

PROCESSO PARA CONSTRUÇÃO DE UM R.O.V.

Miguel Sobrinho¹

Allan da Rocha¹

Alexandre Pirovani¹

Mailson Lozório¹

Tiago Laiber Jacomelli²

Resumo

O petróleo é um dos recursos naturais mais importantes para o desenvolvimento da raça humana, exigindo cada vez a atenção para a obtenção desse recurso, que em grande parte se encontra nas profundezas dos oceanos. Já que o homem não pode alcançar essas profundidades de forma segura, o uso de ROVs (Remotely Operated Vehicle) tem grande aplicabilidade para o desenvolvimento, estudo e execução de tarefas nesta nova fronteira. Não há nenhuma iniciativa no Brasil para a produção de ROVs de baixo custo usando tecnologia nacional, que, quando comparado com os modelos existentes, têm aplicabilidade similar. Assim, este trabalho visa preencher algumas dessas lacunas, com um projeto de custo relativamente baixo e que pode ser aplicado em diferentes contextos da vida cotidiana, no setor de petróleo e em outros setores.

Palavras-chaves: ROV. veículo subaquático. Controle. robôs submarinos.

Abstract

Oil is one of the most important natural resources for the development of the human race, increasingly demanding the attention on the obtaining of this resource, which

¹ Graduandos em Engenharia de Petróleo e Gás na Faculdade Multivix de Cachoeiro de Itapemirim/ ES

² Graduado em Engenharia de Produção com especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho.

largely lies in the depths of the oceans. Since man cannot reach these depths safely, the use of ROVs (Remotely Operated Vehicle) has wide applicability to the development, study and execution of tasks in this new frontier. There is no initiative in Brazil for low cost ROVs production with domestic technology, which when compared to existing models, have similar applicability. Thus, this paper aims to fill some of this gap, with a relatively low cost project and that can be applied in different contexts of everyday life, in the oil sector and in other sectors.

Key-words: ROV. underwater vehicle. Control. underwater robots.

1 - Introdução

Na exploração de petróleo, muitas vezes, existem fronteiras que o homem não pode chegar e precisam constantemente ser superadas [3]. Empresas de diversos segmentos dentro da indústria do petróleo utilizam equipamentos avançados desenvolvidos especificamente para este fim. A obrigatoriedade com a segurança e manutenção da vida humana motivou a criação de um desses equipamentos: o ROV [2] (sigla em inglês para Veículo Remotamente Operado).

Os ROVs são largamente utilizados como veículos submarinos, servindo uma gama de necessidades militares, comerciais e científicas [5]. Usando uma série de propulsores, esses veículos são altamente manobráveis [2] e seguramente operados por um profissional qualificado na superfície. Um cabo “umbilical” carrega energia e sinais de controle para e a partir do veículo, assim como sinais de vídeo, medições e outros dados sensoriais [4]. Grande parte dos ROVs possui braços manipuláveis para ajudar em operações submarinas em profundidades consideradas de risco para a vida humana.

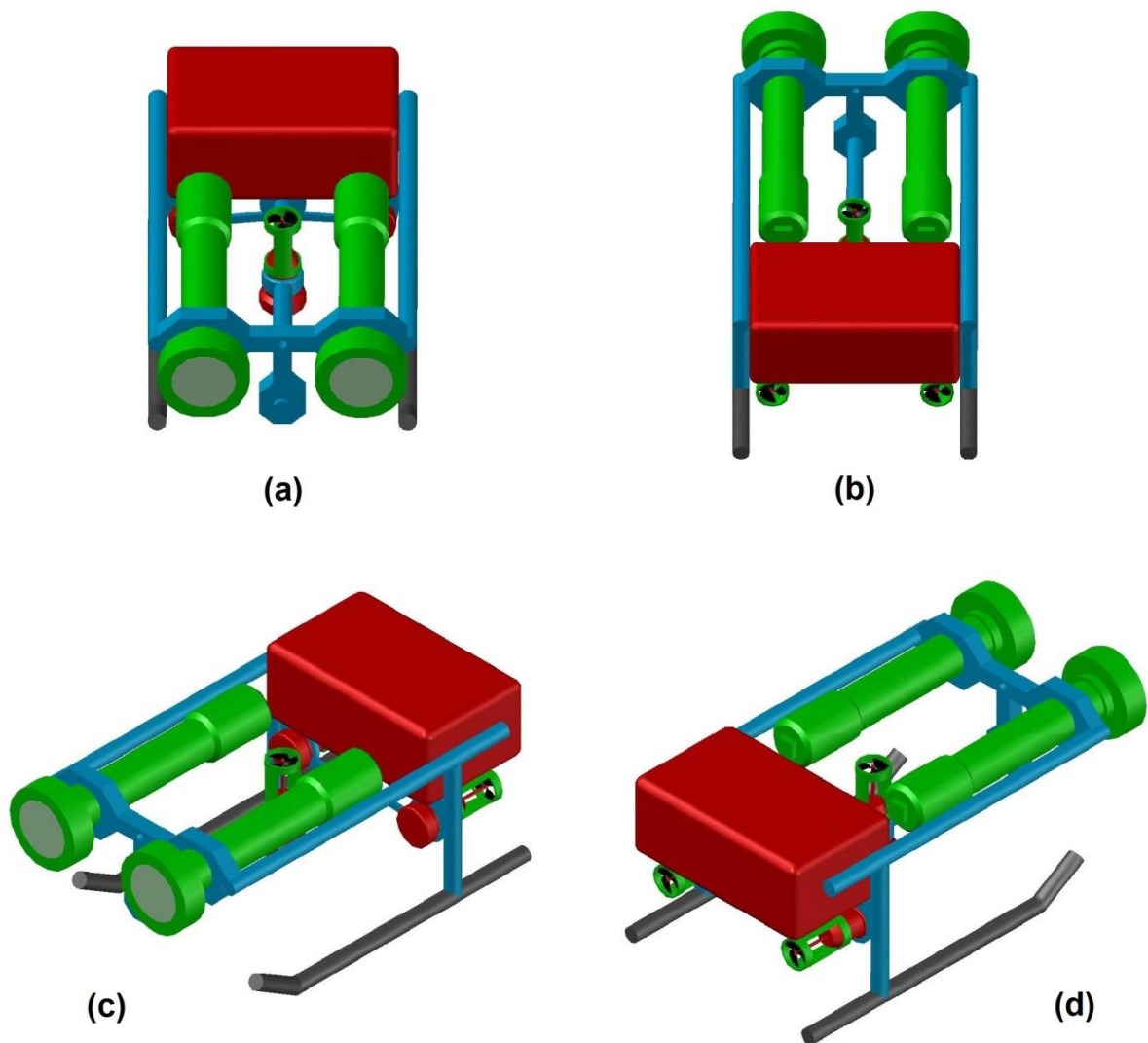
Na indústria, os ROVs são divididos em duas categorias: ROVs de Observação e ROVs de Trabalho. O primeiro tipo não dispõe de braços, além de apresentar um tamanho inferior ao segundo tipo, maior e mais robusto, podendo carregar equipamentos pesados, inclusive braços mecânicos [5]. As maiores companhias construtoras de ROVs são a SAAB Sea eye Ltd, Seabotix Ltd e a Schilling Robotics. O custo de um ROV varia entre \$15.000,00 e \$50.000,00 (USD – United States Dollar), um custo muito elevado [1].

O objetivo deste trabalho foi criar um projeto de construção de um ROV que atinja pequenas profundidades, utilizando materiais de fácil acesso e que resistam as condições de temperatura e pressão apresentadas nessas profundidades, com um custo final consideravelmente inferior ao de um ROV profissional. Na indústria, a evolução tecnológica acontece quando se busca produzir com qualidade, utilizando um menor custo [6].

2 – Veículo Subaquático

O layout do ROV é apresentado na Figura 1. Esse veículo é chamado de AMAM-1 e seu projeto foi desenvolvido na Faculdade Multivix Cachoeiro, Campus II. Trata-se de um modelo experimental controlado por um piloto humano na superfície, usando um controle simples de quatro direções, com o auxílio de uma câmera de vídeo que envia o sinal para um monitor na superfície. Dessa forma, o piloto pode controlar o veículo de um local seguro e com acesso a todas as imagens feitas pela câmera de vídeo. Para que a falta de iluminação não atrapalhe as imagens, duas lanternas devem ser instaladas dentro dos lastros de empuxo.

Figura 1 – (a) e (b) vistas superiores, (c) e (d) vistas isométricas



A ideia de construir esse veículo foi para realizar inspeções e análises em ambientes lacustres ou marinhos com correntes de pouca velocidade. Este veículo não possui braços mecânicos para manipulação em qualquer tarefa. O sistema de propulsão é composto por três motores adaptados, feitos a partir de uma bomba de porão modelo Jhonson's 1000 GHP que pode ser importada do exterior. Os motores devem ser dispostos de forma que dois motores fiquem responsáveis pelo direcionamento horizontal, seja para a direita, esquerda, frente e trás. O outro motor deve ser posicionado verticalmente para levar o veículo a profundidades maiores.

O AMAM-1 foi projetado para ter um diferencial de flutuação levemente positivo, de forma que em caso de qualquer problema de funcionamento, o ROV volte após certo tempo para a superfície. Esse diferencial de flutuação é levemente positivo para que o empuxo ocasionado pelo acionamento do motor vertical seja capaz de levar o veículo para o fundo.

Um ponto importante a ser destacado é o uso de relés em ponte H para que o acionamento dos controles direcionais de esquerda e direita acione um dos motores para frente e outro para trás, para que o movimento direcional seja maximizado. O movimento lateral não é contemplado por este ROV, pois para isso, dois motores a mais precisariam ser acoplados na estrutura, encarecendo o projeto. Para os objetivos desse trabalho, não precisam ser utilizados. Para o controle de rolamento e arfagem, utilizamos o posicionamento do centro de gravidade e empuxo a uma distancia correta [7], mantendo assim o ROV em uma posição horizontal constante.

2.1 – Estrutura

Para a construção da estrutura do AMAM-1 devem ser utilizados materiais de fácil acesso e baixo custo, que podem facilmente ser encontrados na indústria, como o acrílico, o aço inox e o PVC. O aço inox, como mostrado na Tabela 1, possui uma densidade considerada alta, sendo assim escolhido para funcionar, além de elemento de proteção e sustentação de cargas, como lastro de peso.

Tabela 1 – Densidades

Material	Densidade
Água	1,0 g/cm ³
PVC	1,38 g/cm ³
Aço Inox	8,0 g/cm ³
Acrílico	1,18 g/cm ³

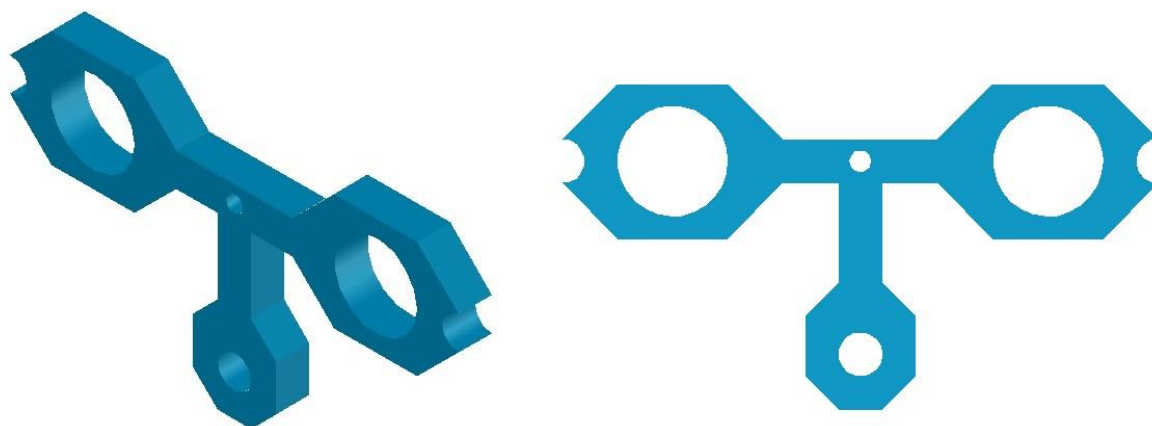
Fonte: Green & Perry (1997) [8]

A escolha do modelo estrutural visou à tendência dos modelos de ROV existentes no mercado de escolher a forma retangular ou quadrangular, mesmo que apenas nas dimensões. A base da estrutura, assim como o topo da caixa elétrica, forma um sistema que lembra um retângulo, seguindo o modelo proposto de distribuição de cargas [7].

2.1.1 – Peça frontal

A peça frontal, como mostrado na Figura 2, é feita de acrílico e construída de forma a alojar as duas peças de PVC que contem o sistema de iluminação e lastro e também a câmera de vídeo. Existem também encaixes feitos especialmente para o acoplamento dessa peça na estrutura, presas também por parafusos de aço inox.

Figura 2 – Peça Frontal



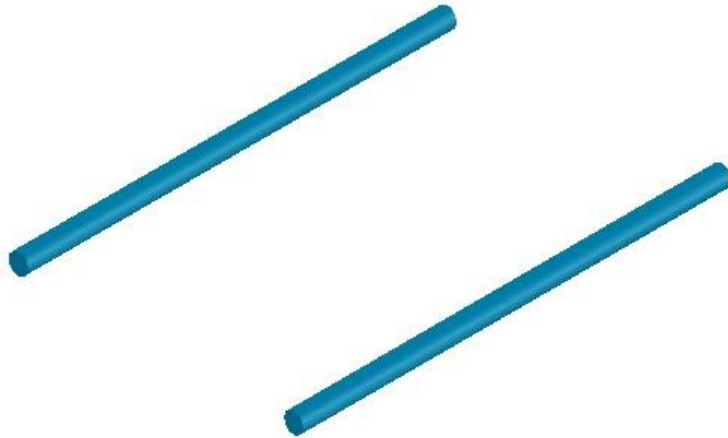
Fonte: Própria

2.1.2 – Tubos de sustentação lateral

Esses tubos, como mostra a Figura 3, são também feitos de acrílico e possuem três pontos de contato com a estrutura. No primeiro ponto eles se encaixam na peça

frontal. No segundo ponto, anexam-se aos tubos inferiores, que sustentam a peça de sustentação. No terceiro ponto, se prendem a caixa elétrica por meio de parafusos de aço inox.

Figura 3 – Tubos de sustentação lateral

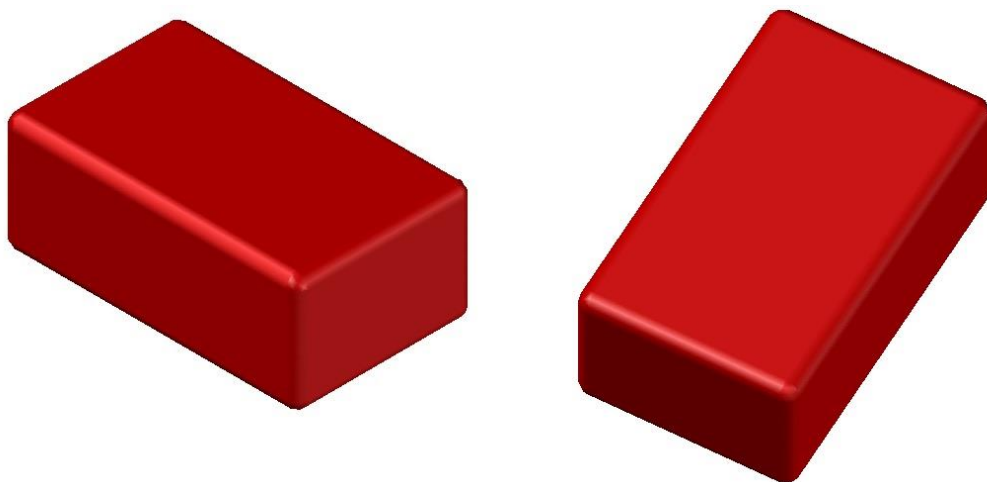


Fonte: Própria

2.1.3 – Caixa elétrica

Como mostra a Figura 4, a caixa elétrica é, além de um sistema de lastro de empuxo, o componente que isola e contém a parte elétrica do sistema de motores, câmara e iluminação. Todos os relés, parte dos fios e entrada do umbilical ficam isolados dentro dela. Ela é parte da estrutura e serve como base para a fixação dos tubos de sustentação lateral e os tubos inferiores.

Figura 4 – Caixa elétrica



Fonte: Própria

2.1.4 – Tubo central

Na Figura 5, pode-se observar a peça central que é feita de acrílico, composta por três estruturas. A primeira é composta por um tubo de 30 cm de comprimento e 05 de diâmetro, sendo vazado apenas nos últimos 10 cm para a acoplagem da segunda estrutura, que consiste em uma peça construída em acrílico para servir de berço do motor vertical, tendo um sistema de dois parafusos de aço inox no aro que provêem fixação do motor ao berço. As extremidades dessa estrutura possuem tubos em acrílico que são inseridos no interior das estruturas um e três, para fixação. A terceira estrutura é um tubo de acrílico que segue da segunda estrutura até a peça traseira.

Figura 5 – Peça central

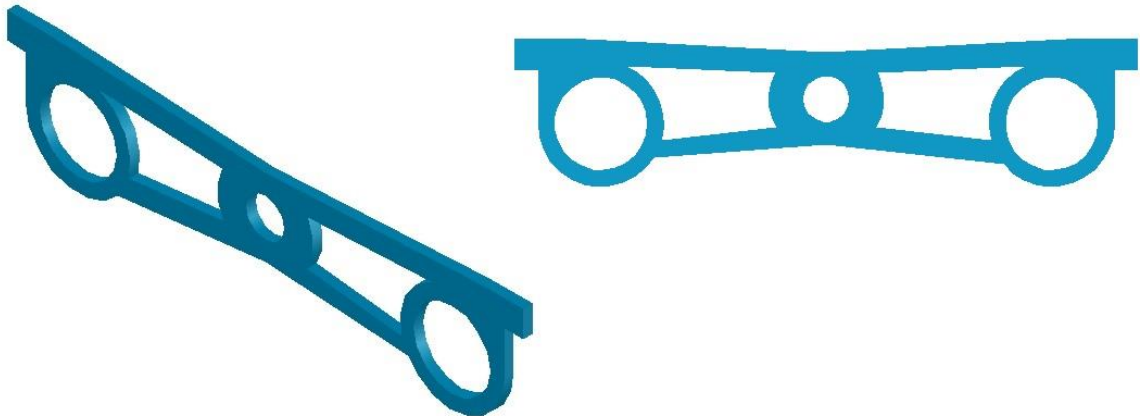


Fonte: Própria

2.1.5 – Peça traseira

Essa peça, como se pode observar na Figura 6, é feita de acrílico e foi construída de modo a servir como berço para os dois motores horizontais, a peça central e é fixada nos tubos inferiores por meio de uma “cova” desenhada nos mesmos, e presa por meio de parafusos de aço inox. Essa peça é vazada em alguns pontos de forma a facilitar o escoamento da água e ter menos resistência a passagem desse fluido. Entre os dois motores, fica o ponto onde a peça central é fixada.

Figura 6 – Peça traseira



Fonte: Própria

2.1.6 – Tubos inferiores

Os tubos inferiores mostrados na Figura 7 são feitos de acrílico e construídos para servir como junção dos tubos de sustentação lateral e a peças de sustentação. Ele é preso a essas duas peças e a caixa elétrica por meio de parafusos de aço inox. Os dois tubos possuem um quadrante vazado na parte interior para o encaixe da peça traseira, que também é presa por parafusos de aço inox.

Figura 7 – Tubos inferiores

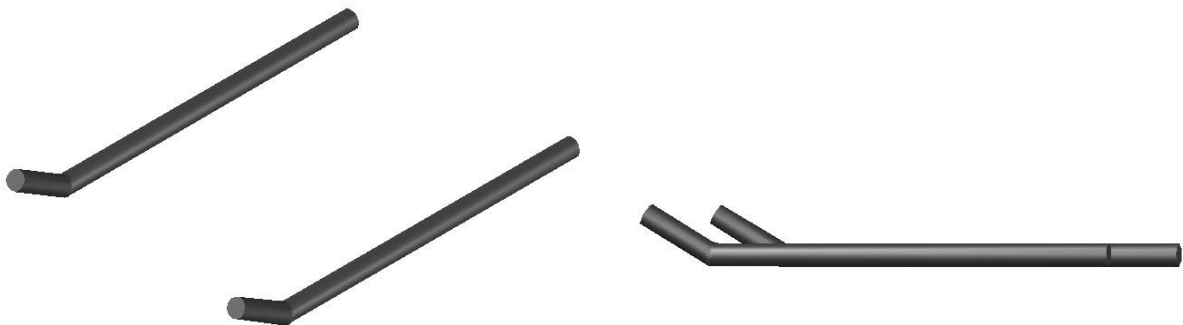


Fonte: Própria

2.1.7 – Peças de sustentação

As duas peças de sustentação mostradas na Figura 8 são construídas em aço inox e tem como finalidade prover sustentação para a estrutura quando em repouso, seja no fundo do mar ou em terra, e proteger os motores e demais partes da estrutura para que as mesmas não toquem o fundo marinho, quando em movimento. Essa peça serve também para equilibrar o lastro do ROV, acrescentando peso a estrutura.

Figura 8 – Peças de sustentação

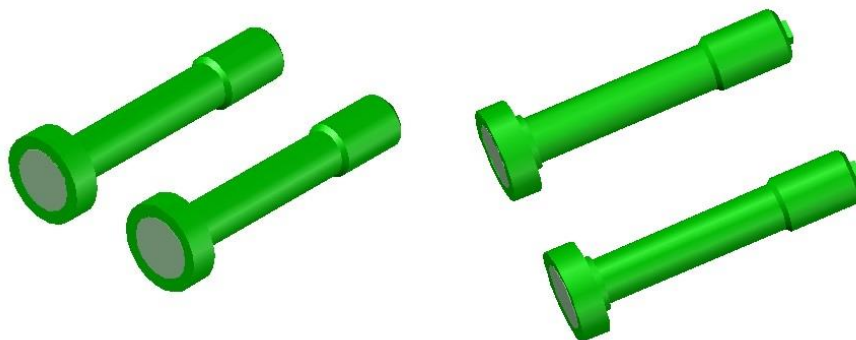


Fonte: Própria

2.1.8 – Lastros de Empuxo

Os dois lastros de empuxo devem ser construídos em PVC, como mostra a Figura 9, e foram desenvolvidos para servirem não só como lastro, mas como *housing* do sistema de iluminação. Cada lastro contém lâmpadas de LED na extremidade frontal. Essas lâmpadas ficam atrás da proteção de acrílico, que confere isolamento ao sistema. Toda essa estrutura é composta de tubos de PVC comum, usados na construção civil.

Figura 9 – Lastros de empuxo

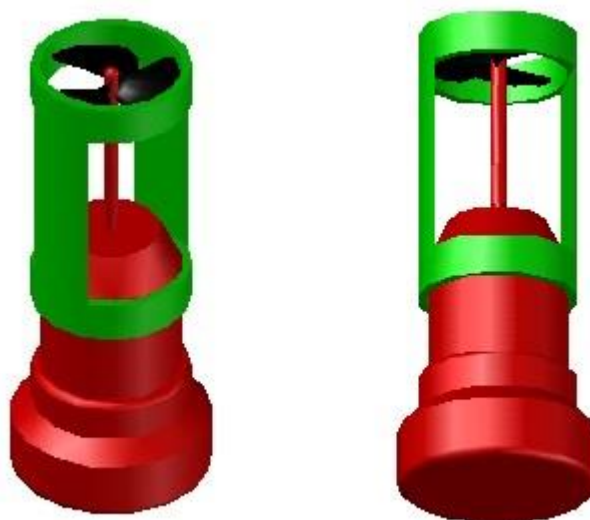


Fonte: Própria

2.1.9 – Motores

Os motores utilizados no projeto são compostos por cartuxos para bombas de porão. O modelo encontrado, mostrado na Figura 10, que atendia as expectativas de empuxo foi o de 1250 galões por hora (GPH), fabricado pela empresa Johnson Pump. Foram construídas duas peças para serem adaptadas aos motores. A primeira delas foi um extensor da haste da hélice, fabricado para aumentar o tamanho da haste. A segunda peça foi uma proteção, feita de PVC, para proteger a hélice e tentar evitar que cabos ou qualquer fio que possa estar no ambiente de trabalho possa prender-se na haste ou na hélice. Essa proteção de PVC é vazada, de forma a facilitar a passagem da água para a hélice.

Figura 10 – Motores



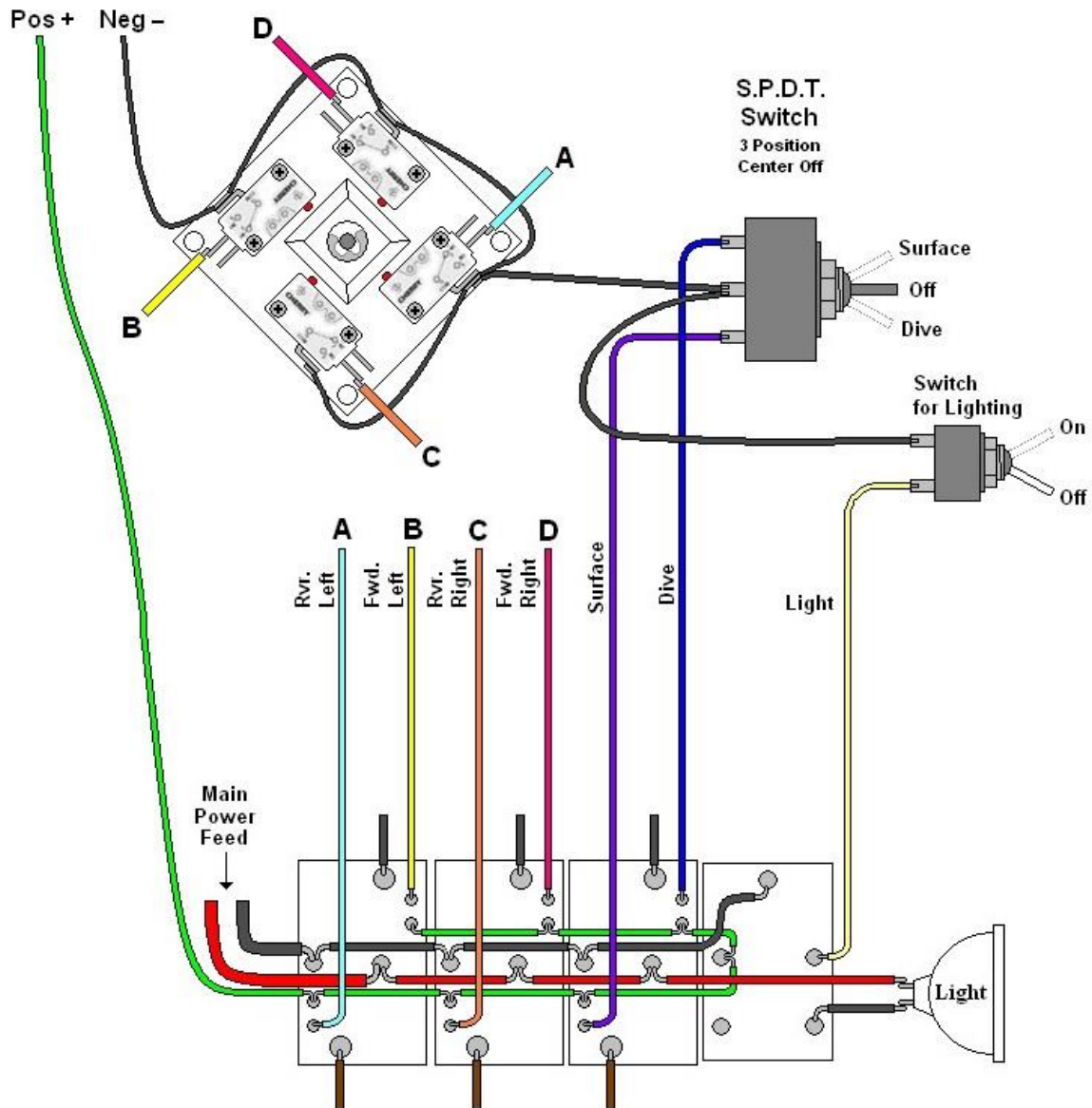
Fonte: Própria

2.2 – Sistema elétrico

O sistema elétrico do AMAM-1 foi desenvolvido de forma a utilizar os dois motores horizontais como motores de direcionamento, utilizando um sistema de ponte H controlado por relés [9]. Esse sistema tem como principal característica a inversão da polaridade dos motores, fazendo com que, de acordo com os controles de corrente enviados ao motor, ele gire no sentido horário ou anti-horário. Esse direcionamento é importante para o controle de direção do AMAM-1, uma vez que o direcionamento horizontal é feito girando um dos motores em um sentido e o outro

no sentido contrário [10]. O esquema de ligações e cabearmentos foi feito baseando-se no sistema idealizado pelo website homebuiltrovs.com, e é mostrado na Figura 11.

Figura 11 – Sistema Elétrico



Fonte: Homebuiltrovs [11]

2.2.1 – Relés

Sempre que se liga um motor DC em uma bateria, ele imprime rotação constante e em uma única direção. Como o sistema de controles utiliza rotações contrárias para a movimentação do ROV, precisamos ligar os terminais do motor de forma invertida. Como os motores ficam em uma área onde essa operação não pode ser feita

manualmente, precisamos utilizar a já mencionada ponte H [12]. No caso deste projeto, a ponte H foi criada usando um equipamento específico para esse fim, chamado relé. O relé é um dispositivo eletromecânico que possui uma bobina em seu interior. Por essa bobina se passa ou não corrente, de acordo com um jogo de contatos que podem estar fechados ou abertos.

Diz-se que o relé está energizado quando no interior de sua bobina passar corrente elétrica e desenergizado quando não quando no interior de sua bobina não passar corrente elétrica. Quando o relé estiver energizado, o motor no qual ele está ligado irá girar em um sentido. Quando o relé não estiver energizado, este motor irá girar no sentido contrário [13]. O sistema de relés utilizado neste projeto utiliza três relés do modelo EP2R-B3G1, ilustrado na figura 12, e um relé do modelo SRD-12VDC-SL-C, ilustrado na figura 13.

Figura 12 – Relé EP2R-B3G1



Fonte: Própria

Os três primeiros relés controlam o sistema de motores, com cada um orientando a rotação de um motor. O último relé controla o sistema de luzes. O sistema de relés é montado no interior da Caixa Elétrica, de onde saem todos os cabos, unidos no Umbilical. O umbilical é uma junção e isolamento de todos os cabos, indo da caixa elétrica até a caixa de controles, onde fica o Joystick.

Figura 13 – Relé SRD-12VDC-SL-C



Fonte: Própria

Com os quatro relés unidos e conectados, o cabeamento segue o esquema apresentado na figura 11, onde todos os relés são ligados e alimentados pela mesma fonte, uma bateria de 12V, comumente utilizada em automóveis.

2.2.2 – Chaves de controle

Dois modelos de chaves mostrados na figura 14 são utilizados neste projeto. O primeiro serve para controlar a descida de a subida do ROV embaixo d'água. Ele foi desenvolvido para que o motor 3 possa ligar em dois sentidos, um para submergir e outro para emergir.

A chave utilizada foi a modelo MS500XF Mini Gotoh de 3 posições, sendo a terceira posição a posição desligada, para que o motor não funcione em nenhum sentido e o ROV continue estabilizado em certa profundidade. O segundo modelo de chave utilizado foi o 61176 de dois terminais, controlando apenas o funcionamento das luzes do ROV. Na posição ligada, as luzes se acendem, iluminando o espaço a frente do sistema de luzes. Na posição desligada, o sistema fica inativo e as luzes se apagam.

Figura 14 – Chave 3 posições e chave 2 posições



Fonte: Tozz[14]

2.2.3 – Joystick

O controle de direção horizontal do ROV é feito por um joystick comum, modelo Seupem, como mostra a figura 15. Esse joystick é montado diretamente na caixa de controle diagonalmente, para que quando pressionado para frente, o bloco de controle do joystick pressione dois dos micro switches ao mesmo tempo.

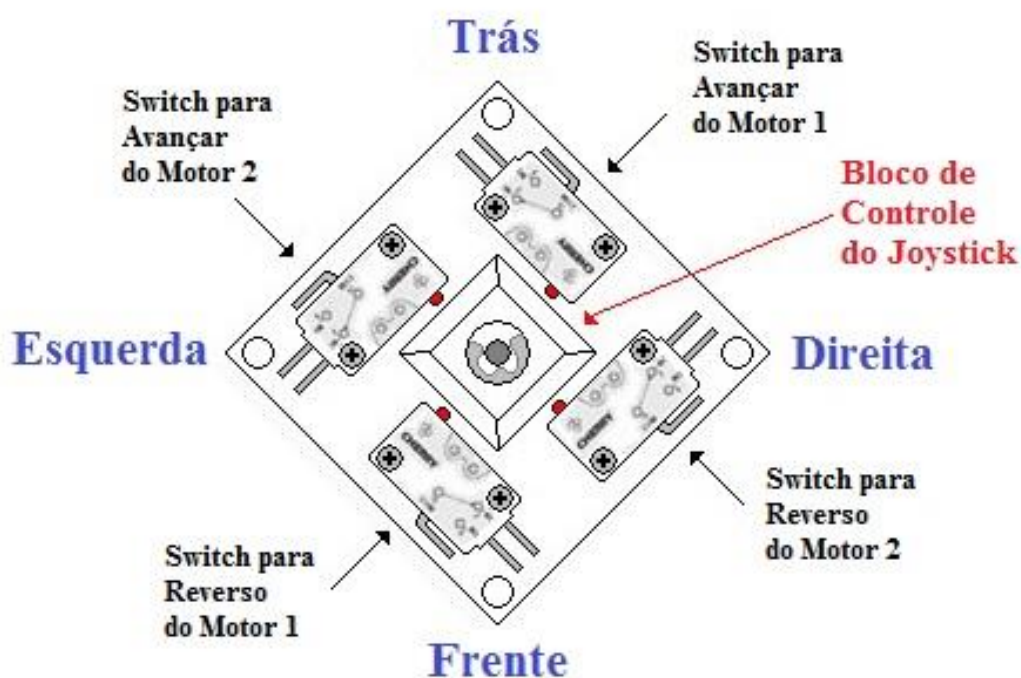
Figura 15 - Joystick



Fonte: Homebuiltrovs [11]

Ele controla todos os movimentos horizontais do ROV: avanço, reverso, direita, esquerda, diagonal de avanço direita, diagonal de avanço esquerda, diagonal de reverso direita e diagonal de reverso esquerda. Tomando como exemplo o movimento de avanço, temos que quando se pressiona o controle para frente, o bloco de controle se move para trás, pressionando os botões dos micro switches de trás, fechando o circuito e enviando a corrente elétrica diretamente para os relés do motor 1 e do motor 2 que controlam a direção no sentido horário, fazendo com que os dois motores girem para impulsionar o ROV para frente. Esse esquema de micro switches é mostrado na figura 16.

Figura 16 – Vista do fundo do joystick



Fonte: Própria

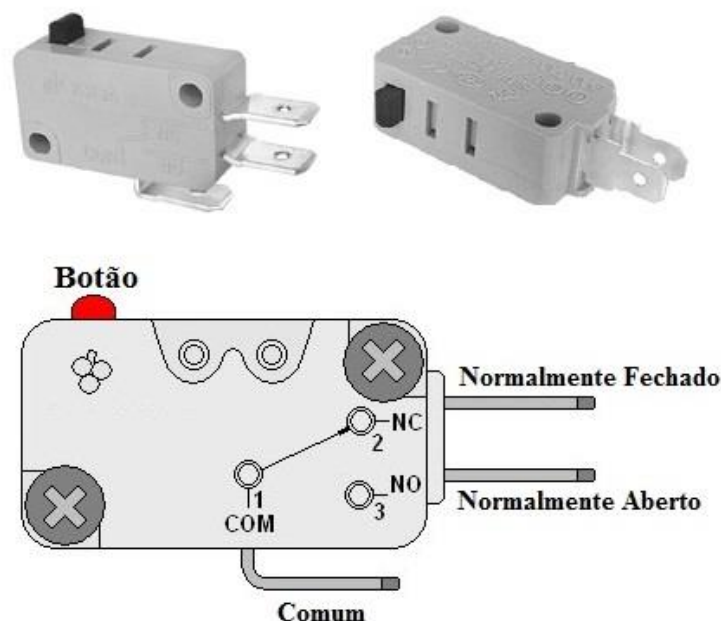
Basicamente, quando se pressiona os controles nos sentidos normais de avanço, reverso, direita e esquerda, dois motores são acionados. Quando se pressiona o controle diagonalmente, apenas um dos microswitches é acionado, fazendo com que o movimento diagonal ou curva menos acentuada seja impresso. Quanto ao posicionamento dos motores, para que fique claro, o motor 1 fica do lado direito e o motor 2 fica do lado esquerdo do ROV.

2.2.3.1 – Chave Micro Switch

O fundo do joystick possui quatro chaves fim de curso, ou como são chamadas por alguns, micro switch, mostradas na figura 17. Esse tipo de chave, conforme mostrado na figura 16 é um dos mais utilizados e conhecidos interruptores disponíveis no mercado, uma vez que possuem diversas aplicações, estilos, modelos e capacidades que se encaixam em qualquer projeto elétrico [15].

Por terem pouca força atuando diretamente sobre os botões dessa chave, possuem uma vida longa que pode chegar a dez milhões de utilizações. Seu funcionamento é relativamente simples e fácil de ser entendido. Quando se pressiona o botão, a haste presa a ele atua diretamente no circuito empregado em seu interior. Quando o botão esta aliviado, o circuito permanece aberto. Quando se pressiona o botão, fecha-se o circuito e a corrente elétrica pode ser então passada adiante.

Figura 17 – Chave Micro Switch



Fonte: Homebuiltrovs [11]

Cada chave, quando acionada, envia um sinal diretamente para o relé responsável pelo direcionamento de sentido do motor, fazendo com que ele se mova no sentido pretendido.

2.2.4 – Sistema de Iluminação

O sistema de iluminação do AMAM-1 é composto por duas lanternas do modelo 22 Smd, mostradas na figura 18, contendo vinte e duas pequenas lâmpadas da LED, cada uma. Essas lâmpadas são colocadas no interior dos lastros de empuxo e ligadas diretamente ao relé responsável por seu acendimento, quando necessário. O sistema de iluminação é altamente indicado, uma vez que a profundidades maiores que 80 metros, na chamada zona disfótica [16], a luz solar tem dificuldades para penetrar, tornando difícil manobrar o ROV.

Figura 18 – Lanternas de LED



Fonte: Própria

O acionamento das luzes de LED é feito pressionando a chave de duas posições que fica no painel de controle do operador, em terra. Essa chave foi apresentada na figura 14. A vedação e o acoplamento das lanternas devem ser feitos com uma cola de silicone, para evitar danos e curto-circuito, assim como prevenir a entrada de água no sistema de empuxo.

2.2.5 – Cabeamento e Umbilical

Todos os fios utilizados no projeto são feitos de cobre e comumente encontrados em qualquer loja de materiais eletrônicos. Pode-se utilizar cerca de 4 metros de fios de cobre 12 V na montagem dos motores, relés e sistema de iluminação. A partir da caixa elétrica, os cabos são unidos e presos em conjunto de forma a seguirem para o sistema de controle do operador, onde ficam o joystick e os botões de acendimento das luzes e botão de emersão e submersão. No umbilical também ficam os cabos 12 V que levam a fonte de energia, que deve ser colocada próxima ao operador.

3 – Sistema de direcionamento

O sistema de direcionamento do AMAM-1 é feito utilizando um joystick, posicionado diagonalmente, que possui quatro chaves micro switch, ligadas diretamente aos relés, controlando assim, os motores. Caso um ou mais micro switches sejam acionados, um tipo diferente de movimento será impresso no ROV, fazendo com que a movimentação pretendida pelo operador seja atendida.

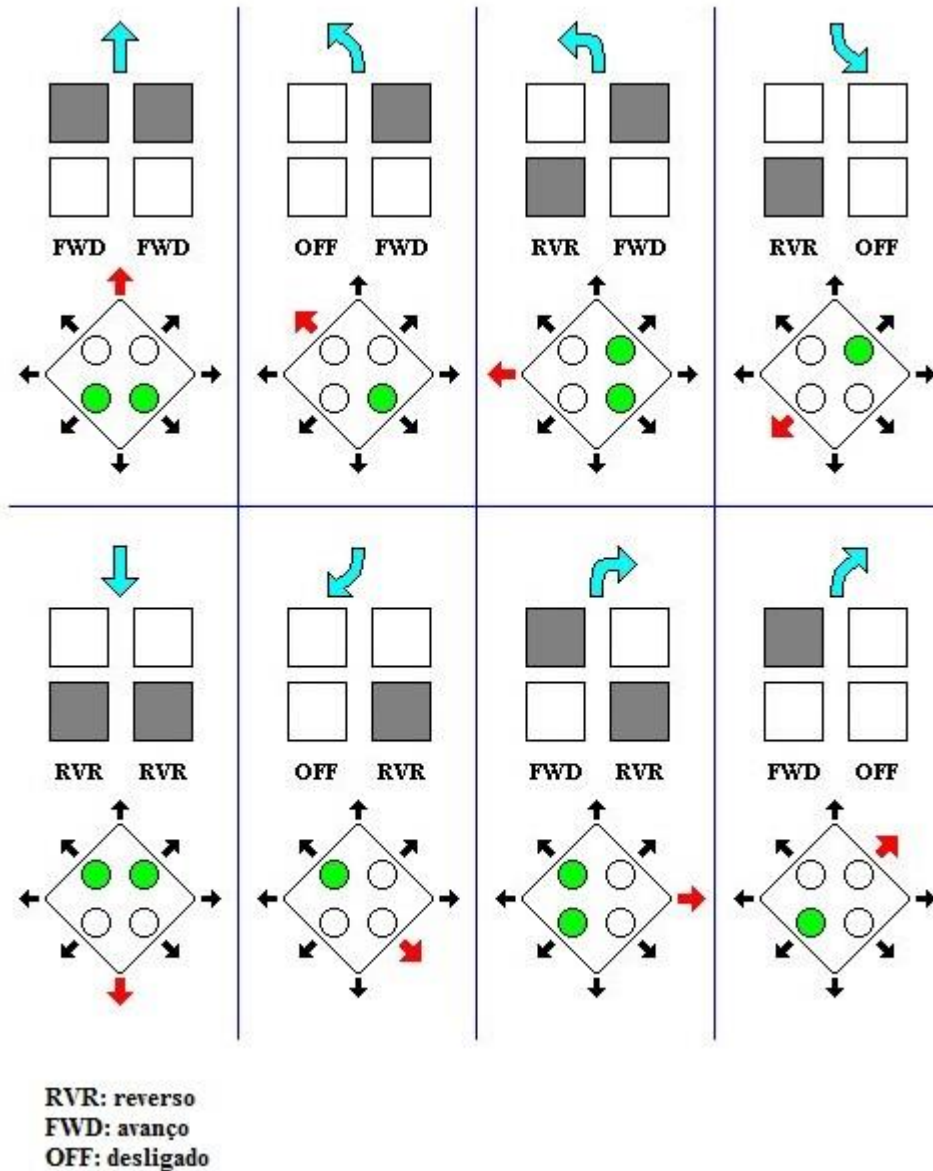
O esquema de movimento, mostrado na figura 19, ilustra como a movimentação do joystick indica o movimento que o ROV fará, devido ao acionamento dos motores horizontais, 1 e 2. A primeira seta, na cor azul, indica a direção do movimento imprimido pelo veículo, podendo ser de avanço, diagonal de avanço esquerda, esquerda, diagonal de reverso direita, reverso, diagonal de reverso esquerda, direita, diagonal de avanço direita.

Os quatro quadrados em cinza e branco indicam quais motores e posições estão sendo acionados no momento. Os dois quadros da direita indicam o motor 1, enquanto os dois quadros da esquerda indicam o motor 2. Os quadros de cima indicam que o sentido horário do motor, responsável pelo avanço, está sendo acionado.

Os quadros de baixo indicam que o sentido anti-horário do motor está sendo acionado, sendo ele responsável pelo reverso. Quando pintado na cor cinza, indica que está acionado e quando pintado na cor branca, indica que se encontra desativado. As letras abaixo dos quatro quadros reforçam essa premissa, mostrando em siglas qual o sentido de cada motor no momento.

O esquema com oito setas indica as oito possíveis direções no joystick e a seta em vermelho retrata para onde ele aponta no exemplo. O primeiro quadro, por exemplo, mostra o joystick indicando a posição de avanço, totalmente direcionada para frente.

Figura 19 – Esquema de movimento do Joystick



Fonte: Homebuiltrovs [11]

Os quatro círculos pintados em verde e branco mostram quais micro switches estão sendo acionados no momento. Para isso, deve-se entender que se trata de uma visão superior do joystick e não do fundo, como mostrou a figura 16.

4 – Conclusão

Os projetos de ROVs demandam tempo e investimento não condizentes com a realidade acadêmica brasileira, necessitando de serem realizados de forma a se adequarem aos modelos financeiros e de gestão universitária. Para a realização desse projeto, a quantidade de dinheiro investido, mesmo que pequena, está aquém do que se espera encontrar no meio acadêmico, sem investimento governamental. Sendo assim, a construção do modelo foi detalhada e orientada, mas não realizada. Todos os esquemas e modelos são baseados em trabalhos concluídos com sucesso e que possuíram realização documentada em artigos, teses ou monografias.

Este trabalho apresentou uma descrição de como montar um ROV de baixo custo, assim como os materiais e formas das peças da estrutura, parte elétrica e montagem. De acordo com os estudos realizados, conclui-se que o mesmo atende satisfatoriamente aos objetivos designados, sendo capaz de ser construído e utilizado sem problemas.

Além das dificuldades financeiras, diversas dificuldades foram encontradas durante o desenvolvimento do projeto, sendo a maior delas o problema em importar os motores já com vedação do exterior, uma vez que esse tipo de motor é muito caro e difícil de ser encontrado no Brasil. Esse quadro pode mudar com o passar do tempo e não ser uma dificuldade em trabalhos futuros, pois o tipo de motor escolhido possui espaço para ser otimizado.

Por fim, o desenvolvimento do projeto deste ROV pode auxiliar professores e estudantes em projetos futuros da área de veículos remotamente operados, pois apresenta vários conceitos importantes para essa área, servindo como base para a realização destes projetos.

Referências

- [1] PATEL, Vignesh; SHAH, Harsh. **Implementation of underwater remote operated vehicles (ROV) as coastal surveillance modules**. 2011. Academic Work - University of Mumbai. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2178084>. Acesso em 15 mar. 2016.
- [2] FERNANDES, Daniel de A. et al. Output feedback motion control system for observation class ROVs based on a high-gain state observer: Theoretical and experimental results. **Control Engineering Practice**, [s.l.], v. 39, p.90-102, jun. 2015. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0967066114002780?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 15 mar. 2016.
- [3] SOYLU, Serdar et al. Precise trajectory control for an inspection class ROV. **Ocean Engineering**, [s.l.], v. 111, p.508-523, jan. 2016. Elsevier BV. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S002980181500459X?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 15 mar. 2016.
- [4] VALÉRIO, Marcos. O ROV na indústria do petróleo. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/rov-na-industria-do-petroleo/25133/>>. Acesso em: 15 mar. 2016.
- [5] SeaView Systems. What is na ROV? Disponível em: <<http://www.seaviewsystems.com/questions/what-is-an-rov/>>. Acesso em 14 mar. 2016.
- [6] McELROY, Wendy; TAMNY, John. **A automação e a robótica, ao contrário do imaginado, serão os grandes geradores dos empregos futuros**. Disponível em: <<http://www.mises.org.br/Article.aspx?id=2045>>. Acesso em 17 mar. 2016
- [7] TAVARES, A. M. **Um Estudo Sobre Modelagem e o Controle de Veículos Subaquáticos Não Tripulados**. Rio Grande, 2003. 218p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica), Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

- [8] Green, D.W., Perry, R.H. **Perry's Chemical Engineers' Handbook**, 7th edn. New York: McGraw-Hill, 1997.
- [9] ZHANG, Chao et al. Development of an improved H-bridge cascaded static synchronous compensator in power system. **Rev. Sci. Instrum.**, [s.l.], v. 86, n. 6, p.3-8, jun. 2015.
- [10] JIMENEZ, T.S. **Contribution à la commande d'un robot sous-marin autonome de type torpille**. 2004. Tese de Doutorado, Université Montpellier, França, 21 dez. 2004.
- [11] HomebuildRovs. HowTo's, Relay Wiring for the Electronically Challenged. Disponível em: <<http://www.homebuiltrovs.com/howtorelaywiringmain.html>>. Acesso em 20 mar. 2016.
- [12] PATSKO, Luís Fernando. Tutorial montagem da ponte H. **Maxwell Bohr – Instrumentação Eletrônica**, 2006.
- [13] BRAGA, Newton C. **Eletrônica Básica**. Editora Newton C. Braga, 2012.
- [14] Catálogo TOZZ -Chaves e Interruptores. Disponível em: <<http://www.tozz.com.br/catalogo/tozz/chaves-e-interruptores/chave-liga-desliga.html>>. Acesso em 19 jun. 2016.
- [15] Saber Elétrica. Chaves fim de curso – Uso e aplicações. Disponível em: <<http://www.sabereletrica.com.br/chave-fim-de-curso>>. Acesso em 20 jun. 2016
- [16] SÁNCHEZ-ORTIZ, Carlos. Zonas de vida. **Bitácora del mar profundo, una expedición por el Golfo de California**. C. Aburto Oropeza, Caso, M., Erisman, B. y E. Ezcurra. Ciudad de México, Instituto Nacional de Ecología • UC MEXUS • Scripps Institution of Oceanography, p. 107-118, 2010.