

**Proposta de projeto de pesquisa do programa PRH  
55 da ANP para o curso de pós-graduação em  
Engenharia do Petróleo, como parte do processo de  
formação científica.**

Robô de inspeção com capacidade de realizar operações  
semi-autônomas em estruturas subaquáticas utilizando  
ativos nacionais e de baixo custo.

---

**Luis Paulo Vinil**

---

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

---

**Rômulo Cerqueira, M.Sc. (Co-orientador)**

Programa de Pós-graduação em Engenharia do Petróleo  
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 utilizando ativos nacionais e de baixo custo.**

**Luis Paulo Vinil**

## **Resumo**

Durante vários anos, a inspeção de estruturas submarinas tem sido feito regularmente por ROVs ou mergulhadores em alta profundidade. Além de ser uma forma onerosa de inspeção, em alguns casos, devido às condições meteorológicas e outros fatores que dificultam a inspeção. Como alternativa para o uso de mergulhadores, a inspeção por veículos remotamente controlados é apresentada como uma inspeção limitada, devido ao tempo despendido para a realização de tarefas simples e repetidas, e que muitas vezes não são reprodutivas e não alcançam um bom desempenho quanto a repetibilidade. Desta forma uma inspeção por ROVs com operações semi-autônomas torna-se uma solução vantajosa quanto à redução dos custos, riscos relacionados aos recursos e aumento de produtividade. O sistema será implementado na forma de uma 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 um sistema mecânico já utilizado em pesquisas anteriores para inspeções em estruturas submarinas. Resumidamente, o objetivo do projeto é o desenvolvimento de um ROV nacional, capaz de realizar inspeção de integridade estrutural, como cascos de navios ou plataformas realizando operações específicas semi-automaticamente. O projeto vai ser desenvolvido em duas fases consecutivas de 2 anos. Na primeira fase será desenvolvida um protótipo funcional com tecnologias nacionais e de baixo custo em inspeção autônoma submarina e na fase consecutiva será desenvolvido o

algoritmo de inspeção em tubulação submarina.

**Palavras chaves:** robô de inspeção, inspeção subaquática.

# 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 LP Vinil.**

“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

<b>Resumo</b>	<b>iii</b>
<b>Declaração</b>	<b>v</b>
<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 . . . . .	5
<b>4 Metodologia do projeto</b>	<b>6</b>
4.1 Fundamentação teórica . . . . .	7
4.2 Modelagem . . . . .	7
4.3 Desenvolvimento computacional . . . . .	7
4.4 Simulação . . . . .	7
4.5 Montagem e integração . . . . .	7
4.6 Testes . . . . .	7
<b>5 Resultados esperados</b>	<b>8</b>
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>9</b>

# Lista de Figuras

# Lista de Tabelas



# Capítulo 1

## Introdução

A integridade da infraestrutura offshore é uma questão-chave para a produção ininterrupta de petróleo e gás, bem como para a segurança dos funcionários embarcados. O envelhecimento das infraestruturas causada principalmente pela corrosão e fadiga gera um aumento da probabilidade de falha. Em casos extremos, a perda da integridade estrutural pode causar o colapso da estrutura resultando na perda completa da instalação e ocasionalmente em um desastre ecológico e humano. O projeto de vida típico de uma plataforma é de 20 - 25 anos, no entanto, devido à demanda atual para a produção de petróleo e gás, muitas dessas plataformas continuarão em operações além do projetado. A inspeção estrutural da região submersa destas estruturas apresenta um desafio logístico dado o meio subaquático. Logo, a importância do desenvolvimento de sistemas submarinos adequados para inspeções periódicas de integridade estrutural se faz necessário. Um agravante a este problema é o aumento do percentual da produção executada por equipamentos submersos, que resulta em uma maior demanda de inspeção periódica dos equipamentos posicionados no fundo marinho. Atualmente, as estruturas subaquáticas são inspecionados ou por ROVs ou mergulhadores. Ambos os métodos são dispendiosos e abrangem um tempo considerável de inspeção, principalmente por três razões:

- a necessidade de um navio de apoio,
- a necessidade de pessoal altamente especializado e,
- o tempo necessário para realizar estas inspeções essencialmente manual.

Portanto, o principal desafio no problema de inspeção estrutural submarina reside no desenvolvimento de um método eficiente de inspeção, que não necessita de um pessoal altamente especializado e que pode ser utilizada diretamente a partir das plataformas, sem a necessidade de uma embarcação de suporte.

## 1.1 Objetivos

O objetivo do projeto é desenvolver um protótipo funcional de um ROV, capaz de realizar inspeção estrutural de uma plataforma offshore, onde o mesmo possa realizar algumas operações de forma autônoma e que pode ser operado diretamente de instalações fixas ou flutuantes, sem a necessidade de operadores especializados e/ou navios de apoio. Assim resultando na redução do custo de operação e manutenção, na perda de produção não planejada e nos riscos de integridade de ativos.

## 1.2 Objetivos específicos

O objetivo do projeto será o desenvolvimento, em dois anos, de ROV nacional tendo algumas operações semi-autônomas, com as seguintes características:

- funcionamento independente de operadores;
- propulsão realizada com motores elétricos, movidos por bateria ;
- câmeras de espectro visível para inspeção visual da tubulação;
- características mecânicas compatíveis com os movimentos necessários para o deslocamento subaquático;
- sistema mecânica de baixo peso e design que permita um procedimentos simples e seguro.

Neste quesito, a busca para a completude do objetivo principal se faz necessário o alcance de alguns objetivos específicos:

- pesquisa e levantamento bibliográfico e do estado da arte: framework ROS, simulador GAZEBO, sistema mecânico a ser utilizado, ambiente de atuação do robô;
- definição dos sistemas de localização, sensoriamento e motorização;
- desenvolvimento da arquitetura de hardware e software do robô;
- definição dos sensores e atuadores;
- definição das ações do robô e das inspeções a serem realizadas;
- modelagem do ambiente e do robô;
- desenvolvimento do módulo de controle;
- proposição de um algoritmo de controle para detecção de objetos;
- proposição de um algoritmo de controle para transposição de objetos;
- simulação do robô no ambiente de atuação;
- produção de dois artigos a serem apresentados em congressos.

# Capítulo 2

## Caracterização do problema

Atualmente veículos de inspeção submarina necessitam de um barco de suporte para lançamento e recuperação, o que limita a operação para apenas condições de mar favoráveis. No projeto será desenvolvido um veículo, o que permite o veículo ser lançado de plataformas e outros navios. Esse desenvolvimento reduz a complexidade da operação e possibilita a inspeção independentemente das condições do mar. O sistema de navegação será um sistema híbrido, ou seja, a arquitetura de controle será projetado de tal forma que se possa mudar de semi-automático para o modo de ROV. O que permitirá um operador controlar o veículo enquanto assistido por todas as funcionalidades da navegação autônoma. O projeto usará também técnicas de navegação adaptativa, sendo assim capaz de reagir às informações dos sensores e adaptar-se. No projeto está previsto o desenvolvimento de uma interface intuitiva, permitindo a fácil configuração do veículo e operação, assim, dispensando a necessidade de pessoal especializado para as operações.

# Capítulo 3

## Revisão bibliográfica

XXXX

### 3.1 Projetos de relevância desenvolvidos

XXXXXXXX

# Capítulo 4

## Metodologia do projeto

No intuito de obter o cumprimento dos objetivos específicos deste projeto, foi adotado a metodologia composta inicialmente na busca do embasamento sobre o assunto de inspeção robótica, em seguida a fase do desenvolvimento propriamente dito juntamente com suas simulações e testes. Consequentemente a terceira fase será a construção e a realização dos testes. Resumidamente a metodologia dividi-se em cinco partes distintas:

- Fundamentação teórica
- Modelagem
- Desenvolvimento computacional
- Simulação
- Montagem e integração
- Testes

Nos tópicos seguintes são apresentados de forma detalhada cada uma das etapas sequencialmente, cada etapa visa obter ao final de sua completude a tese de doutorado.

## 4.1 Fundamentação teórica

## 4.2 Modelagem

## 4.3 Desenvolvimento computacional

## 4.4 Simulação

## 4.5 Montagem e integração

## 4.6 Testes

## Capítulo 5

### Resultados esperados

Espera-se que ao final deste projeto



# Referências Bibliográficas

- [1] J. W. Barrett and J. F. Blowey (1995), *An error bound for the finite element approximation of the Cahn-Hilliard equation with logarithmic free energy*, Numerische Mathematics, **72**, pp 1–20.
- [2] J. W. Barrett and J. F. Blowey (1997), *Finite element approximation of a model for phase separation of a multi-component alloy with non-smooth free energy*, Numerische Mathematics, **77**, pp 1–34.
- [3] J. W. Barrett and J. F. Blowey (1999a), *An improve error bound for finite element approximation of a model for phase separation of a multi-component alloy*, IMA J. Numer. Anal. **19**, pp 147-168.
- [4] P. G. Ciarlet (1978), **The Finite Element Method for Elliptic Problems**, North-Holland.
- [5] J. L. Lions (1969), **Quelques Móthodes de Résolution des Problèmes aux Limites**, Dunod.