

LIDAR-NATIVE HARDWARE: MÓDULO LIDAR INTELIGENTE COM PROCESSAMENTO NA BORDA PARA ROBÓTICA MÓVEL

JOSE CARLOS MENDES GOMES¹; ISAAC VICTOR CAMPELO DE SOUZA²;
PAULO JEFFERSON DIAS DE OLIVEIRA EVALD³; MARCELO LEMOS ROSSI⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – zecacs2010@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – isaacvcampelo@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – paulo.evald@ufpel.edu.br

⁴Universidade Federal de Pelotas – marcelo.rossi@ufpel.edu.br

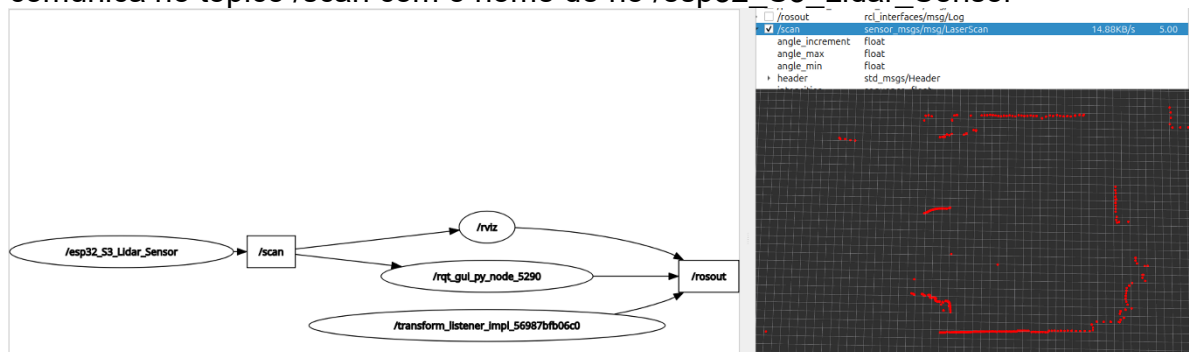
1. DESCRIÇÃO DA INOVAÇÃO

Os sensores LiDAR são fundamentais na robótica móvel por fornecerem medições espaciais precisas para a percepção do ambiente (LANG et al., 2019; XIAO et al., 2024). Contudo, seus dados brutos operam em um referencial próprio e exigem pós-processamento, o que obriga o desenvolvedor a implementar firmwares intermediários no computador hospedeiro do robô (OUSTER, 2024).

Robôs modernos têm adotado frameworks que padronizam a integração de hardware aos sistemas de controle, sendo o ROS o padrão predominante (MACENSKI et al., 2022; KADENA, 2025). Nesse ecossistema, sensores e atuadores funcionam como nós distribuídos que se comunicam por tópicos.

Para suprir a lacuna de integração direta, a presente invenção propõe um módulo LiDAR inteligente com processamento na borda. O design incorpora um microcontrolador que captura e processa internamente as varreduras de distância, permitindo que o módulo comunique-se nativamente com o framework de robótica. Assim, os dados espaciais são formatados e empacotados sem necessidade de drivers ou firmwares intermediários no computador central. A Figura 1 ilustra o protótipo integrado ao ROS.

Figura 1- Recurso de desenvolvimento do ROS indicando que o protótipo se comunica no tópico /scan com o nome de nó /esp32_S3_Lidar_Sensor



O diferencial da solução também é evidenciado na Figura 1: o dispositivo ingressa na rede como o nó físico /esp32_S3_Lidar_sensor, enviando mensagens padronizadas no tópico /scan, consumidas em tempo real por ferramentas como o /rviz. Isso caracteriza uma solução plug-and-play que desonera o processamento do robô, em contraste com abordagens tradicionais que dependem de nós virtuais de tradução (OUSTER, 2024).

2. ANÁLISE DE MERCADO

A robótica móvel tem crescido rapidamente, impulsionada pela expansão dos AMRs na automação industrial e intralogística para transporte autônomo de materiais (TECNOLOGÍSTICA, 2024; AMAZONNEWS, 2026). A tecnologia proposta atende três segmentos: Fabricantes e Integradores de AMRs, que demandam integração ágil de sensores e eficiência de processamento; Startups e PMEs de Tecnologia, que buscam reduzir o *Time-to-Market* e custos de engenharia associados ao desenvolvimento de firmwares e drivers; e Laboratórios Acadêmicos e Centros de P&D, que necessitam soluções plug-and-play para prototipagem rápida de algoritmos de navegação e SLAM.

Os principais fabricantes de sensores LiDAR — como Ouster, Hesai, Velodyne e RoboSense — oferecem dispositivos de alta precisão, porém operam como equipamentos “passivos”, exigindo drivers proprietários e nós virtuais de tradução para que seus dados possam ser utilizados pelo framework de robótica em uso.

Embora esses fabricantes atuem na mesma camada de percepção, também representam potenciais parceiros estratégicos: o módulo inteligente proposto funciona como uma camada de processamento na borda que pode ser acoplada diretamente a sensores existentes, tornando LiDARs convencionais nativamente compatíveis com o robô.

Segundo relatórios setoriais (RESEARCHANDMARKETS, 2025), o mercado de sensores e robótica apresenta projeções de crescimento contínuo:

- **TAM (Total Addressable Market):** O mercado global de robótica móvel está avaliado em US\$ 24,39 bilhões (2025), com estimativa de atingir US\$ 52,11 bilhões até 2030 (CAGR de ~13,7%), impulsionado pela automação de armazéns e busca por eficiência operacional;
- **SAM (Serviceable Addressable Market):** O segmento global de sensores LiDAR aplicados especificamente à robótica móvel e intralogística representa aproximadamente US\$ 1,12 bilhão, com projeção de alcançar US\$ 7,15 bilhões até 2034 (CAGR de ~28%);
- **SOM (Serviceable Obtainable Market):** Focado no mercado inicial de fabricantes de AMRs de pequeno e médio porte, startups de logística autônoma e centros de P&D em robótica, estima-se um mercado acessível de US\$ 15 a US\$ 30 milhões nos primeiros 3 a 5 anos de comercialização do módulo em escala.

3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

O modelo de negócios proposto adota uma estratégia B2B com duas frentes de monetização: venda direta de hardware, ofertando o módulo plug-and-play para integradores de AMRs, startups de logística e laboratórios de pesquisa; e licenciamento tecnológico (OEM), estabelecendo parcerias com fabricantes globais de LiDARs para incorporar a arquitetura de firmware e circuito como módulo oficial ou integrado ao sensor.

A distribuição inicial ocorrerá via e-commerce especializado em robótica e parceiros de componentes eletrônicos voltados ao mercado de P&D, migrando para a venda consultiva direta a fabricantes de robôs na fase de escala.

Sobre a propriedade intelectual, há previsão de depósito de pedido de Patente de Invenção (PI) junto ao INPI, focando no método e na arquitetura de processamento em tempo real para conversão e empacotamento nativo de mensagens específicas para frameworks de robótica.

A inovação encontra-se em TRL 5, em transição para TRL 6, com protótipo funcional validado em ambiente relevante e integrado à plataforma robótica, realizando publicação direta de dados espaciais no ecossistema ROS.

Foram mapeados os principais riscos e estratégias de mitigação: a rápida evolução e possível descontinuidade de frameworks de robótica, conforme indicado em ROS (2024), mitigada pelo foco exclusivo em distribuições LTS; e a flutuação do mercado de semicondutores, que pode gerar escassez de componentes, reduzida pela adoção de microcontroladores e eletrônicos amplamente consolidados no mercado global, evitando dependência de suprimentos exclusivos e refatorações de firmware.

4. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

Embora seja uma inovação tecnológica, a solução gera impactos indiretos em três frentes: econômico, ao democratizar o acesso à robótica móvel e reduzir custos de desenvolvimento; eficiência energética, pois o processamento na borda diminui a carga na CPU do robô, ideal para operações industriais contínuas (24/7); e social e de segurança, ao facilitar a adoção de AMRs em tarefas insalubres ou perigosas, reduzindo acidentes e lesões por esforço repetitivo.

Para o futuro, prevê-se a evolução do hardware para um PCB dedicado, compacto e adequado ao ambiente industrial (IP67, EMC e EMI). Planeja-se também ampliar a arquitetura para fusão sensorial na borda, incorporando outros sensores (como IMUs) no mesmo microcontrolador e fornecendo odometria pré-filtrada diretamente ao framework de robótica. Busca-se, por fim, consolidar a tecnologia como um padrão de mercado (“ROS-Native Hardware”), tornando sensores espaciais genéricos periféricos autônomos e plug-and-play para a robótica móvel global.

5. CONCLUSÕES

Essa invenção apresenta uma solução para a arquitetura de AMRs ao introduzir um módulo LiDAR inteligente com processamento na borda. Eliminando, dessa forma, a dependência de drivers intermediários na CPU do robô fazendo o LiDAR se comunicar com o framework de robótica. Dessa forma, a invenção simplifica a integração de hardware e reduz o custo total de desenvolvimento. A tecnologia está sendo testada e apresenta boa maturidade tecnológica (TRL 5). Acredita-se que o projeto une ganhos em eficiência energética para operações industriais contínuas, redução de tempo de colocação no mercado (*Time-to-Market*) para PMEs e democratização da robótica avançada.

Para acelerar a transição da tecnologia rumo à produção em escala e certificação industrial (TRL 6 a 8), estamos em busca de parcerias estratégicas no ecossistema de inovação:

- Integradores e Fabricantes de AMRs: Convocam-se empresas e startups de logística para a realização de testes-piloto de campo, validando o desempenho do módulo em frotas operacionais reais;
- Fabricantes de Sensores (OEMs): Convite para co-desenvolvimento e licenciamento da arquitetura de firmware, visando integrar nativamente a camada ROS-Native Hardware em suas linhas de produtos;
- Investidores e Agências de Fomento: Oportunidade de aporte de capital e suporte institucional para o aceleração do depósito de patente de invenção (PI) e industrialização da placa de circuito impresso (PCB) dedicada com proteção IP67.

A consolidação desta tecnologia representa um passo concreto para transformar sensores espaciais genéricos em periféricos inteligentes e verdadeiramente *plug-and-play*, fortalecendo a competitividade da indústria robótica global.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMAZONNEWS. **Meet Proteus.** 2026. Disponível em: <https://www.aboutamazon.com/stories/amazon-robotics-autonomous-robot-proteus-warehouse-packages>. Acesso em: 06 set. 2026.

KADENA, E.; GUPI, M.; FREGAN, B.; HORVATH-KISS, A.; PALUSHI, X.; RAJNAI, Z. From Concepts to Applications: a comprehensive overview of ROS. 2025 **IEEE 12Th International Conference on Computational Cybernetics and Cyber-Medical Systems (ICCC)**, p. 000221-000226, 9 abr. 2025. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/iccc64928.2025.10999120>.

LANG, A. H.; VORA, S.; CAESAR, H.; ZHOU, L.; YANG, J.; BEIJBOM, O. PointPillars: fast encoders for object detection from point clouds. **2019 IEEE/CVF Conference On Computer Vision And Pattern Recognition (Cvpr)**, p. 12689-12697, jun. 2019. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/cvpr.2019.01298>.

MACENSKI, S.; FOOTE, T.; GERKEY, B.; LALANCETTE, C.; WOODALL, W. Robot Operating System 2: design, architecture, and uses in the wild. *Science Robotics*, v. 7, n. 66, p. 1-13, 25 maio 2022. **American Association for the Advancement of Science (AAAS)**. <http://dx.doi.org/10.1126/scirobotics.abm6074>.

OUSTER. **OSDome Hardware UserManual.** 7. ed. 2024. 39 p. <https://data.ouster.io/downloads/hardware-user-manual/hardware-user-manual-rev7-osdome.pdf>.

RESEARCHANDMARKETS. **Mobile Robots Market - Forecasts from 2025 to 2030.** 2025. Disponível em: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5351028/mobile-robots-market-forecasts-from-2025-to-2030>. Acesso em: 06 set. 2026.

ROS. **Upcoming ROS 1 End of Life.** 2024. Disponível em: <https://www.ros.org/blog/noetic-eol/>. Acesso em: 06 set. 2026.

TECNOLOGÍSTICA. **Mercado Livre implementa sistema inédito de robôs em operação logística no Brasil; confira os resultados.** 2024. Disponível em: <https://www.tecnologista.com.br/especiais/tecnologia/18431/mercado-livre-implementa-sistema-inedito-de-robos-em-operacao-logistica-no-brasil-confira-os-resultados/>. Acesso em: 06 set. 2026.

XIAO, Y.; LI, Y.; MENG, C.; LI, X.; JI, J.; ZHANG, Y. CalibFormer: a transformer-based automatic lidar-camera calibration network. **2024 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)**, p. 16714-16720, 13 maio 2024. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icra57147.2024.10610018>.