

TECNOLOGIAS ROBÓTICAS PARA SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

DIOGO MORAIS AROUCHE¹, VALDETE SANTOS DE ARAÚJO BITTENCOURT²

¹Graduando em Engenharia Civil. EST, UEA, Manaus-AM, dma.eng21@uea.edu.br;

²Dr. Prof. Associado EST, UEA, Manaus-AM, vsaraujo@uea.edu.br.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
06 a 09 de outubro de 2025

RESUMO: Este artigo investiga a aplicação de robótica na Engenharia Civil, destacando três protótipos inovadores, baseados em três problemas identificados na revisão de literatura: (1) um robô para reconhecimento de incêndios, equipado com câmeras térmicas, tecnologia SLAM e óculos de realidade aumentada (Li et al., 2019); (2) o Snake-Search Bot, projetado para resgates pós-terremotos, com sensores de gás e capacidade de mapeamento em tempo real (Vasquez et al., 2023); e (3) o Raptor, robô de inspeção de drenos urbanos, com chassi em Nylon 3D e sensor RPLiDAR para precisão milimétrica (Muthugala et al., 2021). Apesar dos avanços, a adoção dessas tecnologias no Brasil enfrenta desafios devido à escassez de investimentos. Os resultados demonstram que essas soluções podem melhorar segurança, eficiência em resgates e manutenção de infraestruturas críticas, reduzindo riscos e custos. O estudo reforça a necessidade de investimentos em inovação para modernizar o setor.

PALAVRAS-CHAVE: Robótica; Construção civil; Drenagem urbana; Inspeção predial; Tecnologia; segurança;

ROBOTIC TECHNOLOGIES FOR SAFETY IN CONSTRUCTION

ABSTRACT: This article investigates the application of robotics in Civil Engineering, highlighting three innovative prototypes, based on three problems identified in the literature review: (1) a fire reconnaissance robot featuring thermal cameras, SLAM technology, and AR displays (Li et al., 2019); (2) the Snake-Search Bot, designed for post-earthquake rescues with gas sensors and real-time mapping (Vasquez et al., 2023); and (3) the Raptor, an urban drainage inspection robot with 3D-printed nylon chassis and high-precision LiDAR (Muthugala et al., 2021). Despite their potential, adoption in Brazil faces challenges due to limited investment. Results demonstrate these solutions can enhance safety, rescue efficiency, and critical infrastructure maintenance while reducing risks and costs. The study highlights the urgent need for innovation funding to modernize the sector. By integrating advanced robotics, Civil Engineering could overcome current limitations in hazardous environments and complex urban systems, aligning with global technological trends.

KEYWORDS: Robotics; Civil engineering; Urban drainage; Building inspection; Technology; Safety.

INTRODUÇÃO

A robótica tem transformado diversos setores industriais, aumentando a produtividade e eficiência. Entretanto, na Engenharia Civil, a adoção dessas tecnologias ainda é limitada, principalmente devido à escassez de investimentos em inovação no contexto nacional. Para superar esse desafio, é fundamental focar no desenvolvimento de tecnologias emergentes aplicáveis à construção civil, com ênfase na melhoria da segurança e eficiência de sistemas urbanos críticos, como a drenagem.

No Brasil, os sistemas de drenagem enfrentam problemas significativos de cobertura e qualidade, afetando diretamente o bem-estar da população. Questões como enchentes e acúmulo de resíduos elevam os riscos de doenças e impactos ambientais. Uma abordagem promissora envolve o

aprimoramento dos processos de vistoria, possibilitando manutenções preventivas e reparos mais eficazes, o que garantiria o funcionamento adequado e sustentável dessas estruturas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo baseou-se na revisão literária dos principais problemas de segurança que a construção civil em geral enfrenta como: os incêndios em empreendimentos, os problemas de saneamento urbano que são causados em sua maioria por problemas nas redes de drenagem e esgotamento sanitário e os estragos causados no ambiente urbano por abalos sísmicos de grandes proporções.

As construções históricas presentes nos centros urbanos representam não apenas edificações, mas importantes marcos culturais e arquitetônicos que necessitam de cuidados especiais para preservação (Figueira, Rodrigues e Coelho, 2011). O Teatro Amazonas, por exemplo, construído no século XIX durante o auge da borracha, é um símbolo da Belle Époque amazônica, mas sua estrutura com materiais inflamáveis como madeira exige adaptações para prevenir incêndios. Segundo Castro e Abrantes (2005), “um incêndio urbano é a combustão, sem controle no espaço e no tempo, dos materiais combustíveis existentes em edifícios, incluindo os constituintes dos elementos de construção e revestimento”. Ou seja, os incêndios urbanos são combustões descontroladas de materiais de construção que podem causar danos irreparáveis a esses patrimônios históricos.

Durante a pesquisa foi possível compreender que os sistemas de drenagem urbana são fundamentais para evitar acúmulo de águas pluviais, que podem causar desde doenças até prejuízos materiais e interrupções no tráfego. Silva e Prestes (2015) reforçam que sistemas de drenagem eficientes são essenciais para a saúde pública, reduzindo a incidência de doenças de veiculação hídrica.

Por fim, o último problema pesquisado foi sobre os danos causados pelos terremotos que são um dos desastres naturais mais devastadores, especialmente em países subdesenvolvidos localizadas em fronteiras de placas tectônicas. Como explicam Fonseca e Júnior (2010), esses fenômenos liberam energia acumulada entre as placas, causando destruição em massa e numerosas vítimas, particularmente em países subdesenvolvidos com infraestrutura frágil. O terremoto de 2010 no Haiti, com magnitude 7,0, causou 220 mil mortes e deixou 1,3 milhão de desabrigados, mostrando a vulnerabilidade dessas nações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando os problemas analisados por meio de artigos e trabalhos científicos que discorrem sobre as causas e consequências das inseguranças no meio urbano, foram apresentadas as soluções em robótica dos respectivos problemas. Todos os robôs abordados foram explicados conforme os trabalhos científicos de desenvolvimento, se atentando para as tecnologias aplicadas e o modo de utilização dos aparelhos.

- Robô de reconhecimento de incêndio

O robô de reconhecimento de incêndio foi desenvolvido para auxiliar os bombeiros no mapeamento de ambientes em chamas sem expor os profissionais a riscos de vida. Equipado com sensores e um sistema de vigilância por vídeo, ele escaneia o local em tempo real, melhorando a eficiência das operações (Li et al., 2019). Seu hardware integra ainda um sistema de navegação preciso e movimentação robótica, enquanto óculos de realidade aumentada (AR) com telas OLED proporcionam visão clara, equivalente a 80 polegadas, facilitando a análise remota.

Para garantir imagens precisas mesmo em meio a fumaça e altas temperaturas, o robô utiliza uma câmera térmica de baixo consumo, capaz de operar por 24 horas ininterruptas (Li et al., 2019). Além disso, emprega a tecnologia SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), que mapeia ambientes desconhecidos em tempo real usando sensores de odometria e laser/sonar, evitando erros de localização com os ambientes em chamas. Controlado remotamente em um raio de 50 metros, o sistema é prático e não sobrecarrega as equipes.

Com dimensões compactas (30x29x30 cm) e quatro motores de 12V, o robô é portátil e eficiente para reconhecimento em incêndios (Li et al., 2019). Sua combinação de câmera térmica, navegação SLAM e interface AR oferece aos bombeiros informações precisas sem comprometer a segurança ou a logística das operações (Figura 1).

Figura 1 - Imagem de operação do robô em testes realizados em laboratório



Fonte: Li et al. (2019)

- Snake-Search Bot

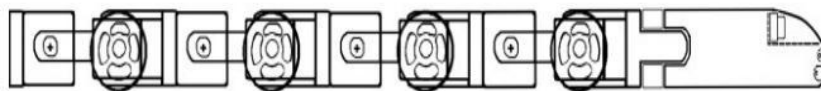
O Snake-Search Bot (Figura 2) é um protótipo desenvolvido por estudantes argentinos com o objetivo de agilizar o resgate de vítimas em desastres naturais, como terremotos, em países subdesenvolvidos. Segundo Vasquez et al. (2023), esse robô utiliza a tecnologia SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) para mapear ambientes em tempo real e gerar rotas seguras através dos escombros, facilitando a localização e o socorro às vítimas. Além disso, ele é equipado com um sensor de gás para alertar as equipes de resgate sobre possíveis riscos, transmitindo todas as informações, incluindo mapas 2D e sinais, para um monitor remoto.

Inspirado em um protótipo chinês que replicava o movimento das cobras, o Snake-Search Bot foi projetado para ser compacto e flexível, capaz de se locomover em espaços apertados e superar obstáculos como escadas (Fu e Li, 2019). Para isso, ele incorpora um sensor LiDAR para navegação autônoma, além de sensores térmicos (AMG8833), uma microcâmera (DOROTHEA) para visão noturna, um sensor de batimentos cardíacos e um microfone para comunicação com as vítimas. Vasquez et al. (2023) destacam que, após testes, foram sugeridas melhorias, como a substituição das câmeras por modelos mais eficientes, como a MLX90640 (com maior alcance térmico) e a Raspberry Pi NoIR (com melhor desempenho em ambientes escuros).

Inicialmente projetado com 16 motores, o robô teve seu consumo de energia reduzido ao adotar uma configuração de 8 motores distribuídos estrategicamente em seus módulos (Vasquez et al., 2023). Essas características garantem autonomia, resistência e eficiência em ambientes hostis, permitindo que o robô opere sem intervenção humana direta. Dessa forma, o Snake-Search Bot se apresenta como uma solução promissora para otimizar buscas em zonas de desastre, combinando mobilidade avançada, sensores especializados e tecnologia de mapeamento em tempo real.

A utilização deste robô pode ajudar na recuperação das zonas urbanas após abalos sísmicos, representando uma solução para os problemas de vulnerabilidade dos países subdesenvolvidos em relação a esses fenômenos naturais que ocorrem com frequência nesses locais. A implementação dessa tecnologia em campo pode salvar vidas e mitigar os estragos causados pelos terremotos.

Figura 2 - Design final do robô feito em AutoCAD



Fonte: Vasquez et al. (2023)

- Robôs de inspeção de drenos urbanos (Raptor)

Robôs de inspeção de drenos urbanos Robôs para sistemas de drenagem são utilizados para monitorar, identificar obstruções, e realizar diagnósticos precisos das redes de drenagem urbana. Eles têm câmeras de alta resolução, sensores avançados e sistemas de iluminação para operar em ambientes de baixa visibilidade, capturando imagens em tempo real para análise. Esse tipo de tecnologia permite

mapear áreas críticas, detectar lixo, ligações clandestinas, fissuras e outros danos, facilitando intervenções mais eficazes e reduzindo alagamentos e transtornos causados por chuvas intensas.

Esses robôs entram nas tubulações e percorrem trechos de 35 a 100 metros, auxiliando no georreferenciamento da rede sem a necessidade de grandes intervenções urbanas, o que economiza recursos públicos e evita transtornos à população. Eles trabalham integrados com caminhões de alta pressão e sucção, responsáveis por limpar e desobstruir os pontos apontados pela inspeção robotizada.

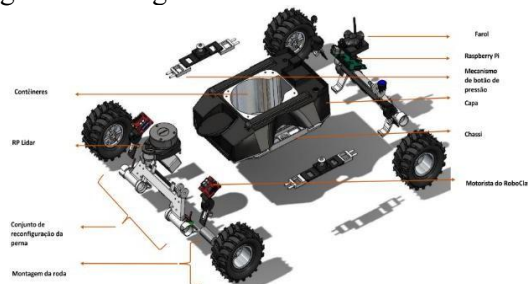
O Raptor é um robô desenvolvido para inspeção de sistemas de drenagem urbana, solucionando problemas de acesso difícil e condições insalubres enfrentadas por trabalhadores. Projetado para ser versátil, ele se adapta a diferentes tipos de dutos graças a um sistema mecânico configurável que permite ajustar a altura do chassi conforme a necessidade (Muthugala et al., 2021). Seu corpo foi fabricado em nylon por impressão 3D, garantindo flexibilidade e resistência à tração, enquanto seus componentes incluem rodas com pernas ajustáveis, um farol para iluminação interna, um sensor RPLiDAR para mapeamento e um sistema multimídia para controle autônomo.

O sensor RPLiDAR, desenvolvido pela SLAMTEC, opera com base em triangulação a laser, processando dados 8 mil vezes por segundo com margem de erro de apenas 1% (Slamtec e RoboPeak, 2019). Com esse sensor, o equipamento é capaz de visualizar toda a topografia do ambiente em tempo real, permitindo ajustes automáticos durante a navegação, além de gerar mapas em 2D do sistema de drenagem em que está inserido.

Todos os sensores embutidos permitem que o equipamento consiga navegar pelos dutos de drenagem de forma autônoma, sem o direcionamento de operadores remotamente. No entanto, existe a possibilidade de o usuário operar o equipamento de forma remota por meio de aplicativos no computador, mas essa função tem como objetivo monitorar o robô durante a navegação, com comandos simples como parar e mudar direção para o retorno do equipamento ao ponto de origem (Muthugala et al., 2021).

Testes estruturais realizados com auxílio do AutoCAD demonstraram que o chassi suporta até 60 MPa de tensão, distribuída uniformemente para garantir segurança operacional. Durante avaliações em seis cenários simulados, o Raptor apresentou erros mínimos de localização em apenas dois casos, mas seu sistema de controle conseguiu compensar as interferências, mantendo navegação estável pelos dutos artificiais.

Figura 3 - Design final do robô feito em AutoCAD



Fonte: Muthugala et al. (2021)

CONCLUSÃO

Com a aplicação destes robôs no contexto da Engenharia Civil em geral, será possível a redução de acidentes e maior eficiência em resgates e vistorias técnicas de estruturas em situações extremas, sendo essencial para a melhor gestão de drenos urbanos como é o caso da aplicação do robô de inspeção, fundamental para a maior eficiência no combate ao incêndio por parte dos bombeiros com o robô de reconhecimento de incêndio e ajudando a salvar vidas e reestruturar centros urbanos afetados por abalos sísmicos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F. R. Terremotos e tsunamis no Japão. Revista USP, São Paulo, n. 91, p. 16-29, set./nov. 2011.
- BRASIL. NR 23 - Proteção contra incêndios. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 jul. 1978. Publicação original: Portaria MTb n.º 3.214, de 8 jun. 1978. Atualizada pela Portaria MTP n.º 2.769, de 5 set. 2022.
- CASTRO, C. F.; ABRANTES, J. M. B. Combate a Incêndios Urbanos e Industriais. 2. ed. rev. e atual. Sintra: Escola Nacional de Bombeiros, 2005. (Manual de Formação Inicial do Bombeiro).
- CRUZ, M. A. S.; SOUZA, C. F.; TUCCI, C. E. M. Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2007.
- FIGUEIRA, R.; RODRIGUES, J. P. C.; COELHO, A. L. Avaliação do risco de incêndio em centros urbanos antigos parte I - Aplicação do método de ARICA ao centro histórico do Funchal. Territorium, n. 18, p. 99-107, 2011.
- FONSECA, E. Avaliação de risco sísmico e planejamento de emergência em Moçambique. 2010. Dissertação (Mestrado em Defesa e Segurança Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.
- FU, Q.; LI, C. Robotic modelling of snake traversing large, smooth obstacles reveals stability benefits of body compliance. [Modelagem robótica de cobra atravessando obstáculos grandes e lisos revela benefícios de estabilidade da complacência corporal]. Royal Society Open Science, v. 7, n. 191192, 2020. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsos.191192>. Acesso em: 20 mar. 2025.
- LI, S. et al.. A Fire Reconnaissance Robot Based on SLAM Position, Thermal Imaging Technologies, and AR Display [Robô de Reconhecimento de Incêndio com SLAM, Câmera Térmica e Display de Realidade Aumentada]. Sensors, v. 19, n. 22, p. 5036, 2019.
- MUTHUGALA, M. A. V. J. et al.. Raptor: A Design of a Drain Inspection Robot [Raptor: Projeto de um robô de inspeção de drenos]. Sensors, v. 21, n. 17, p. 5742, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s21175742>. Acesso em: 23 maio 2025.
- PAINEL Saneamento Brasil. Explore: Indicador INT_VHS. [S. l.], [20--]. Disponível em: https://www.painelsaneamento.org.br/explore/indicador?SE%5Bg%5D=2&SE%5Bs%5D=21&SE%5Bid%5D=INT_VHS. Acesso em: 23 mar. 2025.
- SHANGHAI SLAMTEC CO., LTD. RPLIDAR A1: Leitor de alcance a laser de 360 graus de baixo custo – Introdução e folha de dados. Xangai: Slamtec, 2019.
- SILVA, W. D. R. A drenagem urbana como fator de prevenção aos agravos de saúde pública: uma reflexão com base na legislação municipal de Porto Alegre. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão de Organização Pública em Saúde) – Universidade Federal de Santa Maria, São Francisco de Paula, 2015.
- VASQUEZ, C. M.; OVALLE, C. E.; OSORIO, P. S. Snake-Search Bot: Design of Autonomous Search Robot for SAR Aid Process of Earthquake Victims [Snake-Search Bot: projeto de robô de busca autônoma para o processo de auxílio SAR de vítimas de terremotos]. In: LACCEI INTERNATIONAL MULTI-CONFERENCE FOR ENGINEERING, EDUCATION, AND TECHNOLOGY, 21., 2023, Buenos Aires. Anais [...]. Hybrid Event: LACCEI, 2023. p. 1-8. DOI: <https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2023.1.1.1531>.