

# AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIOS

**Arthur Couto Silva, Camila Galli Aguiar, Geovanna Pereira Fagundes, Rafael Rivera  
Vilas Boas, Jorge Luis Sarapka**

Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo

arthur.silva63@fatec.sp.gov.br, camila.aguiar@fatec.sp.gov.br,  
geovanna.fagundes@fatec.sp.gov.br, rafael.boas@fatec.sp.gov.br,  
jorge.sarapka@fatec.sp.gov.br

## **RESUMO:**

Este trabalho apresenta um sistema inovador de detecção e alarme de incêndios baseado na Internet das Coisas (IoT - Internet of Things), visando aumentar a segurança em ambientes industriais e residenciais. O projeto implementa um sistema que monitora variáveis como temperatura e fumaça para enviar a localização de possíveis incidentes aos celulares dos brigadistas por meio de mensagens curtas, além de uma representação gráfica de um gêmeo digital que permite visualizar a planta em tempo real e localizar o foco do incêndio com precisão. O microcontrolador ESP32 (Espressif Systems 32) e a ferramenta Node-RED foram empregados para comunicação com o broker EMQX, por meio do protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), enviando diversos dados. Os resultados demonstraram alta taxa de detecção, eficiência nos testes e alertas precisos sobre falhas nos sensores. A implementação deste sistema é uma solução eficaz para empresas que desejam monitorar suas instalações em tempo real.

**Palavras-chave:** IOT; MQTT; *NODE-RED*; *BROKER*; ESP32.

## **ABSTRACT:**

This work presents an innovative fire detection and alarm system based on the Internet of Things (IoT), aimed at increasing safety in industrial and residential environments. The project implements a system that monitors variables such as temperature and smoke to send the location of possible incidents to the firefighters' cell phones via short messages, as well as a graphic representation of a digital twin that allows the plant to be visualized in real time and the focus of the fire to be located precisely. The ESP32 microcontroller (Espressif Systems 32) and the Node-RED tool were used to communicate with the EMQX broker using the MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protocol, sending various data. The results showed a high detection rate, efficient testing and precise alerts about sensor failures. Implementing this system is an effective solution for companies wishing to monitor their facilities in real time.

**Keywords:** IOT; MQTT; *NODE-RED*; *BROKER*; ESP32.

### **1. Introdução**

Os incêndios representam uma ameaça constante à sociedade, causando prejuízos materiais significativos e, em casos extremos, resultando em perdas humanas. De acordo com a pesquisa realizada pelo *Center of Fire Statistics* (Centro de Estatísticas de Incêndio) cerca de 23-62 mil mortes foram reportadas por ano, entre 1993 e 2010. A detecção precoce de tais incidentes desempenha um papel crucial na minimização dessas perdas, permitindo uma resposta rápida e eficaz, que limita o alastramento do fogo e possibilita a evacuação segura das pessoas envolvidas.

Os Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndios (SDAI) são de extrema importância para uma edificação, seja ela de caráter residencial ou industrial, com o objetivo de constatar um princípio de incêndio ainda nos momentos iniciais. A NBR17240 (BRITO JÚNIOR, 2020) elenca todos os elementos necessários para estes sistemas, como por exemplo tipos de detecção, modelos de centrais e sensores, entre

outros. O cumprimento das normas é essencial, no âmbito empresarial, para garantir a segurança dos colaboradores e evitar grandes desastres e prejuízos.

O tema deste artigo foi escolhido considerando que alguns sistemas de incêndio possuem falhas na transmissão de informações, devido estarem centralizados em um único ponto, causando um atraso no mapeamento do princípio de incêndio, dificultando as tomadas de decisões pela equipe de brigadistas podendo resultar em ações tardias ou inadequadas, aumentando o risco de acidentes e ampliando os danos causados pelo incidente.

O objetivo deste projeto é a implementação de um sistema de detecção algorítmicos, baseado em normas, com ênfase na detecção e alarme automáticos, através de sensores e atuadores, enviando a localização do incidente para os celulares e computadores dos brigadistas via mensagens curtas e graficamente, por meio de um gêmeo digital da planta alocado num servidor dentro da rede privada da empresa (Intranet).

Segundo Resende (2009), a evolução tecnológica tem permitido o aparecimento de novos métodos de detecção, portanto, pretende-se explorar tecnologias de comunicação sem fio para agilizar a notificação de incêndios aos brigadistas responsáveis através do desenvolvimento de um sistema integrado que permita a detecção e o envio imediato de alertas via mensagens de texto. Além disso, busca-se avaliar a eficácia e a viabilidade técnica e econômica do sistema proposto em cenários reais de incêndio. Através da integração de sensores, comunicação sem fio e gêmeos digitais, é possível detectar incêndios mais rapidamente e otimizar a resposta das equipes de brigadistas, reduzindo erros humanos e agilizando as ações de combate ao fogo. Essa tecnologia permite monitoramento em tempo real e comunicação eficiente, garantindo maior segurança e precisão nas operações.

## **2. Fundamentação teórica**

Esta seção apresenta a fundamentação teórica para o desenvolvimento de um sistema inovador de detecção e alarme de incêndios, utilizando a Internet das Coisas (IoT). Esta base teórica visa apoiar a criação de um sistema eficaz e eficiente.

### **2.1. Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndio**

De acordo com Carolina Furlanetto Mendes e Lúcia Helena de Oliveira (2011), o principal objetivo de um sistema de detecção e alarme de incêndio é identificar focos de

fogo em um estágio inicial para permitir uma evacuação rápida e o início imediato das ações de combate. Estes dispositivos centralizam alarmes e controle, detectam automaticamente anomalias em ambientes monitorados e facilitam chamadas de socorro e rotas de fuga seguras. Ao projetar essa solução, é importante considerar a seleção apropriada de componentes para garantir a detecção precoce de incêndios. Detector automático de ponto, acionamento manual, indicadores sonoros e visuais e fonte de alimentação compõem o kit.

A seleção e instalação de detectores devem ser baseadas nas características específicas do ambiente, como temperatura, geração de fumaça e substâncias presentes. Recomenda-se conectar detectores de fumaça próximos ao ponto de retorno do ambiente utilizando sistema de ventilação, evitando instalar detectores a uma distância inferior a 1,50m do ponto de alimentação de ar. Os acionadores manuais devem possuir dispositivo para evitar acionamentos acidentais e instruções claras em português, e avisos sonoros e visuais devem ser instalados em número suficiente para serem facilmente visíveis de qualquer lugar do ambiente. Estas medidas são essenciais para garantir uma resposta rápida e precisa em caso de incêndio e para proteger, de modo eficaz, vidas e bens.

## **2.2. Tipos de Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndio**

Existem diferentes tipos de sistemas de detecção, cada um com características específicas e graus de complexidade, sendo eles:

**Sistemas de detecção convencional:** Este tipo funciona por meio de circuitos de detecção distribuídos em uma área específica. Quando o dispositivo é ativado, o painel de controle reconhece apenas os locais protegidos pelos circuitos relevantes. Não há flexibilidade para personalizar centralmente os alarmes do dispositivo.

**Sistema de Endereçamento:** Neste sistema cada detector recebe um endereço exclusivo para que possa ser identificado individualmente pela unidade de controle. Quando ativada, a unidade de controle identifica áreas protegidas e detectores de alerta. Contudo, tal como acontece com os sistemas tradicionais, não é possível controlar centralmente os alarmes dos detectores.

**Sistema de detecção analógica:** O sistema endereçável permite que a unidade de controle monitore continuamente os valores do dispositivo detector (por exemplo, temperatura e fumaça). A unidade de controle pode comparar esses valores com parâmetros predefinidos e regular centralmente os alarmes do dispositivo.

**Sistema de detecção algorítmica:** Assim como os sistemas analógicos, os detectores deste sistema possuem critérios para avaliar medições ambientais ao longo do tempo. Um circuito lógico pré-programado compara esses sinais e gera um alarme. O detector pode monitorar sensores continuamente, tomar decisões e comunicar condições de aviso, pré-aviso ou erro à unidade de controle.

### **2.3. Tecnologias empregadas**

Existem diversas pesquisas na área de Sistemas de detecção e alarme de incêndio (SDAI), muitas delas aplicando tecnologias como a utilização de IOT e redes LoRa (*Long Range* – longo alcance) no monitoramento de incêndios ambientais (GUIMARÃES, 2023), o estudo de SDAIs convencionais e endereçáveis Wireless (LEAL, 2021) e a utilização do protocolo MQTT para comunicação através da Internet (MUENCHEN, 2018). Tais pesquisas mostram a relevância do tema e dão suporte para a justificativa e as tecnologias empregadas neste projeto.

#### **2.3.1. Sistema Supervisório**

De acordo com Cavalcante (2016) existem vários tipos de sistemas que são utilizados para gerenciar, controlar e monitorar qualquer tipo de planta industrial ou não, sendo os mais difundidos, o SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). Sistema supervisório SCADA é aquele que utiliza tecnologias de computação e comunicação para automatizar o monitoramento e o controle de processos industriais. Este sistema é parte integrante da maioria dos ambientes industriais complexos ou geograficamente dispersos, na medida em que podem coletar rapidamente os dados de uma quantidade grande de fontes, para depois serem apresentados a um operador de uma forma amigável. O sistema SCADA melhora a eficácia do processo de monitoramento e controle, fornecendo a informação oportuna para poder tomar decisões operacionais apropriadas (PINHEIRO, 2006).

Os sistemas supervisórios oferecem três funções básicas:

- Funções de supervisão: são todas as funções de monitoramento do processo tais como informações resumidas e animadas, gráficos de tendência e de variáveis analógicas e digitais, relatórios impressos, dentre outros;
- Funções de operações: é a ação direta sobre os atuadores, permitindo enviar comandos como ligar e desligar equipamentos ou sequência de equipamentos, operação de malhas com controle PID (Proporcional, Integral e Derivativo),

mudança de modo de operação de equipamentos, assim como, diversos outros comandos programáveis;

- Funções de controle: Alguns sistemas possuem opções específicas para atuação automática sobre o sistema em determinadas situações pré-programadas de acordo com a necessidade e possibilidade de ter esse tipo de automatismo sobre o processo supervisionado (VIANNA, 2008).

### 2.3.2. *Protocolo MQTT*

O protocolo de comunicação MQTT é voltado para aplicações M2M (*Machine-to-Machine*) e utiliza o paradigma *publish/subscribe* para troca de mensagens. O layout das mensagens foi pensado para atender a taxas de conexão de rede e hardwares modestos, mas que possibilitem em certo grau, garantia de entrega das mensagens e de confiabilidade. Estas características fazem do MQTT um dos principais candidatos a protocolo de comunicação voltado para aplicações IoT ou M2M, e que também desponta quando se trata de aplicações destinadas a dispositivos móveis, onde a economia de energia é um quesito vital (MQTT.ORG, 2014).

Diferente do modelo cliente/servidor, onde as mensagens são enviadas diretamente da origem para o destino, no modelo *publish/subscribe* existe a participação de uma entidade intermediária, o *Broker*, que irá receber as mensagens publicadas por um cliente, o *publisher*, e direcioná-las a um ou mais clientes, denominados *subscribers*. Dessa forma, uma camada extra de proteção é criada, quando este modelo é comparado àquele, pois ambos os clientes jamais se comunicarão diretamente. (HIVEMQ, 2015).

Como anteriormente mencionado, o protocolo MQTT proporciona um desacoplamento, entre os elementos comunicantes, nas dimensões espacial (*publisher* e *subscriber* não precisam se conhecer), temporal (não é necessário que *publisher* e *subscriber* estejam em execução simultaneamente) e de sincronização (durante publicações e recebimentos de mensagens, as operações em ambos os elementos não sofrem interrupção) (HIVEMQ, 2015).

Devido ao desacoplamento entre *publisher* e *subscriber*, a conexão acontece sempre entre cliente e *broker*. São considerados clientes MQTT, os elementos finais do processo de comunicação, ou seja, qualquer dispositivo com características de *hardware* suficientes para executar uma biblioteca MQTT e que esteja conectado a um *broker* MQTT; este, por sua vez, é responsável por receber todas as mensagens e filtrá-las, para que sejam enviadas aos respectivos interessados (HIVEMQ, 2015).

O protocolo da camada subjacente ao MQTT pode ser o TCP (*Transmission Control Protocol*) ou qualquer outro protocolo que ofereça conexão bidirecional, sem perdas e com ordenamento de dados (OASIS, 2015).

### **2.3.3. Gêmeo Digital**

Segundo Glaessgen e Stargel (2012), um Gêmeo Digital (do inglês, *Digital Twin*) é uma simulação multifísica, multiescala e probabilística integrada de um sistema construído e que usa os melhores modelos físicos disponíveis, atualizações de sensores, histórico etc., para espelhar a vida de seu gêmeo correspondente.

O Gêmeo Digital possui 3 partes principais, que são:

- Produtos físicos no Espaço Físico;
- Produtos virtuais no Espaço Virtual;
- Conexões de dados e informações que unem os dois produtos.

No Espaço Virtual, melhora-se a quantidade de informações que se tem disponível, adicionando inúmeras características comportamentais para que se possa não apenas visualizar o produto, mas também testá-lo quanto às capacidades de desempenho (GRIEVES, 2014). O Gêmeo Digital é uma reflexão em tempo real, ou seja, o espaço virtual é um reflexo do espaço físico, podendo manter uma sincronização e fidelidade do espaço físico. Ele possui interação e convergência no espaço físico, no qual os dados gerados em várias partes no espaço físico podem se conectar entre si. Os dados obtidos no espaço físico podem ser muito abrangentes, porém, eles podem ser mais bem explorados e usados de forma mais completa por meio da convergência com seu histórico. O Gêmeo Digital tem a capacidade de se atualizar em tempo real por meio da comparação do espaço virtual com o espaço físico, sofrendo assim melhorias contínuas (TAO, 2018).

### **2.3.4. Linguagem de Marcação HTML**

A linguagem de marcação HTML (*HyperText Markup Language*) é utilizada para criar páginas acessáveis por meio de navegadores, como por exemplo o *Chrome* ou *Microsoft Edge*. Atualmente, utiliza-se o HTML5 que contém todas as ferramentas das versões anteriores desta linguagem, porém possuindo novos elementos semânticos para definição de classes e IDs (identificação), novas APIs (Interface de Programação de Aplicação) para adicionar vídeos, áudios, elementos gráficos com scripts, entre outros.

De acordo com Evandro Manara Miletto e Silvia de Castro Bertagnolli (2014), a principal característica do HTML é utilizar hipertexto para viabilizar a navegação.

Basicamente, utilizam de texto, podendo ser títulos, parágrafos, imagens, tabelas e *links* que, quando clicados levam a outras páginas WEB ou a seções de uma mesma página.

Todos os elementos de uma página utilizam comandos específicos desta linguagem, sendo denominados *TAGs*. As *TAGs* são palavras específicas envoltas por sinais de “maior que” e “menor que”, aparecendo em pares para indicar o começo e o final da instrução. Alguns exemplos de comandos são: `<head>` (cabeçalho), `<body>` (conteúdo da página).

### **2.3.5. CSS**

A folha de estilo em cascata (CSS – *Cascading Style Sheets*) surgiu para separar a linguagem de marcação da camada de estilos. Neste sentido, o HTML é utilizado somente para estruturar a página enquanto o CSS é aplicado para estilizar esta página, formatar a aparência, possibilitando realizar alterações de design sem a necessidade de mudar o arquivo da linguagem de marcação, eliminando um problema com o qual desenvolvedores se deparavam (SOUZA, 2007).

O CSS permite personalizar títulos, listas, imagens, além de bordas, fontes e alinhamentos, sendo necessário apenas definir a *TAG* de marcação utilizada.

### **2.3.6. JavaScript**

Na denominada “camada de comportamento” é possível criar efeitos e ações numa página de navegador, proporcionando um ambiente interativo para o usuário, para isso é utilizado a linguagem de programação JavaScript que faz parte da tríade de desenvolvimento WEB (HTML, CSS e JavaScript). Sendo uma linguagem de alto nível, dinâmica, interpretada e não tipada (FLANAGAN, 2012), ela é conveniente para utilização em estilos de programação orientados a objetos.

### **2.3.7. Node-Red**

Pode-se definir o *Node-Red* como uma ferramenta visual baseada em fluxo que apresenta código aberto, desenvolvida originalmente pela IBM, assim como o protocolo MQTT. Pela sua programação ser em blocos, o processo é simplificado e de fácil compreensão, sendo ideal para aplicações em sistemas que utilizam IoT. A conexão dos blocos é chamada de nós, ou “*nodes*”, do inglês, cada bloco apresenta uma função diferente. A junção destes nós, na realização de uma atividade dão um fluxo ou “*flow*” (BASÍLIO, 2021).

### **2.3.8. GSM – Global System for Mobile Communication**

É um padrão digital de segunda geração do celular desenvolvido na Europa e adotado na maior parte do mundo. Desenvolvido inicialmente para a faixa de 900 MHz, o GSM teve posteriormente uma versão adaptada para as faixas de 1800 e 1900 MHz (ALENCAR, 1998). O GSM tem a estrutura básica dos sistemas celulares e oferece as mesmas funcionalidades básicas dos demais sistemas celulares associados à mobilidade como *roaming* e *handover* entre células (YACOUB, 1993).

## **3. Metodologia**

Para esta pesquisa foi observada uma situação que acontece em diversas indústrias e blocos residenciais: a utilização de centrais de incêndio localizadas em apenas um ponto específico da planta, sem o uso de repetidores. Este trabalho possui um aspecto quantitativo visto que é possível mensurar a diferença entre diversos sistemas com base em tempo de evacuação, número de vítimas, prejuízos financeiros, entre outros. O presente artigo tem como objetivo de construir um SDAI baseado na aplicação de tecnologias emergentes da Indústria 4.0 e avaliar sua efetividade em comparação com os SDAIs existentes. Para este fim será elaborado um sistema supervisorio como a central do sistema, uma página na intranet indicando, visualmente, o local do princípio de incêndio e o protótipo de uma planta industrial em que será possível simular um sinistro.

### **3.1. Estudo de Projeto**

Uma empresa do ramo da Metalurgia, em São Bernardo do Campo – SP, possui um sistema de alarme de incêndio endereçável da marca Bosch, modelo FPA-1200, com dois laços de endereços possuindo programação via software (FSP-5000-RPS) e suporte a baterias em caso de falta de energia.

Durante uma ocorrência de princípio de incêndio na empresa, em que o óleo de processo presente numa chapa sendo laminada pegou fogo e os sensores foram atuados, foi observado que o tempo de recebimento da informação sobre o local em que havia ocorrido o sinistro era longo pois, devido a central estar localizada na entrada da corporação, era necessário que alguém próximo verificasse no SDAI e informasse a segurança do trabalho e os brigadistas presentes na fábrica, por meio de ligação telefônica, “ponto a ponto”. Com isso, eles só chegaram ao local afetado após a descarga dos cilindros de CO<sub>2</sub> (gás carbônico), momento em que já não deveria haver

ninguém próximo a máquina.

Após a análise desta ocorrência, foi constatado que, se houvesse uma maior velocidade no recebimento da notificação do local exato do incidente, seria possível minimizar o número de vítimas e os danos estruturais, pois as autoridades responsáveis se moveriam de maneira eficiente assim que os sensores fossem acionados, evacuando primeiramente as pessoas da área de risco e iniciando o combate ao sinistro.

### **3.2. Reunião de planejamento**

Para melhorar este processo de notificação ao usuário, foi realizada uma reunião para decisão das melhores tecnologias a serem aplicadas, como por exemplo *e-mails*, avisos sonoros, uso de monitores, uso de tecnologias para envio de dados via nuvem, entre outros.

Chegou-se à conclusão de que a melhor maneira seria o envio da localização do incidente para os celulares e computadores dos brigadistas, pois, na maior parte do tempo todos sempre têm acesso a equipamentos eletrônicos com acesso à internet (MENDONÇA, 2021; NICOLACI, 2004). O modo a ser feito será por mensagens escritas curtas (SMS) enviadas aos dispositivos móveis e graficamente por meio de um gêmeo digital da planta alocado num servidor dentro da rede privada da empresa (*Intranet*), que pode ser acessado pelo pessoal designado ao combate a incêndios.

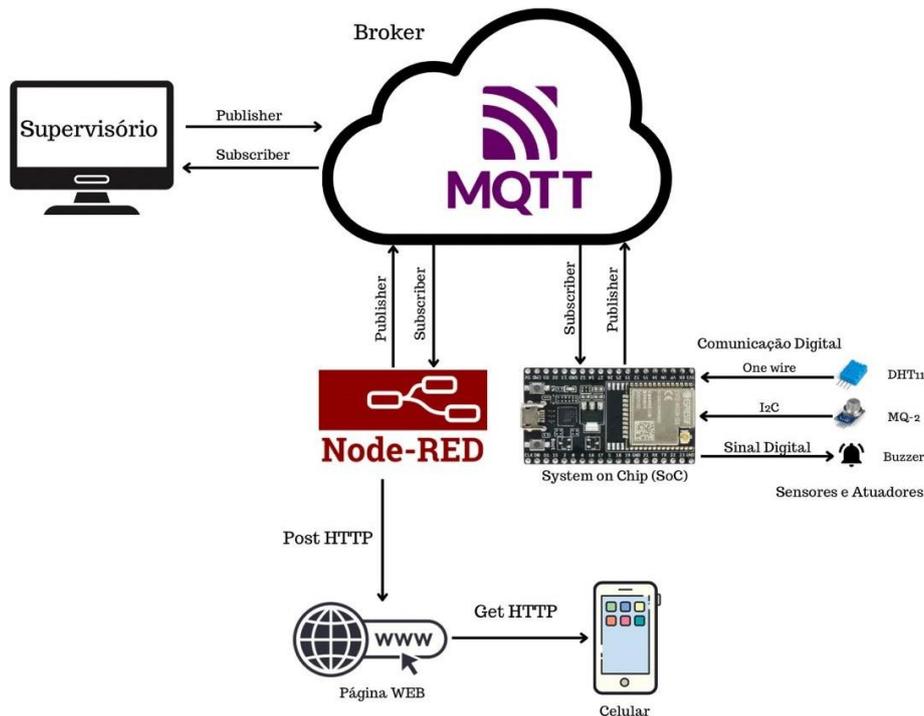
### **3.3. Esboço do projeto**

Com a definição do meio de comunicação, iniciou-se a etapa de pesquisas dos componentes a serem utilizados. Primeiramente, priorizou-se os controladores, foi levantada a hipótese de dois modelos com acesso à internet, o *DEV KIT ESP32* e o *Raspberry PI 4*. Ambos atenderiam perfeitamente a aplicação, porém, para o protótipo foi preferível a utilização do ESP32 que possui *hardware* compatível com a necessidade deste projeto levando em conta a quantidade de memória de programa, memória SRAM (*Static Random Access Memory*) e número de núcleos do processador. O *Raspberry* não se fez necessário devido ao ESP32 já atender todas as necessidades do projeto e ter um menor custo. Após, foi decidido o uso dos sensores DHT11 (temperatura e umidade do ar) e o MQ-2 (detecção de gás inflamável e fumaça) para testes em diferentes áreas a fim de demonstrar suas diversas aplicações.

Foi realizado um diagrama de topologia de redes para exemplificar a ideia

proposta, representado na figura 1. Nele observa-se a utilização de ESP32 para a aquisição de dados dos sensores em campo, tais dados serão enviados a um *broker* MQTT para que não seja necessária a utilização de cabeamento interligando a central até a unidade remota. Essa conexão também possibilita um acesso direto as informações dos sensores, caso seu dispositivo esteja conectado neste servidor.

Figura 1 - Topologia de rede



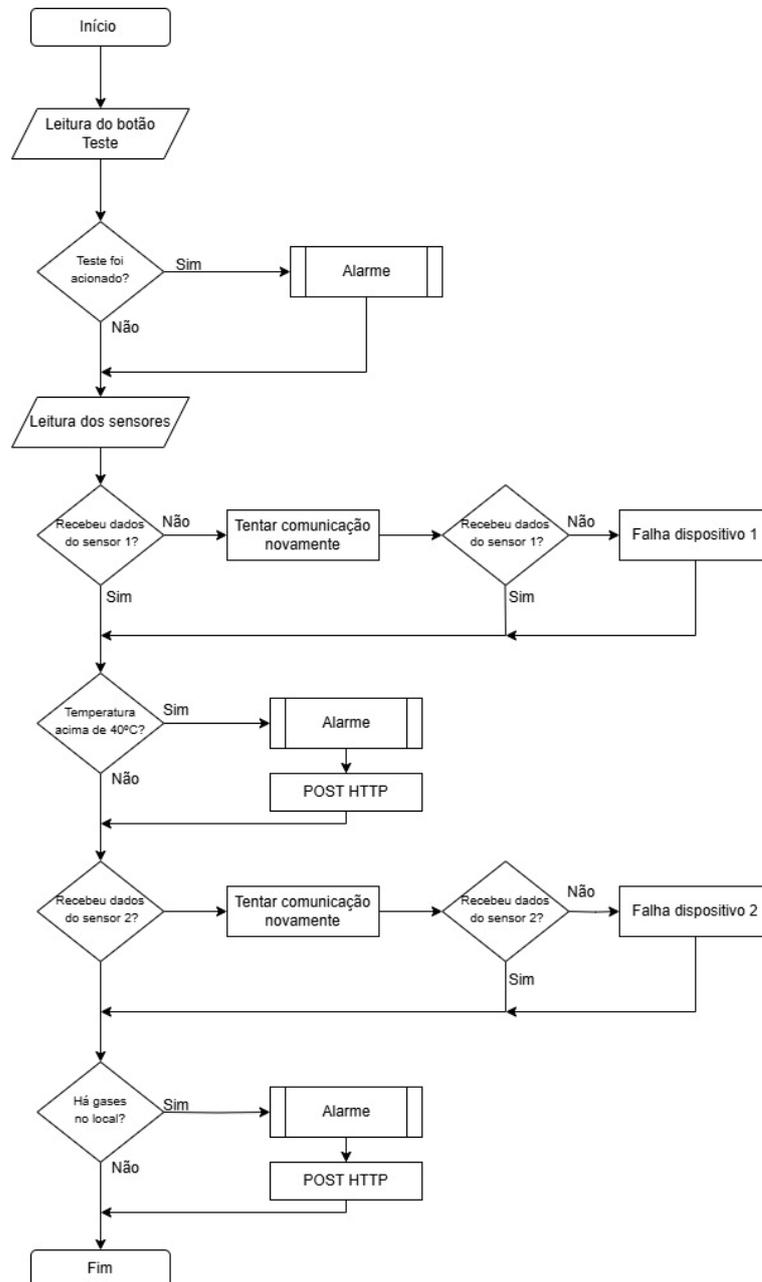
Fonte: Autoria própria, 2024.

Inscrito neste *broker* como *publisher* e *subscriber* foi implementado um supervisório com o objetivo de realizar todas as intervenções necessárias no sistema, como a visualização local de princípios de incêndio, desligamento das sirenes, *reset* de falhas, entre outros.

A visualização online da planta baixa com animações em tempo real foi configurada por meio da ferramenta *Node Red*. Com suas funções foi possível implementar um servidor que pode ser encontrado na rede local por meio de um endereço IP (*Internet Protocol*). Neste servidor é armazenado uma página da Internet com layout construído por meio de HTML, demarcando o posicionamento de cada elemento da tela.

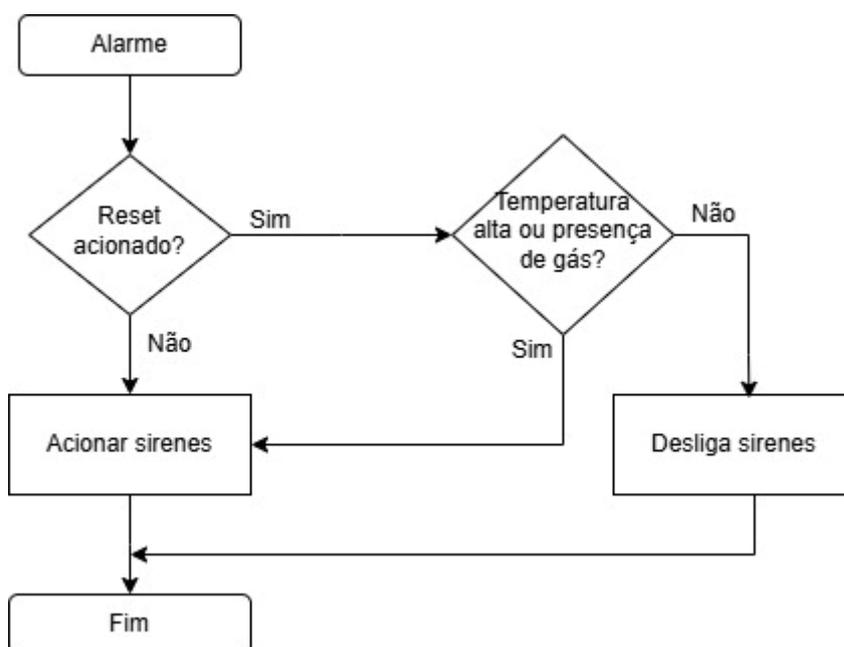
O site é estilizado em CSS para inclusão de imagens e animações, além de configurações gráficas como fonte, tamanho e cores das letras. Nas figuras 2 e 3 são observados os fluxogramas que representam o modo de funcionamento do sistema.

Figura 2 - Fluxograma do projeto



Fonte: Autoria própria, 2024.

Figura 3 - Fluxograma do projeto (rotina Alarme)



Fonte: Autoria própria, 2024.

### 3.4. Lista de materiais

Tabela 1 – Lista de materiais

Qtde.	Materiais
1	Microcontrolador ESP32
6	Sensores de umidade e temperatura DHT11
2	Sensores de gás inflamável e fumaça MQ-2
4	Alto-falantes <i>buzzer</i> ativo
-	Peças para montagem da estrutura física (maquete da planta industrial)
1	Notebook
1	Placa de circuito impresso
1	Módulo GSM

Fonte: Autoria própria, 2024.

## 4. Desenvolvimento do projeto

Nesta seção serão apresentados os passos para desenvolvimento do projeto incluindo programação, configuração de softwares e montagem do protótipo final.

### 4.1. Programação do controlador

Nesta subseção será apresentado como foi idealizada a lógica de operação do

Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio, como ela atua dependendo dos sinais enviados pelas entradas.

Este sistema conta com dois tipos de sensores, o DHT11 (sensor de temperatura e umidade do ar) e o MQ2 (utilizado para detecção de gases inflamáveis e fumaça. Estes dispositivos foram distribuídos pelo protótipo da planta industrial de modo a proteger todas as dependências, estando em dois padrões:

#### ***4.1.1. Dois sensores de temperatura DHT11***

Cada sensor DHT11 envia um sinal de 0 a 5V na entrada analógica do controlador, que o converte para a temperatura ambiente. Com essas duas temperaturas, caso ambos os sensores estejam em pleno funcionamento, é realizada uma média dos valores enviando o resultado para o *broker* MQTT.

Se for identificado algum problema nos sensores, um sinal de "falha" é encaminhado para o sistema supervisorio, sendo o outro dispositivo o responsável por enviar os valores de temperatura atual para o *broker*.

#### ***4.1.2. Sensor de temperatura DHT11 + Sensor de gás e fumaça MQ2***

Ambos os sensores enviam sinais ao servidor, porém, em caso de eventuais defeitos, são geradas falhas no supervisorio. Esta combinação de sensores foi utilizada em locais com mais incidências de vazamentos de gás (Restaurante) e onde é possível que haja fumaça antes da temperatura estar elevada (Banheiros devido a utilização de certos produtos químicos).

## **4.2. Aveva Edge**

Esta subseção apresenta como foi configurado o sistema supervisorio utilizando o software *Aveva Edge Educational*, com ele é possível criar diversas telas e botões para interação, incluir caixas de texto para mostrar informações relevantes para operação, adicionar animações por meio de scripts, além de comunicação por diversos protocolos como MODBUS TCP, MODBUS RTU, MQTT, entre outros.

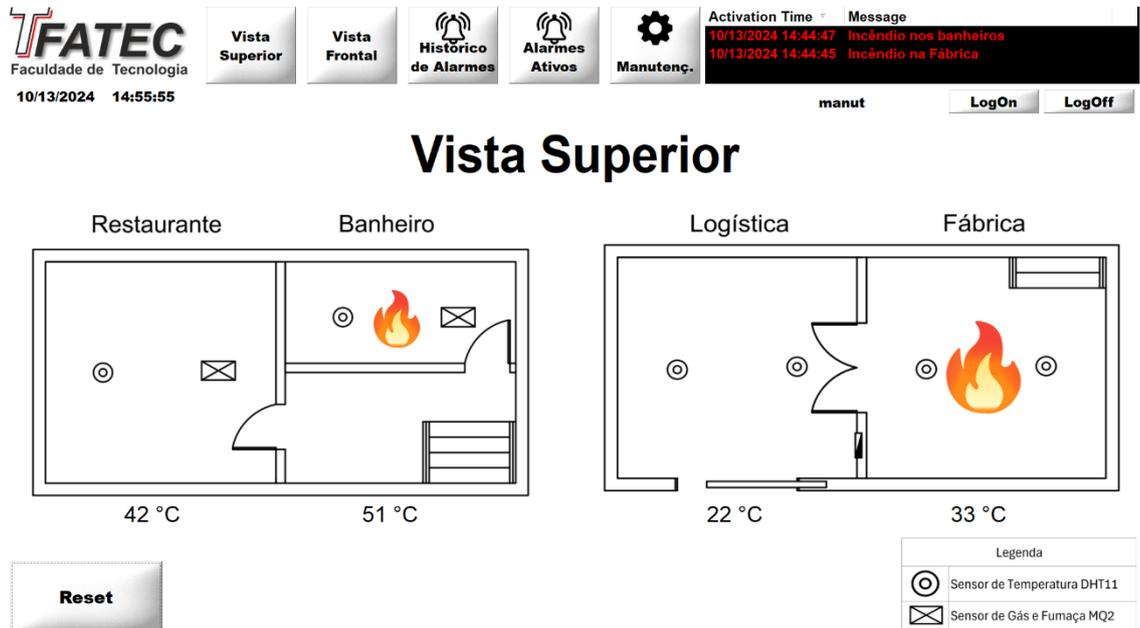
A seguir, serão apresentadas as principais telas do sistema:

#### ***4.2.1. Visualização da planta***

São apresentadas duas telas para visualização da planta sendo elas, uma vista frontal (figura 4) e uma planta baixa (figura 5), ambas foram configuradas de modo que,

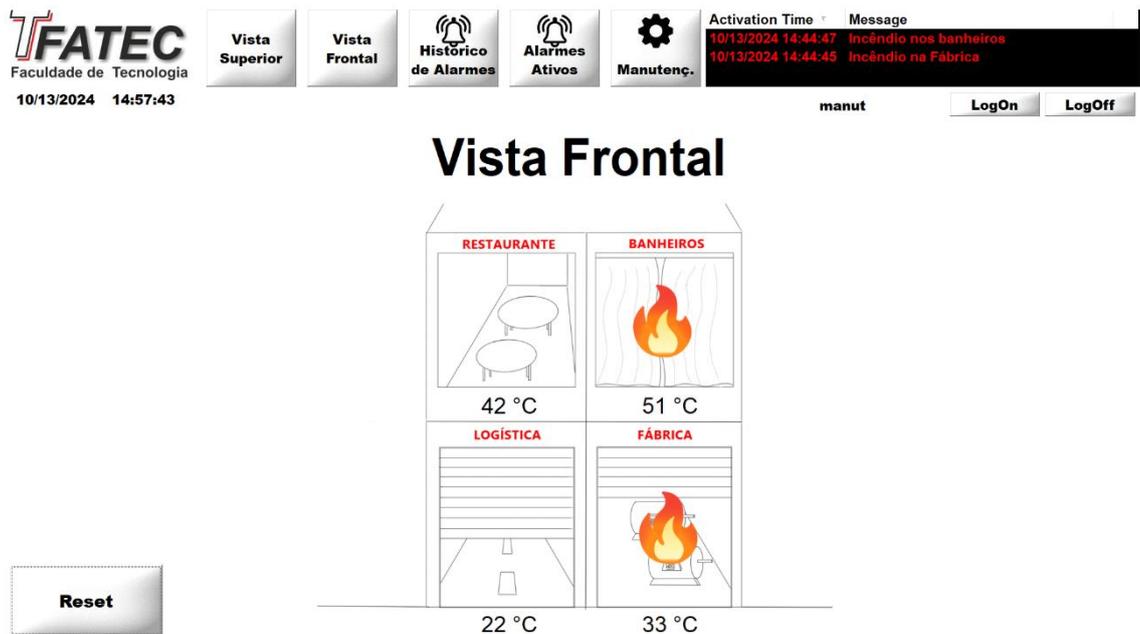
em caso de incidentes, é possível visualizar de forma clara a localização do princípio de incêndio por meio de uma animação, sendo possível interagir realizando o reset de todos os sensores se não estiverem sendo atuados por temperatura ou gás no momento.

Figura 4 – Representação da vista superior (planta baixa)



Fonte: Autoria própria, 2024.

Figura 5 – Representação da vista frontal



Fonte: Autoria própria, 2024.

### 4.2.2. Alarmes ativos

Esta tela apresenta todos os alarmes que estão ativos na planta em tempo real, eles estão relacionados aos sensores em que, caso qualquer um deixe de funcionar ou emita um alarme, é gerada uma mensagem na tabela, conforme a figura 6. Se um dos avisos é resolvido, a cor de sua escrita será alterada para azul e conseqüentemente poderá ser aplicado um reset para fazer a mensagem ser apagada.

Figura 6 – Tela de alarmes ativos



Fonte: Autoria própria, 2024

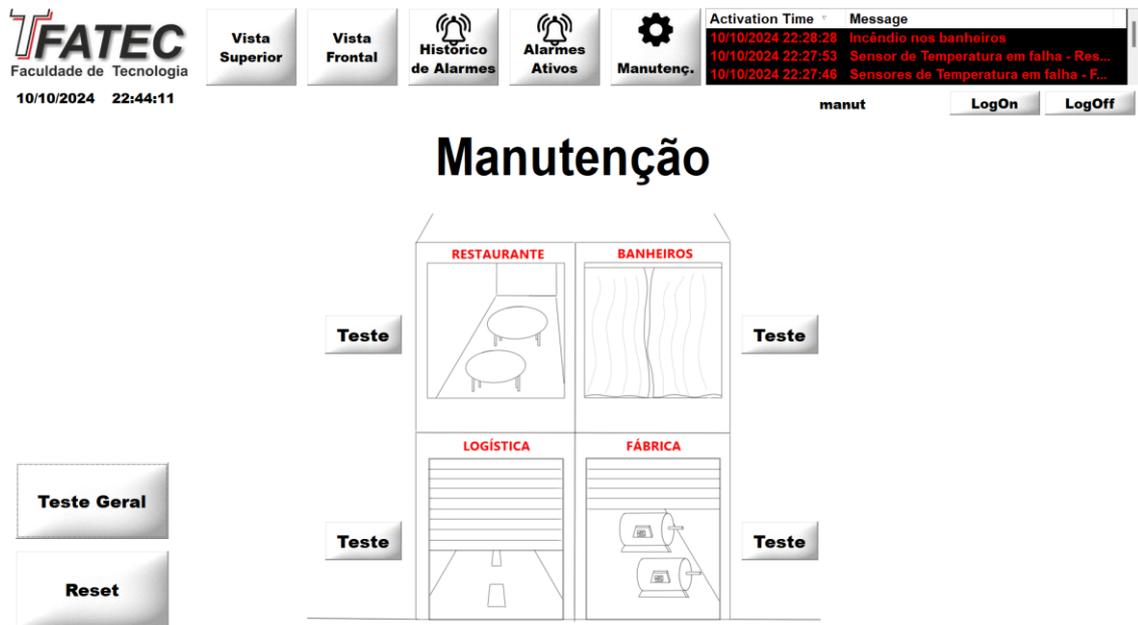
### 4.2.3. Histórico de alarmes

Na tela, pode-se visualizar todos os alarmes que ocorreram a partir do momento que o supervisor iniciou, mantendo assim, um banco de dados para consultas e verificação de antigos incidentes.

### 4.2.4. Manutenção

Nesta tela são realizados todos os testes do sistema, somente pode ser acessado com o devido usuário e senha, mantendo um maior nível de segurança. É possível interagir com os botões para acionar a sirene (*buzzer*) de cada setor independentemente, além do reset que inibirá todos eles ao final dos testes, conforme a figura 7.

Figura 7 – Tela de manutenção

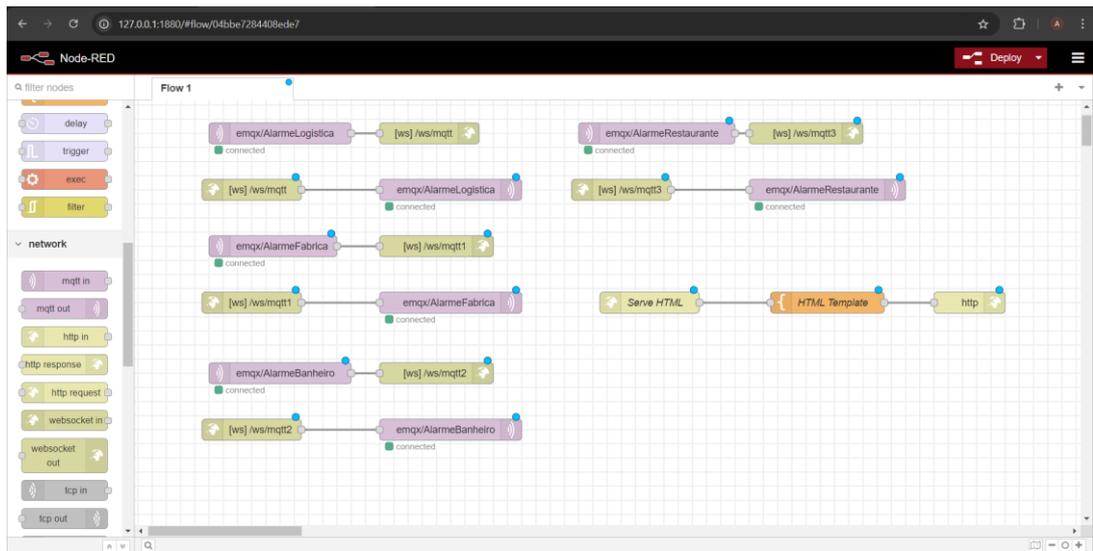


Fonte: Autoria própria, 2024

#### 4.3. Node-Red

Para realizar a implementação de uma página online que seja possível a visualização em qualquer dispositivo com acesso à internet, foi utilizado o software *Node-Red*. Com as funções disponibilizadas pelo programa, foi criado um *flow* que realiza o tratamento dos dados provenientes do *broker* MQTT, apresentado na figura 8. Estas informações são enviadas para a página HTML gerada através do “nó” *Server* HTML, com isso, são realizadas as animações para visualização do local de incêndio.

Figura 8 – Configuração do *Node-Red*



Fonte: Autoria própria, 2024

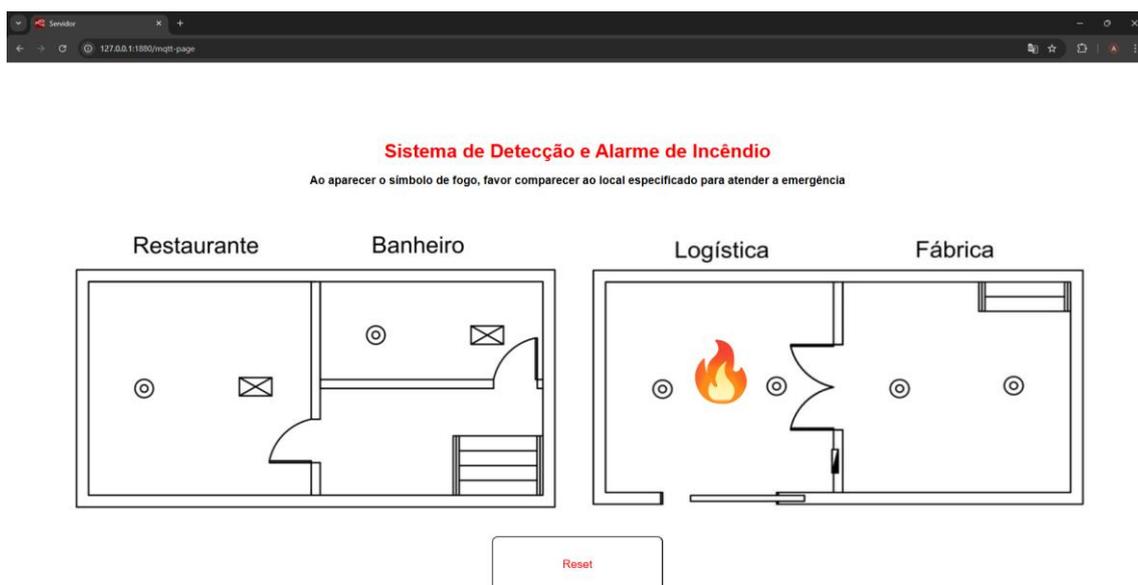
É possível observar a página gerada pelo servidor (figura 9), em que, assim que é detectado um sinistro, surge uma imagem no local específico do incêndio, conforme a figura 10.

Figura 9 – Página WEB



Fonte: Autoria própria, 2024

Figura 10 – Princípio de incêndio detectado



Fonte: Autoria própria, 2024

#### 4.4. Estrutura física

Para a simulação do projeto e a instalação do sistema de detecção de incêndio, foi construída uma maquete em MDF (*Medium Density Fiberboard*) que representa uma planta industrial com quatro ambientes distintos (figura 11). Esses ambientes são: Restaurante, Banheiro, Logística e Fábrica.

**Restaurante:** Simulando uma área de alimentação, com foco na detecção de incêndios em locais com presença de equipamentos de culinária e materiais inflamáveis. Um detector de fumaça e um sensor de temperatura foram instalados estrategicamente para garantir a detecção precoce de incêndios.

**Banheiro:** O banheiro é equipado com sensores apropriados para detectar fumaça e alta temperatura, considerando a presença de materiais como papel e produtos de limpeza que podem contribuir para a propagação de um incêndio.

**Logística:** Este ambiente representa uma área de armazenamento e movimentação de mercadorias. Sensores de temperatura foram instalados para monitorar constantemente o ambiente e detectar qualquer sinal de incêndio.

**Fábrica:** A área de fábrica foi projetada para simular um ambiente de produção industrial. Sensores de temperatura foram colocados em pontos críticos onde há maior risco de ignição, como áreas próximas a máquinas e processos que envolvem altas temperaturas.

Figura 11 – Maquete para testes



Fonte: Autorial própria, 2024

## 5. Testes e resultados

Para validar o desempenho do sistema proposto, foram realizados testes rigorosos em diferentes cenários. Os testes tinham três objetivos principais: avaliar a precisão dos sensores de temperatura e fumaça, verificar a estabilidade da comunicação entre os dispositivos e avaliar a eficácia do sistema de alarme.

### 5.1. Teste dos sensores:

Utilizando um isqueiro foram simuladas condições de incêndio para verificar a capacidade dos sensores em detectar o princípio e acionar o sistema de alarme. A chama eleva a temperatura do ambiente até chavear a saída do sensor DHT11, indicando um possível princípio de incêndio. O MQ2 detecta o sinistro através da fumaça e do gás liberado pelo isqueiro mesmo sem a presença da chama.

### 5.2. Teste de comunicação:

Avaliamos a eficiência do protocolo de comunicação utilizado, verificando a velocidade e estabilidade durante a operação. No servidor *Node-Red* foi possível observar um bom desempenho em até 15 dispositivos conectados simultaneamente para receber os dados de alarmes.

### **5.3. Teste do sistema de alarme:**

O sistema foi testado para garantir que o projeto proposto atenda aos requisitos de segurança e eficiência, incluindo o acionamento do alarme em caso de detecção de incêndio considerando o alarme local e posteriormente o geral e o funcionamento do sistema em caso de falha dos sensores.

### **5.4. Viabilidade econômica**

#### ***5.4.1. Nossa solução***

A automação em SDAI oferece diversos benefícios para a empresa, incluindo a redução dos danos à estrutura, estoques e equipamentos, causados por incêndios. Além disso, diminui significativamente o risco de acidentes, aumenta a eficiência operacional e garante maior conformidade com as normas de segurança.

Para a implementação do projeto, estimamos um investimento de R\$ 8.000,00, incluindo: Licença de software, sistema supervisorio, nível de acesso (segurança), detecção de falhas de sensores, notificação por SMS, instalação, manutenção do sistema e suporte técnico.

#### ***5.4.2. Solução existente no mercado***

Painel Sinótico *Wireless* da OUZER. Valor: R\$ 10.611,14.

Este painel sinótico permite uma visualização clara e instantânea do status de diversos alarmes e sensores distribuídos pela área protegida. Ele exibe informações cruciais sobre a localização e o tipo de incidente detectado, facilitando uma rápida resposta e gestão de emergências. Através de sua interface intuitiva, o painel sinótico ajuda na coordenação de equipes de resposta a incêndios, na evacuação de áreas afetadas.

Itens inclusos: Monitor 23,8 polegadas; Micro PC (com interface para Central de Alarme *Wireless*); teclado, mouse, alto falante, cabo HDMI (*High-Definition Multimedia Interface*), fonte de alimentação e cabo conexão central-micro PC; software incluso (Licença *Copyright*) com atualizações vitalícias; Notificações de alarme por WhatsApp; Anuidade de R\$ 120,00, corrigido conforme IPCA (Índice de preços ao consumidor), para manter notificações por WhatsApp. Primeira anuidade é grátis; Instalação e configuração do sistema é feita pelo cliente. (OUZER, 2024).

#### ***5.4.3. Custo-benefício***

A análise de custo-benefício (tabela 2) comparando o Painel Sinótico *Wireless* da OUZER com a Automação de SDAI indica que o nosso projeto possui um retorno de investimento mais rápido por fornecer serviços semelhantes com um preço mais

competitivo e sem taxas anuais. Esses resultados demonstram a alta viabilidade econômica do projeto.

Tabela 2 – Análise de custo-benefício

<b>Análise Custo-benefício</b>		
<b>Características</b>	<b>Nossa Solução</b>	<b>Solução Existente no Mercado</b>
Personalização	Alta	Média
Segurança	Alta	Baixa
Suporte técnico	Incluso	-
Licença	Incluso	Incluso
Instalação	Incluso	-
SMS	Incluso	-
WhatsApp	-	Incluso
Sinótico para celular	Incluso	-
Marca	Nova	Consolidada
Retorno Financeiro	Curto prazo	Longo prazo
Custo	R\$8.000,00	R\$10.611,14
Taxa anual	R\$0,00	R\$120,00

Fonte: Autoria própria, 2024

## 6. Considerações finais

Neste artigo, foi demonstrado a implementação bem-sucedida de um Sistema de Alarmes de Incêndio utilizando o microcontrolador ESP32, sensores de temperatura, fumaça e gás inflamável, além de softwares para um sistema supervisor e um servidor. O principal objetivo foi melhorar a transmissão de informações sobre a localização do incêndio com o uso de uma página WEB, possibilitando um processo de evacuação mais rápido e eficaz em caso de incêndios.

Durante a pesquisa foi constatado um problema referente ao número de usuários conectados à página simultaneamente, que gerava uma lentidão no tempo de atualização dos dados e, conseqüentemente, desconexão de alguns dispositivos. Isto ocorria devido o microcontrolador ter sido configurado como um servidor WEB. Para lidar com isso, foi implementado o uso do software *Node-Red*, que realiza o roteamento dos dados para cada aparelho conectado utilizando a capacidade de processamento do computador de supervisão. Foi possível observar que não houve problemas até 15 dispositivos conectados.

O SDAI mostrou-se eficiente durante os testes, enviando sinais precisos de temperatura e presença de gás ou fumaça, disparando alarmes sempre que um sinistro era detectado e informando falhas quando os dispositivos sensores estavam com algum defeito, tanto na alimentação 5V quanto no sinal de saída destes componentes. Todas as informações são transmitidas pelo ESP32, via WiFi, por meio do protocolo de comunicação MQTT, em que, ao realizar atualização das informações no *broker*, o sistema supervisor é notificado e atua mostrando animações e novos valores de temperatura. Ao ser gerado um alarme, a imagem de incêndio é exibida no computador para alertar o operador que estiver presente, e na página WEB esta mesma imagem aparece no local exato do princípio.

Para melhorias futuras, é recomendada a utilização de câmeras para detecção de fogo e fumaça, que podem identificar um possível foco em questão de segundos, sendo mais efetivo do que os sensores utilizados nesta pesquisa. Além disso, com o reconhecimento de imagens, é possível informar de modo preciso a localização do incêndio sem a necessidade de instalação de diversos equipamentos.

Portanto, a implementação do Sistema de Detecção e Alarme de Incêndios conectada a internet e com a geração de uma página WEB é uma solução para empresas que desejam ter as informações de sua planta em tempo real, na palma das mãos. Por

conta da utilização de um controlador de baixo custo, um sistema supervisorio acessível e uma plataforma para criação de servidores gratuita, este projeto foi considerado tecnicamente e financeiramente viável para instalações empresariais.

## 7. REFERÊNCIAS

ALENCAR, M. S. Sistemas de Comunicações. São Paulo, Editora Érica, 2001. ISBN:857194-838-0.

ALENCAR, M. S. Telefonia Celular Digital. São Paulo: Editora Érica, 2004. 448 p. ISBN: 85-365-0017-4.

BASÍLIO, S. O que é Node-RED? Conhecendo e instalando. 2021. Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/outros/o-que-e-node-red-conhecendo-e-instalando>. Acesso em: 13 de outubro de 2024.

BRITO, José Dionizio Crisostomo de. Desenvolvimento de um projeto de alarme para incêndio numa universidade pública. 2020. 39 f. Monografia (Especialização) - Curso de Bacharel em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020.

FLANAGAN, David. JavaScript: O Guia Definitivo. 6. ed. Santana: Bookman, 2011. 1088 p.

GLAESSGEN, E.; Stargel, D. The digital twin paradigm for future NASA and US Air Force vehicles. In: 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC structures, structural dynamics and materials conference 20th AIAA/ASME/AHS adaptive structures conference 14th AIAA. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1818. Acesso em: 19 maio 2024.

GRIEVES, M. Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication. White paper, Florida Institute of Technology, v. 1, n. 2014, p. 1–7, 2014. Acesso em: 19 maio 2024.

GUIMARÃES, Caio Henrique Loureiro - Emprego da tecnologia LoRa para monitoramento de focos de incêndio. 2023. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/server/api/core/bitstreams/23a156f3-d310-421a-91ae-3354310814d6/content>. Acesso em: 28 abr. 2024.

LEAL, Maria Luiza T, MARTINS, Osvandre Alves. Aplicação de conceitos e tecnologias de comunicação de dados sem fio, iot e diy como bases ao desenho de solução tecnológica para detecção e alarme de incêndios. Disponível em: <https://ocs.ifsp.edu.br/conict/xiiconict/paper/view/7400/2452>. Acesso em: 28 abr. 2024.

MENDES, Carolina Furlanetto; OLIVEIRA, Lúcia Helena de. Sistemas de detecção e alarme de incêndio. 2011. 20 f. Monografia (Doutorado) - Curso de Engenharia Cível, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Usp, São Paulo, 2011. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7867335/mod\\_resource/content/0/SDA\\_formatado.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7867335/mod_resource/content/0/SDA_formatado.pdf). Acesso em: 03 ago. 2024.

MENDONÇA, R. G. DE et al. Efetividade de intervenções na redução do tempo de tela: Revisão sistemática. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 9, p. e22410918023–e22410918023, 24 jul. 2021.

MILETTO, Evandro Manara; BERTAGNOLLI, Silvia de Castro. *Desenvolvimento de Software II*. Porto Alegre: Bookman, 2014. 276 p.

MQTT.ORG. Frequently Asked Questions. MQTT.ORG, 2014. Disponível em: . Acesso em: Acesso em: 19 maio 2024.

NASCIMENTO, Marcos Guedes, MENEZES, Raimundo Aprígio, SOUZA, Bruno César Bezerra Nóbrega, GONÇALVES, Charlie Salvador, SANTOS, Marcos de Oliveira. - Fire detection system for urban structures with integrated use of multisensors in embodied technology, 2024. Disponível em: <https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/download/4202/1491>. Acesso em: 28 abr. 2024.

NICOLACI-DA-COSTA, A. M. Impactos psicológicos do uso de celulares: uma pesquisa exploratória com jovens brasileiros. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 20, p. 165–174, ago. 2004.

OASIS. MQTT Version 3.1.1 Plus Errata 01. OASIS, 2015. Disponível em:  
Acesso em: 19 maio 2024.

OUZER. Painel sinótico wireless para detecção de incêndio. Disponível em:  
<https://www.ouzer.com/produto/painel-sinotico-wireless-para-deteccao-de-incendio-seguranca-avancada-e-confiavel>. Acesso em 03 novembro. 2024

PINHEIRO, José Mauricio Santos. Introdução às Redes de Supervisão e Controle. 2006. Disponível em:  
[https://www.projeteredes.com.br/artigos/artigo\\_redes\\_de\\_supervisao\\_e\\_controle.php](https://www.projeteredes.com.br/artigos/artigo_redes_de_supervisao_e_controle.php).  
Acesso em: 19 de maio de 2024.

RESENDE, R. M. T. Detecção e alarme de incêndio sistemas actuais, Porto, p. 110, junho 2009.

SILVA, A.; SOUZA, B.; PEREIRA, C. Sistema Supervisório. 2021. Disponível em:  
[https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/3885/1/Sistema%20Supervis%c3%b3rio%20\\_Artigo\\_2021\\_2.pdf](https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/3885/1/Sistema%20Supervis%c3%b3rio%20_Artigo_2021_2.pdf). Acesso em: 19 maio 2024.

SILVA, João; ALMEIDA, Maria. Sistema de Monitoramento de Consumo. 2018. Disponível em:  
<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/21883/1/SistemaMonitoramentoConsumo.pdf>. Acesso em: 19 maio 2024.

TAO, F. et al. Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Springer, v. 94, n. 9, p. 3563–3576, 2018. Acesso em: 19 maio 2024.

VIANNA, William da Silva, et al. Sistema SCADA Supervisório. Instituto Federal Fluminense de Educação Ciência e Tecnologia. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2008. Acesso em 19 de maio de 2024.

YACOUB, M. D. Foundations of Mobile Radio Engineering . 2a. ed. C.3, pp 156-181. CRC Press. 1993.