

**Proposta de projeto de pesquisa do programa PRH  
55 da ANP com ênfase no setor de petróleo, gás e  
biocombustíveis, como parte do processo de  
formação científica.**

Robô de inspeção com capacidade de realizar operações  
semi-autônomas em estruturas subaquáticas.

---

**Luiz Paulo de Souza Santos**

---

**Marco Reis, M.Sc. (Orientador)**

---

**Geovani Mimoso , M.Sc. (Co-orientador)**

Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP – PRH 55  
Linha de pesquisa em sistemas computacionais  
Senai Cimatec  
Salvador - Bahia  
março de 2016



# **Robô de inspeção com capacidade de realizar operações semi-autônomas em estruturas subaquáticas.**

**Luiz Paulo de Souza Santos**

## **Resumo**

As inspeções em estruturas subaquáticas são realizadas atualmente por mergulhadores, AUVs (autonomous underwater vehicle) e ou ROVs (Remotely Operated Vehicle) no intuito de evitar a corrosão, trincas ou rompimento das tubulações e/ou cabos que ligam a plataforma ao inferior do oceano. As altas profundidades proporcionam uma variação muito grande de pressão e temperatura as quais um ser humano não deve ser exposto, diante disso os ROVs e AUVs tem uma grande vantagem, entretanto algumas limitações como os custos operacionais, e condições meteorológicas são fatores cruciais para realização dessas vistorias pois os processos atuais dependem de um navio de apoio. A rotina de manutenção preventiva é repetitiva pois geralmente essas estruturas são fixas e quanto mais velha é a instalação mais rotinas devem ser realizadas o que faz uma aplicação local e semi autônoma de um Veículo operado remotamente um ótimo método de redução de custos e um aumento na confiabilidade das instalações.

O projeto será realizado mediante um ambiente de simulação utilizando o framework ROS e o software GAZEBO. Com isso espera-se apresentar uma alternativa à metodologia de inspeção em estruturas submarinas utilizada hoje em dia. A continuidade da pesquisa no uso de uma solução mecânica já desenvolvida é algo vital para este projeto, logo será utilizado o OpenROV, um sistema mecânico já utilizado em pesquisas anteriores para inspeções em estruturas submarinas.

Este projeto visa desenvolver, em dois anos, um supervisor capaz de operar o OpenROV com uma interface operacional de fácil compreensão e utilização tendo algumas operações realizadas pelo ROV sendo executadas automaticamente. Este

projeto será desenvolvido em duas fases consecutivas de 1 ano cada, na Primeira fase será realizada a montagem, estudo e programação do OpenROV com a utilização do ROS para a integração do OpenRov com um computador e na segunda será realizada as simulações das atividades semi-autônomas e de locomoção pretendidas pelo ROV no GAZEBO e a formulação do TCC.

**Palavras chaves:** robô de inspeção, inspeção subaquática, ROS, GASEBO, OpenROV

# Declaração

O projeto nesta proposta é baseado na pesquisa realizada pelo Brazilian Institute of Robotics - BIR / Senai Cimatec. A pesquisa versa na área da inspeção de estruturas subaquáticas. Referências contidas nela são estritamente de responsabilidade do autor.

**Copyright© 2016 by Luiz Paulo de Souza Santos.**

“Os direitos de autoria deste projeto recai sobre o autor. Citações não devem ser publicadas sem o consentimento prévio por escrito do autor e informações oriundas da mesma devem ser reconhecidas e referenciadas”.

# Sumário

Resumo	iii
Declaração	v
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos . . . . .	2
1.2 Objetivos específicos . . . . .	2
<b>2 Caracterização do problema</b>	<b>4</b>
<b>3 Revisão bibliográfica</b>	<b>5</b>
3.1 Projetos de relevância desenvolvidos . . . . .	7
<b>4 Metodologia do projeto</b>	<b>8</b>
<b>5 Resultados esperados</b>	<b>10</b>
Referências Bibliográficas	11

# Lista de Figuras

# Lista de Tabelas



# Capítulo 1

## Introdução

A durabilidade das estruturas em ambiente sub-aquático é de suma importância para uma produção contínua de petróleo, assim como a segurança dos funcionários e do ambiente onde as plataformas e/ou navios estão instalados. O desgaste natural ou acidental dessas instalações deve ser evitado ao máximo pois a operação de extração de petróleo é extremamente perigosa e uma falha ou imperícia pode ocasionar um desastre ambiental.

Uma plataforma de petróleo é normalmente projetada para 25 anos, tempo este que corresponde ao período de esgotamento das reservas de hidrocarbonetos, segundo [1]. No entanto mesmo depois deste período algumas plataformas ainda continuam em funcionamento, consequentemente a velocidade de degradação tem um aumento de forma exponencial devido a modificação das propriedades dos materiais utilizados nessas estruturas. Nesta situação observa-se uma extrema necessidade de um monitoramento constante das condições de uso destas instalações submersas.

Atualmente, as instalações sub-aquáticas são inspecionadas por ROVs, AUVs ou mergulhadores. Estes métodos de inspeção tem um custo elevado e sua execução utiliza muito tempo pois necessita de um navio de apoio com o AUV, ROV ou mergulhadores, pessoal qualificado e autorizado para a realização da inspeção além do tempo de mobilização, locomoção e preparo dos equipamentos e estruturas que serão necessárias para a realização do serviço.

Um dos principais desafios na inspeção de instalações submarinas está nos métodos aplicados atualmente que eleva os custos e o tempo para a realização de ações

básicas, ações essas que poderiam ser realizadas por pessoas qualificadas da própria plataforma de petróleo, onde também ficaria o ROV aumentando a possibilidade de uma vistoria mais continua, reduzindo os custos e o tempo excluindo a utilização de um navio de apoio.

## 1.1 Objetivos

O objetivo do projeto é desenvolver um supervisor capaz de operar o OpenROV através de um computador com uma interface operacional de fácil compreensão e utilização, tendo algumas operações realizadas pelo ROV sendo executadas automaticamente, mediante a uma programação prévia e análise de informações captadas por sensores.

## 1.2 Objetivos específicos

Seu desenvolvimento será realizado em dois anos de acordo com as seguintes Fases:

### 1ª Fase.

- Montagem do OpenROV.
- Pesquisar configuração padrão do OpenRov.
- Pesquisar linguagens usadas no OpenRov.
- Pesquisar padrões de comunicação do OpenRov.
- Desenvolver um algoritmo no ROS para controlar o OpenROV através de um computador.
- Desenvolver um algoritmo no ROS que recebe as informações adquiridas pelo sensores do OpenROV.

### 2ª Fase.

- Desenvolver um algoritmo no ROS que controle o OpenROV de maneira semi-autônoma de acordo com as informações adquiridas.

- Desenvolver o ambiente de simulação no software GAZEBO.
- Desenvolver o modelo de simulação do OpenROV no software GAZEBO.
- Realizar simulações e comparar com as simulações realizadas no GAZEBO.
- Desenvolver o TCC.

# Capítulo 2

## Caracterização do problema

Atualmente veículos de inspeção submarina são controlados por pessoas altamente qualificadas independentemente das atividades realizadas aumentando os custos de operação e o tempo para a mobilização deste pessoal pois é necessário um navio de apoio para levar o ROV e a equipe envolvida neste processo, além de depender de condições climáticas o que desfavorece as instalações com tempo de uso acima de 25 anos que dependem de uma manutenção preventiva mais constante. Mediante a estas características de estrutura e logística propõe-se uma aplicação local da tecnologia de inspeção de estrutura submersas, visando a utilização de um ROV fixo em uma instalação para desenvolver inspeções mais contínuas e específicas com o intuito de aumentar a confiabilidade das instalações e a vida útil das estruturas submersas, podendo ser controlado por pessoas qualificadas e autorizadas que pertencem a este local de trabalho e realizando inspeções semi-autônomas através de uma configuração realizada previamente por pessoal qualificado, reduzindo a complexidade da manipulação do ROV com uma interface mais intuitiva, consequentemente o nível de instrução dos operadores e o custo hora-homem.

# Capítulo 3

## Revisão bibliográfica

De acordo com as informações obtidas com os artigos [2] e [3] pode-se observar vários conceitos importantes para o desenvolvimento eficiente do controle de posicionamento e movimentação de um veículo operado remotamente em ambiente aquático observando algumas características como avanço, força, velocidade e quais fatores as influencia. O GAZEBO é um simulador 3D muito poderoso e tem seu código aberto como indicado [4] reduzindo custos do processo de desenvolvimento das simulações virtuais sem diminuir a qualidade das simulações. A fundamentação teórica e a idealização deste projeto são baseados como dito anteriormente em alguns projetos desenvolvidos pelo Brazilian Institute of Robotics - BIR / Senai Cimatec com maior fundação no projeto Flat Fish que visa reduzir os custos operacionais das inspeções de estruturas subaquáticas. [5] Para este projeto tense as seguintes especificações do OpenROV além da utilização do manual de montagem e configuração fornecidos pelo fabricante através do site <http://www.openrov.com/products/2-8.html>:

### **Especificações físicas:**

- Peso 2,6 kg.
- Dimensões 30cm de comprimento x 20cm de largura x 15cm.
- Vida útil da bateria nominal usando baterias recarregáveis de lítio é de 2-3 horas (dependendo do uso).

### **Especificações de performance:**

- Profundidade máxima 100m (328 pés).
- O comprimento máximo de corda 300m (100m corda fornecida).
- Velocidade máximo 2 nós.
- LED brilho 200lm.
- Temperatura de trabalho de 10-50°C.
- Software de controlado de inclinação da câmera (+/- 60 graus do centro).
- Pesquisar padrões de comunicação do OpenRov.
- Desenvolver um algoritmo no ROS para controlar o OpenRov através de um computador.
- Desenvolver um algoritmo no R

### Instruções de uso:

- Webcam HD (120 graus FOV) com áudio.
- Lasers Escala vermelha (paralela, 10 centímetros de separação).
- Proteção de corrente e tensão com feedback para garantir o funcionamento adequado do sistema.
- I2C bus externo com alimentação 3.3V para instrumentos externos.
- 6 fios auxiliares adicionais para instrumentação ou dispositivos externos definidos pelo usuário. Um canal de alimentação PWM e um canal de controle servo são pré-configurados.
- Código aberto.
- Beaglebone Black e Arduino MEGA para uma plataforma de desenvolvimento flexível e poderosa com dezenas de canais de entrada / saída e abundância de poder de computação para os recursos projetados pelo usuário. área de carga útil de hardware ou equipamento adicional.

- Área de carga útil de hardware ou equipamento adicional.
- Desenvolver um algoritmo no R

**Requisitos Mínimos do Sistema e equipamentos:**

- OS / X / Windows / Linux.
- Últimas navegador Chrome.
- Um computador portátil com conector RJ-45 Ethernet e uma porta USB livre.
- Bateria recarregável 26650 e carregador.
- Um controle Gamepad, tais como:Logitech F310.

**3.1 Projetos de relevância desenvolvidos**

[4]

# Capítulo 4

## Metodologia do projeto

A metodologia deste projeto é composta pelo embasamento teórico sobre as formas de atuação dos ROVs atualmente e sua funcionalidade, além das formas de montagem e comunicação do OpenROV e como se utiliza o ROS e o GAZEBO, posteriormente a montagem do kit OpenROV, o desenvolvimento da programação e integração do framework ROS com o kit OpenROV através de um computador e para o fim da primeira fase os testes dessa integração. Na segunda fase inicia-se o desenvolvimento da Programação semi-autônoma, consecutivamente o desenvolvimento do ambiente de simulação no GAZEBO, a simulação do ROV em ambiente virtual e os testes físicos comparativos. Esta metodologia foi dividida em duas fases de um ano cada como descritas a baixo:

### **1ª Fase.**

- Fundamentação teórica
- Montagem do kit OpenROV
- Desenvolvimento da Programação no ROS e a integração com o Kit OpenROV
- Testes

### **2ª Fase.**

- Desenvolvimento da Programação semi-autônoma
- Desenvolvimento do ambiente de simulação no GAZEBO



- Simulação do ROV em ambiente virtual
- Testes comparativos

## Capítulo 5

### Resultados esperados

Espera-se que ao final deste projeto obtenha-se um ROV que execute algumas ações autonomamente através de um programa supervisor de baixo custo instalado em um computador, com uma interface intuitiva, um controle preciso e de fácil adaptabilidade, proporcionando o controle pleno do OpenROV, de comum acordo com as simulações no GAZEBO, e o desenvolvimento de um TCC.

# Referências Bibliográficas

- [1] Miranda, Marcelo Accorsi and Brick E. S. (2003), *Análise de custo de vida útil de sistemas, aplicado a plataformas de petróleo*. XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa, Operacional (SBPO), Natal, RN, Brasil, pp 2–4.
- [2] Magalhaes, Paulo Henrique Vieira (2007), *Desenvolvimento de um submersível remotamente operado de baixo custo e caracterização dos sistemas de propulsão e vetorização de empuxo por hélice*. (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.
- [3] Colares, Diego Bellas and de Oliveira Bezerra, Roberto (2007), *DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE COMANDO EM TEMPO REAL PARA UM VEÍCULO AQUÁTICO REMOTAMENTE OPERADO (ROV)*.
- [4] Koenig, Nathan and Howard, Andrew (2004), *Design and use paradigms for gazebo, an open-source multi-robot simulator*. Intelligent Robots and Systems, 2004.(IROS 2004). Proceedings. 2004 IEEE/RSJ International Conference on,IEEE, pp 2149–2154.
- [5] Albiez, Jan and Joyeux, Sylvain and Gaudig, Christopher and Hilljegerdes, Jens and Kroffke, Sven and Schoo, Christian and Arnold, Sascha and Mimoso, Geovane and Alcantara, Pedro and Saback, Rafael and others (2015), *FlatFish—A compact subsea-resident inspection AUV*. Proceedings of the MTS/IEEE OCEANS, Salvador, BA, Brasil, pp 1–8.