
Anexo V - Resumo Técnico do Projeto

P314 - Sistema para a gestão de ativos em campo nas redes de gás natural utilizando etiquetas eletrônicas RFID - Ciclo 2024/2025

Eng. Rafael Gonzalez Ruiz¹, Msc. Giovanni Bruno Molitor Schiffini², Prof. Angelo Sebastião Zanini PhD², Prof. Flávio Leal Maranhão PhD²

Comgás¹
FDTE / Geovista²

Resumo: O Projeto P-314 propôs o desenvolvimento e validação de uma solução tecnológica para a gestão de ativos de redes de gás natural, utilizando tecnologia RFID, dispositivos móveis e banco de dados em nuvem. Foram etiquetados 210 ativos, promovendo maior eficiência, rastreabilidade e segurança operacional. A metodologia empregou pesquisa acadêmica, ciclos iterativos de testes em campo e desenvolvimento incremental de hardware e software. Os resultados indicaram melhoria na localização de ativos, redução de falhas cadastrais e potencial de expansão para integração com sistemas georreferenciados e manutenção preditiva. As limitações técnicas encontradas incluem o alcance reduzido de leitura em ambientes urbanos, limitando a possibilidade de embarcá-lo em automóveis. A integração de leitores RFID móveis a dispositivos Android, via bluetooth, se provou a melhor opção para cadastrar e rastrear ativos superficiais da rede de distribuição de gás.

Palavras-chave: Bancos de Dados; Gás Natural; Gestão de Ativos; RFID; Mapas Digitais.

1 Introdução

A gestão de ativos em redes de distribuição de gás natural apresenta desafios significativos relacionados à identificação precisa, rastreabilidade e manutenção eficiente dos equipamentos distribuídos em ambientes urbanos complexos. A ausência de sinalização visível, a dificuldade de localização de válvulas e estações de regulagem, bem como a atualização manual de registros, impactam diretamente a segurança operacional, o tempo de resposta a emergências e a confiabilidade dos cadastros técnicos. Nesse contexto, torna-se estratégico para o setor de gás natural adotar soluções que promovam a digitalização e automação desses processos.

O Projeto P-314 foi concebido para desenvolver e validar uma solução tecnológica integrada, baseada em identificação por radiofrequência (RFID), dispositivos móveis Android bluetooth e banco de dados em nuvem, voltada à modernização da gestão de ativos. Os principais objetivos do projeto foram aumentar a eficiência na localização de ativos, reduzir erros cadastrais, melhorar a segurança nas intervenções em campo e criar uma base de dados georreferenciada robusta para apoio à operação e ao planejamento.

A metodologia adotada envolveu ciclos iterativos de desenvolvimento e validação prática, com testes de hardware (tanto etiquetas quanto leitores RFID), desenvolvimento de aplicação de software (aplicativo móvel e sistema web), operação assistida em campo e coleta contínua de feedbacks. Mais de 210 ativos da Comgás foram etiquetados e registrados em nuvem, com dados georreferenciados e imagens associadas.

O principal produto gerado foi um sistema completo de gestão de ativos com leitura RFID, visualização em mapa interativo e integração com dispositivos móveis, capaz de ser expandido para grandes redes de infraestrutura urbana. Sua aplicabilidade no setor de gás natural é direta, promovendo ganhos operacionais, maior segurança das redes e preparando as concessionárias para futuros avanços em manutenção preditiva e gestão inteligente de ativos.

2 Desenvolvimento

O desenvolvimento do Projeto P-314 foi estruturado em fases sequenciais, organizadas para validar cada componente tecnológico em condições reais de operação. Inicialmente, realizou-se um levantamento dos ativos prioritários nas redes da Comgás, considerando válvulas, travessias, CRM e estações de regulagem. A seguir, foi realizada a seleção dos modelos de etiquetas RFID UHF, leitores e antenas com base em testes laboratoriais (Figura 1), onde critérios como alcance de leitura, robustez e resistência a intempéries foram priorizados, conforme metodologia aplicada em estudos anteriores de rastreamento de infraestrutura de utilidades (KUMAR; SOMMERVILLE, 2012).

O desenvolvimento de hardware incluiu a fabricação de suportes mecânicos personalizados para antenas RFID, utilizando impressão 3D em ABS, visando resistência a vibrações e intempéries. A integração elétrica dos leitores nos veículos operacionais exigiu o projeto de fontes de

alimentação estabilizadas, respeitando as especificações de sistemas automotivos. Em paralelo, foi desenvolvido o aplicativo Android utilizando o framework Flutter, com funcionalidades como leitura via Bluetooth, captura de fotos georreferenciadas, preenchimento automático de formulários e sincronização com banco de dados em nuvem (Azure SQL). O sistema de dados foi estruturado para garantir escalabilidade e segurança da informação, conforme práticas recomendadas para aplicações IoT industriais (LI et al., 2023).

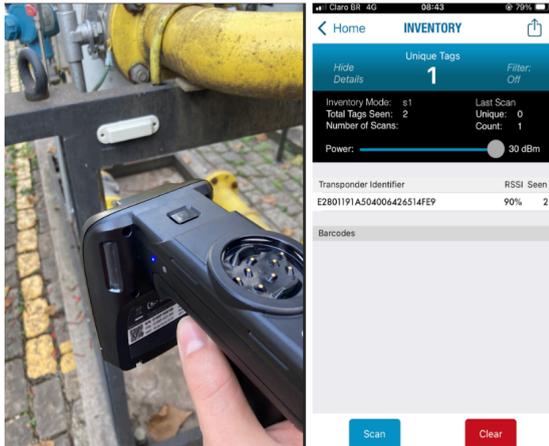


Figura 1 - Leitura de etiqueta RFID com leitor móvel Bluetooth

Após a fase de homologação técnica, iniciou-se a etapa de operação assistida em campo. Cerca de 210 ativos foram etiquetados e cadastrados em sistema, com a utilização do aplicativo móvel pelas equipes técnicas. Durante essa etapa, foram registrados dados de localização, atributos técnicos dos ativos e imagens de referência. As leituras foram realizadas através de leitor RFID móvel Bluetooth, conforme estratégia adotada em projetos de identificação veicular por RFID (FRANCESCHINIS et al., 2009). Foram observadas limitações no alcance de leitura em ambientes urbanos densos, obtendo leituras a até 4 metros de distância, o que motivou ajustes no posicionamento das antenas e priorização do uso de leitores manuais para as etiquetas em campo.

Além do aplicativo, foi desenvolvido um front-end web para visualização e consulta dos ativos, integrando mapas interativos, logradouros, tipo de ativo e status de manutenção. Esse módulo permite aos gestores acesso rápido e confiável às informações de campo, fortalecendo o planejamento de manutenções e a resposta a emergências. Todo o desenvolvimento foi conduzido com ciclos curtos de validação e coleta de feedback dos usuários, garantindo que a solução evoluísse de forma alinhada às necessidades práticas das concessionárias.

O conjunto de soluções geradas — hardware, software e metodologia de operação — criou uma base sólida para a modernização da gestão de ativos no setor de gás natural, com potencial de expansão

futura para integração com sistemas GIS, manutenção preditiva e plataformas corporativas como o SAP ou GEOGAS.

3 Programa Experimental

O programa experimental do Projeto P-314 foi desenhado para validar a aplicação prática da tecnologia RFID em redes de gás natural, considerando as condições reais de operação urbana. Inicialmente, foram definidos ativos representativos para a fase piloto, abrangendo diferentes tipos de infraestrutura como válvulas de bloqueio, retificadores e estações de regulagem de pressão. A seleção dos ativos levou em conta fatores como diversidade de localização (áreas residenciais, comerciais e industriais), acessibilidade e criticidade operacional. Para cada ativo selecionado, foram aplicadas etiquetas RFID UHF de alta resistência (Figura 2), desenvolvidas junto ao fabricante Acura/HID, e os procedimentos de registro envolveram a leitura da etiqueta via aplicativo Android, a captura de fotografia georreferenciada e o envio dos dados para o banco de dados em nuvem.



Figura 2 - Etiqueta RFID instalada em painel metálico de ERP / CRM

Para garantir a rastreabilidade e qualidade dos dados, todas as leituras foram acompanhadas por coordenadas GPS capturadas automaticamente pelo aplicativo. Foi realizada uma comparação entre a posição das coordenadas geográficas obtidas pelo dispositivo Android e a localização real dos ativos, de conhecimento da concessionária. Essa metodologia permitiu ajustar rapidamente parâmetros técnicos e consolidar práticas operacionais para uma eventual expansão do sistema em escala maior.

4 Resultados

O Projeto P-314 resultou na etiquetagem e cadastramento de 210 ativos da redes da Comgás, incluindo válvulas de bloqueio, retificadores e

estações de regulação, com 100% dos registros associados a dados georreferenciados e imagens capturadas em campo. O aplicativo Android, desenvolvido para leitura das etiquetas RFID via Bluetooth (Figura 3), demonstrou estabilidade e facilidade de uso, permitindo a sincronização em tempo real dos dados coletados com o banco de dados em nuvem. Durante a operação assistida, a taxa de sucesso nas leituras com leitor RFID móvel foi superior a 90% em ambientes urbanos dentro ou fora da via pública, resultado considerado satisfatório.

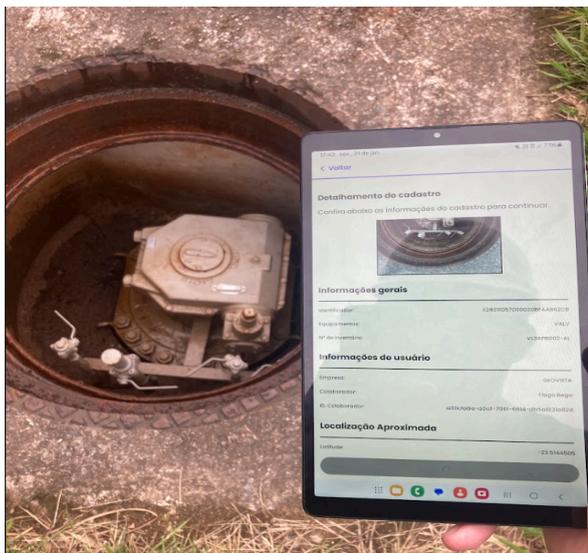


Figura 3 - Utilização da aplicação para cadastro de ativos em campo via etiqueta RFID

A plataforma web (Figura 4), acessível pelas concessionárias, possibilitou a visualização eficiente dos ativos em mapas interativos, com logradouros, tipo do ativo e status de interação (instalação / manutenção), ampliando o controle operacional e o planejamento estratégico. Embora tenha sido observada limitação no alcance de leitura em ativos a partir de leitor fixo embarcado em automóvel, com performance de somente 4 metros de distância, a operação foi realizada com sucesso através do leitor móvel Bluetooth. O conjunto dos resultados alcançados validou a robustez, a aplicabilidade e o potencial de escalabilidade da solução, reforçando sua aderência às necessidades operacionais e às diretrizes de modernização do setor de gás natural.

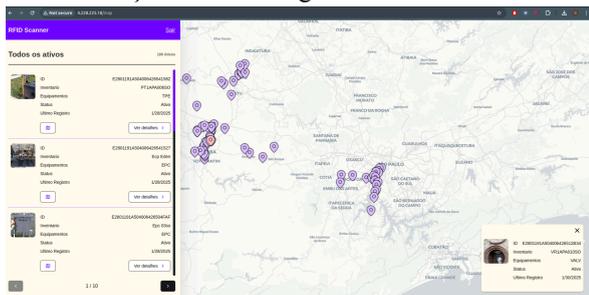


Figura 4 - Mapa digital georreferenciado na app front-end web com localização dos ativos

5 Conclusões e Contribuições

O Projeto P-314 demonstrou que a integração de tecnologia RFID, dispositivos móveis e sistemas em nuvem é uma solução viável e eficaz para a modernização da gestão de ativos em redes de gás natural. A implantação prática validou os principais benefícios esperados, como a melhoria na localização e rastreabilidade dos ativos, o aumento da confiabilidade dos cadastros técnicos e a redução de falhas operacionais. A solução desenvolvida se mostrou robusta, de fácil adaptação às rotinas de campo e alinhada às tendências de digitalização e automação exigidas pelo setor de utilities. Além disso, a operação assistida evidenciou a aceitação positiva dos usuários e a escalabilidade do sistema para futuras expansões.

Como desdobramentos futuros, recomenda-se a integração do sistema com plataformas GIS corporativas para otimizar ainda mais a gestão territorial dos ativos. A adoção de etiquetas RFID semipassivas ou ativas também poderá ser explorada para superar limitações de alcance de leitura em ambientes urbanos densos. Outra frente de evolução envolve o uso de algoritmos de manutenção preditiva, baseados no histórico operacional coletado, para antecipar falhas e otimizar os ciclos de manutenção. Finalmente, é possível a replicação da metodologia em outras concessionárias de distribuição de gás natural, consolidando seu valor estratégico para a construção de cidades mais inteligentes e resilientes.

Referências

- ABDALLAH, Rania M.; ELBIDAK, Amr E.; SOLIMAN, Heba Y. Pattern reconfigurable UHF RFID universal reader antenna array. *Computers and Electrical Engineering*, v. 119, Parte A, 2024. 109513. ISSN 0045-7906. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2024.109513>.
- ANGULO, I.; ONIEVA, E.; PERALLOS, A.; SALABERRIA, I. Low cost real time location system based in radio frequency identification for the provision of social and safety services. *Wireless Personal Communications*, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11277-015-2767-6>.
- APPAJI, I.; RAVIRAJ, P. Vehicular monitoring using RFID. In: KOMANAPALLI, V.L.N.; SIVAKUMARAN, N.; HAMPANNAVAR, S. (ed.). *Advances in automation, signal processing, instrumentation, and control: i-CASIC 2020*. Singapore: Springer, 2021. (Lecture notes in electrical engineering, v. 700). DOI: 10.1007/978-981-15-8221-9_32.
- CHEN, W.; CHILDS, J.; RAY, S.; LEE, B. S. RFID technology study for traffic signage inventory management application. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2022. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9757748/>.
- ESEKHAIGBE, E.; KAZAN, E.; USMEN, M. Integration of digital technologies into underground utility asset management. *Open Journal of Civil Engineering*, 2020. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=106271>.
- FRANCESCHINIS, M.; GIOANOLA, L.; MESSERE, M.; TOMASI, R.; SPIRITO, M. A.; CIVERA, P. Wireless sensor networks for intelligent transportation systems. In: *IEEE 69th VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE, 2009, Barcelona*. Proceedings [...]. Barcelona: IEEE, 2009. p. 1-5.
- KUMAR, B.; SOMMERVILLE, J. A model for RFID-based 3D location of buried assets. *Automation in Construction*, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580511001099>.
- KUMAR, P.; REINITZ, H. W.; SIMUNOVIC, J.; SANDEEP, K. P.; FRANZON, P. D. Overview of RFID Technology and Its Applications in the Food Industry. *Journal of Food Science*, v. 74, n. 8, p. R101-R106, 2009. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1750-3841.2009.01323.x>.
- LEHTONEN, M.; MICHAEL, K.; MICHAEL, M. G. H. Security and Privacy Issues in RFID and Their Implications for Mobility. *Computer Communications*, v. 29, n. 14, p. 2298-2306, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167404805001951>.
- LI, H.; ZHOU, Y.; TIAN, L.; WAN, C. Design of a hybrid RFID/GPS-based terminal system in vehicular communications. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON WIRELESS COMMUNICATIONS NETWORKING AND MOBILE COMPUTING (WiCOM), 6., 2010, Chengdu, China*. Proceedings [...]. Chengdu: IEEE, 2010. p. 1-4. DOI: 10.1109/WICOM.2010.5600157.
- LI, Y.; WANG, Y.; ZHANG, X.; LI, J. Efficient and Privacy-Preserving Outsourced Attribute-Based Access Control for Multi-Authority IoT Systems. *Proceedings of the 2023 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security, 2023*. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3565287.3610256>.
- MA, J.; LI, H.; WANG, S. Examining the Impact of Algorithmic Decision-Making on Consumer Trust. *SSRN Electronic Journal*, 2024. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4612377.
- THAKRE, M. P.; BORSE, P. S.; MATALE, N. P.; SHARMA, P. IOT based smart vehicle parking system using RFID. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER COMMUNICATION AND INFORMATICS (ICCCI), 2021, Coimbatore, India*. Proceedings [...]. Coimbatore: IEEE, 2021. p. 1-5. DOI: 10.1109/ICCCI50826.2021.9402699.
- ZELBST, P. J.; GREEN JR, K. W.; SOWER, V. E.; BAKER, G. RFID utilization and information sharing: the impact on supply chain performance. *Journal of Business & Industrial Marketing*, v. 25, n. 8, p. 582-589, 2010. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/08858621011088310/full/html>.