicionado, enquanto a *pyudev* faz a detecção automática da presença de dispositivos conectados, realizando a leitura das configurações salvas e monitorando a temperatura. Assim, o sistema monitora constantemente a temperatura da CPU e adapta o controle de acordo com os valores obtidos.

3.1 IMPLEMENTANDO O EMISSOR E RECEPTOR INFRAVERMELHO AO RASPBERRY PI

A tabela 1 exemplifica as pinagem e conexão dos receptores e emissor infravermelho e a figura 6 ilustrará a instalação dos componentes na protoboard.

Tabela 1: Representação dos pinos do receptor e emissor infravermelho.

Componente	Pino	Conexão na Raspberry Pi
Receptor KY-005	VCC	Pino 1 - 3.3V
	GND	Pino 6 - GND
	Signal	Pino 10 - GPIO15
Emissor KY-022	VCC	Pino 1 – 3.3V
	GND	Pino 14 - GND
	Signal	Pino 8 - GPIO14

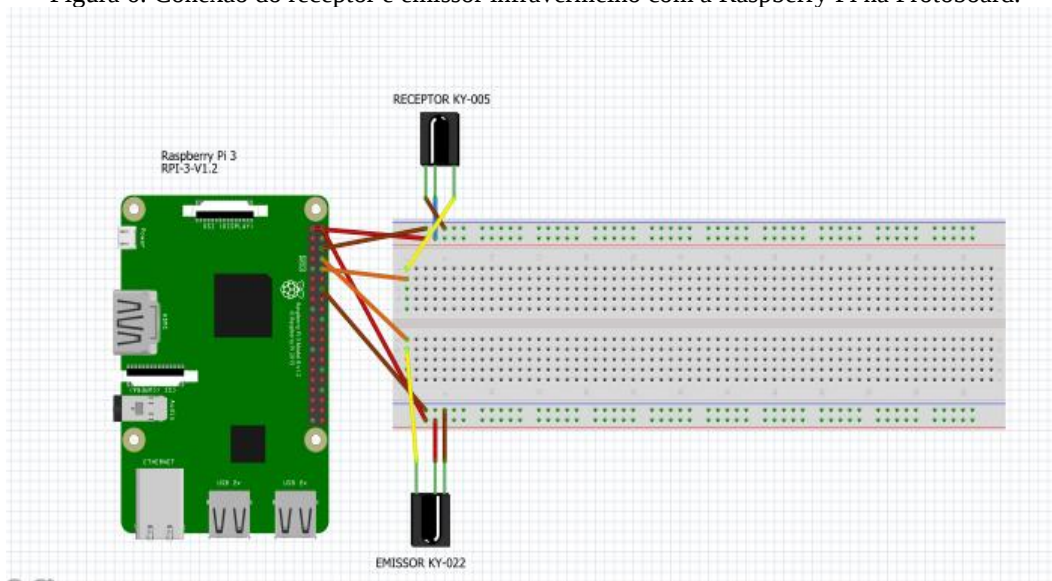
Fonte: Dos autores (2024)

² <https://docs.python.org/3/>

³ <http://abyz.me.uk/rpi/pigpio/python.html>

⁴ <https://pyudev.readthedocs.io/en/latest/>

Figura 6: Conexão do receptor e emissor infravermelho com a Raspberry Pi na Protoboard.



Fonte: dos Autores (2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base em estudos, nota-se que o sensor da Raspberry Pi, apesar de extremamente funcional, pode ser substituído por um sensor de temperatura externo, um periférico, para obter maior precisão em determinadas temperaturas em tempo real. Ademais, o sistema de automação diminui o contato com o ser humano consideravelmente, mas não ao ponto de ser totalmente independente. A parte que envolve o software não tem problemas ou gargalos existentes, o Python traz mais facilidade em comparação com a linguagem C, que é amplamente utilizada, porém há uma dificuldade em conseguir os comandos por base dados na internet, sendo necessário utilizar o controle do ar-condicionado para identificar os comandos. Ajustes específicos no código Python foram feitos para otimizar a leitura de temperatura e facilitar a interação do usuário, tornando o sistema mais eficiente e fácil de utilizar.

Durante a execução, observa-se que a Raspberry PI precisa ser posicionada em algum lugar próximo ao ar-condicionado, para haver maior precisão na temperatura e envio do sinal. Durante o funcionamento, o ar-condicionado não ficaria ligado em momentos que não haveria necessidade, economizando energia elétrica, porém ainda é necessário programar um tempo em específico que o ar-condicionado esteja em funcionamento, e caso houvesse necessidade, ligá-lo novamente, pois o aparelho tem maior eficiência em ambiente fechado para haver mais estabilidade na temperatura.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A automação de ar-condicionado usando uma Raspberry Pi é um projeto viável, podendo ter o custo acessível conforme indicado na tabela 2, mas que pode exigir adaptações no ambiente para a instalação, devido a placa ser compacta e acessível, ela permite uma implementação prática. Em relação à eficiência energética e ao conforto térmico, ambos são cada vez mais valorizados, especialmente em locais como fábricas e aeroportos.

Tabela 2: Valores e descrição dos componentes.

Componente	Descrição	Custo aproximado (USD)	Custo aproximado (BRL)
Raspberry PI 3	Microcontrolador	US\$: 35,00 – 50,00	R\$:300,00 – 500,00
Fonte alimentação	Fonte 5V 3A.	US\$: 10,00 – 15,00	R\$: 25,00 – 80,00
Cartão MicroSD	Armazenamento para S.O.	US\$: 10,00 – 20,00	R\$: 50,00-100,00
KY – 005	Emissor Infravermelho.	US\$: 0,50 – 5,00	R\$: 5,00 – 10,00
KY - 022	Receptor Infravermelho.	US\$: 0,50 – 5,00	R\$: 5,00 – 10,00

Fonte: Dos Autores (2024)

Assim, desenvolveu-se, de forma teórica, um sistema automatizado para controle do ar-condicionado, visando minimizar a dependência da intervenção humana. Os resultados indicaram que o sistema automatizado com Raspberry Pi reduziria a necessidade de intervenção humana e proporcionaria economia de energia, pois evitaria que estivesse ligado desnecessariamente. No entanto, a precisão do sensor de temperatura interno é limitada, sugerindo a necessidade de um sensor externo para maior confiabilidade. A proximidade da Raspberry Pi ao ar-condicionado foi essencial para o funcionamento adequado do sistema, especialmente em ambientes fechados.

Dessa forma, o uso da Raspberry Pi abre possibilidades de melhorias, incluindo a adição de sensores adicionais, conexão Wi-Fi e algoritmos de IA para ajustes automáticos. Já como trabalhos futuros, novos testes podem considerar o posicionamento de aparelhos em diferentes condições ambientais e a implementação de sensores adicionais, como de presença de sensores de temperatura para intensificar o controle autônomo, uso de um sinal de Wi-Fi ou rádio frequência para longa distância. Para um sistema totalmente autônomo, pode-se utilizar IA's para analisar e colocar dados.

REFERENCIAS

ARDUINO E CIA. **O que é o Raspberry Pi e onde comprar.** Disponível em: <https://www.arduinoecia.com.br/o-que-e-o-raspberry-pi-e-onde-comprar/>. Acesso em: 26 nov. 2024.

ARDUINO E CIA. **O que é o Raspberry Pi e onde comprar.** Disponível em: <https://www.arduinoecia.com.br/o-que-e-o-raspberry-pi-e-onde-comprar/>. Acesso em: 15 dez. 2024.

ALLDATASHEETPT. **Módulo LED Emissor Infravermelho KY-022.** Disponível em: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1221267/ETC2/KY-005.html>. Acesso em: 15 out. 2024.

ALLDATASHEETPT. **Módulo Receptor Infravermelho KY-022.** Disponível em: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/download/1221272/ETC2/KY-022.html>. Acesso em: 15 out. 2024.

CASA CIVIL. **90% dos lares brasileiros já têm acesso à internet no Brasil, aponta pesquisa.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2022/setembro/90-dos-lares-brasileiros-ja-tem-acesso-a-internet-no-brasil-aponta-pesquisa>. Acesso em: 10 out. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Nota Técnica EPE 030/2018 - Uso de Ar-Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética.** Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2018. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-341/NT%20EPE%20030_2018_18Dez2018.pdf. Acesso em: 10 out. 2024.

ENSIN-E. **Entenda as características básicas da luz.** Disponível em: <https://ensin-e.edu.br/luz/>. Acesso em: 10 out. 2024.

HALFACREE, Gareth. **The Official Raspberry Pi Beginner's Guide: How to use your new computer.** 4. ed. [S.l.]: Raspberry Pi Foundation, 2024.

IBGE. **Internet já é acessível em 90,0% dos domicílios do país em 2021.** Agência de Notícias IBGE, 16 set. 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/34954-internet-ja-e-acessivel-em-90-0-dos-domicilios-do-pais-em-2021>. Acesso em: 15 novembro. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Space cooling.** Disponível em: <https://www.iea.org/energy-system/buildings/space-cooling>. Acesso em: 10 dez. 2024.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. **Infrared radiation.** Disponível em: <https://iloencyclopaedia.org/pt/part-vi-16255/radiation-non-ionizing/item/654-infrared-radiation>. Acesso em: 10 out. 2024.

LINUX USB Subsystem. (2024). **USB Device Detection and Management in Linux.**

Disponível em: <https://www.kernel.org/doc/html/latest/driver-api/usb.html>. Acesso em: 10 out. 2024.

MIRANDA, R. D. **Comunicação de Dados e Redes de Computadores**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://ramonrdm.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/09/apostila-v4-0.pdf>. Acesso em: 05 out. 2024.

MORAES, Cícero Couto de; CASTRUCCI, Plínio de Lauro. **Engenharia de automação industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 347 p. ISBN 978-8521615323.

MENEZES, N. N. C. **Introdução à Programação com Python: Algoritmos e lógica de programação para iniciantes**. 2ed. São Paulo: Novatec, Acesso em: 10 out. 2024.

MOTA, Allan. **Como usar uma Protoboard?** 20 mar. 2018. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/protoboard/>. Acesso em: 08 nov. 2024.

PIGPIO. (2024). **pigpio library for Raspberry Pi GPIO control**. Disponível em: <http://abyz.me.uk/rpi/pigpio/>. Acesso em: 10 out. 2024.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. (2024). **Miscellaneous operating system interfaces**. Disponível em: <https://docs.python.org/3/library/os.html>. Acesso em: 10 out. 2024.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. (2024). **time — Time access and conversions**. Disponível em: <https://docs.python.org/3/library/time.html>. Acesso em: 10 out. 2024.

PYUDEV. (2024). **pyudev Documentation: Python bindings to libudev**. Disponível em: <https://pyudev.readthedocs.io/en/latest/>. Acesso em: 10 out. 2024.

RASPBERRY PI FOUNDATION. (2024). **Raspberry Pi Documentation**. Disponível em: <https://www.raspberrypi.org/documentation/>. Acesso em: 10 out. 2024.

RASPBERRY PI FOUNDATION. **Raspberry Pi 3 Model B+**. Disponível em: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

RASPBIAN OS. (2024). **Raspbian OS Lite Documentation**. Disponível em: <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian-pi-os/>. Acesso em: 10 out. 2024.

RAWJANI, Muhammad Muzammil. **How democratized technology is changing the game**. The CEO Magazine, 2023. Disponível em: https://digitalmag.theceomagazine.com/how-democratized-technology-is-changing-the-game/?_ga=2.188046440.157231996.1734298288-1368456543.1729124692. Acesso em: 15 novembro. 2024.

ROSÁRIO, João Maurício. **Automação industrial**. 1. ed. São Paulo: Baraúna, 2012. 515 p. ISBN 978-8579230004.

SILVA, André Luiz Materndal. **Conexão do receptor e emissor infravermelho com a Raspberry Pi na Protoboard.** 2024.

SILVA, André Luiz Materndal. **Visão esquemática da conexão do receptor e emissor infravermelho com a Raspberry Pi.** 2024.

SILVA, João Lucas de S.; CAVALCANTE, Michelle M.; CAMILO, Romério da S.; GALINDO, Adailton L.; VIANA, Esdriane C. **Plataforma Arduino integrado ao PLX-DAQ: Análise e aprimoramento de sensores com ênfase no LM35.** In: XIV Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe (ERBASE). Feira de Santana, BA, 2014; CINTED-UFRGS Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 18, nº 2, dez. 2020. Disponível em: <https://revistas.ufrgs.br/renote/article/view/110287>. Acesso em: 10 out. 2024.

TANENBAUM, A. S., & BOS, H. (2015). **Modern Operating Systems.** 4th ed. Pearson.

UPTON, E., & HALFACREE, G. (2016). **Raspberry Pi User Guide.** 4th ed. Wiley. Acesso em: 10 out. 2024.

VAN ROSSUM, G., & DRAKE, F. L. (2009). **Python 3 Reference Manual.** Python Software Foundation. Acesso em: 10 out. 2024.