

## SISTEMA DE MAPEAMENTO EM ÁREAS EXTERNAS PARA DETECÇÃO E ACIONAMENTO DE OBJETOS UTILIZANDO PLATAFORMA MÓVEL

Aziel Martins de Freitas Júnior<sup>1</sup>; Leonardo Mendes de Souza Lima<sup>2</sup>; Miguel Felipe Nery Vieira<sup>3</sup>; Marco A. dos Reis<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Bolsista; Pesquisador no CCRoSA, SENAI CIMATEC; [aziel.freitas@fbter.org.br](mailto:aziel.freitas@fbter.org.br)

<sup>2</sup> Bolsista; Pesquisador no CCRoSA, SENAI CIMATEC; [leonardo.lima@fbter.org.br](mailto:leonardo.lima@fbter.org.br)

<sup>3</sup> Especialista II; SENAI CIMATEC; [miguel.vieira@fieb.org.br](mailto:miguel.vieira@fieb.org.br)

<sup>4</sup> Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; [marcoreis@fieb.org.br](mailto:marcoreis@fieb.org.br)

### RESUMO

O presente trabalho refere-se à solução dos autores para o desafio *WBM-ORB-SLAM2* proposto pelo Laboratório de Robótica e Sistemas Autônomos do Senai Cimatec (CCRoSA). O desafio proposto consistiu em criar uma solução que contenha o robô *Warthog*, que deve autonomamente mapear e explorar determinada região, encontrar uma bomba sem potencial destrutivo e aproximar-se da mesma para então realizar seu desarme com o manipulador. Os insumos disponibilizados foram: o pacote *ORB-SLAM2* aliado a uma câmera estéreo *MyntEye* para desempenhar a função de localização e mapeamento simultâneos (*SLAM*), um sensor *LiDAR Velodyne VLP-16* para detecção e desvio de obstáculos e o manipulador *JeRoTIMON*.

**PALAVRAS-CHAVE:** *unmanned ground vehicle, visual SLAM, outdoors, object detection.*

### 1. INTRODUÇÃO

O uso de robôs móveis vem se tornando cada vez mais frequente em tarefas consideradas de alto risco para os seres humanos, como em operações para indústria nuclear ou em atividades militares.<sup>1</sup> Estes mecanismos, dotados de certa inteligência, podem navegar de forma autônoma em ambientes desconhecidos, com o auxílio de diversos sensores acoplados à sua estrutura. Neste documento apresenta-se o projeto de desenvolvimento da integração realizada pelos autores, utilizando a plataforma móvel *Warthog* da *Clearpath Robotics*, sensores do tipo *LiDAR*, câmera estéreo e o manipulador robótico *JeRoTIMON* desenvolvido pela equipe do Laboratório de Robótica e Sistemas Autônomos do Senai Cimatec, como parte do programa de formação *Novos Talentos*, ocorrido entre 2019 e 2020. A equipe teve como maiores objetivos pesquisar e implementar em *Robot Operating System (ROS)* a capacidade de realizar *Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)* utilizando a biblioteca *ORB-SLAM2*;<sup>2</sup> pesquisar e implementar a câmera *MyntEye S1030-IR* e o *LiDAR Velodyne VLP-16* e realizar a detecção de uma bomba sem potencial destrutivo no CIMATEC 4.

### 2. METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Robótica e Sistemas Autônomos e na área externa do CIMATEC 4 e teve seu início com o setup do *Warthog* a partir da instalação de acessórios e sensores essenciais para torná-lo um veículo terrestre autônomo. Procedeu-se então com pesquisas exploratórias sobre o estado da arte em *SLAM* utilizando *ORB-SLAM2*, a fim de determinar como utilizar os acessórios disponíveis da forma mais coerente com a atualidade. Em seguida realizou-se testes simulados com dados coletados do ambiente (por meio das *rosbags*) e por fim a implementação do *ORB-SLAM2* no robô em campo. Em paralelo, foram feitos estudos e testes da detecção da bomba, utilizando o método de classificação *Haar Cascade*.

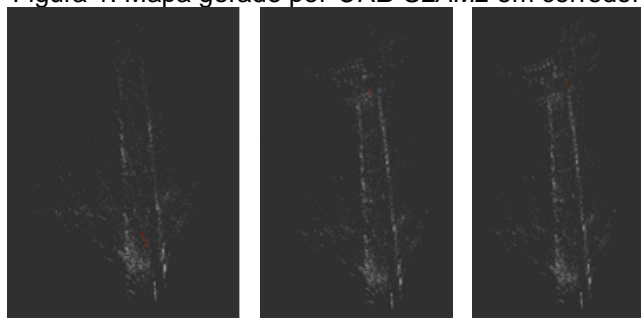
O *ORB-SLAM2* é do tipo visual *SLAM* e necessita de imagens ricas em detalhes para resultados válidos, o que inviabilizou os testes para o ambiente de simulação utilizado. Para os testes com o robô e imagens reais, foram passados como entrada para o pacote os tópicos *mynteye/left\_rect/image\_rect* e *mynteye/right\_rect/image\_rect* referentes às imagens retificadas da câmera *MyntEye*. O sensor *LiDAR Velodyne VLP-16* foi utilizado para escanear o ambiente e fornecer uma *pointcloud* de entrada ao *move\_base* para detecção e desvio de obstáculos, observando-se o alto alcance do dispositivo que foi capaz de detectar obstáculos a uma grande distância do robô, destacando paredes e salas presentes no seu percurso.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente o robô percorreu por meio de teleoperação um corredor no interior do CIMATEC-1 e retornou pelo mesmo caminho, resultando nas figuras 1 e 2 que exibem, respectivamente, a *pointcloud* de

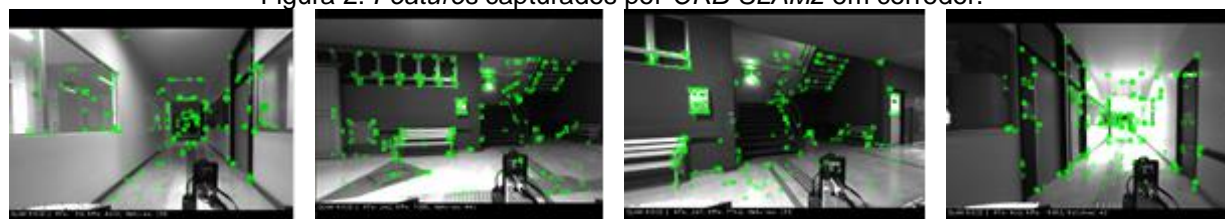
saída do pacote e os *features* capturados pelo algoritmo. Na figura 1 os pontos brancos formando linhas representam as paredes, sendo as três imagens momentos distintos do deslocamento realizado pelo robô. Estes pontos são interpretados de acordo com os *features* extraídos pelo algoritmo, exibidos na figura 2.

Figura 1: Mapa gerado por ORB-SLAM2 em corredor.



Fonte: Autoria própria.

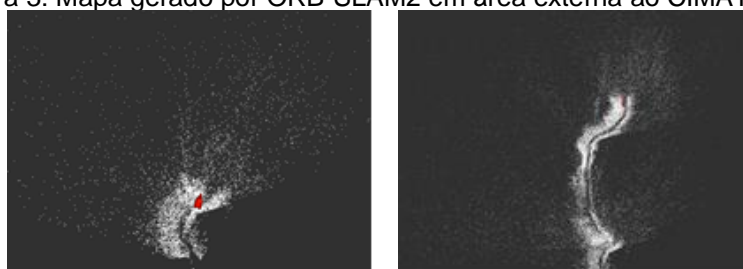
Figura 2: *Features* capturados por ORB-SLAM2 em corredor.



Fonte: Autoria própria.

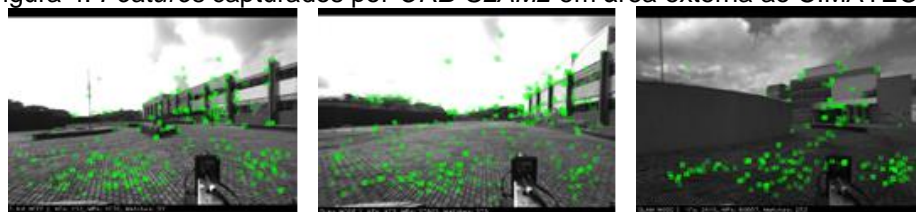
Em sequência, testes foram realizados no cenário oficial da missão, a área externa do CIMATEC-4. As figuras 3 e 4 exibem a *pointcloud* gerada pelo pacote e os *features* capturados. É notável na figura 3 que para este ambiente o mapa apresenta-se através de uma *pointcloud* bastante dispersa, na qual muitos pontos referentes ao chão são capturados, conforme figura 4. Pode-se observar no último quadro da figura 4 que em alguns momentos o algoritmo captura *features* referentes ao manipulador robótico acoplado ao veículo, visto que o mesmo se encontra no campo de visão da câmera, podendo acarretar em leituras equivocadas que prejudicaram a qualidade do mapeamento obtido e a subsequente navegação autônoma. Como forma de solucionar este problema, o posicionamento da câmera foi alterado, saindo do meio do robô para o seu topo.

Figura 3: Mapa gerado por ORB-SLAM2 em área externa ao CIMATEC-4.



Fonte: Autoria própria.

Figura 4: *Features* capturados por ORB-SLAM2 em área externa ao CIMATEC-4.

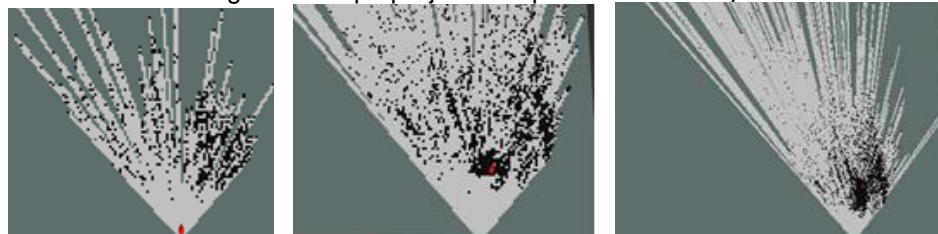


Fonte: Autoria própria.

As figuras 1 e 3 evidenciam a saída do pacote `orb_slam_2_ros`: um mapa de pontos no formato *pointcloud*, diferente do formato *occupancy grid* tradicionalmente usado para navegação no ROS. A solução

encontrada para resolver este problema foi a utilização da biblioteca *Octomap*, um conjunto de algoritmos de mapeamento escritos em C++ que geram a desejada projeção 2D do tipo *occupancy grid* a partir de uma *pointcloud* de entrada. Para diminuir a quantidade de pontos capturados do chão, que poderiam gerar falsos obstáculos, apenas pontos com valores de *z* maiores que 0,15m foram passados como *input* para o *Octomap*. Entretanto, à medida que o robô mapeava o ambiente, pontos referentes ao chão passaram a ser identificados como obstáculos, conforme figura 5, impactando negativamente no seu mapeamento e consequentemente na qualidade da navegação autônoma.

Figura 5: Mapa projetado a partir do *Octomap*.



Fonte: Autoria própria.

No que diz respeito à detecção de objetos, utilizou-se um classificador *Haar Cascade* capaz de detectar possíveis objetos específicos na imagem e em seguida desenhar um *bounding box* verde em torno deles. Na figura 6 é possível ver o resultado de um teste de detecção realizado com uma foto do objeto no ambiente esperado pelo desafio.

Figura 6: Uso do classificador *Haar Cascade*.



Fonte: Autoria própria.

Embora fosse parte do desafio, a integração com o manipulador não foi contemplada nessa solução em virtude dos resultados limitados na navegação autônoma.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A capacidade de visão estereoscópica semelhante à visão humana pode ser empregada em *SLAM* com sucesso dadas as devidas restrições, permitindo a um robô a localização e a exploração de ambientes diversos e atuando como auxílio ao uso de sensores *LiDAR*, que estão em crescente popularização. O avanço no mapeamento de ambientes e as consequências que emergem disso são fruto de esforços direcionados à navegação autônoma. Apesar das dificuldades encontradas na implementação do método de *SLAM* visual no ambiente de teste utilizado, resultados parciais foram alcançados para utilização do pacote *orb\_slam2\_ros* junto a navegação autônoma da plataforma móvel *Warthog* e também a detecção de um objeto.

#### 5. REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup> E. NARANJO, Jose. et al. **Automation kit for dual-mode military unmanned ground vehicle for surveillance missions**. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, v. 12, n. 4, 2020.
- <sup>2</sup> MUR-ARTAL, Raul; TARDÓS, Juan D. **Orb-slam2: An open-source slam system for monocular, stereo, and rgb-d cameras**. IEEE Transactions on Robotics, v. 33, n. 5, p. 1255-1262, 2017.