



UM SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE TEMPERATURA QUE UTILIZA A INTERNET DAS COISAS

A TEMPERATURE MONITORING AND CONTROL SYSTEM USING THE INTERNET OF THINGS

UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE LA TEMPERATURA A TRAVÉS DEL INTERNET DE LAS COSAS

Ana Carolina Mariath Magalhães Corrêa e Castro¹
Mário Mestria²

DOI: 10.54751/revistafoco.v16n2-106

Recebido em: 09 de Janeiro de 2023

Aceito em: 10 de Fevereiro de 2023



RESUMO

A Internet das Coisas (IoT) é um conceito que representa a conexão entre a Internet e os elementos do dia a dia, de forma que atividades rotineiras tornam-se automáticas e sejam simplificadas. Ao adicioná-la ao cotidiano traz-se eficiência às atividades comuns. Ainda, a conexão sem fio apresentada pela Internet permite a visualização em tempo real em qualquer lugar, adicionando às suas vantagens. Ademais, o monitoramento e o controle da temperatura tornam-se cada vez mais evidente e necessário em diferentes ambientes, como comercial, industrial ou residencial. Dessa forma, é imprescindível que os controles de processos acompanhem a evolução tecnológica, e consequentemente a evolução da Internet nessas diversas áreas. Este trabalho propõe monitoramento da temperatura por meio de comunicação sem fio e com visualização em tempo real em uma página da web ou em uma interface de aplicativo móvel, desenvolvido no *MIT App Inventor* (Aplicativo do Instituto Tecnológico de Massachusetts). Ao implementar comando via hardware e software utilizou-se um sistema de ventilação para diminuir a temperatura ambiente. Os dados são coletados através de um sensor de temperatura e umidade DHT11, e a comunicação é feita com o módulo Wi-Fi ESP8266 Node MCU, juntamente com a placa de desenvolvimento Arduino UNO. Assim, foi possível condicionar o cooler para funcionar de acordo com temperaturas pré-estabelecidas na construção do código na IDE (*Integrated Development Environment* - Ambiente de Desenvolvimento Integrado) do Arduino. Portanto, esse projeto é de baixo custo e uma alternativa vantajosa para controle e monitoramento de temperatura implementando o conceito de IoT.

Palavras-chave: Internet das coisas; controle e monitoramento de temperatura; comunicação sem fio; visualização em tempo real.

¹ Graduanda em Engenharia Elétrica. Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Campus Vitória. Avenida Vitória, 1729, Jucutuquara, Vitória – ES, CEP: 29040-780. E-mail: anacmariath@gmail.com

² Doutor em Computação (UFF). Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Campus Vitória. Avenida Vitória, 1729, Jucutuquara, Vitória – ES, CEP: 29040-780. E-mail: mmestria@uol.com.br

ABSTRACT

Internet of Things (IoT) is a concept that refers to the connection between everyday elements and the Internet, in a way that common daily activities can be automated and simplified. The addition of it to our daily routine allows ordinary actions to become more efficient. Furthermore, the use of Internet connection as a way of communicating enables live display at any place, which adds to its advantages. Also in everyday life, temperature control becomes more and more necessary in many different environments, such as industrial, commercial or residential. Thus, control processes need to accompany the evolution of Internet connectivity in many fields, throughout applications that can be used in mobile devices alongside these processes. This paper proposes temperature monitoring of an environment, via wireless communication and with live interface display on a web page or on a mobile application, developed in MIT App Inventor (Massachusetts Institute of Technology). While implementing commands via hardware and software a procedure to lower room temperature was applied through a ventilation system. The data are collected through a DHT11 temperature sensor, and the wireless communication is through a Node MCU Wi-Fi module, alongside the development board Arduino UNO. It was possible to condition the cooler to work accordingly with a preset temperature range by using its IDE (Integrated Development Environment). Thereby, this project is a low-cost and advantageous alternative to temperature control while implementing the concept of IoT.

Keywords: Internet of things; temperature control and monitoring; wireless communication; real-time visualization.

RESUMEN

La Internet de los objetos (IoT) es un concepto que representa la conexión entre Internet y los elementos de la vida cotidiana, de modo que las actividades rutinarias se automaticen y se simplifiquen. Incorporarlo a la vida cotidiana aporta eficacia a las actividades comunes. Además, la conexión inalámbrica que ofrece Internet permite la visualización en tiempo real en cualquier lugar, lo que aumenta sus ventajas. Además, la vigilancia y el control de la temperatura son cada vez más evidentes y necesarios en distintos entornos, como el comercial, el industrial o el residencial. De este modo, es esencial que los controles de los procesos sigan la evolución tecnológica y, en consecuencia, la evolución de Internet en estos distintos ámbitos. Este trabajo propone la monitorización de la temperatura mediante comunicación inalámbrica y visualización en tiempo real en una página web o en una interfaz de aplicación móvil, desarrollada en MIT App Inventor (Aplicación del Instituto Tecnológico de Massachusetts). Al aplicar el control mediante hardware y software se utilizó un sistema de ventilación para reducir la temperatura ambiente. Los datos se recogen a través de un sensor de temperatura y humedad DHT11, y la comunicación se realiza con el módulo Wi-Fi ESP8266 Node MCU, junto con la placa de desarrollo Arduino UNO. Así, fue posible acondicionar el refrigerador para que funcionara de acuerdo con temperaturas preestablecidas al construir el código en el IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) de Arduino. Por lo tanto, este proyecto es de bajo coste y una alternativa ventajosa para el control y monitorización de la temperatura implementando el concepto IoT.

Palabras clave: Internet de las cosas; control y monitorización de la temperatura; comunicación inalámbrica; visualización en tiempo real.

1. Introdução

O desenvolvimento da Internet das Coisas (IoT – Internet of Things) revolucionará uma série de setores, desde a automação, transporte e energia, até a área de saúde, serviços financeiros e nanotecnologia (PIYARE; TAZIL, 2011). A tecnologia IoT pode ser aplicada para criar um novo conceito e espaços de desenvolvimento mais amplos às casas e aos condomínios inteligentes, com a finalidade de fornecer conforto, melhorar a qualidade de vida e reduzir consumo de energia (ANDRADE et al., 2021).

IoT pode ser introduzida como a conexão entre componentes físicos e virtuais aplicados à diferentes tecnologias, e implementados para comunicação e processamento de dados que são alterados de acordo com comandos pré-estabelecidos (KHAN, 2019). Dessa forma, Internet das Coisas é um conceito que se refere à relação entre elementos do cotidiano e a Internet, com o propósito de automatizar e simplificar ações diárias. Ao adicioná-la às rotinas do dia a dia, ações comuns como acender e apagar as luzes, ou outros eletrodomésticos tornam-se mais eficientes.

A Internet evoluiu de acordo com o desenvolvimento tecnológico implementado pela sociedade, podendo ser denominada de acordo com suas fases ou “eras” como apontadas por Khan (2019) em seu trabalho; os níveis de desenvolvimento apresentados vão desde bibliotecas virtuais em páginas da web, evoluindo para o mercado financeiro online, como o e-commerce (comércio virtual), seguindo para redes sociais e finalmente incorporam a conexão entre máquinas e dispositivos com a Internet das Coisas. Assim, percebe-se que o termo, o significado e a aplicação da Internet evoluem cada vez mais de forma que acompanhar esse processo se torna natural.

De acordo com o trabalho de Choab *et al.* (2019), o sistema de controle e monitoramento de casas são de baixo custo e flexíveis, utilizando um servidor de micro-web, conectividade IP (*Internet Protocol*) para acessar e controlar os dispositivos remotamente usando um *smartphone*. Já no trabalho de Sawidin, S., A. (2018), o controle de temperatura e umidade do ambiente é realizado por meio de um micro controlador e uso de *smartphone*.

Em (CASTRO; MESTRIA, 2022) o controle de temperatura utilizou componentes eletrônicos com comunicação via *bluetooth* através de um

dispositivo móvel, apresentando a eficiência proporcionada pelo uso de aplicativo; ainda em trabalhos futuros aponta-se essa aplicação através da IoT. Nota-se que, atualmente, a Internet está cada vez mais presente nas atividades cotidianas e em diferentes áreas, como em indústrias e áreas comerciais.

A variedade de setores em que pode ser aplicada garante a necessidade de adaptar e desenvolver aplicações. Conexão Wi-Fi, 4G e 5G oferecem oportunidades nessas aplicações através de dispositivos móveis, possibilitando a comunicação em tempo real. Aplicativos desenvolvidos para dispositivos móveis facilitam o controle de atividades como o controle e o monitoramento da temperatura em um ambiente.

Este trabalho ressalta o uso de Wi-Fi para estabelecer uma conexão entre uma página da web atualizada e visualizada em tempo real por meio de um aplicativo ou navegador, com dados obtidos de um sensor de temperatura e umidade DHT11.

Para isso, a comunicação sem fio é estabelecida, juntamente com uma página da web projetada no ambiente de desenvolvimento integrado do Arduino (IDE – *Integrated Development Environment*), ao integrar-se a linguagem de programação C com a linguagem de programação HTML.

Nessa IDE também foi feita a programação dos componentes do circuito, de forma que a Internet das Coisas foi incorporada à aplicação.

Assim, propõe-se a viabilidade da construção de um sistema simples a partir de componentes eletrônicos relacionados à Internet das Coisas para o controle e monitoramento da temperatura de um ambiente.

2. Materiais e Métodos

Essa pesquisa propõe o controle de temperatura através de um sistema de ventilação e o monitoramento por meio de uma página da web com visualização em aplicação móvel, utilizando placas de desenvolvimento e comunicação Wi-Fi. A programação envolve Arduino e sua IDE, um software livre orientado em projeto *copyleft* (MCROBERTS, 2011). A utilização dessa plataforma de desenvolvimento permitiu que fosse incorporada à linguagem de programação C a linguagem de programação HTML, estabelecendo-a no código.

HTML é comumente utilizada ao construir-se uma página na web, podendo ser facilmente explorada sua aplicação dentro de outras linguagens. Neste projeto essa linguagem foi a responsável por estabelecer a conexão com a Internet, definindo-se o endereço IP (*Internet Protocol* – Protocolo da Internet) que está conectado à uma rede, permitindo a comunicação sem fio para que possa ser acessada a página de exibição dos dados da aplicação. Para a configuração de uma página da web comandos HTML são necessários, bem como para a comunicação entre os componentes apresentados no circuito da aplicação. A Tabela 1 apresenta os componentes de hardware utilizados no projeto, bem como seus respectivos valores.

Tabela 1: Hardwares do circuito projetado

Itens	Componentes	Valor (R\$)
1	Sensor de Temperatura e Umidade DHT11	21,76
2	Arduino Uno	56,91
3	Módulo Wi-Fi ESP8266 NodeMCU	32,20
4	Cooler	9,00
5	Protoboard	19,80
6	Resistores 10kΩ	1,43
7	Diodo 1N4007	0,10
8	Transistor NPN TIP122	1,50
9	Jumpers macho-macho e macho-fêmea	23,50
10	Dissipador	3,12

Fonte: Elaborado pelo autor.

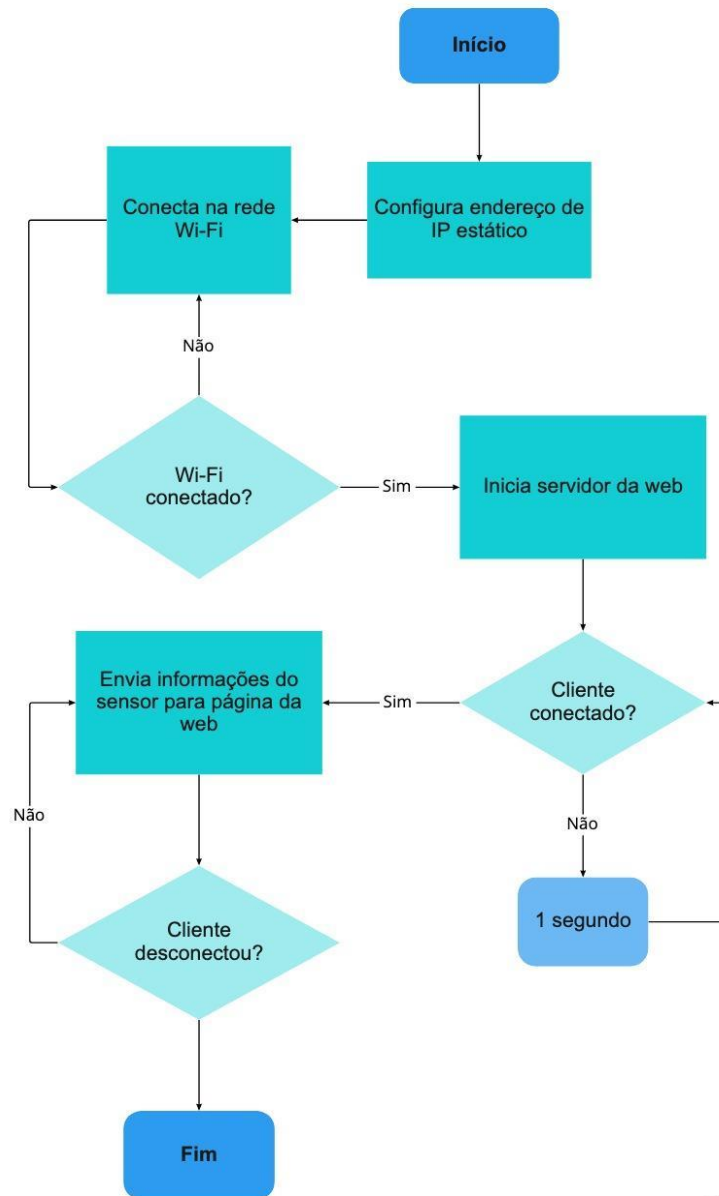
Os componentes representados pelos itens 5 a 10 da Tabela 1 são dispositivos eletrônicos responsáveis por conectar os elementos principais do circuito, permitindo ou não a passagem de corrente, acionando o cooler e controlando a dissipação de calor do sistema de forma a não comprometer seu funcionamento. O Arduino envia os comandos de controle para o sistema de ventilação ser acionado, de acordo com os dados de temperatura e umidade captados pelo sensor DHT11. Já o módulo Wi-Fi ESP8266 NodeMCU, também utilizado como placa de desenvolvimento, realiza a comunicação entre o sensor

e a página da web projetada pelo código. Esse é o dispositivo que ao ser empregado transforma o sistema em uma aplicação da Internet das Coisas. Um sistema de controle de temperatura automático com monitoramento em tempo real, podendo ser aproveitado em diferentes dispositivos e diferentes redes no cotidiano.

Para testes do sistema projetado e verificação de seu funcionamento adequado estabeleceu-se no código para os dispositivos eletrônicos, parâmetros de temperatura tornando automático o controle do sistema de ventilação. Logo, para a faixa de variação considerada têm-se como temperatura ambiente valores de 20°C a 27°C, mantendo o cooler desligado. Enquanto temperaturas abaixo de 20°C são consideradas frias, portanto também não devem acionar o cooler e temperaturas acima de 27°C são quentes, implicando na necessidade de redução de temperatura. Porém, para cada ambiente em que o sistema é aplicado essa faixa de temperatura deve ser alterada de acordo com a necessidade.

Para o projeto com os componentes apresentados na Tabela 1, estabelecem-se as conexões físicas, porém para o funcionamento proposto é necessária a elaboração do código. O fluxograma apresentado pela Figura 1 representa o desenvolvimento da programação para o envio de dados e conexão com a Internet.

Figura 1: Fluxograma do funcionamento do código para a aplicação.



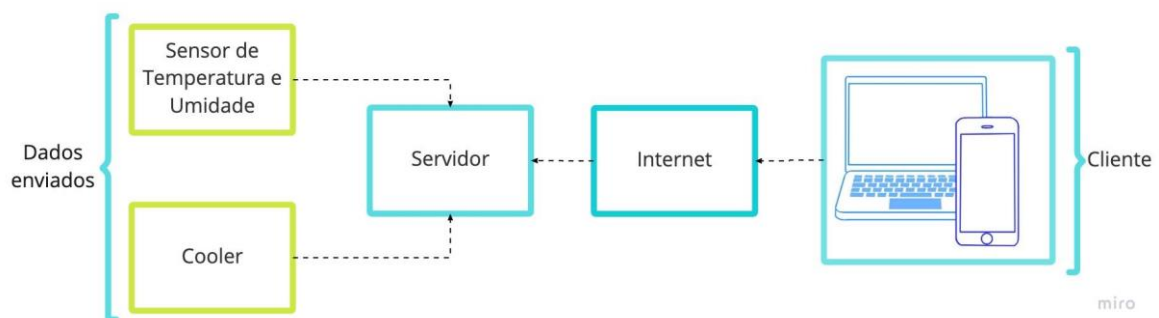
Fonte: Elaborado pelo autor.

O fluxograma, Figura 1, organiza a ordem de acontecimentos elaborados na programação, ou seja, ao dar início ao programa o endereço IP definido no código é configurado para a aplicação de modo que não será necessário verificar o monitor serial ou adicionar à programação o envio desse endereço. Em seguida, conecta-se à rede Wi-Fi configurada no código com o nome e a senha, verifica-se a conexão e prossegue para iniciar o servidor da web quando estiver conectada. O servidor aguarda receber uma solicitação de um cliente para acessar a página e recebida, envia as informações coletadas pelo sensor DHT11

à página da web, atualizando a página conforme as informações são recebidas. Finalizada a conexão estabelecida pelo cliente, o servidor novamente aguarda outra conexão.

Apresenta-se o fluxograma da Figura 2, onde demonstra-se a ideia de Servidor e Cliente, comumente aplicada ao utilizar IoT. O cliente é aquele que requer algum dado da página da web ao acessar um endereço IP. Já o servidor irá receber a informação de que há uma tentativa de acesso, e verificar se o cliente possui ou não a permissão para acessar o banco de dados, a partir disso ele permite a transmissão de informações pela Internet até o endereço IP específico.

Figura 2: Fluxograma relacionando o Servidor e o Cliente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Portanto, para a aplicação proposta, o banco de dados é composto pelas informações captadas pelo sensor DHT11 de temperatura e umidade, bem como a informação correspondente ao estado do sistema de ventilação, se está ligado ou não. O cliente irá acessar um endereço através do navegador ou do aplicativo e o servidor possui um IP fixo pré-estabelecido dando acesso às informações do banco de dados.

Assim, na plataforma *MIT App Inventor*, constrói-se o aplicativo para que o endereço IP pré-estabelecido no código da aplicação seja o endereço padrão, de forma que basta clicar no botão "Conectar" e a página da web será exibida com as condições de temperatura visualizadas em tempo real. Ainda, o aplicativo atua como um navegador ao permitir alterar o endereço para visualização de uma página da web diferente, podendo ser visualizada as duas opções de funcionalidade do aplicativo na interface inicial, Figura 3. A interface estabelecida

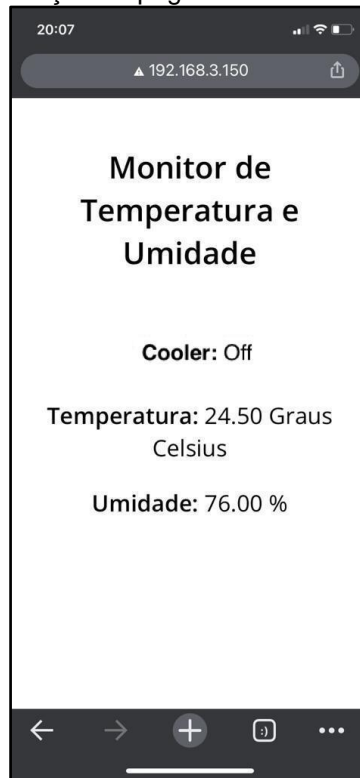
pelo aplicativo ao utilizar o IP predefinido também pode ser visualizada através do navegador, como na Figura 4.

Figura 3: Visualização da tela inicial do aplicativo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4: Visualização da página da web com IP predefinido.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3. Resultados e Discussão

O código programado e apresentado pela Figura 1 pode ser alterado para que redes diferentes sejam utilizadas como base para conexão entre a página na web e os dados a serem exibidos, ou seja, inserindo novos parâmetros de usuário e senha é permitida a utilização de um servidor diferente para uma aplicação pessoal do sistema.

A comunicação apresentada pelo fluxograma da Figura 2 propõe que a rede utilizada pelo cliente não precisa ser a mesma rede utilizada pelo servidor para buscar os dados do circuito eletrônico, dessa forma, seja através do 3G, 4G, 5G e outras redes Wi-Fi é possível acessar o navegador e visualizar o estado atual do sistema, recebendo atualizações constantes. Portanto, a aplicação da Internet das coisas é vantajosa por permitir a visualização em tempo real à distância, sem a necessidade de proximidade entre os dispositivos móveis e os componentes eletrônicos que compõem o circuito.

A partir da análise da Tabela 1 com os valores de cada componente, conclui-se um sistema de baixo custo aplicado a um conceito cada vez mais

aparente na rotina, a IoT. Apresenta-se a aplicação como viável em seu custo, visto que os componentes são de fácil aquisição e de baixo valor monetário. Seu controle é por meio de sensores e um sistema de refrigeração simples que atua de forma automática, permitindo a construção de um sistema eficaz.

Outrossim, destaca-se a vantagem e facilidade proporcionada pelo aplicativo e pelo navegador, por serem controlados com valores digitais. Não precisando depender de um sistema analógico, que em casos de precisão, está sujeita a erros de paralaxe. Os ajustes de controle dado pela aplicação proporcionam uma precisão maior da temperatura a ser controlada e medida. A utilização do projeto em sistemas domésticos e de pequena escala é factível, permitindo a exploração do sistema de acordo com a aplicação específica.

4. Conclusão

Este trabalho desenvolveu um sistema de baixo custo composto de uma interface de uma página da web com visualização por meio do navegador ou de um aplicativo móvel, dispositivos eletrônicos e placas de desenvolvimento para controle e monitoramento de temperatura. Por ser um sistema de custo baixo, sua aplicação torna-se viável em diversas áreas comerciais, nas cadeias logísticas, nos processos industriais e nos transportes de produtos, podendo ser refinado para aplicação em maior escala.

Apesar de ser um sistema vantajoso e funcional, o projeto pode ser incrementado para que possa abranger diferentes áreas, tenha maior usabilidade e ainda funções mais desenvolvidas. Em projetos futuros, pode-se construir uma aplicação com a implementação de novos comandos ao aplicativo, mudanças no formato do controle de temperatura, como aumentar ou diminuir a temperatura a partir de botões, por meio de ferramentas de ventilação, enriqueceria o projeto. Dessa forma, seria implementado um sistema mais completo onde a temperatura seria controlada através de uma interface amigável e o controle poderia ser automático, como já foi estabelecido, ou manual, a partir de alterações mencionadas.

Além disso, sugere-se o desenvolvimento de uma pesquisa com a finalidade de verificar o consumo de energia do projeto atual, podendo ser adicionado para suas vantagens a redução do consumo de energia ao utilizá-lo

de forma inteligente. Ainda, uma avaliação pública das funcionalidades do aplicativo seria complementar às suas vantagens, verificando se atende aos requisitos de usabilidade, funcionalidade e eficiência. Propõe-se como pesquisa futura, o desenvolvimento de aplicativos com base neste projeto, adaptando-o para o controle de sistemas de irrigação e em diferentes áreas da automação residencial. Também propõe-se a ideia de *cross platform*, conceito em que a programação do aplicativo permite sua utilização em dispositivos Android, IOS e outros sistemas operacionais.

Ainda, a elaboração da aplicação com um sensor de umidade e temperatura diferente, com maior precisão, é viável visto que o sistema é abrangente podendo ser modificado conforme a área em que é aplicado. Por tanto, aumentar o número de sensores, utilizar um sistema de ventilação, podendo esfriar ou esquentar o ambiente, variar a faixa de temperatura para controle do sistema, dentre outras modificações. Isso não implicará em mudanças no processo de funcionamento do sistema, mantendo a proposta de aplicação da Internet das Coisas desenvolvida a partir de dispositivos eletrônicos.

Agradecimentos

O trabalho teve o suporte do projeto nº PJ00004373 e financiado parcialmente pelo CNPq e Ifes, editais PRPPG/Pibic/Pivic 02/2020 (PT00008998) e PRPPG/Pibic/Pivic 02/2021 (PT00009978), respectivamente.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, S. H. M. S.; CONTENTE, G. O.; RODRIGUES, L. B.; LIMA, L. X.; VIJAYKUMAR, N. L.; FRANCES, C. R. L. A Smart Home Architecture for Smart Energy Consumption in a Residence with Multiple Users. IEEE Access, vol. 9, p. 16807-16824, 2021. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3051937>.

CASTRO, A. C. M. M. C.; MESTRIA, M. Temperature Control System Using Mobile Application Interface. European Journal of Formal Sciences and Engineering, vol. 5, n. 1, p. 1-16, 2022. ISSN 2601-8683, <https://doi.org/10.26417/729pbt84>.

CHOAB, N.; ALLOUHI, A.; EL MAAKOUL, A.; KOUSKSOU, T.; SAADEDDINE,

S.; JAMIL, A. Review on greenhouse microclimate and application: Design parameters, thermal modeling and simulation, climate controlling technologies. *Solar Energy*, vol. 191, p. 109-137, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.08.042>.

KHAN, J. Y. Introduction to IoT Systems. In *Internet of Things (IoT)*, Jamil Y. Khan; Mehmet R. Yuce, editores, p. 1–24, 2019. <https://doi.org/10.1201/9780429399084-1>.

MCROBERTS, M. *Arduino básico*. Tradução Rafael Zanolli, São Paulo, Novatec Editora, 453 pp., 2011.

PIYARE, R.; TAZIL, M. Bluetooth based home automation system using cell phone, 2011 IEEE 15th International Symposium on Consumer Electronics (ISCE), 2011, p. 192-195, doi: 10.1109/ISCE.2011.5973811.

SAWIDIN, S.; S., D.; A., A. System Design Temperature and Humidity Control Room with Android. *International Journal of Computer Applications*, vol. 181, n. 31, p. 5-13, 2018. <https://doi.org/10.5120/ijca2018917813>.