

## SISTEMA DE MAPEAMENTO E NAVEGAÇÃO EM AMBIENTES EXTERNOS UTILIZANDO CARTOGRAPHER SLAM E PLATAFORMA MÓVEL WARTHOG

Jean P. Silva<sup>1</sup>; Vinícius J. G. de A. Felismino<sup>2</sup>; Pedro P. V. Tecchio<sup>3</sup>; Marco A. dos Reis<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Bolsista; Pós-graduação - SENAI CIMATEC; jean.silva@fbter.org.br

<sup>2</sup> Bolsista; Pós-graduação - SENAI CIMATEC; vinicius.felismino@fbter.org.br

<sup>3</sup> Bolsista; Pós-graduação - SENAI CIMATEC; pedro.tecchio@fieb.org.br

<sup>4</sup> Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; marcoreis@fieb.org.br

### RESUMO

O presente trabalho apresenta os resultados obtidos na integração do *Unmanned Ground Vehicle (UGV) Warthog* da Clearpath Robotics, do *framework Robot Operating System (ROS)* e do software Cartographer SLAM da Google LLC de forma a criar uma plataforma robótica móvel autônoma. Sensores do tipo *Light Detection and Ranging (LiDAR)* e *Global Positioning System (GPS)* foram utilizados como fonte de informação para o algoritmo de *Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)*, enquanto uma câmera de vídeo foi utilizada no monitoramento remoto do sistema. Durante o desenvolvimento foram utilizados também o software de simulação Gazebo e a ferramenta de visualização Rviz. Testes foram realizados com o sistema no pátio do SENAI CIMATEC 4, a fim de verificar sua capacidade de localização, mapeamento e navegação autônoma. A solução em ambiente simulado apresentou resultados melhores do que os encontrados no sistema real testado, contanto que fossem utilizados sensores adicionais como *Inertial Measurement Unit (IMU)* e odometria das rodas. Por este motivo, propõe-se a implementação futura desses componentes na plataforma.

**PALAVRAS-CHAVE:** UGV, SLAM, ROS, navegação autônoma.

### 1. INTRODUÇÃO

Robôs móveis são definidos como plataformas eletromecânicas equipadas com um sistema de locomoção, capazes de se movimentar nos diversos tipos de ambientes, com diferentes graus de autonomia e capacidade de carga. Atualmente, o campo da robótica móvel está em evolução constante, auxiliando áreas como exploração de locais desconhecidos, inspeções industriais e resgates em áreas de risco<sup>1</sup>. Estas plataformas são equipadas com sensores e inteligência para realizar navegação autônoma ou para que possam ser teleoperadas à distância<sup>2</sup>.

O objetivo deste trabalho é criar uma prova de conceito de uma plataforma móvel autônoma com intuito de explorar um ambiente externo. Utilizando um conjunto de sensores e um software de *Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)*, o sistema deverá ser capaz de criar um mapa com os obstáculos presentes no ambiente e realizar os planejamentos de trajetória necessários para sua navegação.

A solução consiste na plataforma robótica móvel Warthog da Clearpath Robotics<sup>3</sup> capaz de navegar em ambientes internos ou externos. Para realizar a missão proposta, foi necessário projetar e anexar um suporte mecânico na estrutura do robô móvel com o intuito de garantir a integração dos sensores *GPS*, *LiDAR* e câmera *RGB*. O presente trabalho tem como impulsionador principal a capacitação de novos pesquisadores preparados para solucionar os mais diversos problemas relacionados a robótica e sistemas autônomos.

O artigo está dividido em três sessões: a metodologia, que irá descrever a concepção da solução e seus materiais e métodos; os resultados e discussão, no qual descreve os resultados obtidos em ambiente simulado e real; e as considerações finais do trabalho realizado.

### 2. METODOLOGIA

A solução deste projeto foi desenvolvida em dois ambientes: no Centro de Competência em Robótica e Sistemas Autônomos (CCRSA) e na área externa do SENAI CIMATEC 4, que possui aproximadamente 4,000 m<sup>2</sup>. O projeto teve início após o levantamento do conjunto de exigências e expectativas a serem cumpridas ao final do período estabelecido, neste caso, utilizar a plataforma móvel Warthog, de forma autônoma, para explorar um ambiente externo, localizando e desviando de obstáculos a fim de cumprir a atividade de localização e mapeamento simultâneo. Para isto, foi necessário construir e instalar uma estrutura na plataforma para acomodar todos os equipamentos para o cumprimento desta missão. Além disso, o sistema também deverá possuir monitoramento remoto, modularidade e uma versão em ambiente simulado.

Para realizar a missão em ambiente simulado, foi modelado o ambiente de estudo em *software CAD*, conforme apresentado na Figura 1, e convertido para o espaço de trabalho. Em seguida foi realizado um estudo sobre o *SLAM Cartographer* da Google LLC<sup>4</sup>, a fim de nortear a escolha dos equipamentos para realizar a tarefa. O *Cartographer SLAM* é um sistema de mapeamento conhecido pela sua versatilidade, uma

vez que permite a utilização de diversas configurações e tipos de sensores. Dentre estes, foram escolhidos o *LiDAR* Velodyne VLP-16, capaz de gerar uma nuvem de pontos do ambiente em redor da qual podem ser extraídas a altura e a distância dos obstáculos presentes, e o *GPS* - Swiftnav Piksi V2 responsável por fornecer periodicamente atualizações da localização georreferenciada do veículo.

O *framework* de robótica utilizado é o *ROS*<sup>5</sup> em sua versão Melodic Morenia. Nele é possível simular ambientes e robôs utilizando o *software* Gazebo com o auxílio da ferramenta de visualização Rviz. O *framework* também permite gravar informações de sensores ao longo do tempo em arquivos, chamados *bags*, com o intuito de validar algoritmos diferentes. Todo o *back-end* foi construído em Python e C++. A exploração autônoma foi realizada utilizando o pacote RRT Exploration<sup>6</sup>. Ele utiliza um método de planejamento de trajetória baseado no mapa local gerado pelo *SLAM* e nas fronteiras causadas pela nuvem de pontos. Para supervisão do sistema pelo operador, utilizou-se a câmera *RGB* Basler aca4600 e o *software* de visão OpenCV 3.3.1.

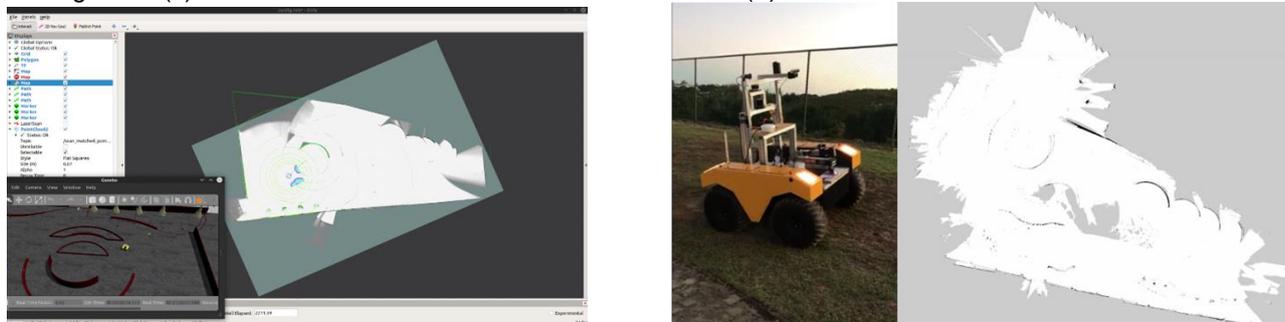
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o desenvolvimento foi utilizado o ambiente virtual criado, Figura 1, para realização dos testes necessários. Por sua vez, a Figura 2a apresenta captura de telas da ferramenta Rviz e do *software* Gazebo, canto inferior esquerdo, durante teste simulado de navegação e mapeamento do UGV. Já, a Figura 2b apresenta o sistema em desenvolvimento, à esquerda, e um dos mapas gerados durante os testes em ambiente real, à direita.

Figura 1. Ambiente simulado do pátio do SENAI CIMATEC 4.



Figura 2. (a) Resultado da missão em ambiente simulado. (b) Resultado da missão em ambiente real.



Através da comparação entre as Figuras 1 e 2a, percebe-se que o mapa gerado através de simulação é condizente com o ambiente utilizado na mesma. Este resultado é evidenciado através da demarcação da região limítrofe e dos arcos internos, caracterizados como obstáculos. Tendo em vista o mapa gerado, pode-se inferir que o sistema de localização do robô apresentou boas estimativas no decorrer da simulação sem que houvesse perdas significativas da localização real do robô. Aliados a isso, o algoritmo de exploração e planejamento de trajetória atingiram os objetivos desejados, uma vez que a região foi explorada sem que o veículo colidisse com obstáculos.

Contudo, o mapa apresentado na Figura 2b apresenta regiões com grande similaridade, tais como a parede inferior e os arcos no canto inferior esquerdo do mapa, e outras mapeadas erroneamente, canto superior esquerdo do mapa. A diferença dos resultados obtidos é proveniente de três fatores. Primeiro, o ambiente simulado é mais simples do que o ambiente real, uma vez que seu relevo é perfeitamente plano, não existem variações de luminosidade e objetos complexos foram simplificados, por exemplo, as grades de proteção foram substituídas por paredes sólidas. Segundo, tal como esperado e devido ao seu princípio de funcionamento, o *LiDAR* apresentou dificuldades para identificar a grade perfurada existente no entorno de aproximadamente 25% do perímetro da região; no entanto, de forma inesperada, o *GPS* apresentou dificuldades intermitentes para realizar a triangulação de sua posição. Por fim, foram utilizados *IMU* e

odometria das rodas durante a simulação, mas não nos testes em ambiente real. Logo, a falta de uma maior redundância dos sensores utilizados na plataforma física, aliada as falhas intermitentes de um ou mais sensores promoveu a estimação errônea da localização do sistema durante o mapeamento da região, causando os problemas observados na Figura 2b.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto mostrou que é possível implementar plataformas móveis autônomas com as devidas funcionalidades de percepção, localização e mapeamento. Tal como, evidenciado pelos resultados encontrados em ambiente de simulação. Nos testes simulados, o sistema foi capaz de explorar, mapear, se localizar e navegar de forma autônoma através do uso do seu conjunto completo de sensores. Por sua vez, nos testes realizados no pátio do SENAI CIMATEC 4, utilizando apenas um *LiDAR* e um *GPS*, foram obtidos resultados próximos do esperado. Contudo, a falta de uma *IMU* e da odometria no mundo real diminuíram a eficiência e a robustez das funcionalidades de localização e mapeamento. Atividades futuras incluem a adição destes sensores e realização de testes mais intensivos do sistema.

#### 5. REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup>SECCHI, Humberto Alejandro. **Una introducción a los robots móviles**. Instituto de Automática-- INAUT. Universidade Nacional de San Juan--UNSJ--Argentina. 2008.
- <sup>2</sup>NARANJO, José. **Automation Kit for Dual-Mode Military Unmanned Ground Vehicle for Surveillance Missions**. IEEE Intelligent Transportation Systems, vol. 12, no. 4. 2020.
- <sup>3</sup>CLEARPATH ROBOTICS. **Warthog**, 2016. Disponível em: <https://clearpathrobotics.com/warthog-unmanned-ground-vehicle-robot/>. Acesso em: 17-03-2021.
- <sup>4</sup>GOOGLE LLC. **Cartographer ROS Integration**, 2017. Disponível em: <https://google-cartographer-ros.readthedocs.io/en/latest/>. Acesso em: 17-03-2021.
- <sup>5</sup>QUIGLEY, Morgan, et al. **ROS: and open-source Robot Operation System**. ICRA workshop on open source software. Vol. 3. No. 3.2. 2009.
- <sup>6</sup>UMARI, Hassan. **rrt\_exploration**, 2015. Disponível em: [https://wiki.ros.org/rrt\\_exploration](https://wiki.ros.org/rrt_exploration). Acesso em: 01-05-2021.