



C A P Í T U L O 4

InAlert: sensor de gás móvel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.823112628014>

Júlia Naelly Machado Silva

Orientadora. Professora da Escola Técnica Estadual (ETEC) de Taboão da Serra-SP. Mestra e Doutoranda pelo Instituto de Química da USP.
<http://lattes.cnpq.br/2011156360972003>

Cindy Kamile Santos de Oliveira

Técnica em Desenvolvimento de Sistemas pela ETEC de Taboão da Serra.
Taboão da Serra - São Paulo
<https://lattes.cnpq.br/2871345866641634>

Gabrielly Nataly Machado da Silva Rodrigues

Graduanda em Ciências Contábeis pela Faculdade Anhanguera e Técnica em Desenvolvimento de Sistemas pela ETEC de Taboão da Serra-SP.
Embu das Artes – São Paulo
<https://lattes.cnpq.br/2898720762200500>

Giovanna Santos Lima

Técnica em Desenvolvimento de Sistemas pela ETEC de Taboão da Serra.
Taboão da Serra – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/6882594266020486>

Jaqueline Nascimento Bastos

Graduanda em Comunicação Social - Publicidade e Propaganda pelo Centro Universitário das Américas (FAM) e Técnica em Desenvolvimento de Sistemas pela ETEC de Taboão da Serra-SP
Taboão da Serra – SP
<http://lattes.cnpq.br/0672213427869728>

Nicolas dos Santos

Graduando em Letras pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e Técnico em Desenvolvimento de Sistemas pela ETEC de Taboão da Serra-SP.
Campinas – SP
<https://lattes.cnpq.br/8312363665191284>

Rodolfo Votto Filho

Professor da Escola Técnica Estadual (ETEC) de Taboão da Serra-SP.
Taboão da Serra-SP

Dráusio de Castro

Coorientador. Professor da Faculdade de Tecnologia do
Estado de São Paulo (FATEC) de Carapicuíba.
Taboão da Serra-SP
<http://lattes.cnpq.br/3513196793674686>

RESUMO: Os gases inflamáveis estão presentes em diversos ambientes, sejam eles doméstico ou industriais, sendo caracterizados pelo alto grau de inflamabilidade, quando expostos ao ar, a agentes oxidantes e fontes de ignição. Dentre os gases mais utilizados, está o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), GLP, popularmente conhecido como gás de cozinha, altamente presente no cotidiano das famílias brasileiras e responsáveis por milhares de acidentes anuais, relacionados ao uso inadequado e a problemas de vazamento. Objetivou-se desenvolver um sistema de monitoramento de vazamento de gases inflamáveis, integrado a um aplicativo bilhetete. Para isso, utilizou-se a plataforma TinkerCad para prototipagem online do circuito elétrico, para posterior desenvolvimento do sistema físico, utilizando componentes eletrônicos como: ESP32, buzzer, sensor de gás MQ-2, cabos, display LCD, entre outros. Além disso, foi desenvolvido o aplicativo integrado ao sistema de detecção, que permite o monitoramento em tempo real das concentrações de gases em ambientes previamente cadastrados. A integração do hardware com software, permitiu uma maior eficiência na gestão de dados de vazamentos e, principalmente, tornou-se a detecção mais eficiente, ao passo que o monitoramento em tempo real permite a adoção de medidas rápidas para prevenção de acidentes.

PALAVRAS-CHAVE: gases inflamáveis; detecção de gases; aplicativo mobile; sistemas embarcados.

InAlert: mobile gas sensor

ABSTRACT: Flammable gases are present in various environments, both domestic and industrial, and are characterized by their high flammability when exposed to air, oxidizing agents, and ignition sources. Among the most commonly used gases is Liquefied Petroleum Gas (LPG), popularly known as cooking gas, which is widely used in Brazilian households and is responsible for thousands of accidents annually due to improper handling and leakage. The objective of this study was to develop a flammable gas leak monitoring system integrated with a ticketing application.

For this purpose, the Tinkercad platform was used for online prototyping of the electrical circuit, followed by the development of a physical system using electronic components such as an ESP32 microcontroller, buzzer, MQ-2 gas sensor, connecting cables, and an LCD display, among others. Additionally, an application integrated with the detection system was developed, enabling real-time monitoring of gas concentrations in previously registered environments. The integration of hardware and software improved the efficiency of leak detection and data management. Furthermore, real-time monitoring enables the rapid implementation of preventive measures, thereby reducing the risk of accidents.

KEYWORDS: flammable gases; gas detection; mobile application; embedded systems.

INTRODUÇÃO

Os gases inflamáveis são substâncias que entram facilmente em combustão quando expostas ao ar ou a agentes oxidantes e uma fonte de ignição. Possuem uma faixa específica de concentração no ar, denominada de limites de inflamabilidade, que se relaciona à concentração de gás ou vapor no ar que pode inflamar ou explodir, se em contato com uma fonte de ignição. Existem vários gases inflamáveis encontrados em ambientes domésticos e industriais, sendo eles: metano (CH_4), propano (C_3H_8), butano (C_4H_{10}), hidrogênio (H_2), etano (C_2H_6), acetileno (C_2H_2) e o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) (Vieira, 2024).

Dentre os principais gases utilizados, está o GLP, popularmente conhecido como gás de cozinha, presente no cotidiano de 95% das famílias brasileiras por conta de sua facilidade de transporte e utilização (Conzigaz, 2023). O GLP é composto majoritariamente por uma mistura de hidrocarbonetos, sendo eles: o butano (C_4H_{10}) e o propano (C_3H_8), encontrado em estado gasoso, e alternado para o líquido quando sujeito a influência da pressão ou resfriamento (Petrobras, 2025). O GLP pode ocasionar acidentes domésticos, em razão de vazamentos que não são detectados (Consigaz, 2017). A larga utilização implica em maior risco de acidentes, ocasionados por descuido ou falta de orientações acerca do uso adequado, o que em 2022 contabilizou cerca de 2.118 ocorrências (CBMCE, 2023).

Segundo a CETESB (s.d.), o GLP é classificado com número de risco 23, indicando inflamabilidade e se caracterizando como substância incolor, odor fraco, sendo capaz de formar vapor inflamável. Possui taxa de queima de 8,2 mm/min, e níveis de inflamabilidade e perigo para a saúde 4 (cor vermelha), indicando elevado potencial de combustão e grau de risco 1 (cor azul), correspondente a baixo risco em condições normais de exposição (CETESB, s.d.).

Nesse sentido, faz-se necessário o desenvolvimento de dispositivos capazes de detectar vazamentos de GLP e outros gases inflamáveis, como butano (C_4H_{10}),

propano (C_3H_8), metano (CH_4), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), entre outros, de modo a tornar os domicílios, instituições de ensino e indústrias mais seguras. Campos *et al.* (2018) abordam que a instalação de detectores de vazamentos de gases contribui para a mitigação dos riscos de incêndio e intoxicação.

Para isso, a Internet das Coisas (IoT) é uma rede que se mostra relevante para a sociedade atual, por ter diversas aplicações, como: auxílio na redução de gastos, construção de experiências exclusivas para cada usuário com base em suas preferências e ferramenta empresarial na tomada de decisões. IoT é uma rede de objetos que se conectam digitalmente com sensores, sistemas e tecnologias inteligentes para automatizar processos do cotidiano por meio de conexão à Internet (IBM, 2024). Suas aplicações incluem desde a conexão com casas inteligentes até a fabricação na indústria.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo, desenvolver o sistema InAlert, sensor de gás móvel, para detecção de vazamentos de gases inflamáveis, integrado a um aplicativo mobile, que recebe as informações e emite relatórios e alertas sobre as concentrações de gases no ambiente.

METODOLOGIA

O sistema InAlert foi desenvolvido por estudantes do 3º ano do Curso Técnico em Desenvolvimento de Sistemas integrado ao Ensino Médio, da Escola Técnica Estadual (Etec) de Taboão da Serra-SP, no âmbito dos itinerários formativos de Estudos Avançados em Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Estudos Avançados em Matemática e suas Tecnologias.

Protótipo digital na plataforma Tinkercad

Para prototipagem do detector móvel de gases inflamáveis, utilizou-se a plataforma Tinkercad, criada em 2020, que permite o desenvolvimento de modelagens e simulações 3D, de forma acessível e intuitiva. Com isso, foi possível simular o design e o funcionamento do sistema.

O sistema desenvolvido funciona a partir da detecção de um gás inflamável, que inicialmente, foi programado de acordo com níveis de classificação de risco, de acordo com a tabela 1 e com o código na Figura 1.

Classificação de risco	Concentração de gases (ppm)
1	<80
2	$80 \leq 150$
3	$150 \leq 300$
4	$300 \leq 450$
5	> 450

Tabela 1 – Classificação de risco, em relação a concentração de gases detectado.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

```
int calcularNivelRisco(int valor) {
    if (valor <= 80) return 1;
    else if (valor <= 150) return 2;
    else if (valor <= 300) return 3;
    else if (valor <= 450) return 4;
    else return 5;
}
```

Figura 1 – Código da classificação de risco.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Os parâmetros adotados para determinação e classificação da concentração de gases no ambiente fundamentam-se em diretrizes estabelecidas por órgãos reguladores (Tabela 1). Atualmente, concentração média de CO₂ na atmosfera é de 417 ppm. Contudo, em ambientes internos esse valor é superior, devido à baixa de ventilação e a produção natural pelos seres humanos (NASA, 2021). Para assegurar condições de conforto e bem-estar, recomenda-se que a concentração de CO₂ não ultrapasse 1000 ppm para ambientes internos (Santos, 2021).

O sistema detecta o gás, identifica o nível de risco e a partir disso, o LCD receberá um sinal para mostrar a quantidade do gás no ambiente e a respectiva classificação (Figura 2). Concomitantemente, o buzzer é acionado se os níveis de gás estiverem acima de 150 ppm, ou seja, a partir da classificação de risco 3, sendo gerado para o a classificação nível 3 um tom com vibração 90 e com intervalo de 5 milissegundos. No risco 4, o tom é de 1200 Hz e no risco 5 passa para 1500 Hz. Ademais, para a configuração do LCD e controle dos comandos, foi necessário a utilização da biblioteca LiquidCrystal (Figura 2).



Figura 2 – Detecção de gases no sensor LCD.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Modelagem 3D do suporte do Sensor de Gás Móvel

Para a realização da modelagem, utilizou-se o Onshape, plataforma de design assistida por computador (CAD) baseada em nuvem, que permite a criação, modificação e compartilhamento de modelos 3D e desenhos técnicos (OSB Software, 2024). Depois do desenvolvimento do modelo tridimensional, foi utilizada uma impressora 3D modelo Cliever CL2.5 para a impressão da caixa.

A modelagem 3D do suporte do protótipo físico, apresenta geometria retangular compacta, com dimensões de 12 x 8,9 x 3 cm (comprimento x largura x altura) para a base, e 12 x 8,9 x 0,5 cm para a tampa. Essa configuração dimensional foi projetada para favorecer o deslocamento facilitado do dispositivo, possibilitando sua utilização em diferentes ambientes. Os componentes do sistema elétrico são alocados no interior da estrutura, que dispõe de compartimentos específicos para fixação da LCD, sensor de detecção de gases, LEDs e o buzzer, de modo a garantir a proteção mecânica e estrutural, além da estabilidade dos componentes, mantendo-os em locais estratégicos, a fim de assegurar a adequada exposição do sensor ao ambiente e a leitura eficiente das concentrações de gases (Figura 3).

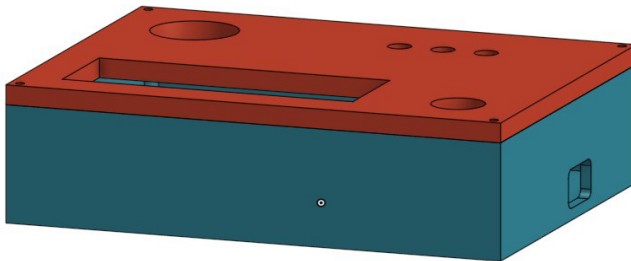


Figura 3 – Modelo 3D do suporte para o sensor de gás.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Desenvolvimento do modelo físico

Para o desenvolvimento do sistema físico, foram utilizados os seguintes componentes de hardware, elencados na Tabela 2, com suas respectivas funções.

Componentes	Quantidade	Descrição
ESP32	1	Responsável por controlar os sensores e os componentes o sistema
Cabos	25	Responsáveis por conectar pinos do ESP32 na Protoboard.
LCD	1	Através do LCD as informações a respeito da concentração de gás presente naquele local irão aparecer para o usuário.
Sensor de gás MQ-2	1	Irá detectar se no ar existe uma concentração de gases inflamáveis (GLP, C ₄ H ₁₀ , C ₃ H ₈ , CH ₄ , metano, CO ₂ , CO, álcool e fumaça).
Resistores	1	Um componente utilizado para limitar o fluxo de eletricidade/ Corrente elétrica.
Buzzer	1	Emite um sinal sonoro de alerta quando o sensor
Protoboard	1	Utilizada para conectar componentes eletrônicos entre si e ao ESP32.
LED's	3	Representa um risco ao avaliar a presença de gás no ambiente.

Tabela 2 – Componentes de hardwares utilizados para montagem do sistema sensor de gases.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

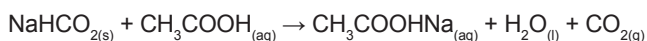
O sistema de detecção de gás foi montado sobre uma protoboard, utilizando o ESP32 como controlador principal. O sensor de gás MQ-2 foi conectado ao ESP32 com a finalidade de realizar a leitura da concentração de gases inflamáveis presentes no ambiente. As informações captadas são coletadas e exibidas em um display LCD, permitindo a visualização dos níveis de gás detectados.

Como dispositivo de alerta, foram utilizados LEDs e um buzzer, que são acionados automaticamente quando a concentração de gás ultrapassa os limites considerados seguros. Os componentes foram interligados por meio dos cabos, com o uso de resistores para a limitação de corrente, garantindo o correto funcionamento e a proteção do sistema.

Experimento para teste do sensor de gás

Realizou um experimento para testar a eficiência de detecção de gases do sensor, para isso, utilizou-se a reação de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) e vinagre (CH_3COOH), que gera CO_2 . Foram utilizados os seguintes materiais: uma garrafa PET, na qual um pequeno furo foi realizado no corpo para acomodar o sensor de gás; 75g de bicarbonato de sódio; 200ml de vinagre e o sensor junto ao ESP32. O sensor foi conectado à placa, programada para ler os dados do sensor e exibir os níveis de CO_2 .

O experimento começou com a adição do NaHCO_3 na garrafa PET, em seguida, o vinagre foi adicionado ao bicarbonato, podendo se observar a reação química de produção de CO_2 .



Protótipo do aplicativo

O protótipo do aplicativo do InAlert foi desenvolvido no Figma, plataforma colaborativa para o desenvolvimento do design de interfaces e protótipos (Silveira, Villain, 2024). A utilização do Figma é assessória, para facilitar a programação do aplicativo, tendo como base, uma identidade visual previamente estruturada.

Programação do aplicativo

Para construção do aplicativo, linguagens e ferramentas específicas da programação foram utilizadas, ou seja, códigos, plataformas e recursos foram usufruídos neste desenvolvimento visando o melhor funcionamento do software. Com isso, uma das ferramentas utilizadas foi o Firebase, que de acordo com Ribeiro (2023)

é uma plataforma de *Backend-as-a-Service* (BaaS), que fornece infraestrutura de *back-end* pronta para os desenvolvedores de aplicativos. No caso, no desenvolvimento do InAlert, o serviço foi utilizado em função da necessidade da criação de um banco de dados, para armazenamento de informações e análise eficiente dos dados registrados.

A plataforma Supabase também foi utilizada no InAlert, com uma aplicação abrangente de banco de dados de código aberto, equipada com recursos progressivos como autenticação, suporte a API RESTful e armazenamento de arquivos (Asse, 2024). Sendo assim, trabalha com as mesmas funcionalidades que o Firebase oferece, no entanto, para o desenvolvimento do trabalho, o Supabase foi utilizado para salvar os dados obtidos pelo sensor de gás, especificamente, para que assim, tenha uma melhor organização e separação dos dados obtidos pelo aplicativo.

Para o desenvolvimento do aplicativo, utilizou-se o React Native, framework de código aberto, usado em vários setores, sendo uma estrutura de aplicativo móvel popular, baseada na linguagem JavaScript, que permite criar aplicativos renderizados para IOS e Android (Cunha, 2023). O React Native ainda permite a criação única do código, de modo é possível usar o código para alimentar os aplicativos em IOS e Android, economizando tempo e recursos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A prototipagem do sistema sensor destinado ao monitoramento de vazamentos de gases possibilitou a modelagem e a visualização prévia do sistema eletrônico, facilitando a validação do circuito e montagem do dispositivo. O protótipo foi desenvolvido e simulado na plataforma Tinkercad. A figura 4 mostra o circuito elétrico do sistema, durante um momento de testes, em que é possível verificar no display LCD, o nível de risco 3, equivalente a detecção de concentração de gás de aproximadamente 227 ppm. Simultaneamente, o buzzer é acionado, emitindo um alerta sonoro.

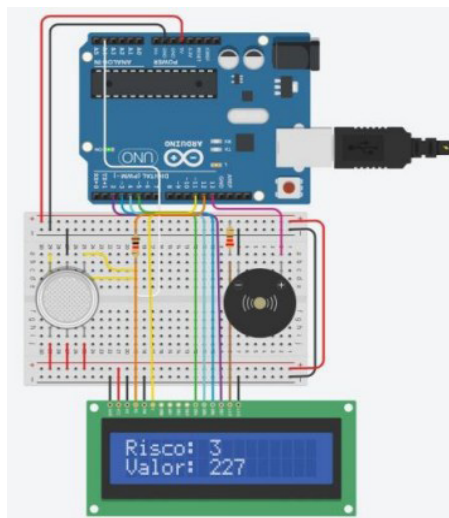


Figura 4 - Protótipo Online funcionando

Fonte: Autoria própria (2024).

Com base na modelagem e simulação realizadas no TinkerCad, o circuito eletrônico físico foi montado e acondicionado dentro do suporte desenvolvido em impressora 3D. Essa estrutura permite uma melhor organização e fixação dos componentes, além de possibilitar a visualização clara e contínua dos níveis de risco de concentrações de gases no display LCD, assim como as lâmpadas de LED e buzzer, conforme mostra a figura 5.



Figura 5 – Sistema físico do sensor de gás móvel.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Previamente à instalação do sistema eletrônico no suporte impresso em 3D, o sensor foi submetido a testes, para verificação da eficiência da programação e do grau de confiabilidade do dispositivo. O sensor de gás, instalado na garrafa PET, demonstrou ser sensível à diferentes níveis de CO_2 produzido pela reação química entre bicarbonato de sódio e vinagre nesse sistema. As leituras adquiridas e processadas pelo ESP32, indicaram um aumento nos níveis de CO_2 imediatamente após o início da reação. Com isso, verificou-se a eficiência em monitorar e registrar a variação na concentração dos gases dispostos no ambiente. A figura 6 abaixo, mostra o funcionamento do sensor durante o teste, indicando elevados níveis de CO_2 no sistema, conferindo nível 5 de risco à saúde humana.

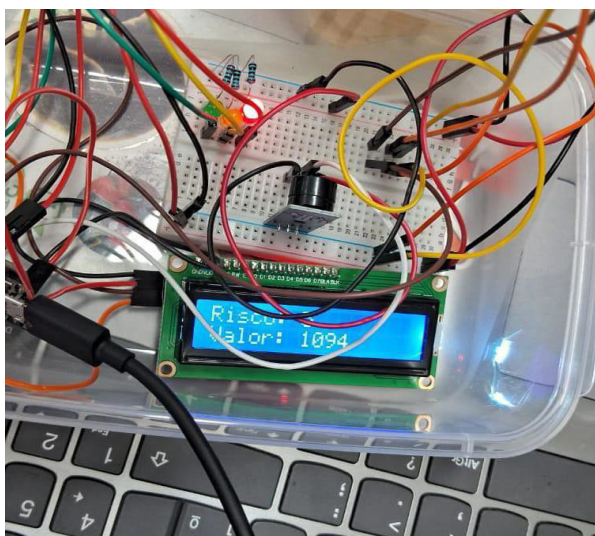


Figura 6 – Teste do sensor de gás, frente a detecção dos níveis de CO_2 .

Fonte: Autoria própria (2024)

Para compor o sistema de monitoramento, foi prototipado e desenvolvido um aplicativo móvel integrado ao sensor de gás, com o intuito de possibilitar a visualização remota e em tempo real dos níveis de concentração de gases nos diferentes ambientes em que o dispositivo foi instalado. A integração entre o hardware ampliou a capacidade de supervisão do sistema, permitindo o acompanhamento contínuo dos dados e a emissão de alertas em situações de risco. Assim, a utilização da interface digital contribui para a mitigação de acidades associados a vazamentos de gases.

O aplicativo móvel é composto por múltiplas interfaces, que dispõem de funcionalidades simples e design intuitivo, que facilitam o processo de supervisão dos ambientes monitorados. Na tela home principal, são apresentadas as funcionalidades básicas do aplicativo, sendo elas: botão para adição de novos ambientes de monitoramento e os locais cadastrados na base de dados (Figura 6). Para adicionar um novo ambiente, o usuário poderá inserir o nome do ambiente, sua classificação (domicílio ou profissional) e, ainda, incluir uma foto que ficará em exibição como imagem de capa (Figura 6).

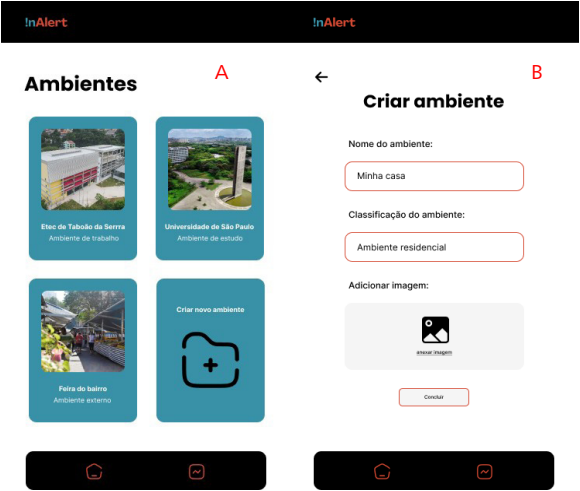
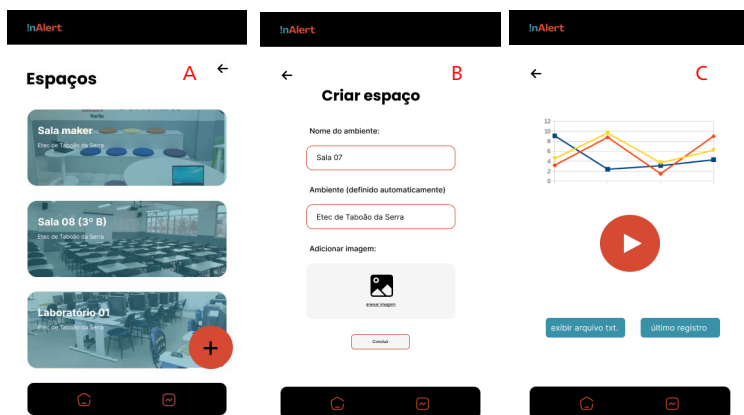


Figura 6 – Tela home principal do aplicativo, para visualização e inserção de ambientes de monitoramento.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Outra funcionalidade associada, permite a criação de espaços dentro de ambientes previamente cadastrados, nesse caso, é possível monitorar diferentes áreas de um mesmo prédio, por exemplo. Com isso, é possível identificar exatamente onde está centralizado o foco de vazamento de gás, dentro de grandes instituições (Figura 7A e 7B). A Figura 7C, demonstra a representação gráfica gerada a partir os níveis de concentração de gases detectados pelo sensor. É possível verificar a situação de cada espaço cadastrado, em que cada linha corresponde ao um ambiente. Ainda é possível fazer o download do gráfico no formato .txt para o dispositivo móvel do usuário.

Figura 7 - Tela de visualização e criação de espaços e tela de visualização gráfico dos níveis de gases.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Com o sistema InAlert, todas as informações registradas pelo sensor serão armazenadas e disponibilizadas em forma de gráfico, o que favorece a organização, visualização e análise temporal das informações coletadas. Essa função permite a identificação de variações e possíveis situações de risco, de forma mais estruturada e fundamentada. Além disso, o projeto contempla uma funcionalidade de exportação de dados registrados no aplicativo, para avaliação externa à plataforma.

A proposta do InAlert fundamenta-se na integração entre dispositivos de hardware e software, com o intuito de otimizar a eficiência do monitoramento de vazamentos de gases. Com isso, é possível tornar os ambientes como escolas, laboratórios e indústrias mais seguros, com o processamento e visualização de dados em tempo real, ampliando a capacidade de resposta frente a situações de riscos. Além disso, o principal diferencial do sistema está associado à sua mobilidade operacional, que permite o deslocamento do dispositivo entre diferentes locais, viabilizando o monitoramento de áreas extensas, sem a necessidade de múltiplos sensores fixos instalados. Tal característica confere maior flexibilidade de uso, redução de custos de infraestruturas e ampliação do local de alcance do sistema de monitoramento.

Diversos estudos têm desenvolvido sistemas fixos de prevenção, como idealizado por Arcoverde *et al.*, 2020 na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Em contraste, o presente trabalho propõe um sensor de gás móvel, cuja principal inovação reside na sua portabilidade e acessibilidade, sendo projetado para ser transportável, permitindo a utilização em diversos locais sem a necessidade de instalações fixas.

Embora os princípios de funcionamento do sensor e do processo de detecção sejam semelhantes aos empregados em sistemas fixos de monitoramento, o sensor móvel de gases desenvolvido neste projeto apresenta vantagens significativas em termos de mobilidade e custo de implementação. No estudo realizado pela UFCG, o sistema fixo desenvolvido possui um custo estimado de, aproximadamente, R\$ 189,00 e são limitados a um local de instalação (Arcoverde *et al.*, 2020). Em contrapartida, os sensores móveis são mais baratos, com custo estimado de R\$ 120,88 e podem ser utilizados em múltiplos ambientes, sem necessidade de instalação permanente. Tal característica, associada à sua eficiência, amplia a flexibilidade de aplicação, potencializa sua eficiência em diferentes cenários e contribui para uma relação custo-benefício mais favorável.

O sistema desenvolvido por Arcoverde *et al.*, 2020 se diferencia pela automação de respostas a riscos, como a ativação de exaustores, caracterizando uma abordagem mais reativa e automatizada de segurança, para contenção imediata do perigo identificado. Por sua vez, InAlert concentra-se no monitoramento contínuo e na classificação de múltiplos níveis de riscos, possibilitando uma análise mais detalhada das condições do ambiente. Dessa forma, o sensor de gás móvel permite a realização de análise qualitativa e quantitativas das concentrações de gases ao longo do tempo, centrando-se na vigilância contínua e na análise sistemática de dados, tendo enfoque na prevenção de acidentes e, eventualmente desenvolvimento de estratégias de segurança.

Por fim, é válido ressaltar que um sistema de monitoramento de gases além de evitar prejuízos financeiros e mobiliários, também previne efeitos deletérios à saúde humana, uma vez que gases como CO pode afetar o sistema nervoso central e cardiovascular, o GLP pode diminuir a concentração de oxigênio respirável no ambiente e causar falta de ar, fadiga, diminuição da visão, dor de cabeça, entre outros efeitos, e o CO₂ está relacionada à qualidade do ar, em função da poluição atmosférica (Peres, Paiva, Xavier, 2021; Santos, 2021)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de um sensor de gás móvel é importante como medida preventiva relevante no contexto da mitigação de riscos e do combate de incêndios, uma vez que possibilita a identificação precoce e níveis elevados de gases no ambiente. A utilização de tecnologia IoT é fundamental para a concepção de dispositivos de segurança mais eficientes, conectados e capazes de operar com monitoramento em tempo real.

O sistema InAlert mostrou eficiente para detecção de gases inflamáveis, evidenciando potencial aplicação em diferentes contextos como escolas, laboratórios,

indústrias, ambientes corporativos, entre outros. A possibilidade de detecção de diferentes tipos de gases amplia o escopo de atuação do dispositivo, conferindo maior abrangência, eficiência operacional e segurança.

A integração entre o aplicativo móvel e o sistema físico de detecção torna o processo de supervisão mais dinâmico, acessível e eficiente, ao permitir o acompanhamento remoto das medições e a rápida identificação de condições de riscos. Tal característica fortalece a prevenção de acidentes e contribui para adoção de estratégias de gestão de segurança ambiental.

Entretanto, ainda é necessário realizar testes *in loco* com o dispositivo, de modo a determina a eficiência ao analisar as concentrações de gases em grandes áreas.

REFERÊNCIAS

ARCOVERDE, S. A. DE S.; ARAÚJO, J. M. B.; DE CARVALHO, M. V. M.; GALDINO, E. T.; DE SOUZA, J. T. Sistema de prevenção inteligente contra incêndios e gases inflamáveis em ambientes. In: **Anais do VIII Simpósio de Engenharia de Produção**. São Paulo: Editora Blucker, v. 7, n. 3, 2020.

ASSE, R. Guia Definitivo para Aprender Supabase. **Comunidade sem codar**, 2024. Disponível em: <https://www.semcodar.com.br/guia-definitivo-para-aprender-supabase/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

CAMPOS, D. DA S. DE SOUZA, A. A. P. M.; PAULA, P. E. M.; RODRIGUES, L. M. DOS S. B.; DE JESUS, L. J. M. Simulação Fluidodinâmica (CFD) de vazamento de gases inflamáveis em plataformas Offshore. In: **III Congresso Nacional de Engenharias, Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis e V Workshop de Engenharia de Petróleo**. Editora Realize, 2018.

CBMCE. Secretaria de Segurança Pública e Defesa Social. **Corpo de bombeiros atendeu 1218 ocorrências com gases em 2023**. 2023. Disponível em: <https://www.bombeiros.ce.gov.br/2023/08/21/corpo-de-bombeiros-atendeu-1-218-ocorrencias-com-gases-em-2023>. Acesso em: 27 nov. 2024.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Emergências Química: Propano**. s.d. Disponível em: https://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=PROPANO. Acesso em: 11 jun. 2024.

CONSIGAZ. **Glp – Gás Liquefeito de Petróleo**. 2017. Disponível em: <https://www.consigaz.com.br/gas-glp/>. Acesso em: 03 jun. 2024.

CONSIGAZ. Gás natural e GLP: entenda as diferenças entre os tipos de gás. 2023. Disponível em: <https://consigazempresas.com.br/gas-natural-e-glp/>. Acesso em: 03 jun. 2024.

CUNHA, A. React Native: o que é e tudo sobre o Framework. **Alura**, 2023. Disponível em: https://www.alura.com.br/artigos/react-native?srsId=AfmBOoq8aJTKdZk9hmyqpYzV_to_hLmTcKCrHsNoI0C62W5SYy7Jge00. Acesso em: 25 nov. 2024.

IBM. O que é a Internet das Coisas (IoT)? 2024. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/topics/internet-of-things>. Acesso em: 12 jun. 2024.

NASA. **Carbon Dioxide**. 2021. Disponível em: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbondioxide/>. Acesso em: 30 jan. 2026.

OSB Software. Produto Onshape. *OSB Software*, 2024. Disponível em: <https://osbsoftware.com.br/produto/onshape?form=MG0AV3>. Acesso em: 27 nov. 2024.

PERES, H. E. N.; DE PAIVA, V. A.; XAVIER, N. A. Z. Sistema de controle e monitoramento em tempo real de gases para uso doméstico com tecnologia antivazamento. **RISTI**, n. 4, 2021.

PETROBRAS. Gás Liquefeito de Petróleo: combustível que vai muito além da cozinha. **Site Petrobras**. 2025. Disponível em: <https://petrobras.com.br/quem-somos/gas-liquefeito-de-petroleo>. Acesso em: 01 fev. 2026.

RIBEIRO, A. O que é Firebase?: Para que serve, principais característica e um Guia dessa ferramenta Google. **Alura**, 2023. Disponível em: https://www.alura.com.br/artigos/firebase?srsId=AfmBOoJZgLM_hIOE8NPNNcZQc_b_RgAHnMLnK3TvC4s48PDIpTKjfEsi. Acesso em: 25 nov. 2024.

SANTOS, A. DA S. **Montagem de protótipo de detector de gases de combustão**. 2021. 113p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió-AL, 2021.

VIEIRA, F. A definição de gás inflamável: tudo o que você precisa saber. *EletroAlpha*, 2024. Disponível em: <https://eletroalpha.com.br/blog/a-definicao-de-gas-inflamavel/>. Acesso em: 01 fev. 2026.

VILLAIN, M; SILVEIRA, M. I.. Figma: o que é a ferramenta, design e como usar. **Alura**, 2024. Disponível em: https://www.alura.com.br/artigos/figma?srsId=AfmBOo1qvrV7Nva4HhuFmundReqy_dfaKACBitNh7P6SbsVDI8ujntPQ. Acesso em: 26 ago. 2024.