

---

# **P254 - SISTEMA DESCENTRALIZADO DE MONITORAMENTO E DETECÇÃO DE VAZAMENTO DE GÁS PELA REDE DA COMGAS NAS VIAS PÚBLICAS - Ciclo 2019/2020**

Prof. Nuncio Perrella MSc<sup>2</sup>, Prof. Angelo Sebastião Zanini PhD<sup>2</sup>, Prof. Flávio Leal Maranhão PhD<sup>2</sup>, João Roberto C. M. Silva Filho<sup>1</sup>

Comgas<sup>1</sup>  
FDTE / Geovista<sup>2</sup>

**Resumo:** O objetivo do projeto é o desenvolvimento de sistema descentralizado de monitoramento contínuo para a identificação precoce de vazamentos de gás metano pela rede da Comgas nas vias públicas. A extensão da rede, baixa concentração de gás em ambiente aberto e dinâmica da cidade faz com que a detecção contínua, descentralizada e de baixo custo, de prováveis pontos de vazamentos em ambiente aberto das vias públicas impõe desafios científicos e tecnológicos ao desenvolvimento. A proposta do sistema é realizar a detecção contínua de gás metano na atmosfera ao longo das vias públicas onde há rede de gás Comgas instalada, a partir da instalação de sensores de gás desenvolvidos, em diversos veículos que circulam constantemente e aleatoriamente pelas vias das cidades, enviando informação de concentração de gás e referência de geolocalização. Esses dados de possíveis detecções constituirão um banco de dados de larga escala (BigData), no qual se faz inferências estatísticas e geração de alarmes, dashboards e relatórios sobre possíveis pontos georreferenciados de vazamentos de gás a serem investigados.

**Palavras-chave:** Concentração de Metano; Geolocalização; Sensores MOS; Sensor de gás; Vazamento de gás.

## **1 Introdução**

O gás natural, metano (CH<sub>4</sub>) é uma fonte de energia versátil utilizada em casas, escritórios, comércio, indústria e automóveis e distribuído no ambiente urbano pela rede da Comgas. O objetivo deste projeto é o desenvolvimento de um sistema descentralizado de monitoramento contínuo para a identificação precoce de vazamentos de gás metano encanado pela rede da Comgas nas vias públicas. O projeto de sensores para aquisição de dados de concentração de gás, processamento de algoritmo, geolocalização e transmissão, e o desenvolvimento de sistema computacional para armazenamento, processamento em nuvem, geração de dashboard e alarmes de ocorrências de vazamentos em tempo real são os desafios tecnológicos tratados neste trabalho.

Para a detecção contínua de gás natural na atmosfera ao longo das vias públicas onde existe rede de gás da Comgas, é realizada a instalação dos sensores projetados em diversos veículos que circulam constantemente e aleatoriamente pelas

cidades (veículos de serviço da Comgas, táxis e carros de aplicativos etc.). Os veículos coletam dados em tempo real enviam os dados de concentração, tempo e geolocalização por meio de uma conexão 3G/4G de um smartphone para um ponto central de coleta de dados, para posterior processamento.

Esses dados de possíveis detecções alimentam um banco de dados de larga escala (BigData), no qual se faz inferências estatísticas e geração de alarmes (e-mails), dashboards e relatórios sobre possíveis pontos georreferenciados de vazamentos de gás a serem investigados.

## **2 Desenvolvimento**

A partir do estudo e ensaio de diversas tecnologias de sensores, determinou-se a tecnologia a ser utilizada no projeto, atendendo os requisitos de resposta rápida as variações de concentrações de metano, baixo custo e durabilidade. O sensor de tecnologia MOS TGS2611 foi selecionado como

dispositivos mais adequados ao projeto, a figura 1 ilustra câmara de gás desenvolvida para ensaios estáticos dos sensores, a figura 2 ilustra câmara dinâmica desenvolvida para ensaios dinâmicos dos sensores onde o fluxo de gás passa pelo sensor. Para realização dos ensaios foi utilizado equipamento Gastec GT40, equipamento de referência utilizado pela Comgas em inspeções de campo. Curvas de caracterização dos sensores estão apresentadas nos gráficos 1 e 2.



Figura 1 – Câmara Estática



Figura 2 – Câmara Dinâmica

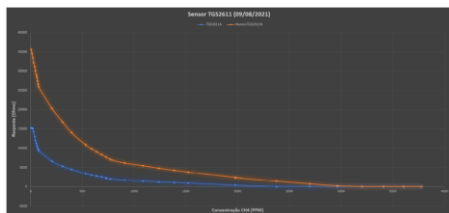


Gráfico 1 – Caracterização TGS2611

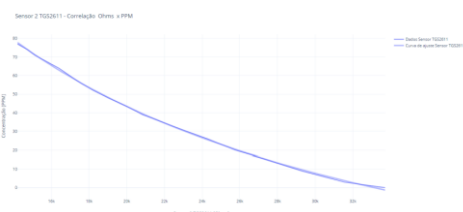


Gráfico 2 – Curva de ajuste TGS2611

A partir das curvas de caracterização é projetada a eletrônica analógica de aquisição dos sensores (AFE). A arquitetura do sistema de sensor está ilustrada na figura 3, sendo constituída por coletores de ar, filtro de partículas, filtro hidrofóbico, dutos de ar, câmaras de gás, válvulas de entrada e saída, sensores de metano, sensores de temperatura e umidade, eletrônica de aquisição, comunicação e controle.

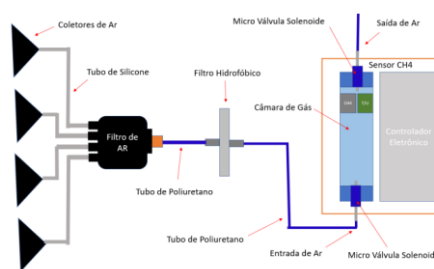


Figura 3 – Arquitetura do Sistema.

A eletrônica do sistema utiliza os elementos: processador, conversores analógicos/digitais, sistema de condicionamento de sinal (AFE), circuitos de interface, condicionamento de sinal, gerenciamento de energia e drivers de potência. A eletrônica está representada na figura 4, sua função é realizar a aquisição de concentração de gás, processar algoritmo para tratamento dos dados coletados, realizar controle de válvulas e motores, enviar dados processados para transmissão e armazenamento em nuvem.

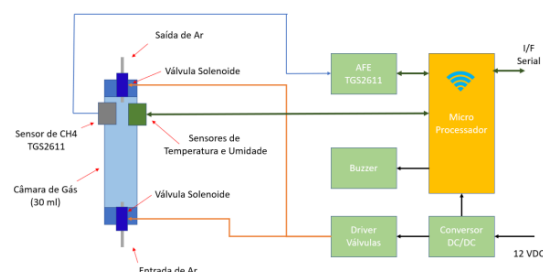


Figura 4 – Diagrama Elétrico do Sensor

O sensor eletrônico envia serialmente os dados coletados para um módulo de comunicação denominado Geobox como ilustrado na figura 5, essas informações são transmitidas para um smartphone onde um aplicativo em operação desenvolvido para receber, armazenar e transmitir os dados, no aplicativo é possível visualizar graficamente as variações de concentração em tempo real.

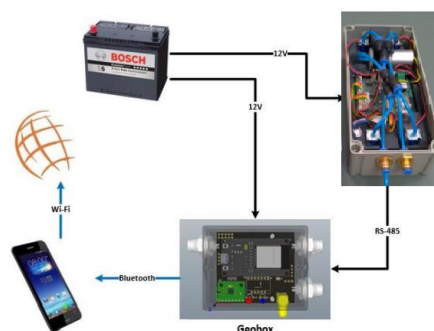


Figura 5 – Interface com Geobox

A figura 6 ilustra a aplicação desenvolvida para smartphones.

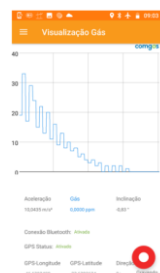


Figura 6 – Aplicativo Smartphone

Os elementos mecânicos do sistema foram projetados, simulados com o software Ansys, simulação da câmara de gás e válvulas representada na figura 7.



Figura 7 – Simulação Ansys Câmara de Gás

Conjunto mecânico e sensor ilustrados na figura 8.

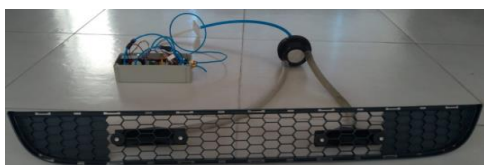


Figura 8 – Conjunto Mecânico e Sensor

Figuras 9 ilustra o sistema embarcado em veículo de testes.



Figura 9 – Sistema Embarcado

Mecanismos de análise foram criados a partir da dashboard ilustrada na figura 10, onde observa-se a totalidade de vias percorridas e a rede Comgas.

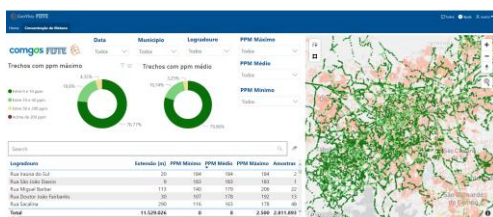


Figura 10 – Dashboard

### 3 Resultados

Foram instalados sensores em 5 veículos de aplicativo (UBERS) e dois veículos da GeoVista, período de análise de 22/02/2022 a 28/04/2022 com quilometragem percorrida superior a 19.000 Km no período citado. Figura 11 ilustra a cobertura total dos percursos realizados pelos veículos com sensores instalados.

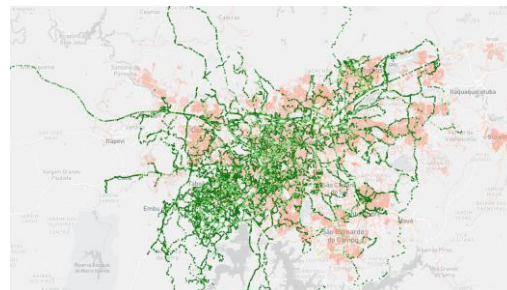


Figura 11 – Percurso total Realizado (28/04/2022)

As ocorrências de concentrações acima de 200 PPMs são filtradas na ferramenta e ilustradas na figura 12.

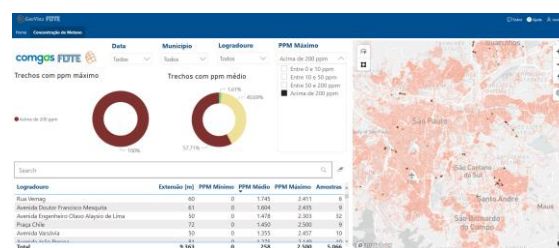


Figura 12 – Dashboard filtro alta concentração

### 4 Conclusões e Contribuições

Sistemas de sensores funcionais e operando como projetado. Visualização de resultados é realizada a partir da plataforma web por meio de link de acesso autorizado por senha. <https://gas.geovista.com.br>.

A partir do acesso é possível realizar a verificação e pesquisa das áreas de concentração por: data, localidade e faixas de concentrações.

O sistema pode tornar-se uma ferramenta de investigação e predição de falhas na rede Comgas, trazendo inúmeros benefícios na análise de ocorrências e falhas.

Melhorias podem ser realizadas para tornar o sistema mais preciso, robusto e com menor custo.

---

## Referências

- 1- Aldhafeeri , T.; Tran,M.; Vrolyk, R; Pope, M.; Fowler,M. A Review of Methane Gas Detection Sensors: Recent Developments and Future Perspectives. Inventions 05-000028 de julho de 2020.
  - 2- Turner, A.J.; Frankenberg, C.; Kort, E.A. Interpreting contemporary trends in atmospheric methane. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 2019, 116, 2805–2813.
  - 3- Zhenga,C.; Ye, W.; Sanchez, N. P.; Li, C.; Dongc, L.; Wanga,Y.; Griffind, R.J.; Tittel, F. K. Development and field deployment of a mid-infrared methane sensor without pressure control using interband cascade laser absorption spectroscopy. Chemical journal homepage:[www.elsevier.com/locate/snb](http://www.elsevier.com/locate/snb).
  - 4- Guo, K; Yang, P.; Guo,D.H.; Liu,Y. Gas Leakage Monitoring with Mobile Wireless Sensor Networks. 8th International Congress of Information and Communication Technology (ICICT-2019).
  - 5- Esfahani,S.; Covington, J.A. Low Cost Optical Electronic Nose for Biomedical Applications. Presented at the Eurosensors 2017 Conference, Paris, France, 3–6 September 2017.
  - 6- Gas Leakage Monitoring with Mobile Wireless Sensor Network. Publican no 8th International Congress of Information and Communication Technology, ICICT 2019
  - 7- Natural Gas Leak Detection in Pipelines. U.S. Department of Energy National Energy Technology Laboratory.
  - 8- Internet of Things (IOT) Based Gas Leakage Monitoring and Alerting System with MQ-6 Sensor. 2018 IJCRT | Volume 6, Issue 1 January 2018 | ISSN: 2320-2882
  - 9- Mid-IR difference frequency laser-based sensors for ambient CH<sub>4</sub>, CO, and N<sub>2</sub>O monitoring. Appl. Phys. B (2013) 110:271–277 - DOI 10.1007/s00340-012-5244-x
  - 10- Technical Note: Detection of Natural Gas Leakages Using a Laser-Based Methane Sensor and UAV. Remote Sens. 2021, 13, 510. <https://doi.org/10.3390/rs13030510>
  - 11- UAV-BASED GAS PIPELINE LEAK DETECTION Timo Rolf Bretschneider, Karan Shetti - Airbus Group Innovations, 110 Seletar Aerospace View, Singapore 797562, Singapore.
  - 12- CORREÇÃO ATMOSFÉRICA: CONCEITOS E FUNDAMENTOS - IEAv Instituto de Estudos Avançados - CTA - Centro Técnico Aeroespacial. Espaço & Geografia, Vol.5, No1 (2002), 153:178 ISSN: 1516-9375
  - 13- Technology Status Report on Natural Gas Leak Detection in Pipelines - U.S. Department of Energy National Energy Technology Laboratory.
  - 14- An Open-path, Hand-held Laser System for the Detection of Methane Gas. Journal of Optics A; Pure and Applied Optics, vol.7 n0. 6, 2005, S420
  - 15- Rapid, Vehicle-Based Identification of Location and Magnitude of Urban Natural Gas Pipeline Leaks.; DOI: 10.1021/acs.est.6b06095 Environ. Sci. Technol. 2017, 51, 4091–4099
  - 16- Three-Dimensional Printed Miniature Fiber-Coupled Multipass Cells with Dense Spot Patterns for ppb-Level Methane Detection Using a Near-IR Diode Laser; Anal. Chem. 2020, 92, 13034–13041.
  - 17- Imaging of Methane Gas Using a Scanning, Open-path Laser System; New Journal of Physics, Vol.8, Issue 26, 2006.
-

- 
- 18- Internet of Things (IoT) Based Gas Leakage Monitoring and Alert System with MQ6 Sensor; 2018 IJCRT , Volume 6, Issue 1 January 2018 | ISSN: 2320-2882.
  - 19- Rapid, vehicle-based identification of location and magnitude of urban natural gas pipeline leaks; Orcid ID: [orcid.org/0000-0001-5508-6073](https://orcid.org/0000-0001-5508-6073)
  - 20- GSM Based Gas Leak Monitoring System; Periodicals of Engineering and Natural Sciences ISSN 2303-4521, Vol. 7, No. 2, August 2019, pp.670-678
  - 21- Aplicação e Avaliação de um Sensor de Baixo custo para Identificação de Perdas de Metano em Redes Urbanas de distribuição de Gás Natural; Conferência Internacional de Ambiente em Língua Portuguesa. XX Encontro REALP. Maio 2018.
  - 22- Murugam, K. (2020). Intelligent gas booking and leakage system using wireless sensor networks; 3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme. Edición Especial, Marzo 2020, 273-285. <http://doi.org/10.17993/3ctecno.2020.specialissue4.273-285>
  - 23- Performance of a low-cost methane sensor for ambient concentration measurements in preliminary studies; Atmos. Meas. Tech., 5, 1925–1934, 2012 [www.atmos-meas-tech.net/5/1925/2012/](http://www.atmos-meas-tech.net/5/1925/2012/) doi:10.5194/amt-5-1925-2012
  - 24- Detection Limits of Optical Gas Imaging for Natural Gas Leak Detection in Realistic Controlled Conditions; Environ. Sci. Technol. 2020, 54, 11506–11514
  - 25- Pyroelectric & Multispectral Detectors. InfraTec Product Catalog and Manual
  - 26- Highly Sensitive Photoacoustic Microcavity Gas Sensor for Leak Detection. Ke Chen, Yewei Chen , Bo Zhang , Liang Mei, Min Guo, Hong Deng, Shuai Liu, Fengxiang Ma, Zhenfeng Gong and Qingxu Yu. [Sensors | An Open Access Journal from MDPI](https://www.mdpi.com/journal/sensors)
  - 27- A compact mid-infrared dual-gas CH<sub>4</sub>/C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> sensor using a single interband cascade laser and custom electronics. Weilin Ye, Chuantao Zheng, Frank K. Tittel, Nancy P. Sanchez , Aleksander K. Gluszek , Arkadiusz J. Hudzikowski, Minhan Lou, Lei Dong , Robert J. Griffin. <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/> Quantum Sensing and Nano Electronics and Photonics XIV, edited by Manijeh Razeghi, Proc. of SPIE Vol. 10111, 1011134 · © 2017 SPIE · CCC code: 0277-786X/17/\$18 doi: 10.1117/12.2250941
  - 28- A near-infrared gas sensor system based on tunable laser absorption spectroscopy and its application to CH<sub>4</sub>/C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> detection. Qixin He, Chuantao Zheng, Huifang Liua , Yiding Wanga , Frank K. Tittelb. <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/> Quantum Sensing and Nano Electronics and Photonics XIV, edited by Manijeh Razeghi, Proc. of SPIE Vol. 10111, 1011135 · © 2017 SPIE · CCC code: 0277-786X/17/\$18 doi: 10.1117/12.2250965
  - 29- Development and Measurements of a Mid-Infrared Multi-Gas Sensor System for CO, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> Detection. Ming Dong, Chuantao Zheng, Shuzhuo Miao, Yu Zhang, Qiaoling Du, Yiding Wang 1 and Frank K. <http://www.mdpi.com/journal/sensors> Sensors 2017, 17, 2221; doi:10.3390/s17102221
  - 30- Antiresonant Hollow-Core Fiber-Based Dual Gas Sensor for Detection of Methane and Carbon Dioxide in the Near- and Mid-Infrared Regions. Piotr Jaworski, Paweł Kozioł, Karol Krzempek , Dakun Wu, Fei Yu, Piotr Boj , Grzegorz Dudzik, Meisong Liao, Krzysztof Abramski 1 and Jonathan Knight. <http://www.mdpi.com/journal/sensors> Sensors 2020, 20, 3813; doi:10.3390/s20143813
-