

Desenvolvimento de um Protótipo Baseado em IoT para Detecção e Prevenção de Incêndios em Ambientes Residenciais

SÁ, MARCIA DOS SANTOS DE

Electronic Engineer at the State University of Amazonas, Brazil

SODRÉ, Dar'c Pabla

Student of Electronic Engineering at Amazonas State University, Brazil

BARBOSA, JEZREEL SOUTO

Student of Computer Engineering at Amazonas State University, Brazil

CARDOSO, FÁBIO DE SOUSA

Doctor, Professor of Electronic Engineering at Amazonas State University, Brazil

TORNE, ISRAEL GONDRES¹

Doctor, Professor of Electrical Engineering at Amazonas State University, Brazil

OLIVEIRA, JOZIAS PARENTE

Doctor, Professor of Electronic Engineering at Amazonas State University, Brazil

Abstract

This article aims to present the development of a low-cost prototype based on the Internet of Things (IoT) for fire detection and prevention in residential environments using NodeMCU ESP8266 technology. This system has the ability to monitor and collect, in real time, the variables of the residential environment, through temperature sensors and flammable gases, and send them via WiFi to the web interface. The research allowed using the concepts of the IoT ecosystem, a study on sensors and the NodeMCU module. However, the objective of the work is to reduce the problem of the shortage of projects aimed at fire detection and prevention devices for residential environments. In addition, the conventional methods of fire detection system are based on wired systems monitored by a central that is usually installed in the concierge or reception, most of the systems are only warning and not prevention, the devices are difficult to acquire for residential environments due to its high price in the market. As a result of the experiences described throughout the project, the values of the parameters monitored by the sensors will be displayed in the web interface.

Keywords: IoT, Fire Detection, NodeMCU, ESP8266-12.

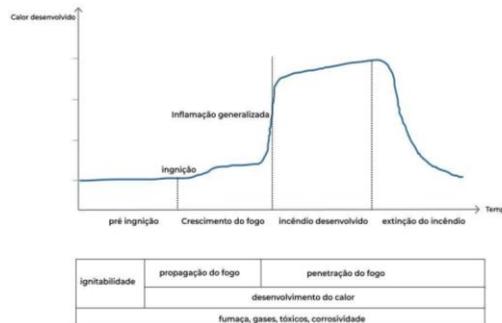
¹ Corresponding author: itorne@uea.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Casas e apartamentos concentram quase metade dos incêndios registrados em Manaus, conforme dados da Secretaria de Segurança Pública (SSP-AM). Ao longo do ano de 2019, o Corpo de Bombeiros Militar do Amazonas (CBMAM) foi mobilizado para cessar chamas em 109 ocorrências (G1, 2020).

O presente trabalho expõe a problemática da escassez de projetos voltados para dispositivos de detecção e prevenção de incêndios para ambientes residenciais. Além disso, os métodos convencionais de sistema de detecção de incêndio são baseados em sistemas cabeado monitorados por uma central que normalmente é instalada na portaria ou recepção, a maioria dos sistemas são apenas de alerta e não de prevenção, os dispositivos são de difícil aquisição para ambientes residenciais devido ao seu alto preço no mercado. No entanto, é necessário assimilar as etapas de um incêndio e as consequências do fogo. O fogo é a consequência de uma reação química exotérmica que libera luz e calor, e também pode ser entendido como uma entidade gasosa emissora de radiação e decorrente da combustão. Contudo, é necessário levar em conta os principais mecanismos de transmissão do fogo, tais como, a condução do calor, convecção do calor e a radiação de energia. É através da radiação de energia que o incêndio se manifesta, ou seja, um incêndio tem um conjunto de fatores químicos do fogo a ser considerado. Trata-se de um fenômeno que não tem controle sobre a combustão, alimentando-se dos diversos materiais do ambiente e sofrendo influência de vários fatores do ambiente, tais como: estado da matéria (sólido, líquido ou gás), calor específico, ponto de ignição, mistura inflamável, quantidade de calor, composição química, quantidade de oxigênio disponível e umidade (CARLO et al., 2008). O gráfico da Figura 1 apresenta quatro fases distintas de um incêndio.

Figura 1 - Curva de evolução de um incêndio.



Fonte: Autoria própria.

A primeira fase representa o crescimento da curva de pré-ignição do gráfico, em geral, tem duração entre cinco e vinte minutos até a ignição. Esse estágio produz pouco calor, mas com grande potencial para preencher ambientes com gases e fumaça. No segundo estágio ocorre a propagação e o crescimento do fogo no ambiente. Na terceira fase o incêndio irá se propagar por todo ambiente e todos os materiais entrarão em combustão atingindo temperaturas com valores acima de 1.100 °C. Por fim, na quarta fase o incêndio irá diminuir de intensidade na proporção que vai se consumindo os materiais combustíveis do ambiente. O desenvolvimento do projeto tem foco na primeira fase da curva que representa o processo inicial de ignição. É no momento da primeira fase que o sistema de detecção deve operar para notificar os residentes e, conseqüentemente, inibir o crescimento das chamas.

O contexto da prevenção e detecção de incêndios residências, aliadas à popularização das tecnologias que provém conectividade, impulsionou a presente pesquisa. O objetivo da pesquisa foi a construção de um protótipo com capacidade de monitorar, em tempo real, via rede IoT, a flutuação das variáveis, bem como, a situação física do ambiente residencial através de uma interface Web desenvolvida para disponibilizar dados de forma intuitiva e emitir alertas de possíveis situações que demandem ações humanas de forma preventiva.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O método proposto consiste nas seguintes etapas e podem ser visualizadas através do diagrama da Figura 2.

Figura 2 - Diagrama das etapas de implementação do projeto.



Fonte: Autoria própria.

Na primeira etapa foram feitas pesquisas na área de programação, dando ênfase nos conceitos de *thread* e linguagem de programação C++, para uso das bibliotecas do sensor BME280 e do conversor analógico-digital ADS1115, fornecidas pelo fabricante. Para instalar os drivers da placa NodeMCU ESP12, foi acessado o site do fabricante para download da biblioteca e instalação no ambiente de desenvolvimento Arduino IDE. Em seguida, foram realizadas pesquisas referentes ao microcontrolador ESP8266, bem como, os protocolos de comunicação HTTP e UDP e os métodos *GET* e *POST*.

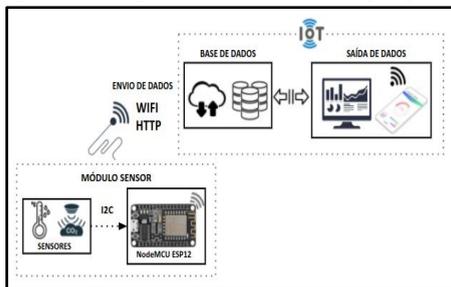
Na segunda etapa foi desenvolvido o firmware utilizando a interface de desenvolvimento IDE Arduino versão 1.8.16. Inicialmente foram incluídas as bibliotecas necessárias para o reconhecimento dos sensores e protocolos de conectividade com o microcontrolador. Em seguida, um *script* foi desenvolvido dentro da estrutura de *threads*, para que o mesmo possa suportar tarefas paralelas. Ao passo que o desenvolvimento do firmware acompanhou o diagrama de sequência modelado.

Na terceira etapa fez-se a confecção do protótipo denominado módulo sensor, capaz de realizar o sensoriamento do ambiente residencial, através dos sensores MQ2 e BME280. Efetuou-se o pré-aquecimento do sensor de gás e fumaça por um tempo mínimo de 48 horas. Isso garante que o elemento do aquecedor dentro do sensor não causará uma falsa detecção. Em seguida, foi efetuada a conexão do conversor analógico-digital (ADC) com o sensor MQ2, para transformar o sinal analógico produzido na saída do sensor em uma conexão de barramento I2C. Posteriormente, foi realizado o esquemático e o leiaute do circuito do módulo sensor no software gratuito KiCad versão 5.1.9. Em seguida, foi feita a prototipação da placa de circuito impresso, utilizando o método de transferência térmica com corrosão por solução de Perclorato de Ferro. Por fim, foi feita uma inspeção geral da placa, por meio de testes com multímetro, e o módulo sensor foi acondicionado dentro de um case construído por impressora 3D. A função do módulo é a realização da aquisição de dados e posterior transformação em informações, baseadas em análise de dados.

Na quarta etapa foi desenvolvido uma interface Web, utilizando as tecnologias de desenvolvimento para Front-End: HTML, CSS e Javascript. O objetivo da interface é apresentar a aplicação de forma intuitiva ao usuário. Para gravação de dados e comunicação com a Back-End, utilizou-se os scripts PHP e SQL. Posteriormente, foram criados scripts para prover a comunicabilidade entre a página Web e o microcontrolador, por intermédio do protocolo HTTP e os métodos *GET* e *POST*.

Por fim, na última etapa, foram realizados testes de validação, onde o módulo sensor e o módulo atuador foram testados simultaneamente em conjunto com a aplicação Web, para validar a entrada e a saída de dados e as funcionalidades do sistema. A Figura 3 ilustra o sistema proposto.

Figura 3 - Arquitetura do sistema proposto.



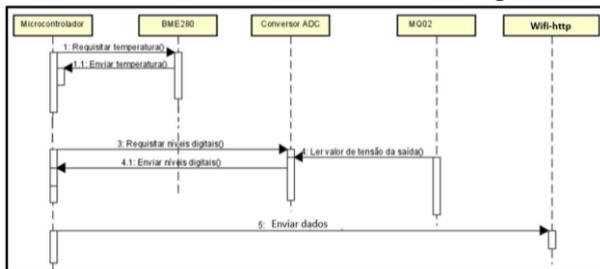
Fonte: Autoria própria.

3. IMPLEMENTAÇÃO

3.1 Implementação do *firmware*

O fluxo de diagrama de sequência do módulo sensor é apresentado na Figura 4. Nessa figura verifica-se que o microcontrolador ESP12 requisita os valores de temperatura e de gás inflamável e fumaça dos sensores BME280 e MQ02, respectivamente. Após obter essas informações, o microcontrolador cria os pacotes de dados e os envia, através da WiFi e do protocolo HTTP.

Figura 4 - Fluxo de firmware do módulo sensor em diagrama de sequência.

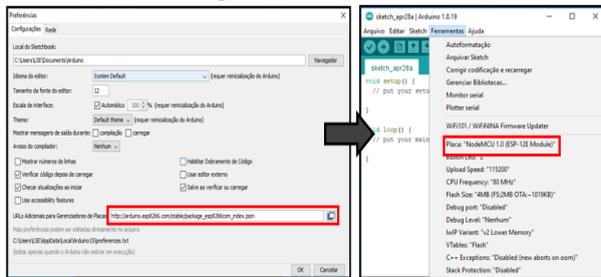


Fonte: Autoria própria.

No entanto, como o NodeMCU ESP12 não é um microcontrolador nativo do ambiente de desenvolvimento do Arduino, a comunidade do ESP8266 criou um driver de instalação para o Arduino IDE (versão 1.8.16). Esse driver permite programar a família de ESP8266 usando o ambiente de desenvolvimento e sua linguagem de programação. Para incluí-lo é necessário acessar a aba “Arquivo/Preferências”, do ambiente de desenvolvimento do projeto Arduino, inserindo o endereço http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json no campo “URLs de gerenciador de placas adicionais”. Em seguida, deve-se buscar o Gerenciador de Placas através do caminho, Ferramentas/Placa/Gerenciador

de placas. No campo de pesquisa deve-se buscar por 'ESP8266'. Como resultado dessa busca deve surgir uma única opção esp8266 by ESP8266 Community versão 3.0.2. Em seguida, deve-se instalar o pacote selecionando a opção "Instalar". O resultado deste procedimento pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 - Biblioteca da placa NodeMCU ESP12 na Arduino IDE.



Fonte: Autoria própria.

O firmware do módulo sensor usa as bibliotecas nativas do microcontrolador ESP8266: Wire, Esp8266WiFi. Outras bibliotecas foram utilizadas, como Adafruit: BME280 e ADS1015. Tratando-se da visualização de dados do módulo sensor utilizou-se a tela (display), importando dados da biblioteca SSD1306. O script ESP8266HTTPClient realiza a conexão e captura os dados provenientes dos sensores no formato Json e disponibiliza para aplicações Web, utilizando os métodos *POST* e *GET*. Por fim, o *ThreadController.h*, é o principal método utilizado para a sincronia de eventos dentro do algoritmo, e toda a estrutura do código utiliza a biblioteca *Thread*.

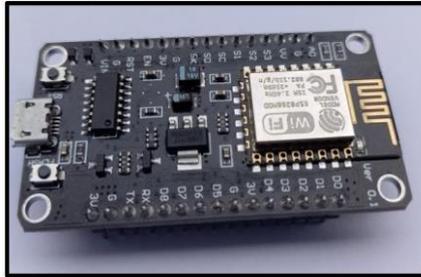
3.2 Desenvolvimento do protótipo do módulo sensor

Nesta etapa descreve-se como foi desenvolvido o sistema de hardware do protótipo. No entanto, as características a serem analisadas ao escolher um microcontrolador são a arquitetura do processador, o custo, o desempenho relacionado ao consumo de energia e a interface de comunicação para troca de dados com outros sistemas embarcados, sensores e firmware. Entretanto, o modelo escolhido para o projeto vem da família de microcontroladores ESP8266, produzido pela fabricante chinesa Espressif, ou seja, esse microcontrolador foi escolhido com base nas características analisadas e de baixo custo.

A placa NodeMCU ESP12, ilustrada na Figura 6, é uma plataforma de prototipagem de código aberto, com o chip ESP8266 integrado. O módulo é bastante acessível para aplicações de baixo custo, sendo ideal para aplicações voltadas a IoT. A placa possui um regulador de tensão LDO (*Low Dropout*)

para manter a tensão estável em 3,3 V capaz de fornecer com segurança até 600 mA (OLIVEIRA, 2021).

Figura 6 - Módulo NodeMCU ESP12.

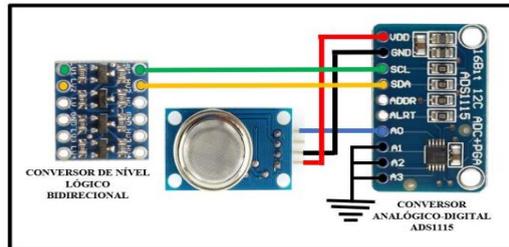


Fonte: Autoria própria.

O protótipo do módulo sensor é formado pelos sensores MQ2 e BME280, que, respectivamente, são sensores de gás/fumaça e de temperatura. Vale ressaltar que a conversão dos dados analógicos para digital é feita pelo componente ADS1115, em função do componente, MQ2, ter uma saída analógica em nível alto. Além disso, faz-se necessário um regulador de tensão, a fim de reduzir a tensão de 5V para 3,3V, que é o nível de tensão aceitável dos circuitos projetados. Todo o esquemático do circuito da placa do módulo sensor foi desenhado no software gratuito KiCad 5.1.9.

É importante observar que os dois componentes mencionados anteriormente, tais como, o sensor MQ2 e o componente ADC, operam com uma tensão de alimentação externa de 5 V, portanto, suas saídas possuem fundo de escala de 5 V. Contudo, o NodeMCU ESP12 atua em uma faixa de tensão de 1,0 a 3,3 V. Para que todos os dispositivos trabalhem na mesma faixa de tensão, é necessário conectá-los a um conversor de nível lógico antes que o sinal de tensão possa ser processado no NodeMCU. Para o projeto, foi utilizado o conversor de nível lógico bidirecional, mostrado na Figura 7. O conversor é capaz de fazer um *step-down* de sinais 5V para 3,3V ou um *step-up* de sinais 3,3V para 5V. São 2 canais com 4 pinos cada, podendo operar simultaneamente ou isoladamente um do outro. Nos pinos centrais, os pinos *High Voltage* (HV), GND e *Low Voltage* (LV), são as tensões de referência. O conversor de nível lógico, está sendo usado para intermediar a interligação entre o canal utilizando o barramento *Inter-Integrated Circuits* (I2C) do conversor analógico-digital com o NodeMCU ESP12.

Figura 7 - Conexão elétrica do conversor de nível lógico com o módulo ADS1115.

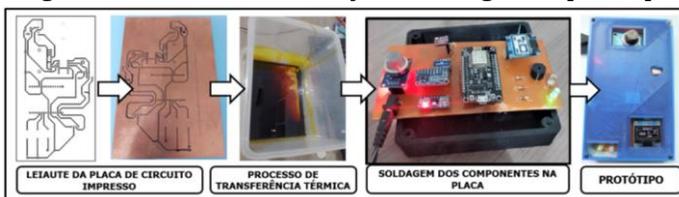


Fonte: Autoria própria.

Com o advento de tecnologias voltadas para softwares de eletrônica que auxiliam no desenho de esquemas elétricos e de leiautes da placa de circuito impresso (PCI). Tornou-se possível a construção do esquemático da PCI do módulo sensor, utilizando-se do software KiCad na versão 5.1.9. Na Figura 8, verifica-se o processo de fabricação da placa, utilizando o método de transferência térmica com corrosão por solução de Percloroeto de Ferro. Para a fabricação das placas por este método deve-se:

1. Imprimir o leiaute em escala 1:1, através de uma impressora a laser imprimindo em papel fotográfico de única face;
2. Transferir o leiaute impresso para a placa fenolite, na face cobreada, por aquecimento;
3. Mergulhar a placa fenolite na solução de percloroeto de ferro, a qual deve permanecer em movimentos de inclinação leve durante o período de uma hora.

Figura 8 - Processo de fabricação e montagem do protótipo.



Fonte: Autoria própria.

Finalizada a etapa de prototipação, obtém-se a placa com as trilhas de circuito elétrico de acordo com o esquemático do circuito, dando início ao processo de montagem da placa. Para isso, foram utilizados os seguintes itens: componentes eletrônicos definidos anteriormente, pinça metálica, alicates, solda de estanho, estação de solda, esquemático e multímetro. Após a soldagem dos componentes eletrônicos, obteve-se pôr fim a placa de circuito

impresso (PCI) do protótipo do módulo sensor. Preocupou-se em manter o sensor MQ2 na extremidade da placa, pois ele possui um aquecimento característico, e esta posição facilita a captação de gases e fumaça do ambiente residencial. A Figura 9 mostra a primeira versão do protótipo do módulo sensor utilizado na etapa de coleta e monitoramento de ambiente.

Figura 9 - Protótipo do módulo sensor.

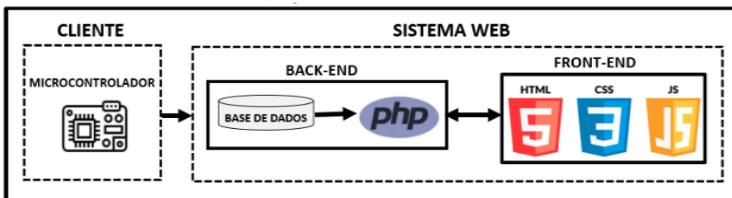


Fonte: Autoria própria.

3.3 Desenvolvimento da interface WEB

A Figura 10 ilustra a arquitetura do sistema Web, visando a interface de interação com o usuário, através das camadas de *front-end*, *back-end* e base de dados. O microcontrolador faz o papel do cliente, ou seja, é responsável por enviar as informações coletadas do ambiente para base de dados. Em seguida, a linguagem PHP foi utilizada para interagir com o servidor, garantindo o acesso ao banco de dados do sistema. Para a estrutura e o estilo da página Web foram utilizadas as linguagens CSS, HTML e JS. A programação de *front-end* da interface Web foi desenvolvida por meio da ferramenta de desenvolvimento Visual Studio Code na versão 1.62.

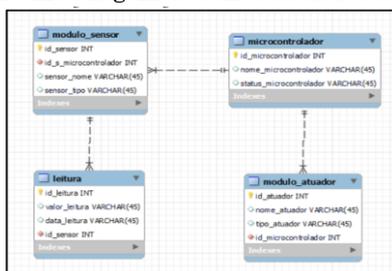
Figura 10 - Sistema Web.



Fonte: Autoria própria.

Antes de desenvolver a interface Web foi necessário criar uma base de dados, visando inter-relacionar um conjunto de dados e organizá-los de tal forma, que permita ao sistema a recuperação dos dados coletados. A definição do banco de dados se inicia pela construção do diagrama entidade-relacionamento (ER), ilustrado na Figura 11. O diagrama foi elaborado com a ferramenta de modelagem da MySQL *Workbench*, versão 8.0. O diagrama ER é uma representação visual dos dados com base no modelo ER e descreve como as entidades estão relacionadas umas às outras no banco de dados.

Figura 11 - Modelagem do banco de dados do sistema.



Fonte: Autoria própria.

Depois da modelagem do banco de dados, foi necessário estabelecer a comunicação entre o banco de dados e o *front-end* da página Web. Esta conexão foi possível através da linguagem PHP, que é um script do lado do servidor de código aberto, tipicamente usado para desenvolvimento Web. No entanto, foi utilizado a ferramenta de software livre, phpMyAdmin versão 5.1.1, destinada a lidar com os scripts de administração do MySQL.

Para a comunicação do NodeMCU ESP12 com o banco de dados da interface Web, utilizou-se o método para envio de requisição HTTP do tipo POST. Essa função foi criada dentro do código do microcontrolador, como pode ser visto na Figura 12. Essa requisição encapsula os dados que serão enviados para o *script* do programa PHP.

Figura 12 - Protocolo HTTP no código do microcontrolador.

```
http.end();
http.begin(client, "http://"+ SERVER_IP +"/leitura");
int httpCode2 = http.POST("{\"valor\":\" + String(ads0) + \", \"id_sensor\":\"1\"}");
if (httpCode2 == HTTP_CODE_OK) {
  const String& payload2 = http.getString();
  SPT("received payload:\n<<");
  SPT(payload2);
  SPT(">>");
}
http.end();
```

Fonte: Autoria própria.

3.4 Teste de validação do protótipo do sistema

Nesta etapa foi analisado o comportamento do sistema perante aos cenários de testes aos quais o mesmo foi submetido.

3.4.1 Teste de fumaça

Para esse cenário de teste do protótipo foi usado um recipiente transparente para simular uma câmara de gás. Primeiramente, o módulo sensor é inserido dentro do recipiente fechado, como visto na Figura 13.

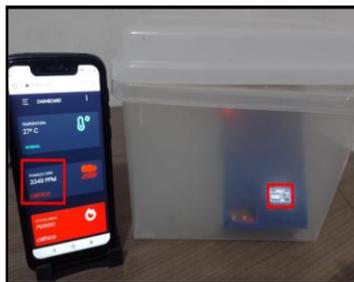
Figura 13 - Recipiente descontaminado para o teste de fumaça.



Fonte: Autoria própria.

Para alterar as variações do ambiente, foi inserido no recipiente transparente fumaça originada da queima de papel. A aferição do sensor é exibida no *dashboard*, mostrando o status crítico do ambiente e quantas ppm's (partes por milhão) de fumaça foram detectados. Além disso, também pode ser visualizado, em tempo real, as informações do display do módulo sensor em sincronia com a aplicação Web, informando ao usuário o status e perigo no ambiente. Em vista disso, observou-se que o sensor e a aplicação Web atuaram de acordo com os parâmetros estabelecidos, validando o teste de fumaça, conforme observado na Figura 14.

Figura 14 - Aferição do sensor MQ2 no ambiente totalmente contaminado por fumaça.



Fonte: Autoria própria.

3.4.2 Teste de temperatura

Inicialmente, o sistema apresenta um status seguro, ou seja, abaixo de 40°C, podendo ser visualizado na Figura 15.

Figura 15 - Status seguro do teste de temperatura.



Fonte: Autoria própria.

Com o objetivo de alterar a temperatura do ambiente, foi utilizado um secador de cabelo em direção ao módulo sensor. Observou-se, em tempo real, tanto no visor do display como na interface Web, o valor crítico coletado de 40°C, conforme visualizado na Figura 16. Consequentemente, foi validado o funcionamento do sensor de temperatura.

Figura 16 - Status indicando perigo/crítico no teste de temperatura.



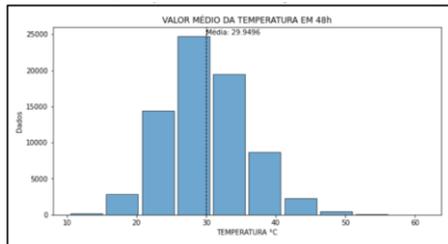
Fonte: Autoria própria.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção exibe o desempenho dos testes da coleta e recuperação de dados do sistema. No período de 48h, foram coletados 146.125 dados, oriundos do módulo sensor, e com o auxílio do Matplotlib, uma biblioteca de software livre

para plotar gráficos e visualizar dados em linguagem python, foi possível efetuar uma modesta análise das informações da base de dados do sistema em forma de gráficos. No gráfico de histograma na Figura 17 verificou-se o valor médio da temperatura de 29.9496°C, sendo observado que a temperatura está dentro da normalidade do ambiente, ou seja, nenhuma ocorrência de eventos críticos ocorreu em 48h.

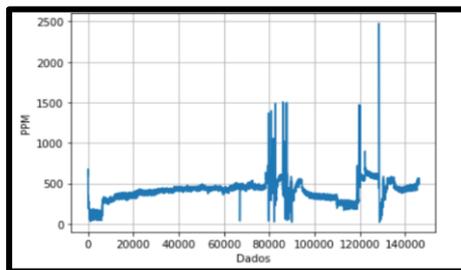
Figura 17 - Histograma do valor médio da temperatura.



Fonte: Autoria própria.

Para o sensor de gases inflamáveis e fumaça, a Figura 18 exibe o gráfico de coleta de dados, observado a máxima aferição de 2.478 ppm e a mínima aferição de 25 ppm. O gráfico expõe as aferições dos testes realizados nesse período. Pode-se observar que alguns pontos possuem elevado índice de ppm's de gases inflamáveis.

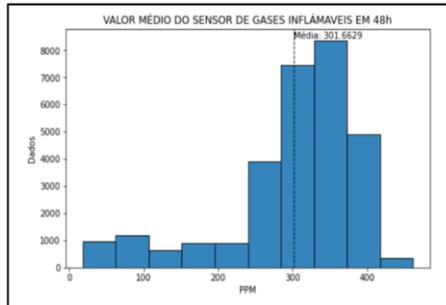
Figura 18 - Gráfico da coleta de dados do sensor de gases inflamáveis em 48h.



Fonte: Autoria própria.

A média de 48h referente aos dados coletados, incluído as aferições dos testes realizados nesse período, foi de 301.6629 ppm, conforme observado no gráfico de histograma da Figura 19. A despeito da concentração de alguns valores de teste, o sistema encontra-se dentro dos parâmetros estabelecidos.

Figura 19 - Gráfico de histograma do sensor de gases inflamáveis em 48h.



Fonte: Autoria própria.

5. CONCLUSÃO

Durante a pesquisa foi desenvolvido um protótipo baseado em IoT para detecção e prevenção de incêndios em ambientes residenciais. Para tal objetivo, foram realizadas pesquisas de assuntos dentro do escopo do projeto, bem como, a definição das fases do gráfico de curva de crescimento de um incêndio, desde a primeira fase de um incêndio até a sua extinção. Foram estudados sensores de temperatura e sensores chemiresistors de gases inflamáveis e fumaça. Além disso, foram realizadas pesquisas sobre as principais características do microcontrolador ESP8266, estudos sobre os protocolos de comunicação HTTP, bem como, seus métodos GET e POST.

A implementação da arquitetura do projeto foi realizada de forma satisfatória, de acordo com as etapas de materiais e métodos, possibilitando realizar testes de validação no protótipo. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que é possível desenvolver um dispositivo que é capaz de monitorar em tempo real, utilizando um dos múltiplos conceitos da IoT, no ambiente residencial, utilizando uma plataforma de hardware denominada NodeMCU ESP12.

No que se refere a visualização dos dados, e atendendo ao propósito de ser um dispositivo IoT, o sistema é capaz de coletar, armazenar e enviar os dados continuamente, sem intermitência. O sistema transmite as informações referentes à temperatura, nível de gás inflamável, fumaça do ambiente residencial para o banco de dados, localizado em nuvem e por meio da Internet, enviando um alerta de perigo para uma interface na qual o usuário poderá visualizar em uma página de *dashboard*.

SÁ, Marcia dos Santos de; SODRÉ, Dar'c Pabla; BARBOSA, Jezreel Souto; CARDOSO, Fábio de Sousa; TORNE, Israel Gondres; OLIVEIRA, Jozias Parente–
Desenvolvimento de um Protótipo Baseado em IoT para Detecção e Prevenção de Incêndios em Ambientes Residenciais

Referências

1. Araujo, M. E. M., Santos, M. W. A., Nascimento, L. T., Boina, P. D., Andrade, J. O., Komati, K. S., & Tello, R. J. M. G. **Tecnologia vestível para detecção de GLP e monóxido de carbono do ambiente.** Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.org/articles/201102092.pdf>> Acesso em 20 abr. 2022.
2. CARLO, U. et al. **A Segurança Contra Incêndio no Brasil.** 1ª ed. São Paulo: Projeto Editora, 2008.p. 65–71.
3. Dosani, Jenil, Nikunj Makwana, and Archana Chaugule. "NodeMCU based Fire Detector System." Recent Trends in Cloud Computing and Web Engineering 2.3 (2020).
4. ESTEVAM JUNIOR, Sergio Luiz; FARINELLI, Felipe Adalberto. **Domótica: Automação Residencial e Casas Inteligentes com Arduino e ESP8266.** 1ª ed. São Paulo: Érica, 2019.
5. ESPRESSIF. **ESP8266EX Datasheet.** 2020. Disponível em:<https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf>Acesso em 13 Out. 2021.
6. G1. **Residências concentram maioria de incêndios em Manaus, diz Corpo de Bombeiros.** 2020. Disponível em:<<https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2020/03/24/residencias-concentram-maioria-de-incendios-em-manaus-diz-corpo-de-bombeiros.ghtml>>. Acesso em:26 mai. 2021.
7. Hsu, W.-L.; Jhuang, J.-Y.; Huang, C.-S.; Liang, C.-K.; Shiau, Y.-C. **Aplicação da Internet das Coisas em um Sistema de Prevenção de Incêndios de Cozinha.** *Aplic. Sci.* 2019. Disponível em:<<https://doi.org/10.3390/app9173520>>. Acesso em: 04 abr. 2022.
8. OLIVEIRA, Sérgio de. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi.** 2.ed. São Paulo: Novatec. 2021. E-book. ISBN 978-65-86057-36-2.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Name: MARCIA DOS SANTOS DE SÁ

Affiliation: *Universidade do Estado do Amazonas (Amazonas State University)*

Contact Information: mstds.elt@uea.edu.br

Graduated in Electronic Engineering from the State University of Amazonas (2021). He attended the Technical Course in Electronics at the Federal Institute of Amazonas (2013-2014). Currently studying postgraduate in Machine Learning in Federal Institute of Education, Science and Technology of the Amazon (IFAM).

Name: DAR' C PABLA SODRÉ DA SILVA

Affiliation: *Universidade do Estado do Amazonas (Amazonas State University)*

Contact Information: dpsds.elt@uea.edu.br

Graduating in Electronic Engineering. Worked as front-end developer in research and development projects. Worked on several embedded systems projects. She has experience in the area of Firmware and Software. She currently works as an UX/UI Designer at the Embedded Systems Laboratory at the Universidade do Estado do Amazonas.

Name: JEZREEL SOUTO BARBOSAL

Affiliation: *Universidade do Estado do Amazonas (Amazonas State University)*

Contact Information: jsbr.eng@uea.edu.br

Graduated in Computer Engineering at the Amazonas State University (2022-ongoing). Attended the Closed Class Course of Mobile Application Development 2015/1 by Samsung OCEAN Center Brazil (March-July / 2015). Participated in the course called HEFESTO 2.0, which consists in the Training

SÁ, Marcia dos Santos de; SODRÉ, Dar'c Pabla; BARBOSA, Jezreel Souto; CARDOSO, Fábio de Sousa; TORNE, Israel Gondres; OLIVEIRA, Jozias Parente–
Desenvolvimento de um Protótipo Baseado em IoT para Detecção e Prevenção de Incêndios em Ambientes Residenciais

and Development of Applications for Mobile Devices with emphasis on Embedded Android, as a scholarship holder (2020/10 - 2021/03). Participated in the R&D project called DCIoT (Monitoring System of a DataCenter using the Internet of Things), performing embedded development activities, IoT, WEB, Big Data, Artificial Intelligence, Hardware Prototyping and Agile Methodologies of project development (SCRUM/KANBAN) partnership SAMSUNG/UEA (2019/05 - 2020/10).

Name: FÁBIO DE SOUSA CARDOSO

Affiliation: Universidade do Estado do Amazonas (Amazonas State University)

Contact Information: fcardoso@uea.edu.br

Graduation in Electrical Engineering from the Federal University of Amazonas (1995) and graduation in Law from Ulbra (2020), Master's in Biomedical Engineering from the Federal University of Paraíba (2000) and PhD in Mechanical Engineering from the Federal University of Rio de Janeiro (2015). He is currently a researcher at the Inovathus Institute of Technology. He is a professor at the State University of Amazonas. He has over 22 years of experience in the field of research and development. He has experience in Biomedical Engineering, with emphasis on Biological Signal Processing, working mainly on the following topics: industrial engineering, industrial automation, RFID and clinical engineering. He has worked in the field of embedded systems, IoT, Industry 4.0, distributed robotics, multi-agent systems and machine learning. He currently belongs to the Embedded Systems Development Team (ESDT) Research Group, Embedded Systems Laboratory of the HUB-Technology and Innovation, at the State University of Amazonas, Brazil.

Most relevant publications:

- *Participant as co-author of the chapter: Analysis of Energy Quality and Efficiency Based on Harmonic Indexes in Electrical Systems. CARDOSO, F.S.; TORNE, I.G.; SILVA, H.L.N.; FERNANDES, R. A.; SILVA, S. S. S. Electrical engineering: the path to sustainable development. 1st ed. Campina Grande - PB: Editora Amplla, 2021, v.1, p. 84-96.*
- *Participant as co-author of the chapter: Evaluation Methodology of "Open Source" ERP Systems for Medium and Small Companies. SILVA, V.R.; CARDOSO, F.S.; LIMA, E.E.; LIMA, R. M. Production engineering: foundation of competitiveness. 164-183.*
- *Participant as co-author of the paper: Analysis of anomalies in measurements of electrical parameters in three-phase motors in a metal pressing factory. TORNE, I.G.; CARDOSO, F.S.; CISNEROS, E. A. G.; NASCIMENTO, L. B. F.; GOMES, R.C.S.; SIGNORELLI, J. F. Brazilian Journal of Development, , v.07, p.47451 - 47473, 2021.*

Name: ISRAEL GONDRES TORNÉ

Affiliation: Universidade do Estado do Amazonas (Amazonas State University)

Contact Information: itorne@uea.edu.br

PhD in Electrical Engineering from the Federal University of Ceará UFC (Revalidation 2019). PhD in Technical Sciences, in the field of Electrical Engineering from the University of Camaguey (2015). Master's Degree in Electrical Engineering (1998) and Graduation in Electrical Engineering (1995) from the University of Camaguey and recognized by the University of the State of Amazonas (2018). He is currently an Adjunct Professor, Coordinator and President of the Structuring Teaching Nucleus of the Electrical Engineering Course at the Superior School of Technology at the State University of Amazonas. He has experience in the field of Electrical Engineering, with an emphasis on Electrical Power Systems and Energy Efficiency. He develops the lines of research: Energy Efficiency; Maintenance of electrical substations and Operation of Electrical Power Systems. Advisor of several Final Papers, Course Projects and Master's Degrees, participated in national and international events, published several articles on maintenance in power circuit breakers. Visiting professor at several universities in different countries such as Ethiopia, Venezuela, Ecuador and Mexico; taught different disciplines in undergraduate and graduate courses in the Master's in Electrical Engineering and Master's in Energy Efficiency programs, registered two software related to circuit breaker maintenance and failure calculation. He currently belongs to the Embedded Systems Development

SÁ, Marcia dos Santos de; SODRÉ, Dar'c Pabla; BARBOSA, Jezreel Souto; CARDOSO, Fábio de Sousa; TORNE, Israel Gondres; OLIVEIRA, Jozias Parente–
Desenvolvimento de um Protótipo Baseado em IoT para Detecção e Prevenção de Incêndios em Ambientes Residenciais

Team (ESDT) Research Group, Embedded Systems Laboratory of the HUB-Technology and Innovation, at the State University of Amazonas, Brazil.

Most relevant publications:

Author of the paper: Modelo de gestión de mantenimiento parcial a interruptores de potencia mediante inteligencia artificial. GONDRES T., I.; LAJES CHOY, S.; DEL CASTILLO S., A. *Revista Chilena de Ingeniería*, v. 26, p. 391-397, 2018.

- *Author of the chapter: Model Business Rules for Control Load through Electrical Parameters.* TORNÉ, I. G.; TEIXEIRA, R. C. M.; MESTRINHO, G. S. P.; DA COSTA, I. V. B.; DE ALMEIDA, A. S.; DOS SANTOS C., EVALDO P., *Smart Innovation, Systems and Technologies*. 1ed.: Springer International Publishing, v. 1, p. 249-257. 2021.
- *Participant as co-author of the chapter: Automatic Balancing System of Single-Phase Consumer Units Connected to the Low-Voltage Distribution Network.* DIAS, ALEX SANDER LEOCÁDIO; TORNÉ, ISRAEL GONDRES. *Smart Innovation, Systems and Technologies*. 1ed.Switzerland: Springer International Publishing, v., p. 97-111. 2021.

Name: JOZIAS PARENTE DE OLIVEIRA

Affiliation: *Universidade do Estado do Amazonas (Amazonas State University)*

Contact Information: *jpoliveira@uea.edu.br*

PhD in Electrical Engineering from the Federal University of Pará (2009). Master's Degree in Electrical Engineering from the Federal University of Campina Grande (2003). He is currently an Adjunct Professor of the Electrical Engineering Course at the Superior School of Technology at the State University of Amazonas. He has experience in the field of Electrical Engineering, with an emphasis on Digital and Analog signal processing. He develops the lines of research: digital image and video processing; digital systems design on FPGA. Advisor of several Final Course Projects in undergraduate courses of Electrical and Electronic Engineering. He has over 18 years of experience in developing analog and digital circuit designs. He worked as a Project Engineer in companies in the Industrial Pole of Manaus designing test equipment for production lines and products in the area of consumer electronics. He worked as a Research Specialist at the Genius Institute of Technology where he participated in the design of an integrated circuit for Pacemaker. He currently belongs to the Embedded Systems Development Team (ESDT) Research Group, Embedded Systems Laboratory of the HUB-Technology and Innovation, at the State University of Amazonas, Brazil.

Most relevant publications:

- *Author of the paper:* OLIVEIRA, J. P.; FREIRE, R. S. ; MELCHER, E. U. K. ; Evaldo G. Pelaes . *HARDWARE ARCHITECTURE FOR REAL TIME VIDEO-OBJECT SEGMENTATION FROM STATIC BACKGROUND.* In: XVIII Congresso Brasileiro de Automática, 2010, Bonito. Artigos - Apresentação Oral, 2010. p. 2637-2642.
- *Author of the chapter:* OLIVEIRA, J. P.; FREIRE, R. S. ; MELCHER, E. U. K. ; Evaldo G. Pelaes . *SEGMENTAÇÃO DE VÍDEO COM TOLERÂNCIA À VARIAÇÃO DE LUMINOSIDADE E A PRESENÇA DE SOMBRAS.* *Metrologia e Instrumentação: tópicos selecionados.* 01ed. Campina Grande: EDUFCG, 2010, v. , p. 181-207.
- *Participant as co-author of the chapter:* DE OLIVEIRA, JOZIAS PARENTE; CUNHA, I. B. . *SÍNTESE DA MATRIZ ENERGÉTICA E ELÉTRICA DO AMAZONAS EM COMPARAÇÃO COM A MATRIZ ENERGÉTICA E ELÉTRICA NACIONAL.* In: Israel Gondres Torné. (Org.). *Engenharia Elétrica: O Caminho para o Desenvolvimento Sustentável.* 1ed.Campina Grande: Editora Amplla, 2021, v. 1, p. 30-54.