

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GUILHERME PIRES SILVA

LETÍCIA RODRIGUES PINTO

RAPHAEL FELIX

PROPOSTA DE PROJETO - *SIR GALAHAD*

CURITIBA

2023

GUILHERME PIRES SILVA
LETÍCIA RODRIGUES PINTO
RAPHAEL FELIX

PROPOSTA DE PROJETO - *SIR GALAHAD*

Project proposal - Sir Galahad

Proposta de projeto apresentado como requisito para aprovação na disciplina Oficina De Integração 2, do Departamento Acadêmico de Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Daniel Rossato de Oliveira

CURITIBA

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

Dedico este trabalho a minha família e aos
meus amigos, pelos momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Espaço destinado aos agradecimentos (elemento opcional). Folha que contém manifestação de reconhecimento a pessoas e/ou instituições que realmente contribuíram com o(a) autor(a), devendo ser expressos de maneira simples. Exemplo:

Não devem ser incluídas informações que nominem empresas ou instituições não nominadas no trabalho.

Se o aluno recebeu bolsa de fomento à pesquisa, informar o nome completo da agência de fomento. Ex: Capes, CNPq, Fundação Araucária, UTFPR, etc. Incluir o número do projeto após a agência de fomento. Este item deve ser o último.

Atenção: não utilizar este exemplo na versão final. Use a sua criatividade!

Espaço destinado à epígrafe (elemento opcional). Nesta folha, o(a) autor(a) usa uma citação, seguida de indicação de autoria e ano, relacionada, preferencialmente, com o assunto tratado no corpo do trabalho. A citação deverá constar na lista de referências.

RESUMO

O resumo deve ser redigido na terceira pessoa do singular, com verbo na voz ativa, não ultrapassando uma página (de 150 a 500 palavras, segundo a ABNT NBR 6028), evitando-se o uso de parágrafos no meio do resumo, assim como fórmulas, equações e símbolos. Iniciar o resumo situando o trabalho no contexto geral, apresentar os objetivos, descrever a metodologia adotada, relatar a contribuição própria, comentar os resultados obtidos e finalmente apresentar as conclusões mais importantes do trabalho. As palavras-chave devem aparecer logo abaixo do resumo, antecidas da expressão Palavras-chave. Para definição das palavras-chave (e suas correspondentes em inglês no *abstract*) consultar em Termo tópico do Catálogo de Autoridades da Biblioteca Nacional, disponível em: http://acervo.bn.br/sophia_web/index.html.

Palavras-chaves: palavra 1. palavra 2, palavra 3

ABSTRACT

Translation of the abstract into English

Keywords: word 1; word 2; word 3

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Um dos primeiros modelos de AGV lançado nos EUA em 1954	14
Figura 2 – AMR Frederico	15
Figura 3 – Equipe do projeto AMR Frederico	15
Figura 4 – Exemplo do campo de prova na competição de <i>Trekking</i>	16

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

AGV	<i>Automated Guided Vehicle</i> , traduzido, veículo autoguiado
AMR	<i>Autonomous Mobile Robot</i> , traduzido, robô móvel autônomo
EUA	Estados Unidos da América
ROS	<i>Robot Operating System</i> , traduzido, sistema operacional robótico
SLAM	<i>Simultaneous Localization And Mapping</i> , traduzido localização e mapeamento simultâneos

LISTA DE SÍMBOLOS

Γ	Letra grega Gama
Λ	Lambda
ζ	Letra grega minúscula zeta
\in	Pertence

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Tema	13
1.1.1	Delimitação do tema	15
1.2	Problemas e premissas	16
1.3	Objetivos	17
1.3.1	Objetivo geral	18
1.3.2	Objetivos específicos	18
1.4	Justificativa	19
1.5	Estrutura do trabalho	20
2	REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1	Conceitos de robótica móvel	22
2.1.1	Sistema de Locomoção	22
2.1.1.1	<u>Atuadores</u>	22
2.1.1.2	<u>Cinemática</u>	22
2.1.2	Sistema de percepção	22
2.1.2.1	<u>Tipo de sensores</u>	22
2.1.2.2	<u>Características de erros e imprecisão do sistema</u>	22
2.1.3	Sistema de localização	22
2.1.3.1	<u>Odometria</u>	22
2.1.3.2	<u>Mapeamento</u>	22
2.1.3.3	<u>Navegação</u>	22
2.1.4	Sistema de Controle	22
2.2	Aspectos de um AMR	22
2.2.1	Características mecânicas	22
2.2.2	Sistemas embarcados	22
2.2.3	Comunicação e integração de sensores e atuadores	22
2.2.3.1	<u>Filtros</u>	22
2.2.4	Controle	22
2.2.5	Navegação	22
2.2.6	ROS - Robot operating system	22
2.2.7	Competições Robomagellan como exemplo de aplicação de AMR	22
2.3	Estado da arte	22
2.4	Metodologia de pesquisa	22
3	DESIGN E ARQUITETURA DO ROBÔ	23
3.1	Projeto mecânico e esquema de montagem	23
3.2	Projeto de hardware	23
3.2.1	Diagrama elétrico para circuito digital	23
3.2.2	Diagrama elétrico para circuito de potência	23
3.3	Projeto de software	23
3.3.1	Sistema embarcado	23
3.3.2	Sistema de percepção	23
3.3.3	Sistema de controle	23
3.3.4	Localização e controle de movimento	23

3.3.5	Mapeamento	23
3.3.6	Planejamento de rotas	23
3.4	Integração de sistemas via ROS	23
3.5	Arquitetura de software	23
4	IMPLEMENTAÇÃO E MONTAGEM DO ROBÔ	24
4.1	Montagem da estrutura mecânica	24
4.2	Implementação e montagem de componentes eletrônicos e atuadores . .	24
4.2.1	PCB	24
4.2.2	Montagem eletrônica	24
4.3	Implementação de software	24
4.3.1	Configuração de parâmetros de utilização	24
4.4	Validação	24
5	TESTES E RESULTADOS	26
5.1	Testes em sistemas isolados	26
5.1.1	Sistema embarcado	26
5.1.2	Locomoção	26
5.1.3	Sistema de percepção	26
5.1.4	Localização	26
5.1.5	Mapeamento	26
5.2	Testes de desempenho	26
5.2.1	Precisão de localização	26
5.2.2	Desempenho em navegação	26
5.2.3	Confiabilidade e robustez	26
5.3	Desempenho em competições	26
5.3.1	Condição de prova	26
5.3.2	Resultados	26
5.3.3	Análise de resultados	26
6	CONCLUSÃO	27
6.1	Principais resultados e contribuições	27
6.2	Limitações e trabalhos futuros	27
6.3	Considerações finais	27
	REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A robótica é uma área em constante evolução, marcada por avanços significativos ao longo de sua história, que trouxeram transformações não apenas no âmbito econômico, mas também nas esferas social, científica e tecnológica. Desde seus primórdios na indústria até o surgimento dos mais recentes robôs colaborativos, essa tecnologia tem permeado cada vez mais nosso cotidiano.

Segundo estimativas feitas pela *Interact Analysis*, espera-se que mais de 150.000 robôs de coleta - ou *picking robots*, em inglês - sejam instalados até o final da década (Robotics Business Review, 2023). E no lado econômico, as projeções da empresa de consultoria *Boston Consulting Group* apontam que o mercado de robótica cresça de US\$ 25 bilhões em 2021 e para até US\$ 260 bilhões em 2030 (Forbes Brasil, 2021).

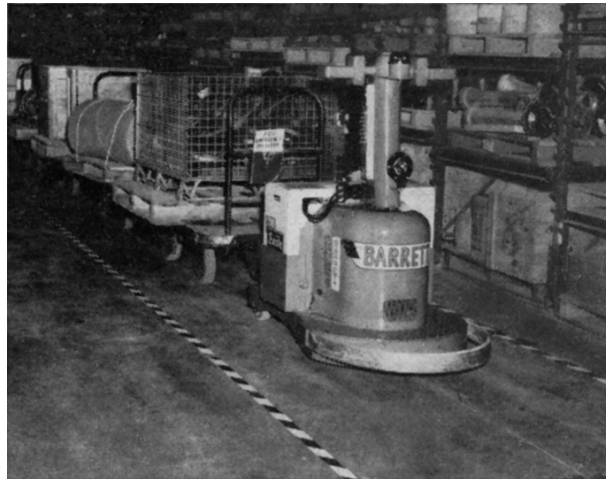
Tais indicadores demonstram a importância crescente da robótica na economia global. No entanto, os avanços recentes vão além da produção industrial, chegando a áreas como a saúde, transporte e serviços. Robôs colaborativos, exoesqueletos e drones autônomos são exemplos de tecnologias robóticas recentes que têm o potencial de impactar positivamente esses setores.

Com a crescente demanda por soluções autônomas e eficientes em diferentes setores, a pesquisa sobre navegação natural em robôs móveis autônomos tem se tornado cada vez mais relevante. Ao desenvolver o AMR Frederico, estamos contribuindo não apenas para a competição de *Robomagellan*, mas também para a evolução da robótica como todo. A aplicação de tecnologias avançadas tem o potencial para impactar positivamente diversos setores, desde a indústria, até a saúde e o transporte, melhorando a precisão, eficiência e segurança em diferentes operações.

1.1 Tema

Os Veículos Guiados Automaticamente (AGV) foram uma das primeiras formas de automação em ambientes industriais. Originalmente introduzidos nas décadas de 1950 e 1960, os AGVs eram projetados para seguir trajetórias fixas, frequentemente utilizando trilhos, fitas magnéticas ou guias visuais para navegar em ambientes controlados, como fábricas e arma-

Figura 1 – Um dos primeiros modelos de AGV lançado nos EUA em 1954



Fonte: (ULLRICH; ALBRECHT, 2023)

zéns. Com o passar do tempo, esses sistemas evoluíram e, nas últimas décadas, desempenharam um papel fundamental na automação industrial, especialmente na movimentação de materiais pesados Ullrich2023.

O avanço da tecnologia trouxe aprimoramentos significativos para os AGVs. Sensores mais avançados têm sido incorporados, permitindo um nível mais alto de percepção e interação com o ambiente. Além disso, a capacidade de conexão e comunicação entre robôs tem permitido a criação de uma central de controle centralizado, ampliando as possibilidades de coordenação e eficiência dentro dos ambientes industriais.

Mas além da evolução de AGVs, essa evolução tecnológica permite a entrada de outro ator na cena, os Robôs Móveis Autônomos, ou *Autonomous Mobile Robots* (AMR), em inglês. Agora podemos substituir robôs baseados em orientação física, limitado a navegar em um ambiente pré-definido em um caminho pré-definido, para um que seja totalmente autônomo.

Um AMR é capaz de navegar em um ambiente imprevisível. Os AMRs podem detectar os parâmetros do ambiente e criar um modelo do ambiente, localizando-se neste modelo. Esse comportamento permite que o AMR crie um plano de navegação e otimize esse plano por meio de um algoritmo de planejamento especial, [...] além disso, pode criar um mapa do ambiente usando dados dos sensores e se localizar no mapa ao mesmo tempo. (KÖSEOĞLU et al., 2017, p.1, tradução nossa)

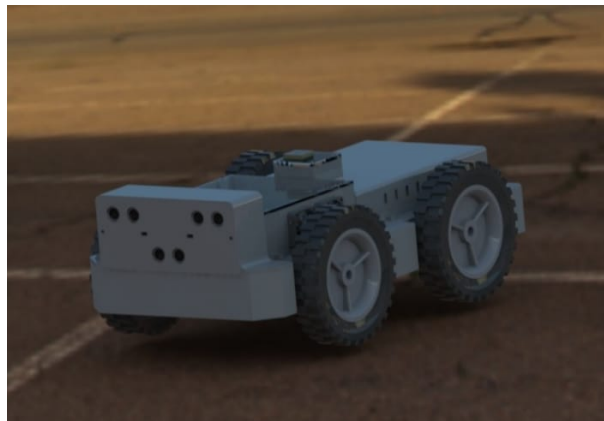
Os robôs móveis autônomos (AMR) representam uma das áreas mais empolgantes da robótica contemporânea, são sistemas capazes de navegar em ambientes complexos e interagir

com seu entorno usando sensores e atuadores. Eles oferecem uma gama de aplicações práticas, desde manufatura até exploração espacial. No cerne desses sistemas, a navegação autônoma desempenha um papel crucial.

1.1.1 Delimitação do tema

Nesta dissertação estudaremos os aspectos de implementação da navegação natural em robôs móveis autônomos. O objeto de estudo deste trabalho será o AMR Frederico, desenvolvido por mim e minha equipe, composta por Guilherme, Pedro, João, João A, Amora, Caio e Ale, no projeto de extensão *O PROJETO* desde 2022.

Figura 2 – AMR Frederico



Fonte: Autoria própria

Figura 3 – Equipe do projeto AMR Frederico

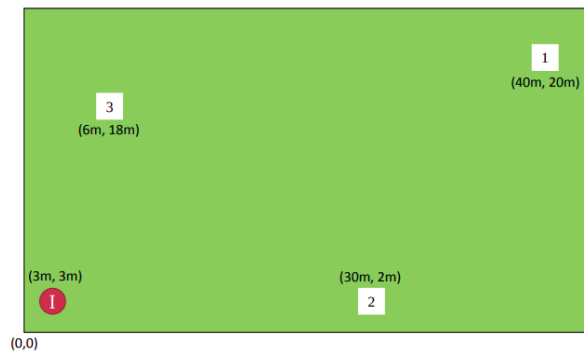


Fonte: Autoria própria

O Frederico é um AMR idealizado para robótica competitiva, na categoria *Trekking Pro/Robomagellan*, cujo objetivo é "incentivar o desenvolvimento de veículos autônomos, utilizando as tecnologias mais avançadas nos campos de inteligência artificial, visão computacional, sensoriamento espacial, entre outras áreas da ciência"(ROBOCORE, 2023)

A competição funciona da seguinte maneira, haverá 4 marcos (chapa de metal de cor amarela de dimensões aproximadas: 1000mm x 1000mm x 2mm.) posicionados aleatoriamente no ambiente de prova, o robô começa do marco 1 e deve chegar nos demais marcos — em ordem crescente — de forma autônoma, e entre o 3.º marco e o 4.º haverá obstáculos que o AMR deverá desviar. Ganha quem completar o circuito de forma mais rápida. Mais detalhes das regras poderão ser encontradas no Anexo XX.

Figura 4 – Exemplo do campo de prova na competição de *Trekking*



Fonte: (ROBOCORE, 2023)

Discutiremos o processo de implementação do AMR Frederico, aspectos de projeto mecânico, *hardware* e *software*, integração dos sensores, odometria, mapeamento e principalmente seu sistema de navegação e ao final, os resultados obtidos do desempenho do robô.

Esta pesquisa visa não apenas aperfeiçoar a performance do AMR Frederico, mas também contribuir para o avanço do conhecimento na área de robótica móvel autônoma, especialmente na aplicação de técnicas de controle para melhorar a navegação conhecidas, mas muitas vezes de difícil implementação.

1.2 Problemas e premissas

Nesta seção, exploraremos os desafios inerentes à navegação autônoma de robôs móveis e delinearemos as premissas que orientam nossa pesquisa. Compreender esses problemas e premissas é fundamental para estabelecer o contexto e a base subjacente deste trabalho.

A navegação autônoma de robôs móveis é uma tarefa complexa que enfrenta desafios significativos, porque a principal premissa para navegação é saber onde está no momento, onde fica o destino e como alcançá-lo (ALATISE; HANCKE, 2020), em ambientes em constante mudança, onde a incerteza na percepção do ambiente e a imprecisão dos sensores podem impactar a qualidade da navegação.

Além dos desafios de percepção e localização, a implementação de técnicas de controle robusto é essencial. Desenvolver algoritmos de controle capazes de garantir a estabilidade e eficácia da navegação autônoma é uma tarefa complexa devido à interação dinâmica entre o robô e o ambiente.

Para conduzir esta pesquisa, adotamos as seguintes premissas básicas:

- **Implementação AMR Frederico:** Esta dissertação se concentrará na implementação do sistema de navegação no robô móvel autônomo Frederico. A pesquisa será orientada para alcançar melhorias específicas na navegação desse robô em ambientes não estruturados.
- **Utilização do *Robot Operating System* (ROS):** A utilização do ROS vem com o intuito de utilizar ferramentas pensadas para robótica, e com isso, possuem uma série de ferramentas e bibliotecas que facilitam a implementação e integração de sistemas complexos.
- **Implementação da navegação:** O sistema de navegação será implementado tendo como premissa as condições de prova da categoria *Robomagellan/Trekking*.
- **Condições do ambiente:** O ambiente onde o robô Frederico operará é conhecido e mapeado, incluindo obstáculos estáticos e possivelmente dinâmicos.

A pesquisa abordará esses problemas, buscando desenvolver soluções que aprimorem as capacidades de navegação autônoma de robôs móveis. Além disso, a aplicação bem-sucedida dessas soluções tem o potencial de impactar positivamente várias áreas, incluindo logística, manufatura e serviços.

1.3 Objetivos

Os objetivos deste trabalho estão centrados na implementação e aprimoramento do robô móvel autônomo AMR Frederico, para competições Trekking. Esses objetivos compreendem o desenvolvimento de diversas áreas, alinhando-se ao objetivo geral de criar um AMR eficiente, preciso e adaptável aos desafios das competições.

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é projetar, implementar o AMR Frederico para participação em competições Robomagellan. O foco principal é a implementação do robô como um sistema integrado, abordando desde a estrutura mecânica até o desenvolvimento de algoritmos de navegação.

O AMR Frederico será concebido para navegar autonomamente em ambientes desconhecidos, mapeando o cenário, evitando obstáculos e otimizando suas rotas. A implementação considerará a utilização de sensores, fusão de dados e utilização de filtros para que possamos ter um sistema de percepção confiável. Além disso, o uso da plataforma ROS será explorado para facilitar a integração e implementação de sistemas de sensoramento, localização, mapeamento, navegação e locomoção.

Este objetivo geral envolve a realização de uma pesquisa aprofundada para compreender as necessidades da competição *Robomagellan*, a análise das tecnologias disponíveis para navegação autônoma e a aplicação prática dessas tecnologias no projeto do Frederico. O robô resultante deverá ser capaz de realizar com sucesso as provas propostas pela competição, demonstrando sua eficiência e robustez em ambientes desafiadores e variados.

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho foram delineados para abordar aspectos cruciais da implementação e otimização do robô móvel autônomo Frederico:

- **Seleção e integração de sensores:** Escolher e integrar sensores adequados para percepção do ambiente, localização e detecção de obstáculos.
- **Desenvolvimento de Software Embarcado:** Implementar o sistema operacional e *softwares* necessários para controlar e coordenar os diferentes componentes do robô.
- **Algoritmos de Localização e Navegação:** Desenvolver algoritmos de localização que permitam que o robô determine sua posição em relação ao ambiente. Implementar algoritmos de navegação que permitam ao Frederico traçar rotas evitando obstáculos e cumprindo os objetivos da competição.

- **Integração de Sistemas via ROS:** Explorar a plataforma ROS para integrar de maneira eficiente os diferentes sistemas e subsistemas do robô, simplificando o desenvolvimento e testes.
- **Preparação para Competições:** Adaptar o Frederico às condições específicas das competições *Robomagellan*, garantindo que ele seja capaz de cumprir as tarefas propostas, como localização de pontos e navegação em cenários desconhecidos.
- **Análise e Resultados:** Analisar os resultados dos testes e competições, avaliando o desempenho do robô em relação aos objetivos estabelecidos. Identificar áreas de melhoria e propor possíveis ajustes.

Essas metas serão abordados ao longo deste trabalho, fornecendo uma visão abrangente e detalhada do processo de implementação e aplicação do robô móvel autônomo Frederico em competições *Trekking*.

1.4 Justificativa

A justificativa para este trabalho se fundamenta na importância da navegação natural em robôs móveis autônomos e na necessidade de soluções eficientes que possam ser aplicadas em diversos setores. Enquanto as abordagens tradicionais de navegação muitas vezes enfrentam limitações ao lidar com ambientes desconhecidos, a implementação da navegação natural apresenta um potencial impacto positivo, permitindo que os robôs se movam de forma autônoma e eficaz em ambientes complexos e dinâmicos.

A relevância deste trabalho é acentuada pela contribuição do projeto Frederico, que se concentra na pesquisa em robótica móvel autônoma e na preparação para a competição de *Trekking*. O projeto aborda desafios reais de navegação e exploração, oferecendo uma oportunidade para o desenvolvimento e aprimoramento de sistemas de percepção, localização, controle e planejamento de trajetória.

Ao aplicar a navegação natural no robô Frederico, não apenas demonstramos a viabilidade da tecnologia em situações práticas, mas também contribuímos para o avanço da pesquisa científica na área de robótica. Além disso, ao participar de competições como Robomagellan, estamos promovendo a inovação e a busca por soluções eficientes, ao mesmo tempo em que inspiramos futuras aplicações em cenários industriais e de serviços.

1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho segue uma organização em capítulos, cada um com um propósito específico para alcançar os objetivos gerais do projeto. Uma breve visão geral de cada capítulo é apresentada a seguir:

Capítulo 2: Revisão Bibliográfica Este capítulo é dedicado a uma revisão abrangente da literatura relacionada à navegação natural em robôs móveis autônomos. Serão abordadas questões relevantes, como técnicas de localização e mapeamento simultâneos (SLAM), estratégias de planejamento de trajetória, tipos de sensores empregados na navegação e sistemas de controle utilizados. Essa revisão literária fornecerá um contexto sólido para compreender as abordagens atuais e os avanços na área.

Capítulo 3: Metodologia Este capítulo explora as metodologias empregadas no desenvolvimento do projeto Frederico. Detalhes sobre os componentes de hardware e software selecionados, incluindo sensores e *softwares* utilizados, serão apresentados. Além disso, abordaremos a montagem e configuração do robô.

Capítulo 4: Testes e Resultados Neste capítulo, apresentaremos os resultados obtidos após a implementação da navegação natural no AMR Frederico. Analisaremos e discutiremos os dados coletados durante os testes, destacando tanto os sucessos quanto os desafios enfrentados durante o processo. Também discutiremos as soluções desenvolvidas para superar obstáculos e otimizar o desempenho do robô.

Capítulo 5: Considerações finais No último capítulo, faremos uma síntese das principais conclusões derivadas deste trabalho. Revisitaremos os objetivos alcançados e suas implicações, além de discutir as contribuições significativas para a pesquisa em navegação natural em robôs móveis autônomos. Abordaremos também as limitações encontradas e sugeriremos possíveis direções para futuras investigações nesse campo.

Referências Bibliográficas e Anexos: E por fim, nos dois últimos capítulos contém fontes e referências bibliográficas consultadas ao longo deste trabalho e demais materias nos anexos que foram fundamentais para a realização desta pesquisa e/ou compreensão do leitor.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conceitos de robótica móvel

2.1.1 Sistema de Locomoção

2.1.1.1 Atuadores

2.1.1.2 Cinemática

2.1.2 Sistema de percepção

2.1.2.1 Tipo de sensores

2.1.2.2 Características de erros e imprecisão do sistema

2.1.3 Sistema de localização

2.1.3.1 Odometria

2.1.3.2 Mapeamento

2.1.3.3 Navegação

2.1.4 Sistema de Controle

2.2 Aspectos de um AMR

2.2.1 Características mecânicas

2.2.2 Sistemas embarcados

2.2.3 Comunicação e integração de sensores e atuadores

2.2.3.1 Filtros

2.2.4 Controle

3 DESIGN E ARQUITETURA DO ROBÔ

3.1 Projeto mecânico e esquema de montagem

3.2 Projeto de hardware

3.2.1 Diagrama elétrico para circuito digital

3.2.2 Diagrama elétrico para circuito de potência

3.3 Projeto de software

3.3.1 Sistema embarcado

3.3.2 Sistema de percepção

3.3.3 Sistema de controle

3.3.4 Localização e controle de movimento

3.3.5 Mapeamento

3.3.6 Planejamento de rotas

3.4 Integração de sistemas via ROS

3.5 Arquitetura de software

4 IMPLEMENTAÇÃO E MONTAGEM DO ROBÔ

4.1 Montagem da estrutura mecânica

4.2 Implementação e montagem de componentes eletrônicos e atuadores

4.2.1 PCB

4.2.2 Montagem eletrônica

4.3 Implementação de software

4.3.1 Configuração de parâmetros de utilização

4.4 Validação

5 TESTES E RESULTADOS

5.1 Testes em sistemas isolados

5.1.1 Sistema embarcado

Condições de teste:

Resultados:

Análise de resultados:

5.1.2 Locomoção

Condições de teste:

Resultados:

Análise de resultados:

5.1.3 Sistema de percepção

Condições de teste:

Resultados:

Análise de resultados:

5.1.4 Localização

Condições de teste:

Resultados:

Análise de resultados:

5.1.5 Mapeamento

6 CONCLUSÃO

6.1 Principais resultados e contribuições

6.2 Limitações e trabalhos futuros

6.3 Considerações finais

REFERÊNCIAS

ALATISE, Mary B.; HANCKE, Gerhard P. A Review on Challenges of Autonomous Mobile Robot and Sensor Fusion Methods. **IEEE Access**, v. 8, p. 39830–39846, 2020. ISSN 2169-3536. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9007654/>.

Forbes Brasil. **7 tendências do mercado de robótica para a próxima década**. 2021. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbes-tech/2021/09/7-tendencias-do-mercado-de-robotica-para-a-proxima-decada/>.

KÖSEOĞLU, Murat; ÇELİK, Orkan Murat; PEKTAŞ, Ömer. Design of an autonomous mobile robot based on ROS. In: **IDAP 2017 - International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium**. [S.l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2017. ISBN 9781538618806.

ROBOCORE. **Trekking - REGRAS**. 2023. 6 p. Disponível em: <https://robocore-eventos.s3.sa-east-1.amazonaws.com/public/Regras+-+Trekking.pdf>.

Robotics Business Review. **Over 150,000 picking robots to be installed by 2030**. 2023. Disponível em: <https://www.roboticsbusinessreview.com/news/over-150000-picking-robots-to-be-installed-by-2030/>.

ULLRICH, Günter; ALBRECHT, Thomas. **Automated Guided Vehicle Systems**. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2023. ISBN 978-3-658-35386-5. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/978-3-658-35387-2>.