
P280 - PROGRAMA DE CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS: DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS INTEGRADORES E APLICAÇÕES DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL - Ciclo 2021/2022

Eng. Giovanni Bruno Molitor Schiffini², Prof. Angelo Sebastião Zanini PhD², Prof. Flávio Leal Maranhão PhD², João Roberto C. M. Silva Filho¹

Comgas¹
FDTE / Geovista²

Resumo: O objetivo do projeto é o desenvolvimento de um sistema continuado de monitoramento de ativos e da qualidade das intervenções realizadas pela Comgas baseados em Inteligência Artificial através de dispositivos embarcados em veículos não dedicados. Devido a extensão da rede, a quantidade elevada de ativos urbanos a serem monitorados e a dinâmica da cidade faz com que a detecção contínua, descentralizada e de baixo custo dos ativos e obras urbanas seja um desafio tecnológico e logístico. A proposta do sistema é realizar a detecção dos itens de interesse ao longo das vias públicas onde há rede de gás Comgas instalada, a partir da instalação de dispositivos de processamento com algoritmos desenvolvidos, em diversos veículos que circulam constantemente e aleatoriamente pelas vias das cidades, enviando informações sobre os ativos encontrados e a sua referência de geolocalização. Esses dados de possíveis detecções constituirão um banco de dados de larga escala (BigData), no qual se fazem cruzamentos de informações com as obras da rede de gás previamente cadastradas e a disponibilização das imagens em dashboards, servindo como um prévia do relatório de vistoria cautelar.

Palavras-chave: Ativos Urbanos; Geolocalização; Inteligência Artificial; Eletrônica Embarcada.

1 Introdução

Um dos aspectos mais desafiadores para as concessionárias de utilidades é prover a manutenção periódica dos seus ativos de campo e minimizar as intervenções no pavimento para acesso as redes subterrâneas. O objetivo deste projeto é o desenvolvimento de um sistema descentralizado de monitoramento contínuo para a identificação dos ativos de campo, e seus respectivos defeitos, através de inteligência artificial e o cruzamento dos dados georreferenciados destes ativos com o cadastro das intervenções viárias. O projeto do dispositivo para aquisição de imagens dos ativos, algoritmos de inteligência artificial, geolocalização e transmissão, e o desenvolvimento de sistema computacional para armazenamento, processamento em nuvem, geração de dashboard e apresentação de relatório fotográfico segmentado por obra são os desafios tecnológicos tratados neste trabalho.

Para a detecção contínua dos ativos e respectivos defeitos ao longo das vias públicas onde existe rede de gás da Comgas, é realizada a instalação dos dispositivos de processamento projetados em diversos veículos que circulam constantemente e aleatoriamente pelas cidades, como veículos de serviço da Comgas, táxis e carros de transporte por

aplicativo. Os veículos coletam dados em tempo real enviam os dados contendo as imagens detectadas, o tempo e a 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 de imagens contendo ativos urbanos alimentam um banco de dados de larga escala (BigData), no qual se faz inferências por inteligência artificial e a disponibilização de dashboards e relatórios contendo os pontos georreferenciados dos ativos e as respectivas intervenções viárias para a expansão ou manutenção destes ativos da rede de gás.

2 Desenvolvimento

Para permitir o processamento em tempo real das imagens obtidas pela câmera instalada nos veículos, a equipe do projeto pesquisou diversas opções de hardware e decidiu utilizar um computador embarcado do fabricante Nvidia, com capacidade computacional suficiente para a instalação de algoritmos de inteligência artificial que analisam cada frame de imagem em busca dos objetos de interesse. Este dispositivo é montado em uma caixa plástica personalizada, com ventilação forçada, e instalado

sob o banco do motorista. Por meio de uma conexão cabeada, o dispositivo se comunica com uma câmera fixada internamente ao para-brisa do veículo. Um aplicativo instalado em smartphone é o responsável por armazenar e georreferenciar as imagens e enviá-las ao servidor do projeto.



Figura 1 – Dispositivo instalado sob o banco



Figura 2 – Câmera instalada no para-brisa

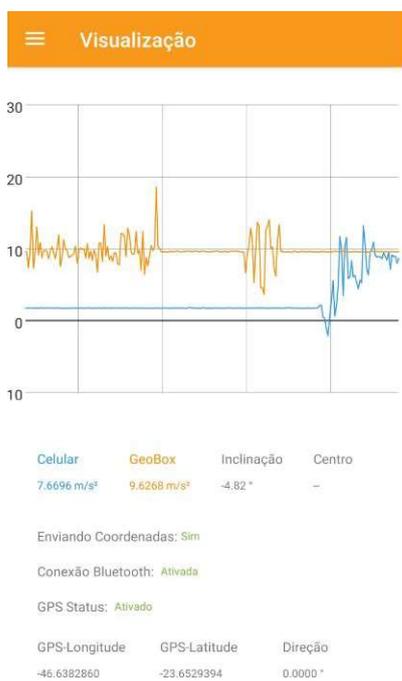


Figura 3 – Aplicação desenvolvida para o projeto

O algoritmo de inteligência artificial é treinado para detectar em imagens os seguintes objetos: recomposições asfálticas, sinalização horizontal, buraco, fissura, tampa de poço de visita, placa de sinalização, marco vertical da rede de gás, tampa de válvula de gás, poste de respiro da rede de gás e entulho na via. Estes objetos foram escolhidos devido a sua relevância para a rede de distribuição de gás, sua sinalização e segurança e as respectivas intervenções realizadas no pavimento das vias públicas para fins de expansão e manutenção da rede de gás. Para treinar a I.A., analisou-se milhares de fotografias e foram marcadas manualmente as ocorrências de cada um destes objetos nas imagens.

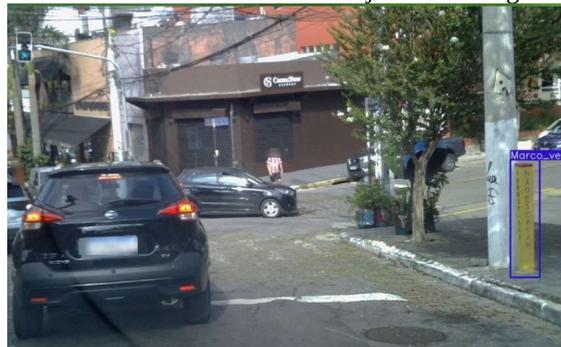


Figura 4 – Detecção de Marco Vertical por I.A.



Figura 5 – Detecção de Poste de Respiro por I.A.



Figura 6 – Detecção de Buraco na via por I.A.

Para que este monitoramento contínuo dos ativos de gás em vias públicas possa ser incorporado as rotinas da concessionária, foi criado um sistema, denominado "SmartSub", no qual a Comgas ou suas terceirizadas cadastram previamente a obra, incluindo o logradouro e o tipo de interferência nas vias. Este sistema compara a geolocalização da

potencial intervenção viária com o plano de recapeamento fornecido pelos municípios, de modo a alertar o usuário do sistema caso a interferência viária esteja localizada em uma via que será ou foi recentemente recapeada, evitando assim multas e atrasos no planejamento da concessionária.

Módulo de Interferências												
ID	Endereço	Sigla	Data Cadastro	Preço	Categoria	Legislação	Nome Projeto	Via Impactada	Status Projeto	Nota Técnica	Responsável	Ações
10039	Via	COMERCIO	07/10/2023	40784	730507022	R-CLL-08/24						
10040	Via	CASA	07/10/2023	34874	770376429	R-SALGUEIRO						
10036	Via	CASA	07/10/2023	23611	000910417	R-VOLTA						
10038	Via	COMERCIO	07/10/2023	39448	730507024	R-JOAO-AQUINO						
10037	Via	COMERCIO	07/10/2023	37237	730507036	R-FRANCISCO-DE-MORAS						
10035	Via	CASA	07/10/2023	55481	000910024	R-VOLTA						
10034	Via	CASA	07/10/2023	54324	000910377	R-VOLTA						
10034	Via	CASA	07/10/2023	54123	000910743	R-VOLTA						
10032	Via	CASA	07/10/2023	37382	000910746	R-VOLTA	CONDENAMA_2021_2024	RUA OLÍMPIA C/AVENIDA PENTAGON	EM ANDAMENTO			
10033	Via	CASA	07/10/2023	37372	000910739	R-VOLTA	CONDENAMA_2021_2024	RUA OLÍMPIA C/AVENIDA PENTAGON	EM ANDAMENTO			
10032	Via	CASA	07/10/2023	37371	000910698	R-VOLTA	CONDENAMA_2021_2024	RUA OLÍMPIA C/AVENIDA PENTAGON	EM ANDAMENTO			

Figura 7 – Intervenções viárias compatibilizadas

Combinando a geolocalização deste cadastro das obras com as imagens obtidas em campo por inteligência artificial, é possível disponibilizar a concessionária uma prévia de relatório de vistoria cautelar, incluindo a liberação para a execução da obra (go / no-go), as fotografias obtidas do local da intervenção previamente e posteriormente a obra, de forma que é possível verificar se já havia algum defeito no pavimento antes da interferência viária ou se o serviço prestado por uma terceirizada apresentou problemas ainda no período de garantia - por exemplo, uma recomposição asfáltica que rapidamente se transformou em um buraco na via.



Figura 8 – Acompanhamento de intervenção viária

3 Programa Experimental

O programa experimental consistiu em uma aplicação piloto, na qual os dispositivos embarcados fabricados foram instalados em oito veículos: um da frota da Comgas, um pertencente a equipe de pesquisa e outros seis motoristas de aplicativo. Estes veículos circularam livremente pelo estado de São Paulo, de forma não-dedicada, cumprindo outras tarefas enquanto o dispositivo analisava, detectava, armazenava e transmitia as imagens dos eventuais ativos da rede de gás ou defeitos na via que eram encontrados pelo caminho.

4 Resultados

Em dois anos de coleta, foram detectados mais de um milhão de objetos de interesse em mais de 40

municípios do estado de São Paulo. Também foram analisadas mais de 11 mil intervenções viárias solicitadas para a rede de gás no município de São Paulo, das quais mais de 300 foram reprovadas por se localizarem em vias recém recapeadas ou que já estavam com o recape planejado.

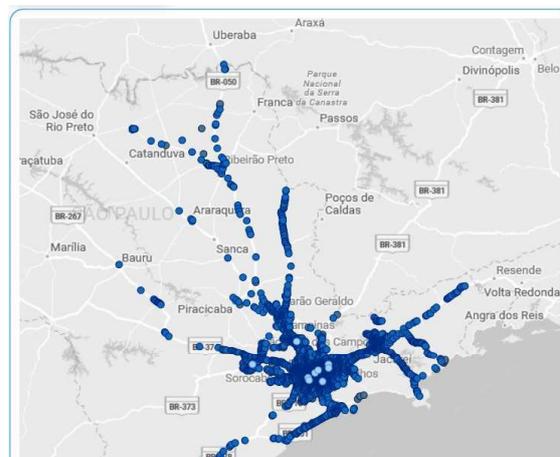


Figura 9 – Detecções por I.A. no estado de SP

5 Conclusões e Contribuições

O dispositivo desenvolvido neste projeto funciona a contento, coletando imagens e analisando-as através de algoritmos de inteligência artificial. Foi disponibilizada a Comgas um link para plataforma web na qual é possível visualizar os ativos e defeitos detectados pelo algoritmo de inteligência artificial, cadastrar novas obras, verificar a aderência destas obras ao plano de recapeamento do município e acompanhar todas as fotografias obtidas em campo do respectivo trecho viário. Mais de 300 interferências em locais recém recapeados foram impedidas através deste sistema, gerando economia a concessionária e benefício aos cidadãos.

O sistema pode tornar-se uma ferramenta de cadastro centralizado de obras e levantamento de ativos da rede Comgas, trazendo inúmeros benefícios na análise de ocorrências, propiciando melhor planejamento de obras e fiscalizando possíveis serviços de baixa qualidade efetuados pelas equipes de campo.

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

Referências

- ASAD, M. H.; KHALIQ, S.; YOUSAF, M. H.; ULLAH, M. O.; AHMAD, A. Pothole Detection Using Deep Learning: A Real-Time and AI-on-the-Edge Perspective. *Advances in Civil Engineering*, v. 2022, p. 9221211, 2022/04/20. ISSN 1687-8086. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2022/9221211>.
- ASHRAF, S. A proactive role of IoT devices in building smart cities. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, v. 1, 2021, p. 8-13. ISSN 2667-3452. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2021.08.001>.
- ASTARITA, V.; VAIANA, R.; IUELE, T.; CARUSO, M. V.; GIOFRÈ, P.; DE MASI, F. Automated Sensing System for Monitoring of Road Surface Quality by Mobile Devices. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 111, 2014, Pages 242-251. ISSN 1877-0428. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.057>.
- BENALLAL, M.; MUSTAPHA, S.; TAYEB. An image-based convolutional neural network system for road defects detection. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, v. 12, 2023, pp. 577-584. DOI: 10.11591/ijai.v12.i2.pp577-584.
- CHEN, H.; YAO, M.; GU, Q. Pothole detection using location-aware convolutional neural networks. *Int. J. Mach. Learn. & Cyber.*, 11, 899–911, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13042-020-01078-7>.
- DIWAKAR, A. R.; KURI, K. B.; MONIKA; GRANDHE, N.; DEPURU, B. K. Data-Driven Pipe Object Detection and Classification for Enhanced Inventory Accuracy and Cost Reduction Using Artificial Intelligence Techniques. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, v. 8, 2023.
- EYLES, J. Urban assets and urban sustainability: Challenges, design and management. *Sustainable Development and Planning III. WIT Transactions on Ecology and the Environment*, v. 102, 2007. ISSN 1743-3541. doi:10.2495/SDP070131.
- FRIEDMANN, J. The wealth of cities: Towards an assets-based development of newly urbanizing regions. *United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT)*, Nairobi, 2007.
- GU, Y.; LIU, Y.; LIU, D.; HAN, L. D.; JIA, X. Spatiotemporal kernel density clustering for wide area near Real-Time pothole detection. *Advanced Engineering Informatics*, v. 60, 2024, 102351. ISSN 1474-0346. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.102351>.
- JAKUBEC, M.; LIESKOVSKÁ, E.; BUČKO, B.; ZÁBOVSKÁ, K. Comparison of CNN-Based Models for Pothole Detection in Real-World Adverse Conditions: Overview and Evaluation. *Appl. Sci.*, v. 13, 2023, 5810. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app13095810>.
- KIM, H.; SIM, S.-H.; SPENCER, B. F. Automated concrete crack evaluation using stereo vision with two different focal lengths. *Automation in Construction*, v. 135, 2022, 104136. ISSN 0926-5805. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104136>.
- LI, P.; ZHOU, B.; WANG, C.; HU, G.; YAN, Y.; GUO, R.; XIA, H. CNN-based pavement defects detection using grey and depth images. *Automation in Construction*, Volume 158, 2024, 105192. ISSN 0926-5805. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105192>.
- LI, X.; GOLDBERG, D. W. Toward a mobile crowdsensing system for road surface assessment. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 69, n. March 2017, p. 51–62, 2018.
- LIMA, L. C.; AMORIM, V. J. P.; PEREIRA, I. M.; RIBEIRO, F. N.; OLIVEIRA, R. A. R. Using Crowdsourcing Techniques and Mobile Devices for Asphaltic Pavement Quality Recognition. *VI Brazilian Symposium on Computing Systems Engineering*. 978-1-5090-2653-1/16. 2016 IEEE. DOI 10.1109/SBESC.2016.26.
- MING, Y.; MENG, X.; FAN, C.; YU, H. Deep learning for monocular depth estimation: A review. *Neurocomputing*, v. 438, 2021, pp. 14-33. ISSN 0925-2312. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2020.12.089>.
- PANDEY, A. K.; IQBAL, R.; MANIAK, T.; KARYOTIS, C.; AKUMA, S.; PALADE, V. Convolution neural networks for pothole detection of critical road infrastructure. *Computers and Electrical Engineering*, v. 99, 2022, 107725. ISSN 0045-7906. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.107725>.
-

SANTANA, J. K. R. de; FARIAS, P. L. C. de; XAVIER, J. P. de S.; FIGUEREIDO, V. P. Precisão de GPS de smartphones: Uma ferramenta para pesquisas acadêmicas e trabalhos em campo. *Revista de Geografia*. ISSN: 2236-837X V. 9, n. 2, 2019.

TEDESCHI, A.; BENEDETTO, F. A real-time automatic pavement crack and pothole recognition system for mobile Android-based devices. *Advanced Engineering Informatics*, Volume 32, 2017, Pages 11-25. ISSN 1474-0346. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2016.12.004>.