

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Mecânica

PME 3380 - MODELAGEM DE SISTEMAS DINÂMICOS

**T0 - APRESENTAÇÃO DE TEMA: Modelagem de um veículo
submarino operado remotamente – ROV**

Evandro Uehara Viaro - 4364056
Gabriel Apicella Giannoni - 9348290
José Felipe Félix Rafael - 10333139

Professores Agenor T. Fleury e Décio Crisol Donha

São Paulo - SP

2020

1. INTRODUÇÃO	3
1.1. PROPOSTA DE ESTUDO	3
2. MODELAGEM DO R.O.V	4
2.1. HIPÓTESES SIMPLIFICADORAS	4
2.2. MODELO FÍSICO	4
3. MATERIAIS CONSULTADOS	5
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7

1. INTRODUÇÃO

1.1. PROPOSTA DE ESTUDO

Ao longo deste relatório, será apresentado um trabalho de cunho científico pertinente à disciplina de graduação PME3380 (Modelagem de Sistemas Dinâmicos). Como decidido pelos integrantes do grupo, o tema a ser abordado em detalhe se trata dos **movimentos dinâmicos horizontais de um veículo submarino operado remotamente**. Pretende-se realizar tal pesquisa por meio da coleta de dados, modelagem, e análise em *softwares* comuns para projetos de engenharia como Matlab, Scilab, OpenModelica, entre outros considerados adequados, visto que são profissionalmente utilizados para a simulação mecânica de diferentes sistemas. Posteriormente seus resultados, assim como as conclusões obtidas a partir dos mesmos, serão apresentados de forma acadêmica.

Os veículos submarinos operados remotamente, também conhecidos como ROVs (acrônimo parcial do nome inglês *Remotely Operated Underwater Vehicles*), são veículos de pequeno e médio porte utilizados para atividades aquáticas por meio de um controlador externo. Geralmente, são equipamentos coordenados por estações ou embarcações em alto-mar, com a transmissão desses comandos auxiliada por intermédio de um cabo umbilical ou por meio da emissão ondas de rádio. Sua invenção é creditada a Dimitri Rebikoff em 1953, sendo nas décadas seguintes utilizados para diferentes tarefas: recuperar torpedos e objetos de naufrágios, inspeção de tubulações e outras estruturas, e auxílio na extração de gás e petróleo.

Seus usos modernos variam, porém podem ser divididos arbitrariamente em algumas funções principais, sendo elas: científico, militar, econômico, e infraestrutural. Portanto, como são ainda parte de relevante importância no contexto dos dias atuais, desempenhando diversas funções práticas, foi considerado adequado o aprofundamento do tema como objetivo de estudo do trabalho a seguir.

Ao modelar um ROV, espera-se que a principal dificuldade esteja na consideração de fatores fluidodinâmicos característicos do mesmo, uma vez que se trata de um aparelho utilizado quase sempre em grandes profundidades marítimas. Portanto, o desenvolvimento de um sistema de controle simulacional capaz de considerar os movimentos do equipamento sob altas pressões em um meio com viscosidade não desprezível é crucial para a conclusão do projeto.

2. MODELAGEM DO R.O.V

2.1. HIPÓTESES SIMPLIFICADORAS

Para que o problema de engenharia se torne mais viável, serão feitas algumas hipóteses simplificadoras com base no conhecimento teórico pré-estabelecido por outras matérias.

- Corpo infinitamente rígido, com massa uniformemente distribuída e constante;
- Centro de gravidade coincidente com o centro geométrico;
- Origem do sistema móvel coincide com o centro de gravidade;
- Corpo modelado realiza trajetória exclusivamente em um plano fixo horizontal;
- Forças provenientes do umbilical são desprezíveis;
- Empuxo com módulo igual ao peso;
- Possíveis forças decorrentes da rotação terrestre tratadas como desprezíveis;
- O fluido (água) é estático, portanto possui velocidade de corrente nula;

2.2. MODELO FÍSICO

Sendo o objeto de estudo deste trabalho o movimento do ROV somente no plano horizontal, não será abordado deslocamento no eixo Z (arfagem), assim como rotações sobre o eixo X (balanço) e Y (caturro). Dessa forma, o veículo terá 3 graus de liberdade, tendo como variáveis de estado o deslocamento em X (avanço), o deslocamento em Y (deriva), rotação em torno do eixo Z (guinada) e suas respectivas velocidades. Portanto, o sistema estudado será de sexta ordem e um esboço do modelo físico é apresentado abaixo.

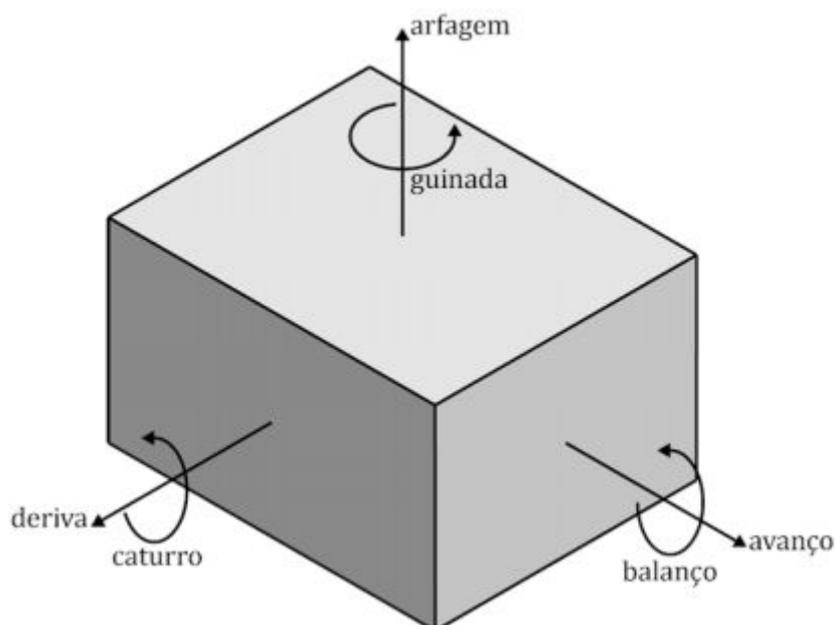


Figura 1: Modelo físico do ROV

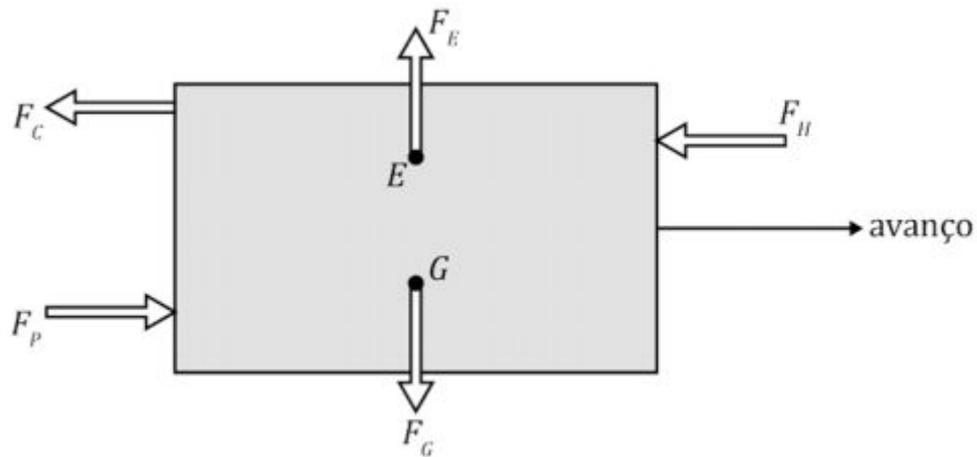


Figura 2: Diagrama de corpo livre do ROV

Na modelagem a ser desenvolvida, as forças e momentos externos mais relevantes que irão atuar no ROV são: inércias adicionadas; amortecimento hidrodinâmico e propulsão. Na Figura 1. é possível observar os movimentos de interesse (avanço, deriva, guinada), assim como alguns outros movimentos que não serão considerados no estudo. Já o diagrama de corpo livre da Figura 2. apresenta ainda as seguintes forças:

- F_g : força peso;
- F_e : força de empuxo;
- F_h : força de arrasto hidrodinâmico;
- F_p : força dos propulsores;
- F_c : força do cabo umbilical.

Conforme exposto nas hipóteses simplificadoras, a força peso e a força de empuxo são constantes e iguais, enquanto a força de arrasto hidrodinâmico é dissipativa.

3. MATERIAIS CONSULTADOS

Seguem listados a seguir, alguns dos materiais acadêmicos iniciais que serão utilizados na elaboração da base do trabalho semestral. Vale observar, no entanto, que conforme desenvolvimento do projeto mais fontes de informação sobre o tema poderão ser consultadas futuramente, sendo então adicionadas nesse item do relatório em futuras iterações.

1. Guidance and Control of Ocean Vehicles (1994)

A primeira consulta a ser apresentada é um livro escrito pelo Professor da Universidade de Trondheim, Thor I. Fossen. O livro tem como objetivo estudar e analisar o controle de diversos tipos de veículos submarinos, sendo um deles, o objeto de estudo do grupo, o ROV.

Os principais capítulos do livro a serem utilizados serão o segundo e o quarto. O segundo capítulo cobre a modelagem de um veículo aquático em que o principal recurso desta seção é a representação vetorial da equação de movimento de um corpo rígido com seis graus de liberdade, sendo essa a parte inicial do trabalho a ser desenvolvida. O quarto capítulo é voltado ao ROV; isto é, são as equações obtidas no capítulo 2 da obra, contextualizadas para a modelagem e controle do ROV.

2. Modelagem e Identificação de Parâmetros Hidrodinâmicos de um Veículo Robótico Submarino (2008)

O segundo material consultado refere-se a tese de Doutorado de Juan Pablo Julca Avila. Assim como a primeira bibliografia mencionada, ela também servirá para entender e compreender em mais detalhes a modelagem de um veículo aquático controlado remotamente.

No entanto, além de auxiliar na modelagem do ROV, a tese de Doutorado também irá fornecer dados reais para a aplicação das equações, como, por exemplo: dados técnicos do ROV e dados do fluido.

3. Estudo da Dinâmica e Controle de um Submersível não Tripulado para uso no Ambiente Fluvial (2003)

A terceira bibliografia consultada também refere-se a um veículo controlado remotamente, nesse caso o VSNT Jaú I, veículo construído pela Faculdade de Tecnologia de Jahu. O documento é uma tese de mestrado realizada por Antonio Eduardo Assis Amorim, Luiz Alberto Sorani, e Hélio Mitio Morishita. Assim como na bibliografia anterior, essa tese irá auxiliar nos conceitos de modelagem e também servirá como base para fornecer outros parâmetros de modelagem como massa do veículo.

4. Modelagem, Simulação e Controle de um Veículo Submarino de Operação Remota (2007)

A última bibliografia referente ao tema do trabalho é uma tese de mestrado publicada por Christiano Goulart pela UFRJ. Assim como as outras fontes, ela servirá como base para a modelagem do ROV, no entanto, também servirá para auxiliar nos estudos de diferentes casos de simulações, os quais serão aplicados ao longo desse trabalho utilizando *softwares* como Scilab ou Matlab.

5. Dinâmica de Corpos Rígidos e Modelagem de Sistemas Dinâmicos

As duas últimas bibliografias consultadas irão auxiliar na consolidação da base teórica para o equacionamento dinâmico e modelagem do R.O.V. A primeira refere-se a uma apostila escrita pelo professor Celso Pupo Pesce e a segunda, as notas de aula do professor Agenor Fleury.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ÀVILA, Juan. Modelagem e identificação de parâmetros hidrodinâmicos de um veículo robótico submarino. 2008. Tese de doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2008.

[2] GOULART, Christiano. Modelagem, simulação e controle de um veículo submarino de operação remota. 2007. Dissertação do programa de mestrado - Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro - RJ. 2007.

[3] FLEURY, A. T. Modelagem de Sistemas Dinâmicos. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2017. Notas de Aula.

[4] FOSSEN, T. I.; SCHJØJBERG, I.; Guidance and Control of Ocean Vehicles, 1994, Trondheim.

[5] PESCE, C. P. Dinâmica de Corpos Rígidos. São Paulo, 2004. (Apostila).

[6] SORANI, L A. Estudo da Dinâmica e Controle de um Submersível não Tripulado para Uso no Ambiente Fluvial. 2003. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo – SP. 2003.