

Sensores virtuais para detecção de gases: uma *Rapid Review* sobre o potencial de um “olfato artificial”

Italo Pinto Rodrigues¹; 0000-0002-6832-8358
Samyra Tereza da Silva Ferreira²; 0000-0003-1695-6915

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.

2 – Colégio Estadual Célio Barbosa Anchieta
italoprodriques@gmail.com (contato principal)

Resumo: Este artigo apresenta uma *Rapid Review* sobre sensores virtuais aplicados à detecção de gases, com foco na ideia de um “olfato artificial” capaz de identificar substâncias com ou sem odor perceptível. A revisão foi conduzida a partir de artigos publicados entre 2021 e 2025 que abordam aplicações industriais, ambientais, bioinspiradas e de autovalidação de sensores. Os resultados indicam que os sensores virtuais se consolidam como alternativas relevantes aos dispositivos físicos tradicionais, oferecendo redução de custos, ampliação da cobertura de monitoramento e integração com algoritmos de inteligência artificial. Avanços em sistemas neuromórficos e sensores autovalidantes reforçam a perspectiva de maior seletividade, sensibilidade e confiabilidade. Conclui-se que, embora ainda enfrentem desafios técnicos, os sensores virtuais constituem um campo em rápida expansão e com elevado potencial para inovação tecnológica e formação científica, inclusive em projetos de iniciação no ensino médio.

Palavras-chave: Sensores virtuais. Olfato artificial. Detecção de gases. Inteligência artificial. *Rapid Review*.

INTRODUÇÃO

A detecção de gases é um tema estratégico em diferentes áreas, como indústria, meio ambiente e saúde, sendo tradicionalmente realizada por sensores físicos dedicados. Contudo, esses dispositivos apresentam limitações relacionadas a custo, manutenção, confiabilidade em ambientes hostis e dificuldade de mensurar diretamente certos parâmetros (Perera *et al.*, 2023).

Como alternativa, surgem os sensores virtuais, também chamados de soft sensors, que utilizam modelos matemáticos e técnicas de inteligência artificial para estimar variáveis a partir de dados existentes (Maschler *et al.*, 2021). Essa abordagem tem permitido aplicações inovadoras, incluindo sistemas bioinspirados capazes de imitar funções do olfato, sugerindo a possibilidade de um “olfato virtual” artificial para gases com ou sem odor (Zou *et al.*, 2025). Apesar dos avanços, persistem desafios relacionados à confiabilidade dos dados, à robustez dos algoritmos e à integração com tecnologias emergentes de sensores (Chen *et al.*, 2025). Mapear o estado da arte é, portanto, fundamental para compreender o potencial e as limitações dessa área de pesquisa.

Este artigo apresenta uma *Rapid Review* conduzida segundo a metodologia proposta por Devane *et al.* (2024), com o objetivo de identificar e analisar contribuições recentes sobre sensores virtuais aplicados à detecção de gases. Busca-se, ainda, aproximar esse campo de estudantes do ensino médio, oferecendo subsídios conceituais para o desenvolvimento de iniciação científica e estimulando a compreensão das fronteiras atuais da pesquisa.

MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido a partir da abordagem de Rapid Review, conforme orientações metodológicas apresentadas por Devane *et al.* (2024). Essa estratégia busca sintetizar evidências científicas de maneira ágil, preservando critérios de validade e confiabilidade.

Foram considerados como corpus de análise os artigos previamente selecionados e disponibilizados para esta revisão, todos publicados entre 2021 e 2025. Esses trabalhos abordam avanços em sensores virtuais, sensores bioinspirados, olfação artificial e tecnologias associadas ao monitoramento de gases.

O processo de revisão seguiu três etapas principais: (i) identificação dos conceitos-chave relacionados a sensores virtuais para gases; (ii) leitura exploratória e extração das contribuições mais relevantes de cada artigo; (iii) síntese crítica das informações, destacando avanços, desafios e perspectivas.

Diferentemente de uma revisão sistemática completa, a *Rapid Review* prioriza a rapidez de execução, razão pela qual não foram aplicados filtros exaustivos de busca em bases externas. O foco concentrou-se em organizar, comparar e interpretar as evidências dos artigos selecionados, de modo a oferecer um panorama atualizado do tema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A revisão dos trabalhos selecionados evidencia que os sensores virtuais vêm se consolidando como alternativa promissora para a detecção de gases em diferentes contextos. No campo industrial, pesquisas recentes apontam que a substituição de sensores físicos por modelos baseados em inteligência artificial pode reduzir custos, superar limitações de medições em tempo real e ainda contribuir para estratégias de sustentabilidade, ao minimizar desperdícios e otimizar o uso de energia (Perera *et al.*, 2023). Essa perspectiva é particularmente relevante diante da crescente demanda por processos mais eficientes e ambientalmente responsáveis.

No monitoramento ambiental, uma das inovações mais notáveis é a utilização de proxies virtuais para estimar concentrações de poluentes de alto impacto, como o carbono negro. O trabalho de Ferrer-Cid *et al.* (2024) demonstra que, ao integrar sensores físicos de baixo custo com sensores virtuais baseados em aprendizado de máquina, é possível gerar medições confiáveis em redes de Internet das Coisas, mesmo em situações de falhas ou ausência de determinados dispositivos. Essa estratégia amplia significativamente a cobertura espacial do monitoramento, reduzindo a dependência de equipamentos tradicionais de alto custo e viabilizando aplicações em larga escala em áreas urbanas.

Outra linha de investigação que ganha destaque é a bioinspiração. Zou *et al.* (2025) propõem um sistema neuromórfico de olfação, capaz de reproduzir o funcionamento do olfato biológico por meio da integração de sensores químicos, dispositivos memristivos e redes neurais artificiais. Essa arquitetura alcançou elevada seletividade e sensibilidade, indicando

a possibilidade de um “olfato virtual” para detecção de gases com ou sem odor perceptível ao ser humano. Tal avanço expande os horizontes de aplicação dos sensores virtuais para áreas como segurança pública, saúde e ambientes inteligentes, em que a identificação precisa de substâncias pode ser determinante.

Apesar dessas perspectivas promissoras, os estudos também apontam desafios importantes relacionados à confiabilidade das medições. Chen *et al.* (2025) discutem o papel dos sensores autovalidantes na detecção de gases, destacando mecanismos de diagnóstico de falhas, correção de deriva e reconstrução de sinais em tempo real. Essas soluções se mostram essenciais para aumentar a robustez dos sistemas de olfação artificial, reduzindo a vulnerabilidade a falhas e garantindo maior estabilidade no longo prazo.

Os resultados desta revisão indicam que os sensores virtuais não substituem por completo os dispositivos físicos, mas funcionam como recursos complementares que ampliam a capacidade de monitoramento e interpretação de dados. O conjunto de pesquisas analisadas combina perspectivas industriais, ambientais, biomiméticas e de confiabilidade, revelando um campo dinâmico em expansão. Essa diversidade de abordagens contribui para a consolidação do conceito de “olfato artificial” e oferece subsídios valiosos para iniciativas de iniciação científica, aproximando estudantes das fronteiras atuais do conhecimento em ciência e tecnologia.

CONCLUSÕES

A presente *Rapid Review* permitiu mapear avanços recentes no campo dos sensores virtuais aplicados à detecção de gases, destacando tendências que vão desde aplicações industriais e ambientais até sistemas bioinspirados de olfação artificial. Observou-se que esses dispositivos oferecem alternativas viáveis frente às limitações dos sensores físicos tradicionais, sobretudo no que diz respeito à redução de custos, à ampliação da cobertura de monitoramento e à incorporação de inteligência computacional aos processos de medição.

Os trabalhos analisados evidenciam que a integração de algoritmos de inteligência artificial com arquiteturas de sensores virtuais tem potencial para redefinir o monitoramento de poluentes e a otimização de processos industriais. Além disso, a inspiração no olfato

biológico aponta para novas fronteiras de pesquisa, capazes de gerar sistemas altamente seletivos e sensíveis, com aplicações que extrapolam o contexto tecnológico e alcançam áreas como saúde, segurança e sustentabilidade.

Apesar dos avanços, os desafios relacionados à confiabilidade e à robustez das medições permanecem centrais. Estratégias de autovalidação e reconstrução de sinais surgem como caminhos promissores para superar limitações técnicas, mas ainda carecem de maior consolidação experimental.

De maneira geral, os resultados reforçam a pertinência de considerar os sensores virtuais como parte de um ecossistema mais amplo de tecnologias emergentes, aproximando ciência e inovação de demandas concretas da sociedade. Para a iniciação científica no ensino médio, o tema mostra-se especialmente relevante por unir conceitos de física, química, biologia e inteligência artificial, favorecendo a compreensão integrada da ciência e seu papel no desenvolvimento tecnológico sustentável.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA) pelo apoio institucional e financeiro, por meio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq (Resolução Normativa RN-017/2006 do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)).

REFERÊNCIAS

CHEN, Yinsheng; WANG, Mingyang; CHEN, Ziyang; ZHAO, Wenjie; SHI, Yunbo. Self-validating sensor technology and its application in artificial olfaction: A review. **Measurement**, [s. l.], v. 242, p. 116025, jan. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2024.116025>.

DEVANE, Declan; HAMEL, Candyce; GARTLEHNER, Gerald; NUSSBAUMER-STREIT, Barbara; GRIEBLER, Ursula; AFFENGRUBER, Lisa; SAIF-UR-RAHMAN, Km; GARRITTY, Chantelle. Key concepts in rapid reviews: an overview. **Journal of Clinical Epidemiology**, [s. l.], v. 175, p. 111518, nov. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2024.111518>.

FERRER-CID, Pau; PAREDES-AHUMADA, Juan; BARCELO-ORDINAS, Jose M.; GARCIA-VIDAL, Jorge. Virtual sensor-based proxy for black carbon estimation in IoT platforms. **Internet of Things**, [s. l.], v. 27, p. 101284, out. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101284>.

MASCHLER, Benjamin; GANSSLOSER, Sören; HABLIZEL, Andreas; WEYRICH, Michael. Deep learning based soft sensors for industrial machinery. **Procedia CIRP**, [s. l.], v. 99, p. 662–667, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.03.115>.

PERERA, Yasith S.; RATNAWEERA, D.A.A.C.; DASANAYAKA, Chamila H.; ABEYKOON, Chamil. The role of artificial intelligence-driven soft sensors in advanced sustainable process industries: A critical review. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, [s. l.], v. 121, p. 105988, maio 2023. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.105988>.

ZOU, Qin-Kai; LI, Qiu-Tong; CHEN, Jian-Zhong; JIN, Tian; WANG, Yu-Ting; ZHANG, Xiao-Dong; GUO, Xin. A bio-inspired neuromorphic olfaction system for highly sensitive and selective gas sensing at room temperature. **Sensors and Actuators B: Chemical**, [s. l.], v. 443, p. 138198, nov. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2025.138198>.