

**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

**EDENILSON SAN’ANNA DOS SANTOS – CB3020626**

**HADILTON DE OLIVEIRA SAVI - CB3021173**

**GUILHERME BARBOSA OLIVEIRA – CB3023184**

**LUIZ USTAVO UIMARAES DA SILVA SANTOS – CB3020649**

SENSOR DE GÁS GLP

TECNOLOGIAS, CARACTERISTICAS E APLICAÇÕES

**Cubatão - SP**

**ANO 2025**

SENSOR DE GÁS GLP

TECNOLOGIAS, CARACTERISTICAS E APLICAÇÕES

**EDENILSON SAN’ANNA DOS SANTOS**

**HADILTON DE OLIVEIRA SAVI**

**GUILHERME BARBOSA OLIVEIRA**

LUIZ GUSTAVO GUIMARAES DA SILVA SANTOS

Trabalho apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina Automação Predial e Domótica do Curso Superior em Automação Industrial do IFSP Campus Cubatão.

Prof. Me. Arnaldo de Carvalho Junior

**Cubatão - SP**

**ANO 2025**

**RESUMO**

O trabalho aborda o tema dos sensores, dispositivos essenciais para a captação de informações do ambiente e sua conversão em sinais elétricos que podem ser processados por sistemas eletrônicos. Inicialmente, são apresentados os conceitos básicos sobre sensores, incluindo sua definição, funcionamento e a importância da tecnologia sensorial em diversas áreas da indústria e da sociedade. O documento classifica os sensores em diferentes tipos, como sensores de temperatura, pressão, umidade, movimento, entre outros, detalhando seus princípios de operação e aplicações específicas. Além disso, são exploradas as principais tecnologias utilizadas nesses dispositivos, incluindo sensores analógicos e digitais, bem como os métodos de calibração e manutenção para garantir a precisão das medições. Outro aspecto abordado é a aplicação dos sensores em setores estratégicos, como a automação industrial, a medicina, a Internet das Coisas (IoT) e os veículos autônomos. O trabalho destaca como esses dispositivos desempenham um papel fundamental na modernização de processos, garantindo maior eficiência, segurança e qualidade em diversas atividades humanas. Por fim, o documento conclui ressaltando a crescente evolução dos sensores e seu impacto na inovação tecnológica, apontando tendências futuras, como sensores inteligentes e integrados a redes de comunicação avançadas.

**Palavras-chave:** Sensores, Automação e Tecnologia.

**SUMÁRIO**

[1.0 INTRODUÇÃO](#_Toc526164516) 5

[2.0 DESENVOLVIMENTO](#_Toc526164517) 6

[3.0 PROJETO DE ARDUÍNO UTILIZADO](#_Toc526164518) 13

[4.0 conclusão](#_Toc526164519) 15

# 1.0 INTRODUÇÃO

Os dispositivos de detecção de vazamento de gás são sensores essenciais para a segurança em ambientes industriais, comerciais e residenciais, projetados para identificar a presença de gases inflamáveis ou tóxicos na atmosfera. Esses sensores operam por meio da medição da concentração do gás-alvo no ambiente, utilizando diferentes princípios de detecção, como sensores catalíticos, semicondutores, eletroquímicos e infravermelhos.

**Grandezas e Unidades de Medida**

A principal grandeza monitorada por esses dispositivos é a concentração de gás, geralmente expressa em:

* Partes por milhão (ppm): Indica a quantidade de moléculas do gás presente em um milhão de partes de ar.
* Percentual do Limite Inferior de Explosividade (LEL%): Refere-se à fração da concentração mínima necessária para que a mistura gás-ar se torne inflamável. Sensores de segurança normalmente disparam alertas em torno de 10 a 20% do LEL, garantindo a prevenção antes da atmosfera atingir níveis críticos.

**Princípio de Funcionamento dos Sensores**

Dependendo da aplicação, os detectores utilizam diferentes tecnologias para identificar a presença de gases:

* **Sensores Catalíticos (Pellistor):** baseiam-se na oxidação catalítica do gás sobre um filamento aquecido. A reação exotérmica altera a resistência elétrica do elemento sensor, proporcionalmente à concentração de gás. São adequados para detectar gases combustíveis como metano (CH₄), propano (C₃H₈) e butano (C₄H₁₀).
* **Sensores Semicondutores:** utilizam óxidos metálicos semicondutores (SnO₂, por exemplo) cuja condutividade elétrica varia conforme a interação com moléculas de gás. Possuem alta sensibilidade e são amplamente empregados para detectar vazamentos de GLP, hidrogênio e monóxido de carbono.
* **Sensores Eletroquímicos:** utilizam uma célula eletroquímica onde o gás reage com eletrodos, gerando uma corrente elétrica proporcional à concentração detectada. São amplamente usados para detectar gases tóxicos como CO, H₂S e NO₂.
* **Sensores Infravermelhos (NDIR - Non-Dispersive Infrared):** baseiam-se na absorção de radiação infravermelha por moléculas de gás em comprimentos de onda específicos. São altamente seletivos, estáveis e usados para monitorar gases como CO₂ e hidrocarbonetos.
* **Mecanismos de Segurança**: quando a concentração do gás ultrapassa um limiar de segurança predefinido, o detector aciona alarmes visuais e sonoros para alertar operadores, sistemas de ventilação automática, reduzindo a concentração do gás, atuação em válvulas de corte, interrompendo o fluxo de gás para evitar explosões ou intoxicações.

A escolha do sensor adequado depende do tipo de gás a ser monitorado, da sensibilidade necessária e das condições ambientais do local de instalação.

**2.0 DESENVOLVIMENTO**

**Detecção Rápida e Precisa de Gás GLP**

Os sensores de gás liquefeito de petróleo (GLP) são projetados para detectar rapidamente a presença de gases inflamáveis, como o propano e o butano. A rapidez na detecção é essencial para evitar situações de risco, como vazamentos que podem levar a explosões ou intoxicações. Sensores modernos utilizam elementos semicondutores que reagem à presença de gases, alterando sua resistência elétrica e permitindo que um sistema de monitoramento atue imediatamente para alertar sobre o perigo.

**Alta Sensibilidade à Mistura de Propano e Butano**

O gás GLP é composto principalmente por uma mistura de propano (C₃H₈) e butano (C₄H₁₀), sendo essencial que o sensor tenha alta sensibilidade para detectar pequenas concentrações desses gases no ambiente. Sensores de alta precisão conseguem identificar concentrações muito baixas (medidas em ppm – partes por milhão), garantindo que qualquer vazamento seja detectado antes que se torne um problema sério.

**Integração Fácil com Microcontroladores (Arduino, ESP32, etc.)**

Muitos sensores de gás GLP, como os da série MQ (exemplo: MQ-2, MQ-5), são projetados para serem facilmente conectados a microcontroladores populares, como Arduino, ESP32 e Raspberry Pi. Isso permite que os sensores sejam utilizados em projetos de automação residencial, sistemas de segurança e monitoramento industrial. A interface de saída do sensor pode ser analógica (fornecendo uma tensão proporcional à concentração do gás) ou digital (ativando um alarme quando um determinado nível de gás é atingido).

**Vida Útil Longa e Baixo Consumo de Energia**

Sensores modernos são projetados para operar de maneira eficiente, com baixo consumo de energia, o que os torna ideais para aplicações em dispositivos alimentados por bateria. Além disso, sua vida útil pode variar entre 5 a 10 anos, dependendo do modelo e das condições de uso. Isso garante um funcionamento confiável a longo prazo sem necessidade de substituições frequentes.

Essas características fazem dos sensores de gás GLP uma solução essencial para ambientes industriais, cozinhas, veículos movidos a GLP e sistemas de segurança residencial.

**Smart Homes – Integração com Assistentes Virtuais para Notificações**

A implementação de IoT em residências inteligentes permite a comunicação entre sensores, dispositivos conectados e assistentes virtuais (Amazon Alexa, Google Assistant, Apple Siri).

**Componentes Técnicos:**

**Sensores de Detecção:**

* Sensores de temperatura e umidade (DHT11, DHT22, BME280).
* Sensores de presença (PIR, mmWave).
* Sensores de vazamento de gás ou água (MQ-2, MQ-5, YL-83).

**Módulos de Comunicação:**

* Wi-Fi (ESP8266, ESP32) para conectividade com a rede doméstica.
* Zigbee/Z-Wave (CC2531, Sonoff Bridge) para comunicação de baixo consumo com dispositivos locais.
* Bluetooth Low Energy (BLE) (nRF52, ESP32) para integração com smartphones.

**Plataformas e Protocolos:**

* MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) para comunicação entre sensores e servidores na nuvem.
* HTTP/REST API para envio de dados para assistentes virtuais.
* Plataformas de Gestão: AWS IoT, Google Cloud IoT, Home Assistant, OpenHAB.

**Fluxo de Funcionamento:**

* O sensor detecta um evento (exemplo: vazamento de gás).
* O microcontrolador processa os dados e transmite via MQTT para um broker na nuvem.
* A plataforma IoT analisa os dados e envia notificações via Webhooks para os assistentes virtuais.
* O assistente virtual pode acionar alarmes, enviar mensagens ou ativar dispositivos conectados.

**Smart Buildings – Sistemas de Ventilação Automatizados para Vazamentos**

Os edifícios inteligentes utilizam redes de sensores para monitorar ambientes em tempo real e ativar sistemas de ventilação automaticamente.

**Componentes Técnicos:**

**Sensores Ambientais:**

* Sensores de CO₂ (MH-Z19B).
* Sensores de qualidade do ar (SGP30, BME680).
* Sensores de vazamento de gás inflamável (MQ-2, MQ-7).

**Controladores e Atuação:**

* Microcontroladores (ESP32, Arduino Mega, STM32).
* CLPs (Controladores Lógico-Programáveis) para controle de exaustores e válvulas.
* Relés SSR para acionamento de motores de ventilação.

**Protocolos de Comunicação:**

* Modbus RTU/TCP para comunicação entre sensores e CLPs.
* BACnet/IP para integração com sistemas prediais.
* LoRaWAN/NB-IoT para transmissão de dados em redes de longo alcance.

**Fluxo de Funcionamento:**

* O sensor detecta níveis elevados de gás ou baixa qualidade do ar.
* O microcontrolador ou CLP processa a informação e decide a ação.
* O comando é enviado para os exaustores via relés ou interfaces Modbus/BACnet.
* A central de gestão do edifício recebe um alerta e registra o evento para análise futura.

**Indústria e Comércio – Monitoramento de Vazamento em Tempo Real**

Fábricas e cozinhas industriais utilizam sensores de IoT para detecção precoce de vazamentos de gases combustíveis, vapores tóxicos e líquidos.

**Componentes Técnicos:**

* Sensores de Detecção:
* Sensores de vazamento de gás (MQ-5, MQ-6, MQ-9).
* Sensores ultrassônicos para detecção de vazamento de líquidos (HC-SR04, JSN-SR04T).
* Sensores ópticos de nível (infrared water level sensor).

**Protocolos de Comunicação:**

* LPWAN (Low Power Wide Area Network): LoRa, Sigfox, NB-IoT para monitoramento remoto.
* WirelessHART/ISA100.11a: Comunicação segura e robusta para ambientes industriais.
* EtherNet/IP e Profinet: Para integração com sistemas SCADA e MES.

**Integração com Plataformas Industriais:**

* SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition): Monitoramento em tempo real.
* ERP/MES (Manufacturing Execution System): Correlação de eventos com produção.
* IA para Análise Preditiva: Modelos de machine learning para prever falhas antes que ocorram.

**Fluxo de Funcionamento:**

* Sensores detectam um vazamento e enviam dados para um gateway.
* O gateway processa as leituras e transmite via LPWAN para o servidor SCADA/MES.
* O sistema de monitoramento emite alertas e pode desligar válvulas automaticamente.
* Os dados são armazenados para análise de tendências e manutenção preditiva.

**Tipos de Sensores e suas características**

**Sensores de Óxido de Metal Semicondutor (MOS):** esses sensores operam com base na modificação das propriedades elétricas de um material semicondutor quando exposto ao gás-alvo.

**Princípio de Funcionamento:**

* Utilizam materiais semicondutores, geralmente dióxido de estanho (SnO₂) dopado com outros óxidos metálicos para aprimorar a seletividade e sensibilidade.
* Em presença de ar, moléculas de oxigênio adsorvem na superfície do semicondutor, capturando elétrons e aumentando a resistência do material.
* Quando o gás GLP entra em contato, ocorre a oxidação dos hidrocarbonetos na superfície do sensor, reduzindo a barreira de potencial e, consequentemente, a resistência elétrica.

**Características:**

* Rápida resposta e recuperação.
* Baixo custo de fabricação.
* Sensibilidade ajustável via dopagem e tratamentos superficiais.
* Dependência de temperatura, exigindo um elemento de aquecimento para operação eficiente (~200-400°C).

**Sensores Eletroquímicos:** esses sensores baseiam-se em reações redox para converter a concentração do gás em uma corrente elétrica mensurável.

**Princípio de Funcionamento:**

* Compostos catalíticos, como platina ou paládio, promovem a oxidação do gás GLP no eletrodo de trabalho.
* A reação gera íons e elétrons que fluem através de um eletrólito, produzindo uma corrente elétrica proporcional à concentração do gás.
* Um eletrodo de referência estabiliza o potencial, garantindo medições precisas.

**Características:**

* Alta seletividade e sensibilidade.
* Baixo consumo de energia, operando sem necessidade de aquecimento.
* Vida útil limitada devido ao consumo dos reagentes químicos.
* Influência da umidade e temperatura na resposta.

**Sensores Catalíticos:** baseiam-se na combustão catalítica do gás para gerar mudanças térmicas que alteram a resistência de um elemento sensor.

**Princípio de Funcionamento:**

* Compostos catalisadores, como platina ou ródio, promovem a oxidação do GLP em temperaturas relativamente baixas (~500°C).
* A reação exotérmica aumenta a temperatura do sensor, alterando sua resistência elétrica.
* Um par de resistores (um ativo e outro de referência) forma um circuito de ponte de Wheatstone para medir a variação de resistência causada pela combustão do gás.

**Características:**

* Alta precisão e ampla faixa de detecção.
* Resposta linear em relação à concentração de gás.
* Necessidade de proteção contra envenenamento catalítico (por exemplo, exposição a compostos de enxofre pode desativar o catalisador).
* Consumo de energia relativamente alto devido à necessidade de aquecimento contínuo.

**Sensor MQ-2**

**Princípio de Funcionamento:** O MQ-2 é um sensor semicondutor que utiliza dióxido de estanho (SnO₂) como material sensível. Em atmosferas limpas, a resistência do SnO₂ é alta. Na presença de gases combustíveis, a resistência diminui proporcionalmente à concentração do gás, permitindo a detecção. ​

**Especificações Técnicas:**

**Gases Detectados:** GLP, metano, propano, butano, hidrogênio, álcool, gás natural e fumaça. ​

**Faixa de Detecção:** 300 a 10.000 ppm.​

**Tensão de Operação:** 5V DC.​

**Corrente de Aquecimento:** ≤180 mA.​

**Potência de Aquecimento:** ≤900 mW. ​

**Tempo de Resposta:** ≤10 segundos. ​

**Tempo de Recuperação:** ≤30 segundos. ​

**Resistência do Aquecedor:** 31Ω ± 3Ω.​

**Sensibilidade:** Rs (ar)/Rs (1000 ppm isobutano) ≥ 5. ​

**Dimensões:** 32 x 20 x 15 mm.​

**Aplicações:** Utilizado em sistemas de detecção de vazamento de gás, alarmes de incêndio e projetos de automação residencial. ​

**Preço:** No mercado brasileiro, o módulo sensor MQ-2 é encontrado por aproximadamente R$ 20 a R$ 30. ​

**Sensor MQ-6**

**Princípio de Funcionamento**: Semelhante ao MQ-2, o MQ-6 utiliza SnO₂ como material sensível. Sua resistência varia conforme a presença de gases combustíveis, especialmente GLP, permitindo a detecção. ​

**Especificações Técnicas:**

**Gases Detectados:** GLP, metano, propano e outros gases inflamáveis. ​

**Faixa de Detecção**: 300 a 10.000 ppm.​

**Tensão de Operação**: 5V DC.​

**Corrente de Aquecimento:** ≤180 mA.​

**Potência de Aquecimento:** ≤900 mW. ​

**Tempo de Resposta:** ≤10 segundos. ​

**Tempo de Recuperação**: ≤30 segundos. ​

**Resistência do Aquecedor:** 31Ω ± 3Ω.​

**Sensibilidade:** Rs (ar)/Rs (1000 ppm isobutano) ≥ 5. ​

**Dimensões:** 32 x 20 x 15 mm.​

**Aplicações:** Ideal para detecção de vazamentos de GLP em ambientes domésticos e industriais. ​

**Preço:** O módulo sensor MQ-6 pode ser adquirido por valores entre R$ 20 e R$ 35 no mercado brasileiro. ​

**Sensor MQ-9**

**Princípio de Funcionamento:** O MQ-9 possui um elemento sensor de SnO₂ que opera em diferentes temperaturas para detectar diversos gases. Em temperaturas mais baixas, é sensível ao monóxido de carbono (CO); em temperaturas mais altas, detecta gases inflamáveis como GLP e metano. ​

**Especificações Técnicas:**

**Gases Detectados:** Monóxido de carbono (CO), GLP, metano e outros gases inflamáveis. ​

**Faixa de Detecção:** 100 a 10.000 ppm.​

**Tensão de Operação**: 5V DC.​

**Corrente de Aquecimento:** ≤180 mA.​

**Potência de Aquecimento:** ≤900 mW. ​

**Tempo de Resposta:** ≤10 segundos. ​

**Tempo de Recuperação:** ≤30 segundos. ​

**Resistência do Aquecedor:** 31Ω ± 3Ω.​

**Sensibilidade:** Rs (ar)/Rs (100 ppm CO) ≥ 5. ​

**Dimensões:** 35 x 22 x 15 mm.​

**Aplicações:** Utilizado em sistemas de detecção de monóxido de carbono e vazamentos de gases inflamáveis em ambientes internos. ​

**Preço:** O módulo sensor MQ-9 é comercializado no Brasil por aproximadamente R$ 25 a R$ 40.

**Sensor NDIR (Infravermelho Não Dispersivo)**

**Princípio de funcionamento:** Absorção seletiva de radiação infravermelha por gases específicos, baseada na Lei de Beer-Lambert.

**Faixa de detecção:** Varia conforme o modelo, podendo cobrir desde ppm até % em volume.

**Gases detectados:** Dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), entre outros.

**Tensão de operação:** Normalmente entre 3.3V e 12V DC.

**Tempo de resposta:** Rápido, geralmente <30s.

**Saída:** Sinal digital ou analógico dependendo do modelo.

**Aplicações:** Monitoramento ambiental, detecção de CO₂ em estufas e HVAC, segurança em atmosferas controladas, aplicações industriais de precisão.

**Vantagens:** Alta precisão, longa vida útil, baixa influência de temperatura e umidade.

**Desvantagens:** Custo elevado em comparação aos sensores semicondutores, necessidade de calibração periódica.

**3.0 PROJETO DE ARDUÍNO UTILIZADO**

**// C++ code**​

**//**​

**void setup()**​

**{**​

**Serial.begin(9600);**​

**}**​

​

**void loop()**​

**{**​

**int valor = analogRead (A0);**​

**if(valor >= 970 && valor < 1000){**​

**tone(6,1000);**​

**delay(1000);**​

**noTone(6);**​

**delay(500);**​

**}else if(valor >= 1000){**​

**tone(6,2000);**​

**delay(1000);**​

**noTone(6);**​

**delay(500);**​

**} else{**​

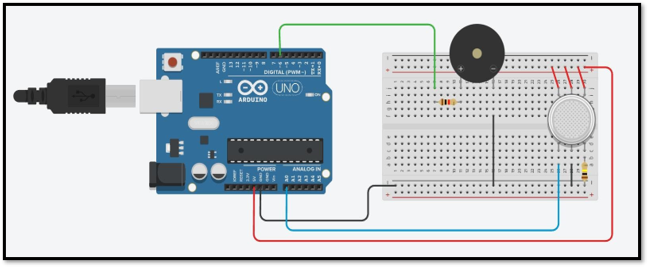
**noTone(6);**​

**}**​

**Serial.println(valor);**​

**}**

Figura 1 – Projeto Sensor de Gás



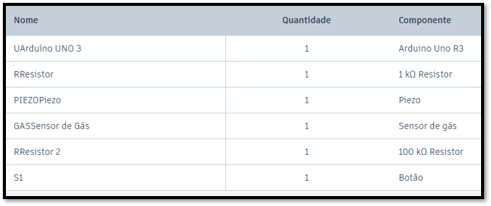
Fonte: Os Autores

Figura 2 – Vista Esquemática do Projeto Sensor de Gás

# C:\Users\ifarias.SBSP\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.MSO\7262F401.tmp

Fonte: Os Autores

Figura 3 – Componentes utilizados no Projeto Sensor de Gás



Fonte: Os Autores

**4.0 CONCLUSÃO**

Os sensores de gás GLP desempenham um papel crítico na mitigação de riscos associados a vazamentos de gases inflamáveis, prevenindo explosões e intoxicações. A integração desses dispositivos com sistemas inteligentes e plataformas de Internet das Coisas (IoT) amplia significativamente sua eficiência operacional, permitindo monitoramento remoto, automação de respostas emergenciais e análise preditiva de vazamentos.

Com a evolução da tecnologia, sensores baseados em princípios semicondutores (SnO₂), catalíticos e infravermelhos (NDIR) estão se tornando mais precisos e confiáveis, reduzindo alarmes falsos e melhorando a detecção seletiva de gases específicos. Além disso, a conectividade por meio de protocolos como LoRa, NB-IoT e Zigbee permite a comunicação eficiente em larga escala, mesmo em ambientes industriais ou residenciais com baixa infraestrutura de rede.

A incorporação de machine learning e inteligência artificial nos sistemas de detecção de GLP possibilita a calibração automática dos sensores, prolongando sua vida útil e melhorando sua adaptabilidade a diferentes condições ambientais. Esses avanços não apenas tornam a tecnologia mais acessível, mas também aprimoram a segurança em casas, edifícios e indústrias, consolidando um ecossistema mais seguro e eficiente para o uso de GLP.

O futuro desses sensores caminha para um cenário onde a automação total e a conectividade em tempo real permitirão respostas mais ágeis e precisas, minimizando riscos e otimizando o consumo energético. Assim, os sensores de gás GLP, impulsionados pela IoT, não apenas protegem vidas e patrimônios, mas também representam um passo significativo rumo a um ambiente mais seguro e inteligente.

Os sensores de GLP em automação industrial representam um avanço essencial para a segurança operacional, conformidade regulatória e otimização de processos. A implementação de sensores inteligentes, conectados a redes IoT e integrados a sistemas SCADA/PLCs, proporciona um controle preciso e em tempo real, permitindo respostas automáticas a vazamentos, minimizando riscos de explosões e reduzindo custos com manutenção corretiva.

**5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future Generation Computer Systems, 29(7), 1645-1660.

Kashyap, P., Agarwal, A., & Singh, Y. (2020). IoT-Based Smart Home Automation Systems: A Review. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 11, 3893–3916.

Alur, R. (2015). Principles of Cyber-Physical Systems. MIT Press.

HANWEI ELECTRONICS CO. Datasheet do sensor MQ-2. Disponível em: https://www.hwsensor.com

ESPRESSIF SYSTEMS. ESP32 Technical Reference Manual. Disponível em: https://www.espressif.com

ARDUINO. Arduino Guide for Gas Sensors. Disponível em: https://www.arduino.cc

IEC 60079-29-1:2016 - Gas detectors – Performance requirements of detectors for flammable gases.

ABNT NBR 15320:2016 - Detectores de gases inflamáveis e tóxicos – Requisitos e métodos de ensaio.

KIMOTHI, S. K. Sensors and Transducers. PHI Learning, 2011.

JÚNIOR, J. C. et al. Sensores para Detecção de Gases Inflamáveis: Princípios de Funcionamento e Aplicações. Revista Brasileira de Instrumentação e Controle, 2019.

CLIFFORD, M. J. Gas Sensors: Principles, Operation, and Applications. CRC Press, 2019.