

UM SISTEMA DE MAPEAMENTO 3D A PARTIR DE NUVENS DE PONTOS

Resumo: O mapeamento feito por sistemas robóticos é um dos grandes problemas investigados pela comunidade científica na atualidade. A construção de mapas do ambiente, provenientes da junção entre sensores e plataformas robóticas possibilita uma boa navegabilidade para o robô e uma eficiente interpretação do ambiente proposto. Assim, este trabalho de investigação, tem como objetivo a utilização de métodos da biblioteca *Point Cloud Library* para a construção de mapas do ambiente. O método explora a integração de imagens RGB e valores de profundidade utilizando dados captados pelo sensor Kinect.

Palavras-Chaves: Mapeamento; *Point Cloud Library*; RGB; Kinect.

A 3D MAPPING SYSTEM FROM POINT CLOUDS

Abstract: The mapping made by robotic systems is one of the major problems investigated by the scientific community today. The construction of maps of the environment, from the junction between sensors and robotic platforms allows a good navigability for the robot and an efficient interpretation of the proposed environment. Thus, this research work aims to use methods from the *Point Cloud Library* library for the construction of maps of the environment, the method explores the integration of RGB images and depth values using data captured by the Kinect sensor.

Keywords: Mapping; *Point Cloud Library*; RGB; Kinect.

1. INTRODUÇÃO

Devido à crescente demanda da utilização de robôs móveis na realização de atividades cotidianas, pesquisas vêm sendo constantemente desenvolvidas com a finalidade de elaborar e aprimorar plataformas robóticas capazes de interagir com ambientes de maneira autônoma. Para que um robô realize de modo satisfatório a exploração de lugares desconhecidos, deve executar, de maneira simultânea, a monitoração do ambiente acompanhado da montagem de um mapa e em seguida da sua localização dentro desse ambiente [1]. A existência de robôs móveis com capacidade para tomar decisões, interagir com o meio ao qual se encontra, com capacidade de reagir a determinadas situações e efetuar o registro de suas atividades consiste em um dos grandes desafios para a robótica atualmente [2].

Com a adição de sensores de profundidade provenientes de técnicas de visão computacional em plataformas robóticas é possível a obtenção de dados consistentes de modo a facilitar a resolução de problemas pertinentes ao processamento de informações. Esses sensores além de economicamente viáveis, permitem a captura de cenas por meio de câmeras e adicionam a estas cenas um canal de profundidade, produzindo uma imagem conhecida como RGB-D [3]. Esse sistema permite a aquisição de imagens tridimensionais por equipamento de captura 3D e gera as informações através do processamento de nuvens de pontos, tem-se com isso, o reconhecimento e interação com a cena de maneira rápida e eficaz [4].

A grande dificuldade para a obtenção de sistemas de mapeamento consiste em adquirir um modelo completo e consistente do ambiente do robô. A captura das cenas é feita em ambientes indoor, nos quais, o sistema sensorial do robô fica suscetível a erros provenientes de ambientes não estruturados, desconhecidos e a constantes mudanças no cenário ao qual se encontra, acarretando problemas para a composição de informações precisas pelos seus sensores [5].

A obtenção de mapas utilizando-se de dispositivos RGB-D se apresenta como um mecanismo viável para a obtenção de dados tridimensionais, porém, consiste num método passível de falhas resultantes de ruídos de complexa correção. Sendo assim, para a obtenção de um modelo completo e preciso do ambiente que possibilite o formato tridimensional e a real estimativa do meio sem a existência de zonas de oclusão, faz-se necessário a captura e o processamento das informações por meio de nuvens de pontos [6]. Faz-se necessário também a implementação dos módulos e métodos que compõem a *point cloud library (PCL)*.

O aperfeiçoamento das técnicas de reconhecimento de ambientes por sistemas autônomos constitui-se um mecanismo imprescindível na construção de cenários congruentes que representem o espaço. Espera-se com a aplicação do algoritmo de nuvens de pontos diminuir os erros advindos de falhas nas imagens, captadas pelo sensor RGB-D e fazer a distinção das áreas das superfícies corretamente. Com essas informações, têm-se a construção de um modelo único do espaço, confiável e de grande aplicação em sistemas de atuação.

Este trabalho tem como objetivo implementar um sistema para a criação de mapas 3D em ambientes internos por meio de dados provenientes de um dispositivo RGBD. É feito ainda, uma verificação da validade das informações obtidas pelo

sistema para a aquisição de mapas confiáveis, a integração e a elaboração de uma arquitetura para o sistema.

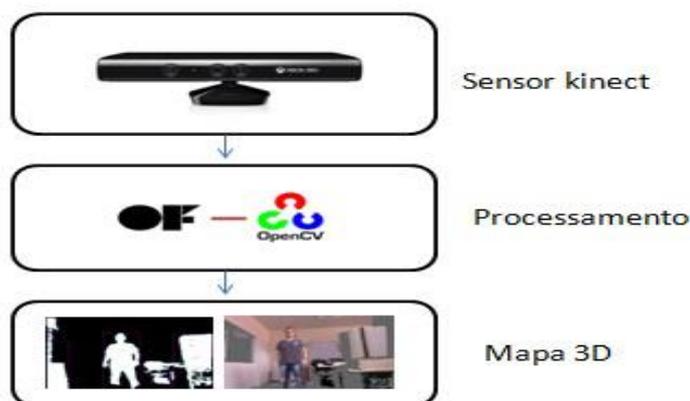
Este trabalho é constituído de uma pesquisa aplicada com a abordagem do problema realizada por métodos quantitativos para a implementação do projeto e construção do sistema de mapeamento. Foi desenvolvida uma programação na linguagem C++ para a aquisição de cenários indoor completos e para a constituição de mapas do ambiente com cenas capturadas por um sensor RGBD, o *Kinect* [7].

2. METODOLOGIA

Para que a imagem gerada por um sistema de mapeamento seja adequada é necessário escolher um sensor capaz de capturar os dados de forma tridimensional e proceder à integração do sistema em uma plataforma robótica adequada considerando as restrições de hardware existentes e à extensão dos dados.

2.1 Arquitetura do sistema

Figura 1. Arquitetura do sistema.



A figura 1 apresenta a arquitetura do sistema de mapeamento, cuja principal característica consiste no mapeamento de ambientes indoor com a aquisição dos dados feita por um sensor RGBD, o *Kinect*.

Para a captura das imagens será utilizado o sensor Microsoft Kinect, o *Kinect* é um aparelho de aquisição de cenas que contém uma câmera infravermelha, uma câmera colorida RGB e um projetor a laser infravermelho. Através desse sensor será possível obter os dados RGB-D para geração dos mapas. O computador responsável pelo processamento dos dados, armazenamento e manutenção dos mapas é um notebook HP com o Linux Ubuntu 14.10 64 bits, processador Intel(R) Core(TM) i3-3110M CPU @ 2.40 GHz, memória RAM 4GB.

Inicialmente o sistema realiza a aquisição da imagem através do *Kinect*, após a aquisição do quadro registra-se a de pontos e em seguida procede-se à

eliminação de erros e tratamento dos *outliers* detectados pelo método da análise estatística. Analisa-se então, todos os pontos captados e calculam-se as normais das superfícies apresentadas. Em seguida, o método SIFT é utilizado para a captura dos pontos relevantes e necessários. Logo após, são utilizadas as técnicas do método RANSAC para a obtenção inicial das nuvens de pontos. Por fim, é utilizado o método RMLS com o objetivo de eliminar erros ou ruídos, atenuando as superfícies que já se encontram no mesmo modelo. As imagens capturadas pelo sensor *Kinect* possibilitam a aquisição de informações RGBD, o RGB apresenta três canais de cores, acrescido do canal de profundidade D, que são utilizadas na entrada de dados do processo, servindo de base para sua elaboração.

2.2 Implementação do sistema

O sistema desenvolvido possibilita a criação das imagens em RGB, IR ou profundidade, além da concepção de inúmeros dados provenientes das imagens captadas pelo *kinect*. A linguagem de programação utilizada será C/C++ por se tratar de uma linguagem de programação bastante difundida e utilizada no meio acadêmico. A biblioteca OpenCV será utilizada para o processamento das imagens originadas através do sensor Microsoft Kinect.

Para o desenvolvimento do sistema de mapeamento será utilizado a biblioteca ofxKinect presente na aplicação openFrameworks, trata-se de um conjunto de bibliotecas open source escritas em C++. A biblioteca ofxKinect permite a percepção tridimensional do ambiente a partir da utilização da técnica de nuvem de pontos 3D.

Figura 2. Tela principal da aplicação a.



Figura 3. Tela principal da aplicação b.



A figura 2 apresenta a tela principal da aplicação, que permite observar diversas informações. O sistema de mapeamento 3D dispõe de aplicações, como a geração e visualização em RGB, Binarizada e IR, o cálculo de profundidade da imagem. Na figura 3 observa-se a geração do mapa tridimensional (nuvem de pontos) e o registro e armazenamento de imagens de profundidade.

Dessa forma, o sistema de mapeamento 3D consiste na obtenção de imagens em RGB e IR, com informações da profundidade de cada pixel, capturadas a partir do *kinect*. O registro e armazenamento podem ser feito em RBG ou em profundidade sendo que, é realizada uma transformação em escala de cinza para simplificar sua constituição.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cenário para a aplicação do sistema foi escolhido de modo a retratar ambientes indoor que possam ser adequadamente representados pelo robô.

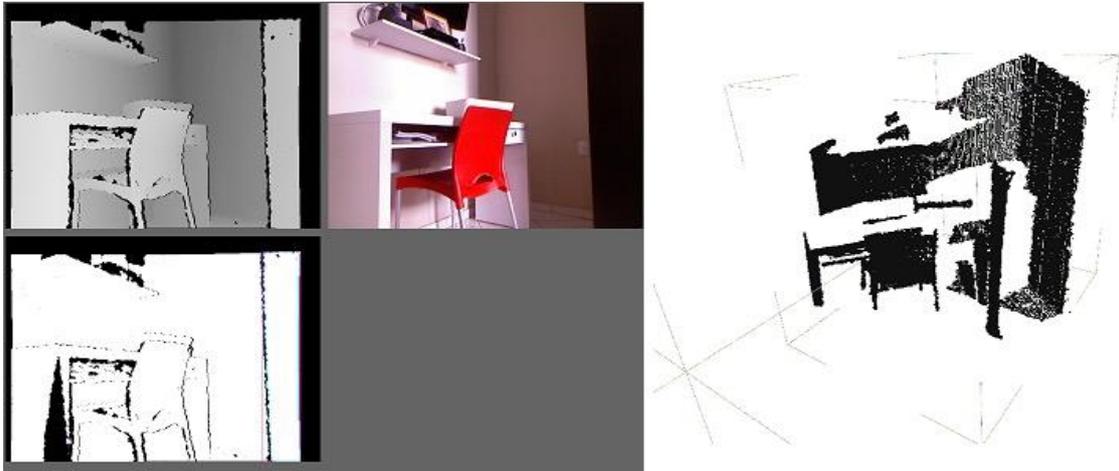
Figura 4. Cenário de testes.



A figura 4 ilustra o ambiente utilizado para a validação do sistema de mapeamento. Todos os testes foram executados com o sistema descrito na sessão

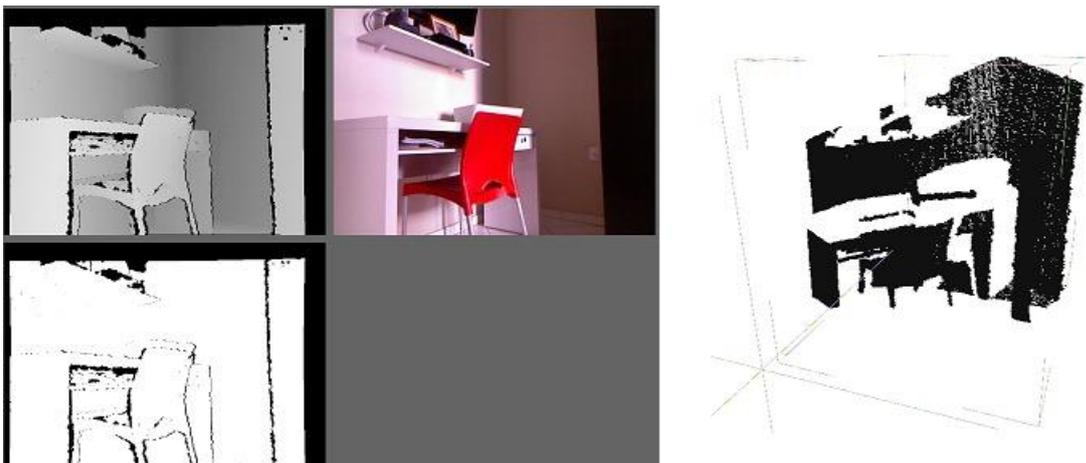
2.1. O objetivo do sistema proposto foi de analisar diferentes tipos de iluminação em função do número de vértices encontrados para a formação da nuvem de pontos. Foram realizados três testes no mesmo cenário variando a iluminância do ambiente fazendo uso de um Luxímetro digital - MLM-1011 - Minipa, o primeiro teste foi realizado mantendo o ambiente com iluminância em 226 lux (lx).

Figura 5. Cenário 1 - iluminância 226 (lx).



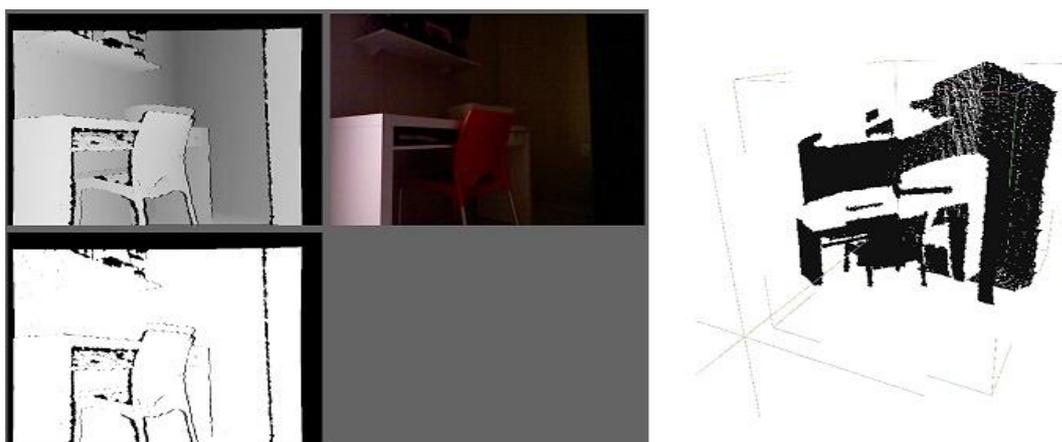
Na figura 5 pode-se notar as três imagens: IR, RGB, Binário e tridimensional geradas pelo o sistema de mapeamento, para esse cenário o sistema detectou 61409 vértices.

Figura 6. Cenário 2 - iluminância 160 (lx).



Para o cenário ilustrado na figura 6 o sistema detectou 61532 vértices, ou seja, 123 vértices a mais que o cenário 1.

Figura 7. Cenário 3 - iluminância 12 (lx).



Já para o cenário ilustrado na figura 7 o sistema de mapeamento detectou 61902 vértices, tendo uma diferença de 493 vértices a mais em relação ao cenário 1 e 370 em relação ao cenário 2.

Pode-se notar que quanto menor a iluminância maior a detecção do números de vértices para a formação dos mapas tridimensionais, quanto maior o número de vértices no processo de formação de mapas tridimensionais, melhor será a navegação de robôs móveis autônomos.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho consistiu em implementar e avaliar um sistema de mapeamento tridimensional através de imagens captadas pelo sensor *kinect* em ambientes indoor não estruturados e seu posterior alinhamento com a aplicação do algoritmo de nuvens de pontos. Em relação aos métodos usados para a aquisição de mapas consistentes, foi necessário a compreensão e avaliação dos principais métodos e módulos constituintes da PCL, por meio da utilização de técnicas elaboradas com o uso de suas ferramentas e da implementação de uma arquitetura para a obtenção da nuvem de pontos num mapa que caracterize o ambiente.

Os resultados obtidos em seus diversos cenários apresentaram dados plausíveis. Com isso, a integração desse sistema à plataforma robótica desenvolvida permitiu a aquisição de superfícies precisas, sendo o mapa gerado pelo sistema de alta qualidade e nível de exatidão adequado na apresentação dos dados e objetos contidos no meio, possibilitando a navegação pelo ambiente proposto e a autonomia para a tomada de decisões. Contudo, faz-se necessário ainda, aperfeiçoar as técnicas utilizadas para obter cenas com menores níveis de ruído de modo a diminuir as falhas ainda existentes, assim, pode-se ter a aquisição de mapas em ambientes diversificados, e a reconstrução de cenas 3D em alta qualidade.

5. REFERÊNCIAS

¹ BOAS, Elias Ramos Vilas. *Mapeamento e Localização Simultânea de Ambientes Dinâmicos Aplicados na Navegação de Veículo Autônomo Inteligente*. Mai 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado em engenharia elétrica). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.

² RIBACKI, Arthur Vicente. *Comparação experimental de métodos de exploração de ambientes desconhecidos usando robôs móveis autônomos*. 2012. 75 f. Tese (Diplomação em Engenharia da Computação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

³ ARAUJO, Élisson Michael Fernandes Meirelles. *Desenvolvimento de um Sistema de Medições Livres de Marcadores Utilizando Sensores de Profundidade*. Mar. 2015. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goyatacazes, Rio de Janeiro.

⁴ CORREA, Diogo Santos Ortiz. *Navegação Autônoma de robôs móveis e detecção de intrusos em ambientes externos utilizando sensores 2D e 3D*. Ago. 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em: < www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-26082013.../Diogorevisada.pdf. > Acesso em: 05 Nov 2018.

⁵ THRUN, S. *Robotic mapping: A survey*. Morgan Kaufmann, 2002. To appear.

⁶ MARTINS, Rubens de Souza. *Aquisição e processamento de modelos tridimensionais faciais*. 2014. 111 f. Dissertação (Graduação em Engenharia da Computação). Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: < bdm.unb.br/bitstream/10483/7610/1/2013_RubensdeSouzaMartins.pdf>. Acesso em: 05 out 2018.

⁷ MICROSOFT. *Kinect*. Microsoft. Disponível em: <<https://developer.microsoft.com/pt-br/windows/kinect>>. Acesso em: 10 ago 2018.