



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Engenharia de Software

Criação de um Dashboard para monitoramento de perfis de qualidade de software legado em Órgão Público Brasileiro

Autor: Levi Moraes dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Maurício Serrano

Coorientadora: Profa. Dra. Milene Serrano

Brasília, DF

2016



Levi Moraes dos Santos

Criação de um Dashboard para monitoramento de perfis de qualidade de software legado em Órgão Público Brasileiro

Monografia submetida ao curso de graduação
em Engenharia de Software da Universidade
de Brasília, como requisito parcial para ob-
tenção do Título de Bacharel em Engenharia
de Software .

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Prof. Dr. Maurício Serrano

Coorientador: Profa. Dra. Milene Serrano

Brasília, DF

2016

Levi Moraes dos Santos

Criação de um Dashboard para monitoramento de perfis de qualidade de software legado em Órgão Público Brasileiro / Levi Moraes dos Santos. – Brasília, DF, 2016-

45 p. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Serrano

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA , 2016.

1. Qualidade. 2. ambiente. I. Prof. Dr. Maurício Serrano. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Criação de um Dashboard para monitoramento de perfis de qualidade de software legado em Órgão Público Brasileiro

CDU 02:141:005.6

Levi Moraes dos Santos

Criação de um Dashboard para monitoramento de perfis de qualidade de software legado em Órgão Público Brasileiro

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Software da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Software .

Trabalho aprovado. Brasília, DF, 01 de junho de 2013:

Prof. Dr. Maurício Serrano
Orientador

Profa. Dra. Milene Serrano
Coorientadora

s
Convidado 1

Convidado 2

Brasília, DF
2016

• *Dedicatória ao Sr 1,2,3 de Oliveira 4*

Agradecimentos

Agradeço inicialmente a mim mesmo, porém agradeceirei a mais pessoas quando me formar

Resumo

Tao difícil quanto criar um software de qualidade e acompanhar a qualidade deste software. O tempo gasto com manutenção de software supera em muito o tempo de produção do software. Visando uma solução para este problema, este trabalho tem como objetivo propor uma solução de software voltado à visualização de métricas específicas para dois projetos escolhidos como sendo base para a utilização em um órgão público federal brasileiro. O artigo utilizou de revisão sistemática para obter o maior número de informações pertinentes ao assunto nas principais bases pesquisas científicas.

Palavras-chaves: qualidade. dashboard. monitoramento de métricas. visualização de métricas.

Abstract

This is the english abstract.

Key-words: latex. abntex. text editoration.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Processo geral de revisão sistemática	31
Figura 2 – Arquitetura de comunicação	39
Figura 3 – Emissão do sinal sonoro - sonar	42

Lista de tabelas

Tabela 1	– Resultados obtidos com a <i>string</i> inicial	34
Tabela 2	– Exemplo de registro de material	35
Tabela 3	– Comparação das <i>strings</i> inicial e final	38
Tabela 4	– Contabilização de estratégias (SLAM)	43

Lista de abreviaturas e siglas

MIT	Massachusetts Institute of Technology
-----	---------------------------------------

Sumário

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	Contextualização	21
1.2	Problema de pesquisa	21
1.3	Justificativa	21
1.4	Objetivos	22
1.4.1	Objetivo geral	22
1.4.2	Objetivos específicos	22
1.5	Resultados Esperados	22
1.6	Organização do trabalho	22
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	Qualidade	23
3	SUPORTE TECNOLÓGICO	25
3.1	Engenharia de software	25
3.1.1	GIT	25
3.1.2	Github	25
3.1.3	Bonita BPMN	25
3.1.4	Linux Mint	25
3.1.5	LaTeX	26
3.1.6	Sublime Text 3	26
4	PROPOSTA	27
5	METODOLOGIA	29
6	RESULTADOS PARCIAIS	31
6.1	Revisão sistemática	31
6.1.1	Planejamento da revisão	31
6.1.1.1	Objetivos e questão de pesquisa	31
6.1.1.2	Estratégia de pesquisa	32
6.1.1.3	Procedimento de seleção	34
6.1.1.4	Avaliação da qualidade	34
6.1.1.5	Extração de dados	35
6.1.2	Condução da revisão	35
6.1.3	Publicação dos resultados	38
6.1.3.1	Arquitetura da solução	39

6.1.3.2	Técnica probabilística utilizada	40
6.1.3.3	Informações disponíveis	41
6.2	Desenvolvimento prático	43
6.3	Considerações parciais	43
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45

1 Introdução

Neste primeiro capítulo é apresentado uma visão mais ampla do trabalho e que tem como objetivo introduzir a temática abordada. Este capítulo está dividido em 6 (seis) seções. Na primeira seção é abordado o contexto (Contextualização) do cenário em que se encontra este trabalho. Seguido da contextualização apresenta-se a problemática (Problema) que deseja-se resolver com a solução apresentada. As justificativas (Justificativa) que levaram à realização deste trabalho. Após as justificativas são apresentados os objetivos (Objetivos) que servem como guia para solução proposta. Resultados esperados (Resultados Esperados) que como o próprio nome já sugere apresenta o que é esperado ao fim deste trabalho e por último organização do Trabalho (Organização do Trabalho) que descreverá o conteúdo apresentado durante todo o trabalho.

1.1 Contextualização

O conceito de engenharia de software foi proposto inicialmente durante uma conferência na década de 60 em Garmisch na Alemanha. Nesta conferência estavam presentes usuarios, fabricantes e pesquisadores que debatiam sobre os constantes problemas no desenvolvimento de software [?].

1.2 Problema de pesquisa

1.3 Justificativa

A utilização da Robótica como uma forma de ensinar programação em escolas e faculdades, conhecida como Robótica Educacional [?], traz alguns benefícios para o aluno. Conforme colocado pelos autores [?], [?], [?] e [?], alguns desses benefícios são:

- maior interesse pelos conteúdos estudados em aula;
- capacidade de trabalhar em grupo;
- aplicação prática do conhecimento teórico, e
- multidisciplinaridade.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

Adaptar técnicas de resolução do problema de SLAM para o contexto de robôs simples, utilizando os kits de robótica *Mindstorms* da Lego, em um primeiro momento.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar uma solução para o problema de SLAM em um contexto simplificado;
- Propor adaptação para o contexto de robôs simples, na Robótica Educacional;
- Implementar adaptação.

1.5 Resultados Esperados

1.6 Organização do trabalho

Este trabalho de conclusão de curso está organizado nos capítulos:

- Introdução: Capítulo referente à contextualização, levantamento da questão de pesquisa, justificativa e definição dos objetivos do trabalho;
- Referencial teórico: O objetivo deste capítulo é fornecer ao leitor o conhecimento necessário para compreender a pesquisa realizada. O capítulo é sub-dividido nas seções *robótica e a auto-localização*, *o problema de SLAM* e *robótica educacional*;
- Suporte tecnológico: Apresenta as ferramentas e tecnologias utilizadas para auxiliar o desenvolvimento desta pesquisa, desde a pesquisa bibliográfica e documentação, até o desenvolvimento da prova de conceito e apresentação;
- Metodologia: Este capítulo busca apresentar as técnicas utilizadas para a realização da pesquisa, definindo as atividades a serem desempenhadas para conclusão do trabalho, e
- Resultados parciais: Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos durante o desenvolvimento da primeira etapa deste trabalho de conclusão de curso.
- Considerações finais: Capítulo final do TCC_1 que tem como objetivo apresentar o status atual do trabalho, assim como o que se espera para a próxima etapa do trabalho.

2 Referencial teórico

Este capítulo tem como objetivo servir como referencial teórico para todo o documento. As idéias discutidas neste capítulo são

2.1 Qualidade

O principal produto da engenharia de software é o software, contudo o que tem se vivenciado na realidade brasileira de computação é que o software que está sendo entregue é um software precário e de baixa qualidade. Por ser uma palavra abstrata, o conceito de qualidade é bem amplo, porém o termo qualidade normalmente está associado a uma medida relativa, essa qualidade pode ser entendida como “conformidade às especificações”. Conceituando dessa forma, a não conformidade às especificação é igual a ausência de qualidade [1]. A qualidade de um produto ou serviço, diferente do que muitos imaginam, não é definida pelo programador ou pelo engenheiro e sim pelo consumidor. Essa qualidade é medida com a experiência do usuário. A partir deste outro ponto de vista a qualidade é o conjunto de características que atendem as necessidades do cliente [2]

3 Suporte Tecnológico

Nesta seção, serão apresentadas ferramentas e tecnologias utilizadas para auxiliar o desenvolvimento deste projeto, desde a organização e definição da metodologia de pesquisa, até o desenvolvimento dos projetos pilotos durante o trabalho. Esta seção está dividida em *Engenharia de Software* e *Robótica Educacional*.

3.1 Engenharia de software

Neste tópico, serão apresentadas ferramentas e tecnologias voltadas ao contexto da Engenharia de Software que são utilizadas durante este trabalho, como, por exemplo, ferramentas para gerência de configuração e versionamento dos artefatos gerados.

3.1.1 GIT

A ferramenta GIT¹ foi desenvolvida por Linus Torvalds, mesmo criador do Linux, e assim como ele, é *open-source*. Disponibiliza uma eficiente forma de versionamento e gerenciamento de projetos.

3.1.2 Github

O Github² é uma ferramenta utilizada para hospedagem remota de projetos GIT. A ferramenta contempla uma *Wiki* para documentação do projeto e sistemas de *Issues* e *Milestones*³ para gerenciamento de atividades.

3.1.3 Bonita BPMN

Ferramenta para modelagem de processos BPMN⁴, o Bonita⁵ 7 foi escolhido graças a sua facilidade de utilização e portabilidade para o sistema operacional Linux.

3.1.4 Linux Mint

O sistema operacional utilizado durante este trabalho é o Linux Mint⁶ e o Windows 7 Ultimate⁷.

¹ <https://git-scm.com/>

² <https://github.com>

³ <https://guides.github.com/features/issues/>

⁴ <http://www.bpmn.org/>

⁵ <http://www.bonitasoft.com/>

⁶ <https://www.linuxmint.com/>

⁷ <https://www.microsoft.com/pt-br/software-download/windows7>

3.1.5 LaTeX

O LaTeX⁸ 3.14 é um sistema para criação de documentos utilizando textos *tex*, foi inicialmente desenvolvido por Leslie Lamport, na década de 80. O LaTeX oferece diversos comandos avançados para organização de alto nível de documentos, incluindo facilitadores para citações, bibliografias, fórmulas matemáticas, figuras e tabelas.

3.1.6 Sublime Text 3

O Sublime Text 3⁹ é um editor de texto bastante utilizado por programadores, por possuir apoio para diversas linguagens de programação, incluindo textos em LaTeX.

⁸ <https://www.latex-project.org/>

⁹ <https://www.sublimetext.com/3>

4 Proposta

5 Metodologia

6 Resultados Parciais

Com a conclusão da primeira etapa da pesquisa, ou seja, TCC_1 algumas informações referentes à situação atual do projeto podem ser apresentadas. Com este objetivo, este capítulo se sub-divide nas seções de *Revisão sistemática*, *Desenvolvimento prático* e *Ações futuras*.

6.1 Revisão sistemática

Com o objetivo de detalhar a revisão sistemática realizada durante esse trabalho de forma clara e objetiva, esta seção está dividida nas seções de 6.1.1, 6.1.2 e 6.1.3, seguindo o conceito apresentado por [?], como mostra a Figura 1.

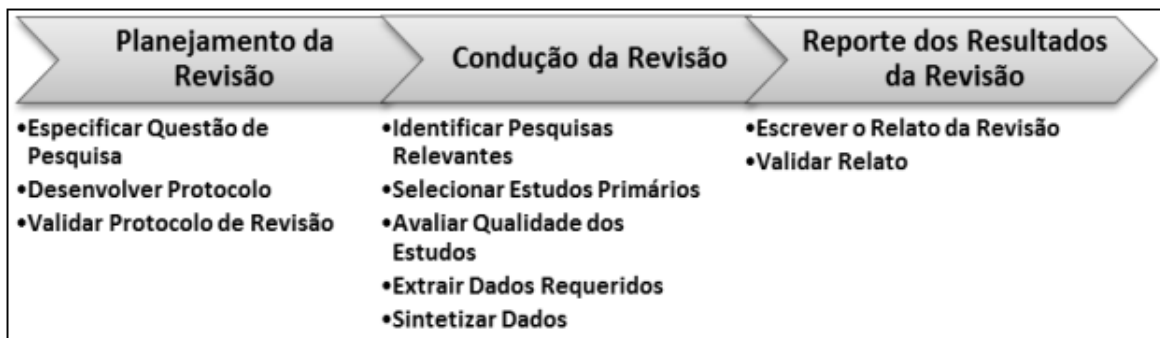


Figura 1: Processo geral de revisão sistemática, segundo [?]

6.1.1 Planejamento da revisão

Esta revisão sistemática se deu entre os meses de março e junho de 2016, utilizando como fonte de busca as bases *IEEE*, *CAPEs* e *Springer*. A partir dos modelos de revisão sistemática apresentados por [?] e [?], foi desenvolvido um protocolo de revisão, o qual possibilita, a outros pesquisadores, repetir a pesquisa.

6.1.1.1 Objetivos e questão de pesquisa

O objetivo inicial do trabalho é estudar a problemática da auto-localização na robótica, identificando diferentes soluções em diversos contextos. Afirmando isso, foi possível realizar uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de identificar diferentes linhas de pesquisa nesta área. Após uma análise superficial de cada linha de pesquisa, foi selecionada a linha de pesquisa que adota, como solução para a auto-localização, a utilização da técnica de SLAM, o que pode ser considerado como o marco teórico do trabalho.

Com a identificação do marco teórico do trabalho, a definição do foco da pesquisa torna-se uma tarefa menos árdua. Como o marco teórico deste trabalho baseia-se nas linhas de pesquisa que buscam utilizar a técnica de SLAM para realizar navegação autônoma, esta revisão sistemática teve como objetivo identificar diferentes técnicas utilizadas atualmente para solucionar o problema de SLAM em diferentes contextos, desde contextos simplificados até contextos altamente complexos.

A definição deste objetivo da revisão dá-se pela necessidade de conhecimento amplo em relação a diferentes técnicas para solucionar o problema de SLAM. Como este trabalho buscará adaptar técnicas para um contexto simplificado, ou educacional, adicionou-se aos objetivos da revisão itens relacionados à Robótica Educacional e robôs simples.

Segundo [?], o primeiro passo para se realizar uma revisão sistemática é definir a sua questão de pesquisa. Desse modo, a partir da realização de uma pesquisa bibliográfica inicial, foram identificadas as seguintes questões de pesquisa:

- **Q1.** *Quais técnicas são mais utilizadas para solucionar o problema de SLAM? e*
- **Q2.** *"Como tratar o problema de SLAM no contexto simplificado da robótica educacional?"*

Além das questões de pesquisa, de acordo com [?], alguns outros itens devem ser destacados, como:

- **População:** comunidade acadêmica e de robótica.
- **Intervenção:** adaptação de técnicas para um contexto de robótica simplificado (educacional).
- **Controle:** utilização do *Quasi-gold standard* [?], que sera explicado mais à frente.
- **Resultados:** obtenção de técnicas adaptáveis ao contexto simplificado.
- **Aplicação:** servir de base para a implementação da segunda etapa deste trabalho de conclusão de curso, onde técnicas serão adaptadas buscando solucionar, de maneira simplificada, o problema de SLAM.

A partir da definição das questões de pesquisa e dos objetivos da revisão, buscou-se definir a estratégia de pesquisa, apresentada no tópico 6.1.1.2.

6.1.1.2 Estratégia de pesquisa

A estratégia de pesquisa adotada para esta revisão segue recomendações de diversos autores, como [?] e [?], utilizando o conceito de *quasi-gold standard*.

Segundo [?], *gold standard* representa o conjunto completo de estudos primários referentes a uma questão de pesquisa, com máxima precisão e sensibilidade. Já o *quasi-gold standard*, representa um subconjunto do *gold standard*, o qual vai sendo evoluído ao longo dos ciclos de busca, com o objetivo de se aproximar do *gold standard*.

É utilizado para definir os valores de precisão e sensibilidade da busca, o que possibilita a avaliação da busca realizada, verificando a necessidade de refinamento da *string*, por exemplo. [?] define precisão e sensibilidade da busca da seguinte forma:

- $precisão = \frac{ERO}{EO}$
- $sensibilidade = \frac{ERO}{TER}$

onde ERO = número de estudos relevantes obtidos,

EO = número de estudos obtidos e

TER = número total de estudos relevantes.

Esta definição possibilita a criação de critérios que avaliem a qualidade da busca, ou seja, da *string* de busca utilizada. Porém, a seleção dos materiais deve seguir critérios relacionados à qualidade do material, os quais são divididos em *critério de inclusão (CI)* e *critério de exclusão (CE)*, como se pode observar a seguir:

- CI 1 - Os artigos devem estar escritos em inglês ou português;
- CI 2 - Artigos referentes à auto-localização e ao mapeamento de ambientes simultâneos (SLAM);
- CI 3 - Artigos com acesso gratuito, disponíveis na *web* para *download* ou leitura;
- CE 1 - Artigos que buscam solucionar o problema de auto-localização sem a utilização da técnica de SLAM, e
- CE 2 - Artigos que tratem o tema de forma superficial.

A partir da definição da questão de pesquisa e dos objetivos da revisão, assim como a definição dos critérios de inclusão e exclusão, foi possível desenvolver uma *string* de busca inicial. O idioma escolhido para a *string* de busca foi o inglês, devido a sua ampla utilização nas bases de conhecimento selecionadas. Buscou-se utilizar a mesma *string* de busca em todas as bases de dados pesquisadas, exceto em alguns casos em que houve a necessidade da adaptação da *string* de acordo com os padrões adotados pela base.

Com o objetivo de identificar pesquisas relacionadas à auto-localização utilizando mapeamento de ambientes simultaneamente, a *string* de busca definida foi: *auto-localization*

AND environment mapping. Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos a partir desta busca.

Tabela 1: Resultados obtidos com a *string* inicial

String	IEEE, Springer e CAPES	
	Nº. Artigos	Nº. Artigos relevantes
<i>Auto-localization</i>		
<i>AND</i>		
<i>environment</i>	29	6
<i>mapping</i>		

Esta primeira busca foi de extrema importância para se obter uma visão inicial da pesquisa, identificando novas palavras-chave e iniciando os ciclos de busca.

6.1.1.3 Procedimento de seleção

As buscas foram realizadas com a mesma *string* de busca (na maioria dos casos, como já foi explicado anteriormente) nas três bases de conhecimento científico utilizadas. A cada busca realizada, os artigos foram registrados, para que, posteriormente, os mesmos pudessem ser submetidos à avaliação da qualidade e, se comprovada a relevância do mesmo, à extração de dados.

A seleção dos artigos deu-se a partir da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, classificando o artigo como relevante ou não, em um primeiro momento. Caso fosse confirmada a relevância do mesmo, o artigo passaria por uma avaliação mais profunda, a *avaliação da qualidade*, como mostra o tópico 6.1.1.4.

6.1.1.4 Avaliação da qualidade

A avaliação da qualidade do artigo deu-se a partir da análise do conteúdo do mesmo, focando principalmente na introdução, nos resultados e conclusões dos artigos. A avaliação positiva do artigo significa uma resposta positiva para as seguintes perguntas:

1. O estudo é interessante? (em relação aos objetivos da pesquisa)
2. As evidências apresentadas são válidas?
3. As evidências apresentadas são importantes?
4. As evidências apresentadas não contradizem autor algum selecionado como pilar da pesquisa?

Com a confirmação da qualidade do material, o mesmo foi exposto à extração de dados, ou seja, à leitura completa e detalhada do artigo.

6.1.1.5 Extração de dados

Com o objetivo de organizar os dados obtidos, facilitando o manuseio das informações, os dados extraídos de cada artigo foram registrados a partir da utilização do padrão apresentado no exemplo da Tabela 2, além do detalhamento mais aprofundado do material a partir da criação de um resumo informal do artigo.

Tabela 2: Exemplo de registro de material

Título	Autor(es)	Data de publicação	Fonte da publicação	Listagem das informações importantes
<i>Integration of Vision based SLAM and Nonlinear Filter for Simple Mobile Robot Navigation</i>	Dae Hee Won, Young Jae Lee, Sangkyung Sung, Taesam Kang	2008	IEEE	-Utilização de sensor de visão e encoders. -Filtro de partículas

6.1.2 Condução da revisão

Durante a condução da revisão, a busca efetiva dos materiais é realizada, os ciclos de busca são documentados e a *string* de busca é refinada, como afirma [?].

Esta pesquisa foi realizada entre os meses de março e junho de 2016. A *string* de busca apresentada no tópico 6.1.1.2 resultou em uma visão considerada fraca, pelo pesquisador e seus orientadores, sobre a auto-localização e o mapeamento de ambientes, peças chave da técnica de SLAM. Além disso, essa busca possibilitou a criação do *quasi-gold standard* inicial, com apenas um artigo: *Auto-localização e construção de mapas de ambiente para robôs móveis baseados em visão omnidirecional estéreo* [?].

Desse modo, foi necessária a realização de uma pesquisa manual para obter maior conhecimento sobre o tema e as palavras-chave a serem usadas para garantir maior qualidade dos resultados obtidos. Com a realização desta pesquisa, os seguintes artigos foram adicionados ao *quasi-gold standard*:

- *The Cleaning Robot Project: Aplicação do Filtro de Kalman na Auto-Localização de um Sistema Robótico Autônomo* [?],
- *Integration of Vision based SLAM and Nonlinear Filter for Simple Mobile Robot Navigation* [?] e
- *A Solution to the Simultaneous Localization and Map Building (SLAM) Problem* [?].

A partir da análise destes artigos iniciais, foi possível identificar diversas palavras-chave que levavam à pesquisa desejada, possibilitando refinamento da *string* de busca. Adicionando à mesma novos termos, como "*SLAM problem*" e "*simultaneous*", evoluindo a *string* e obtendo o seguinte resultado: "*simultaneous AND auto-localization AND environment mapping AND SLAM problem*".

O ciclo de busca utilizando esta *string* gerou poucos resultados, selecionando apenas um para análise: *Improved global localization of an indoor mobile robot via fuzzy extended information filtering* [?]. Com o objetivo ampliar a abrangência da busca, optou-se por modificar a palavra-chave *auto-localization* por apenas *localization*, obtendo a seguinte *string* de busca: "*simultaneous AND localization AND environment mapping AND SLAM problem*".

Com a realização deste novo ciclo de busca, diversos artigos relevantes foram identificados e adicionados ao *quasi-gold standard*. Os artigos presentes no *quasi-gold* corrente foram encontrados com esta nova busca, evidenciando uma certa qualidade da *string* de busca. Os artigos adicionados ao *quasi-gold standard* durante este ciclo são:

- *A Simultaneous Localization and Mapping Algorithm in Complex Environments: SLASEM* [?],
- *A Neuro-Fuzzy Assisted Extended Kalman Filter-Based Approach for Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) Problems* [?],
- *Map Management for Efficient Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)* [?] e
- *Simultaneous Localization and Map Building by Integrating a Cache of Features* [?].

Com o intuito de especificar mais a busca, foi adicionada, devido a uma dica do orientador prof. Dr. Maurício Serrano, a palavra-chave "*simple robots*" à *string* de busca, chegando a seguinte *string*: "*simultaneous AND localization AND environment mapping AND SLAM problem OR ("simple mobile robots"AND slam)*".

Com esta mudança, obteve-se outra visão desta pesquisa como um todo. Dessa forma, foram identificadas diversas pesquisas que buscam solucionar problemas de locomoção, como o problema de SLAM, em contextos limitados, da mesma forma que objetivo geral deste trabalho. Por fim, foram adicionados ao *quasi-gold standard*, os seguintes artigos:

- *BatSLAM: Simultaneous Localization and Mapping Using Biomimetic Sonar* [?],
- *Neural Network-Based Multiple Robot Simultaneous Localization and Mapping* [?] e

- *Visual simultaneous localization and mapping: a survey* [?].

Como é possível observar, os artigos selecionados para adição no *quasi-gold standard* não envolviam temas referentes a robôs simples, apesar da afirmação de que esta mudança havia modificado a visão da pesquisa. Artigos referentes a este tema não foram adicionados ao *quasi-gold standard* devido ao fato dos mesmos serem *barrados* pelo critério de exclusão "*CE 2 - Artigos que tratem o tema de forma superficial*".

Em contrapartida, este ciclo possibilitou o conhecimento de novos termos, viabilizando um refinamento eficiente para o próximo ciclo de busca.

No próximo ciclo de busca, foram adicionadas palavras-chave referentes à Robótica Educacional e às estratégias de resolução do problema de SLAM, como mostra a *string*: "*(Simple mobile robot? AND (SLAM OR auto-localization)) AND (map* OR education* robot*) AND strateg**". Além de adicionar estes novos termos, utilizou-se de técnicas disponíveis nas bases, como a utilização de '?', que representa qualquer caractere, e '*', que significa que quaisquer caracteres precedidos dos caracteres anteriores ao '*' serão considerados.

Para realização desta busca, foi necessária a adaptação da *string* de busca durante a pesquisa na base de dados *Springer*, devido a diferenças nos padrões de definição da *string*. Para esta adaptação, novas palavras-chave precisaram ser selecionadas, as quais foram obtidas a partir dos resultados advindos das outras bases, com a mesma *string*.

A *string* adaptada para a base *Springer* foi: "*(Simple AND mobile AND robot AND SLAM AND localization AND mapping) AND (educational AND navigation AND simultaneous) AND strategies*".

Ao realizar esta busca, foi observado que os resultados atendiam, em sua maioria, ao desejado pela pesquisa, sendo muitos artigos selecionados para análise e avaliação e alguns adicionados ao *quasi-gold standard*, como:

- *Incremental SLAM with Backtracking Data Association for Mobile Robots* [?],
- *Mapping and Pursuit-Evasion Strategies For a Simple Wall-Following Robot* [?] e
- *A Simple and Parallel Algorithm for Real-Time Robot Localization by Fusing Monocular Vision and Odometry/AHRS Sensors* [?].

Com a realização desta busca, foram obtidos 27 artigos, restando apenas 20 após a avaliação da relevância dos mesmos para a pesquisa. Desde o primeiro ciclo de busca, diversos artigos foram considerados relevantes para a pesquisa, chegando a um número de 42 (quarenta e dois) artigos relevantes.

Ou seja, aplicando os conceitos de *precisão* e *sensitividade*, temos que:

- $sensitividade = \frac{20}{42}$
- $precisao = \frac{20}{27}$

Desse modo, foi obtida uma *sensitividade* de 47% e uma precisão de 74%, dando fim aos ciclos de busca com 42 artigos selecionados e analisados. A Tabela 3 apresenta, de maneira resumida, a evolução da *string* de busca, comparando a *string* inicial com a *string* final da pesquisa.

Tabela 3: Comparação das *strings* inicial e final

String	Fonte de busca	Resultados		Observações
		Total	Relevantes	
Inicial	<i>IEEEExplore</i>	2	1	String construída sem o conhecimento necessário para utilização das palavras-chave que representam a pesquisa.
	<i>Springer</i>	19	2	
	<i>CAPES</i>	8	3	
Refinada	<i>IEEEExplore</i>	17	13	String refinada, ao longo de diversos ciclos de busca, adicionando novas palavras-chave e obtendo resultados mais específicos.
	<i>Springer</i>	6	3	
	<i>CAPES</i>	4	4	

Durante a realização de cada ciclo, os artigos foram analisados, avaliados e seus dados foram extraídos como fonte de estudo para a realização deste trabalho de conclusão de curso. Na seção 6.1.3, serão apresentados os resultados de maneira organizada e simplificada.

6.1.3 Publicação dos resultados

A primeira etapa deste trabalho de conclusão de curso pode ser vista como o resultado geral desta revisão sistemática, onde conceitos, termos, abordagens e qualquer informação utilizada no trabalho é fruto, seja direta ou indiretamente, desta revisão sistemática.

Com o objetivo de documentar os resultados diretos desta revisão sistemática, estes foram registrados como as técnicas utilizadas atualmente para solucionar o problema de SLAM em diferentes contextos.

Com a realização desta revisão, foi possível identificar *áreas* mutáveis nas diferentes soluções do problema de SLAM. As áreas identificadas são "*arquitetura da solução*" 6.1.3.1, "*técnica probabilística utilizada*" 6.1.3.2 e "*informações disponíveis*" 6.1.3.3. Em cada solução, os autores buscaram se adequar ao contexto trabalhado, seja a partir da disponibilidade de sensores específicos ou da capacidade computacional disponível.

6.1.3.1 Arquitetura da solução

A arquitetura da solução, na grande maioria dos estudos, foi definida a partir do requisito computacional. Ou seja, a limitação computacional presente nos robôs simples levou os autores a buscarem arquiteturas que contornassem esse problema, como mostra [?]. Entre as diversas arquiteturas, as mais comumente utilizadas são as que buscam processar as informações em um computador, utilizando o robô apenas para obtenção das informações, como ilustra a Figura 2.

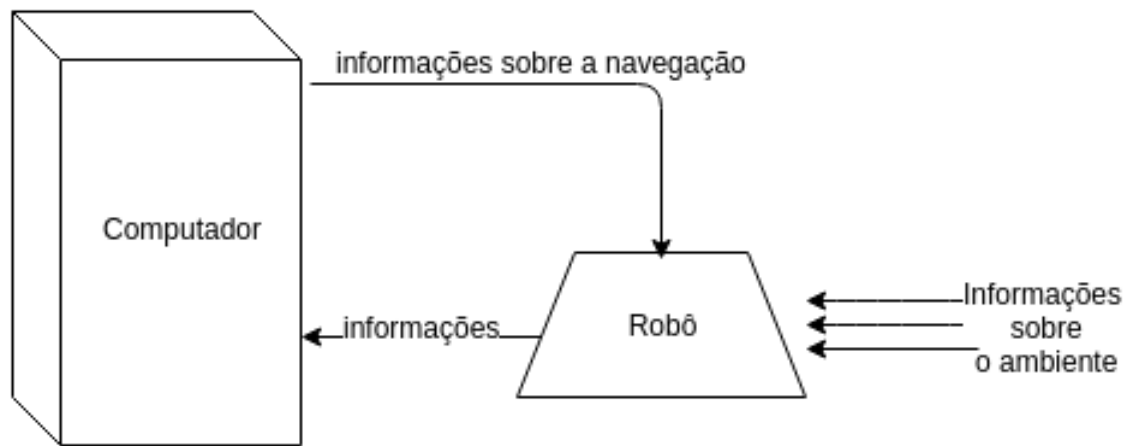


Figura 2: Arquitetura de comunicação

De acordo com a Figura 2, o robô será responsável apenas por obter informações do ambiente, ou seja, recuperar os dados obtidos a partir dos sensores disponíveis. O computador, em posse das informações sobre o ambiente, ou seja, os pontos de referência, a quantidade de rotações em cada roda, a distância e cores de objetos, por exemplo, será responsável por processar toda a informação, construindo um mapa lógico para possibilitar a localização do robô em relação ao ambiente, como apresenta [?].

Geralmente, são utilizados dois mapas simultâneos, um presente no robô (local) e outro, mais completo, presente no computador (remoto). O mapa local é, basicamente, um vetor de pontos ' p ' em relação a um tempo ' t ', como explica [?]. O computador utiliza este mapa local, que é disponibilizado pelo robô, para completar, corrigir e atualizar o mapa remoto, mesclando informações e utilizando, geralmente, filtros probabilísticos para maximizar sua precisão [?].

As decisões referentes à navegação são geradas a partir da análise do mapa remoto, já que o mapa local é incompleto e inconsistente, como afirma [?]. A utilização desta arquitetura de mapeamento remoto e local torna prática a realização de navegações com múltiplos robôs, como apresenta, [?], em seu trabalho sobre rede de comunicação sem fio para navegação de múltiplos robôs.

Seguindo esta arquitetura, [?] e [?] também desenvolveram sistemas de resolução

do problema de SLAM com a utilização de múltiplos robôs, mostrando a viabilidade da sua utilização. Neste tipo de trabalho, os robôs colaboram entre si, pois, como a informação obtida é centralizada em um computador único, as decisões referentes à navegação de um determinado robô são resultados do processamento das informações obtidas por todos os robôs, maximizando a visão global de cada robô [?].

De qualquer forma, independente da arquitetura da solução utilizada, os erros advindos dos sensores sempre serão um problema sério a ser resolvido [?]. Com o objetivo de solucionar este problema, a comunidade de robótica vê-se presa à utilização de estruturas matemáticas probabilísticas, como afirma [?]. As seções ??, ?? e 6.1.3.2 apresentam as estruturas probabilísticas mais utilizadas atualmente, assim como suas vantagens e desvantagens.

6.1.3.2 Técnica probabilística utilizada

Para a realização de uma navegação específica, primeiramente, o robô deverá obter informações sobre o ambiente [?]. Para isso, é necessária a utilização de sensores que captem estas informações, seja a partir de odometria, infra-vermelho ou vídeo. Entretanto, estes sensores são munidos de uma margem de erro que, muitas vezes, prejudica a navegação e a auto-localização como um todo [?]. De acordo com [?]:

Devido à natureza imperfeita dos sensores, à falta da previsibilidade em ambientes reais e à necessidade de aproximações para alcançar decisões computacionais, a robótica é uma ciência que depende de algoritmos probabilísticos.

Desse modo, a comunidade de robótica vem buscando, na matemática, soluções probabilísticas que minimizem esta margem de erro, como afirma [?]. Entre as soluções mais utilizadas, encontram-se, no topo da lista, os filtros de *Kalman* e *partículas*, como pode ser observado nas seções ?? e ??, respectivamente.

Alguns autores, como, por exemplo, [?], vêm estudando as duas técnicas e comparando-as com o intuito de selecionar a "melhor" técnica. Entretanto, o termo "melhor" é relativo, neste caso, a depender do contexto em que será aplicado o filtro probabilístico, como afirma [?].

O estudo de [?] exemplifica, com clareza, as comparações entre os filtros de partícula e de Kalman, ao utilizar as duas técnicas para solucionar o problema de SLAM com um robô móvel munido de sensores a laser. De acordo com a relatividade do termo "melhor", nesta ocasião, o autor buscou apresentar apenas algumas vantagens e desvantagens dos dois filtros. As quais podem ser visualizadas nas seções ?? e ??.

6.1.3.3 Informações disponíveis

Na robótica móvel, existem diversas maneiras de se obter informações sobre o ambiente, a partir da utilização de sensores específicos para informações específicas [?]. Entre os sensores mais utilizados, encontram-se os *sonares*, *sensores infra-vermelho*, *câmeras de vídeo*, *sensores de distância*, *sensores RGB* e *sensores odométricos*. A partir do ambiente em que se deseja navegar, faz-se necessária a seleção dos sensores adequados para o mesmo.

Além do tipo de sensor escolhido, deve-se levar em consideração algumas características do mesmo, como o alcance, desempenho e precisão, por exemplo. Conhecer a margem de erro dos sensores é essencial, como afirma [?].

Como foi explicado no tópico 6.1.3.2, os sensores possuem margens de erro que podem prejudicar a navegação e a auto-localização do robô. Em busca de tentar solucionar este problema, além da utilização de filtros probabilísticos, diversos autores buscam utilizar múltiplos sensores, integrando as informações dos mesmos para minimizar a margem de erro na informação, como mostram [?], [?] e [?].

De acordo com [?], há três tipos de integração entre sensores: *complementar*, onde os sensores têm apenas uma visão parcial do ambiente, unindo as informações para obter uma visão mais completa; *competitiva*, onde dois ou mais sensores competem para obter a informação com maior precisão, como a medição da distância de um único objeto utilizando sonar e sensor a laser, por exemplo; e *cooperativa*, quando os sensores cooperam entre si para obter informações que não seriam possíveis com a utilização de apenas um, como a geração de informações em três dimensões, por exemplo.

Entre os sensores citados anteriormente, o sensor odométrico, geralmente, é utilizado em qualquer sistema de navegação sobre eixos, de acordo com [?]. Este sensor recupera os dados sobre rotações realizadas nas rodas em que o mesmo se encontra, possibilitando a mensuração da distância percorrida, assim como a identificação de curvas, por exemplo [?].

Entretanto, como afirma [?], sensores odométricos geram erros acumulativos, ou seja, quanto maior for a navegação, maior será o erro total do sensor. Trabalhar com sensores assim gera uma certa dificuldade. Entretanto, com a utilização de filtros probabilísticos, como apresentado na seção 6.1.3.2, este erro pode ser reduzido, viabilizando sua utilização.

Já a utilização de câmeras de vídeo, segundo [?], além de necessitar de *landmarks* verificáveis através do processamento de imagens, as mesmas exigem requisitos computacionais que, muitas vezes, acabam por inviabilizar sua utilização.

O sonar, que será utilizado durante a segunda etapa deste trabalho, diferentemente das câmeras de vídeo, são simples, rápidos e baratos, de acordo com [?]. Entretanto, sua

utilização acaba por limitar o contexto de navegação, devido ao seu limite de alcance. Ou seja, em um ambiente aberto, o sonar não será capaz de identificar obstáculo algum. Além da sua limitação de alcance, [?] apresenta algumas características que podem problematizar sua utilização:

1. *pobre direcionalidade*: não são capazes de identificar a direção do obstáculo identificado, apenas sua distância;
2. *passíveis de ruídos*: ruídos são comuns durante a utilização de sonares, seja devido a interferências de outros sensores, ou a partir da sua margem de erro padrão, por exemplo.
3. *reflexão especular*: O sensor emite o sinal sonoro em formato de cone, possibilitando a obtenção de erros relacionados à angulação de incidência, como ilustra a Figura 3.

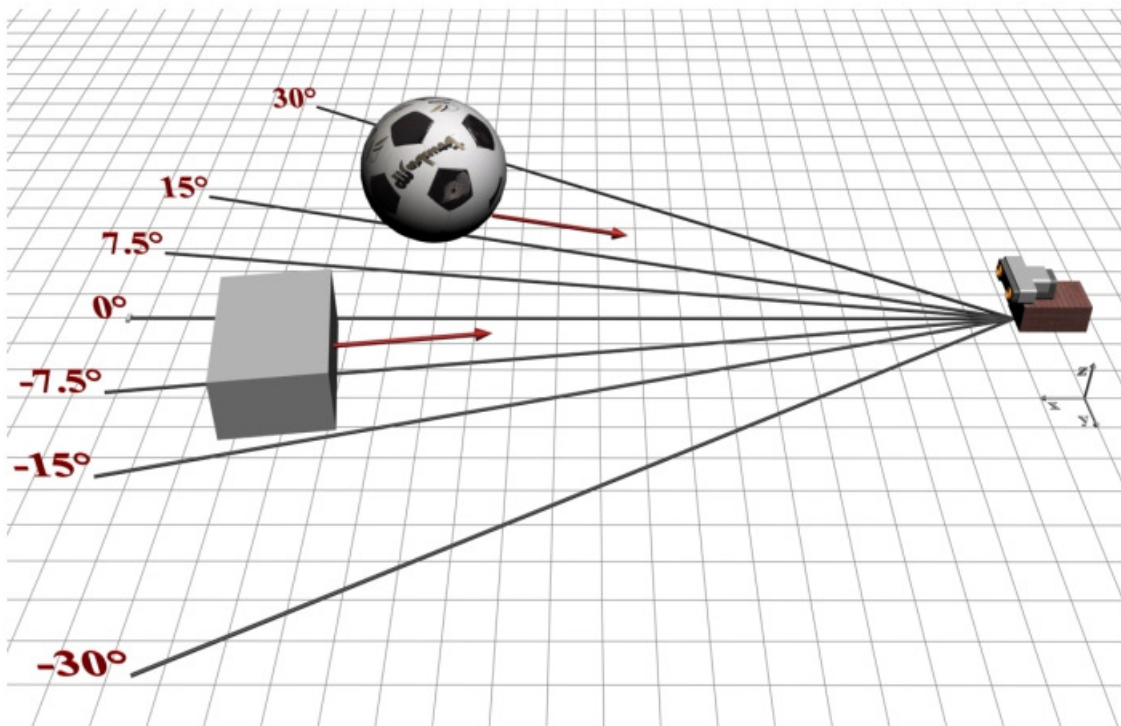


Figura 3: Emissão do sinal sonoro - sonar

Outro detalhe importante a ser analisado, segundo [?], é a velocidade de emissão do sinal. Esta deve ser de acordo com a velocidade atual do robô, ou seja, se o robô se movimenta rapidamente, devem ser gerados sinais a uma frequência alta, possibilitando a reação do robô a eventos inesperados [?].

Com a emissão de sinais sonoros enquanto o robô se movimenta, deve-se levar em consideração o atraso no mapeamento, já que, ao obter o retorno do sinal, o robô já não se encontra no mesmo local [?].

A Tabela 4 apresenta de maneira organizada a contabilização dos resultados da revisão, de acordo com as áreas destacadas anteriormente. Encontram-se nesta Tabela apenas os artigos que solucionaram, de alguma maneira, o problema de SLAM.

Tabela 4: Contabilização de estratégias (SLAM)

Arquitetura de processamento	Filtro	Inputs	Nº. Artigos
Processamento remoto	Kalman	laser, vídeo, odometria, sonar, infra-vermelho, câmera térmica, kinect RGB, sonar biomimético.	12
	Partículas	Câmera de vídeo, odometria, laser, sonar, magnetômetro, sensor de rádio.	5
Processamento local	Kalman	sensor de distância (laser), odometria, identificador de landmarks (simulado) e sonar.	3
	Partículas	Sonar e odometria	1
Processamento remoto + múltiplos robôs	Kalman	laser (range), vídeo e odometria	3
	Partículas	0	0
Total			24

6.2 Desenvolvimento prático

Apresentar detalhes sobre a utilização de ferramentas, conhecimentos obtidos com a prova de conceito, problemas encontrados, soluções e etc.

6.3 Considerações parciais

Durante a segunda etapa do trabalho, pretende-se evoluir a prova de conceito apresentada durante esta primeira etapa, buscando solucionar, de maneira simplificada, o problema de SLAM. A partir dos ciclos de desenvolvimento, serão realizadas análises referentes às peculiaridades encontradas ao implementar técnicas de auto-localização em robôs simples, assim como o impacto desta implementação em um contexto educacional.

A escolha da técnica que será utilizada será feita durante a realização da segunda etapa do trabalho, a partir de análises da exigência computacional e complexidade de

implementação.

7 Considerações finais