



## APRIMORAMENTO NA CONSTRUÇÃO DE UM MINISSUBMARINO DE MONITORAMENTO NÃO TRIPULADO DE BAIXO CUSTO

Danilo Evangelista de Santana<sup>1</sup>, Elber Vítor Gonzaga Cerqueira<sup>2</sup>, Felipe da Silva Pereira<sup>3</sup>, Cristian Araújo de Jesus<sup>4</sup>, Jancarlos Menezes Lapa<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Técnico em Automação Industrial – IFBA – Campus Salvador. e-mail: [danilo\\_evangelista92@hotmail.com](mailto:danilo_evangelista92@hotmail.com)

<sup>2</sup> Estudante de Eletrônica – IFBA – Campus Salvador. e-mail: [elbervitor.gc@hotmail.com](mailto:elbervitor.gc@hotmail.com)

<sup>3</sup> Estudante de Eletrônica – IFBA – Campus Salvador. e-mail: [llipi6@hotmail.com](mailto:llipi6@hotmail.com)

<sup>4</sup> Estudante de Eletrônica – IFBA – Campus Salvador. e-mail: [araujocristian@live.com](mailto:araujocristian@live.com)

<sup>5</sup> Docente e mestre no Ensino de Física – IFBA – Campus Salvador. e-mail: [jancarloslapa@gmail.com](mailto:jancarloslapa@gmail.com)

**Resumo:** As constantes buscas de recursos para suprir as necessidades da humanidade indicam que o ambiente marinho pode constituir-se em excelente fonte de matéria-prima e energia. As pesquisas marinhas apresentam-se como áreas formidáveis à realização de pesquisas na atualidade, muito embora, esses estudos ainda sejam muito incipientes, principalmente, por dificuldades técnicas e pelos seus altos custos. Surgem como ferramentas a essas pesquisas os chamados ROV (Remotely Operated Vehicle, no inglês) ou Veículo Operado Remotamente no português. Este trabalho consiste no aprimoramento de um modelo de ROV anterior, já construído, onde apresentamos as contínuas evoluções no projeto buscando mais consistência em sua plataforma submersível, da maneira que seja possível o incremento de dispositivos de monitoramento com múltiplas aplicações, bem como o alcance de maiores profundidades. Busca-se sempre a utilização de materiais de fácil aquisição na construção dos modelos, visando à obtenção de um dispositivo de valor reduzido e com manutenção mais prática em comparação aos semelhantes existentes no mercado. Ao final deste projeto, ainda em andamento, espera-se a construção de um modelo de ROV de baixo custo, capaz de realizar as tarefas básicas de um veículo dessa natureza.

**Palavras-chave:** Exploração Marinha, ROV, Atividade Colaborativa.

### 1. INTRODUÇÃO

Há séculos o uso do ambiente marinho e de seus recursos é vital a várias comunidades humanas. Desde a navegação até a obtenção de alimentos, mares e oceanos proporcionaram, através das grandes navegações, o descobrimento de novos continentes como a América e Oceania. Hoje as profundezas dos oceanos são de interesse da humanidade, principalmente em razão das descobertas de reservas de petróleo submersas.

O desenvolvimento econômico e industrial mundial depende muito de recursos na área de energia. Com descobertas recentes, como as reservas de petróleo na camada pré-sal pertencentes ao território marinho brasileiro, as pesquisas submarinas tornam-se mais requisitadas. Porém, há dificuldades técnicas e financeiras para tal. É financeiramente inviável utilizar veículos tripulados à grandes profundidades, além de ser perigoso para uma tripulação, que dificilmente suportaria os efeitos de estar sob extremas pressões. Surgem os ROV (remotely operated underwater vehicle), que da tradução do inglês para o português representa Veículo Submarino Operado remotamente, ou simplesmente, ROV. Esses dispositivos permitem, à custos muito menores do que submarinos tripulados, realizar trabalhos de pesquisa sem a necessidade de colocar em risco vidas humanas. Contudo, os veículos utilizados no Brasil são em sua maioria importados e possuem custos muito elevados, principalmente para as instituições de ensino e pesquisa. Há de se considerar ainda que não existem muitos materiais bibliográficos sobre este tipo de veículo.

Acontecimentos marcantes despertaram a ideia nos alunos de construir um ROV, a exemplo de um acidente ocorrido em 2009, quando um avião que partia do Brasil rumo à França caiu deixando 228 mortos. Por um período de aproximadamente dois anos, as buscas por corpos e esclarecimentos sobre o acidente não obtiveram êxito, mesmo com o uso de fragatas brasileiras e de um submarino nuclear francês. Com o uso de um ROV, o *Remora 6000*, em menos de uma semana, dezenas de



corpos foram localizados além das caixas-pretas do avião, que foram usadas para descobrir os motivos da queda da aeronave.

O objetivo deste trabalho consiste na nova etapa do aprimoramento dos ROV já produzidos, bem como o desenvolvimento de um novo modelo mais versátil e resistente à pressões maiores. Busca-se sempre uma alternativa viável economicamente em relação aos modelos importados com o uso de matérias de fácil aquisição.

No momento, o trabalho se ocupa do desenvolvimento de um modelo que possa realizar filmagens e coletar dados para análises geológicas e químicas. As atividades de cunho teórico foram feitas com o uso de ambiente colaborativo, principalmente virtuais, como o Moodle, onde informações eram trocadas entre os membros. Ressalta-se que são poucos os materiais bibliográficos disponíveis em português sobre a robótica subaquática. Entre os poucos materiais disponíveis sobre o tema, destaca-se o de Barros e Soares (2002), que aborda o desenvolvimento de um veículo híbrido que pode operar tanto como ROV (Remotely Operated Vehicle) quanto em modo autônomo AUV (Autonomous Underwater Vehicle), e Moraes (2005) que discute a construção de um veículo subaquático não tripulado de baixo custo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As discussões teóricas entre os membros do grupo ocorreram principalmente através de ambientes virtuais como o Moodle e via conversas por e-mail. Os textos produzidos, relatórios e todos os demais documentos foram compartilhados entre os integrantes da equipe, objetivando uma participação de todos no que diz respeito à parte escrita do projeto.

Pela escassez de materiais para revisão bibliográfica, principalmente em língua portuguesa, as fases iniciais do projeto foram muito atreladas ao empirismo, baseando as conclusões dos experimentos em conceitos físicos como a hidrodinâmica, a mecânica clássica e o eletromagnetismo. Há de se ressaltar, também, que a evolução do projeto ocorreu de forma paralela ao desenvolvimento acadêmico dos alunos, uma vez que, com o avançar de seus estudos nos cursos técnicos de eletrônica e automação permitiu melhorias no projeto.

A participação de integrantes do grupo na FEBRACE X (Feira Brasileira de Ciências e Engenharia) foi fundamental para a continuação e evolução, visto que muitas dicas e informações importantes puderam ser obtidas através de comentários de avaliadores, alguns destes, engenheiros navais.

A proposta inicial, no Projeto chamado “*Aruanã I – Construção de um minissubmarino de monitoramento não tripulado de baixo custo*” era construir um dispositivo básico com valor de produção muito inferior aos encontrados no mercado. As etapas seguintes do projeto foram constituídas basicamente por estudos e ajustes na automação dos novos veículos produzidos.

As etapas seguintes do projeto se concentraram em um modelo mais teórico, visando a construção de um dispositivo mais eficiente e versátil, mantendo sua competitividade frente aos já existentes no mercado. Desenvolver um veículo com mais aplicações, de manutenção mais fácil, mais resistente, com custos reduzidos e de operação mais simples seria tão útil para instituições de ensino e pesquisa, quanto às grandes empresas. As considerações feitas sobre as primeiras versões foram bem úteis a esses estudos. Também foi possível obter mais indicações de materiais bibliográficos sobre o tema.

Buscou-se após os estudos a aquisição de peças de acordo com as necessidades vigentes. Definiu-se um modelo de execução parecido com o anterior. Um versão foi criada e aprimorada dentro de seus limites e com certa versatilidade. Como consequência dos aprimoramentos, testes e análises, foi possível criar um modelo que reuniu mais aplicações em um único dispositivo.

Por uma questão de custos, o material utilizado inicialmente na estrutura permaneceu sendo o PVC das primeiras versões, até porque, para fins de pesquisas, principalmente na Baía de Todos os Santos, as profundidades não exigem uma estrutura tão resistente. Contudo, uma versão em metal ou fibra de carbono não está descartada, visto que, sejam exigidas para maiores profundidades. De acordo com a necessidade do usuário e com a disponibilidade de recursos, versões mais resistentes e mais



avançadas podem ser desenvolvidas. Para isso, o grupo já realiza estudos relacionados à estrutura do equipamento e aos possíveis materiais futuros.

## 2.1 CONSTRUINDO O VEÍCULO

Os integrantes da equipe puderam perceber que a robótica subaquática ainda é algo muito novo no país, que deverá utilizar muitos dispositivos como os ROV em diversas aplicações. Mas é possível identificar uma intensificação dos estudos na área, principalmente entre estudantes de instituições como IFs.

A produção deste tipo de equipamento estimula a pesquisa no ensino básico, aproximando os alunos do universo acadêmico e possibilitando a estes, conhecer como funciona a metodologia de uma pesquisa científica. O uso de um ambiente colaborativo e troca de informações mostrou-se útil nas atividades em grupo.

É importante ressaltar a aproximação entre teoria e prática na vida de estudantes envolvidos em um projeto como esse. Poder fazer análises e experimentações baseadas nos conhecimentos teóricos, sob a orientação do professor, tendo a oportunidade de usar de sua criatividade e seus conhecimentos, mostrou que o aprendizado não é feito apenas acumulando informações.

Através de um processo de contínuo desenvolvimento, não só de habilidades intelectuais, onde se inclui a criatividade e a capacidade de perceber erros, o pesquisador molda as habilidades emocionais dos iniciantes à pesquisa. Não se pode deixar de lado a discussão do papel da ciência no ambiente escolar, bem como a maneira como as pesquisas devem ser elaboradas e suas reais finalidades.

## 2.2 EQUIPE EXECUTORA

Os estudantes e o professor orientador já se conheciam de experiências anteriores e começaram a pensar em uma atividade que pudesse explorar ao máximo suas habilidades individuais. A equipe inicial continha o professor orientador, mestre no ensino de Física; um estudante de automação e controle industrial; um estudante de química; um de eletrônica, e por fim o coorientador, que acabara de concluir o curso técnico em automação e controle. A equipe atual conta com a adição de um estudante do curso técnico em eletrônica. É importante destacar que todos os alunos do projeto pertencem a um grupo chamado “*Brincando de Ciência*”, que visa o aprendizado e a produção científica de estudantes do ensino básico, com vistas a um ambiente colaborativo. Com a chegada do coorientador e a idealização do projeto, na primeira fase seguiram as seguintes etapas:

- a) Construção da parte fluidodinâmica e mecânica do artefato, dando ênfase a sua locomoção, dirigibilidade e flutuação;
- b) Desenvolvimento dos sistemas de controle e transmissão de dados;

Com a apresentação dos dois protótipos em eventos e feiras, além de mudanças na equipe executora, novos objetivos foram traçados e começaram os estudos que permitiram melhorias e que norteiam os progressos das versões que estão em construção. Entre eles estão:

- a) Estudo na área de linguagem de programação
- b) Compreensão do funcionamento de microcontroladores e de plataformas como Arduino.
- c) Projeto de uma estrutura mais resistente e estudo na área de materiais para elaboração de diferentes chassis.
- d) Avanços nos estudos de fluidodinâmica e mecânica, onde inclui-se o projeto de novas hélices.
- e) Aperfeiçoamentos na parte elétrica do veículo e busca de maior eficiência dos motores.

- f) Melhorias no sistema de câmeras e a avaliação da possibilidade de implementação de novos dispositivos.

### 2.3 MATERIAIS UTILIZADOS E PROCEDIMENTOS

A primeira estrutura do projeto manteve a proposta inicial, que baseava-se na produção de um dispositivo de baixo custo. O PVC era o principal componente, o que se justifica pela sua considerável resistência e valor. A facilidade de encontrar tubulações de PVC no mercado aliado a quase ausência de necessidades de grandes adaptações, contribui para a sua escolha. Isso se deve à versatilidade de peças à venda, como tubos e conexões dos mais variados tipos, que tornou possível tocar o projeto sem grandes modificações estruturais em decorrência do material. Os tubos não precisavam ser moldados e as conexões podiam ser feitas sem nenhum grande esforço.



Figura 1 – Vista frontal da 1ª versão

Procurou-se sempre utilizar elementos sem necessidade de grandes adaptações. Pelo caráter experimental, alguns elementos foram aplicados mesmo sabendo que, para aplicações mais exigentes, mudanças deveriam ser feitas. Os motores eram feitos pra trabalhar sob a água, os mesmos utilizados em porões de embarcações para expulsar a água que adentra às mesmas. O sistema de captação de imagens ficou por conta de uma webcam, que só pode ser utilizada à baixas profundidades, pela questão da qualidade de sinais transmitidos por cabo USB. Alguns outros componentes do chassi foram, a princípio, um farol de veículo, que logo depois foi substituído por uma cúpula de câmera de segurança e abraçadeiras metálicas para conferir segurança ao protótipo. A interligação entre tubos foi feita utilizando colas específicas e alguns tipos de resina epóxi, que também tiveram aplicação no sistema de vedação do equipamento. Elaborou-se também um sistema de dragagem, visando à coleta de sedimentos para posterior análise.

Os estudos apontaram para um sistema de controle simples, que permitisse uma dirigibilidade satisfatória e que utilizasse elementos de fácil aquisição no mercado. Utilizou-se a lógica de relés, que adequou-se, perfeitamente, às necessidades.

Contudo, a construção passou por algumas etapas e por questões como a vedação e transmissão de sinais, que passaram por aperfeiçoamentos até chegar na última versão do projeto já apresentada na 10ª Feira Brasileira de Ciências e Engenharia (FEBRACE X).



Figura 2. 2ª Versão do ROV Aruanã

A ideia está em contínuo desenvolvimento, com aprimoramentos e mudança completa do material da estrutura e dos sistemas de controle, que deverá ser microprocessado. Também estão previstas mudanças visando uma ampliação da faixa de profundidades alcançadas e ampliação do número de atividades a serem desenvolvidas em trabalhos mais complexos.

A atual versão mantém a princípio o uso do PVC, com evidentes melhoras quanto à fluidodinâmica. As principais mudanças estruturais se deram com a proposta de um novo desenho que proporcione uma maior eficiência dos motores e uma melhor locomoção sem grandes acréscimos nos custos de produção.

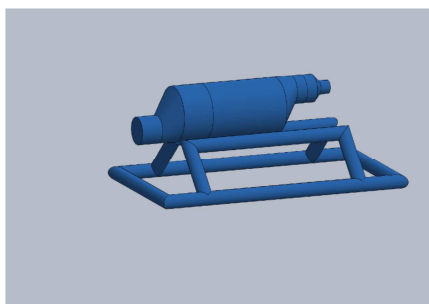


Figura 3. Versão no Solidworks



Figura 4. Versão atual do Aruanã

As mudanças mais visíveis são no sistema de controle que já passa a usar a plataforma Arduino em caráter experimental. Essas modificações deverão gerar alguns custos extras em relação às primeiras que já foram apresentadas, mas nada que aumente, para um valor exorbitante, o custo do veículo.

Mantém-se ainda a proposição inicial de elaborar um dispositivo de manutenção facilitada pelos valores envolvidos e pela existência de peças no mercado. A seguir, as peças que compõe até o momento, a construção do atual veículo, lembrando que testes e estudos podem apontar para modificações futuras. Os materiais utilizados foram:

- a) (1) Tê de inspeção com diâmetro de 100 mm.
- b) (2) Luvas com redução de 100 mm para 50 mm.
- c) (2) Bombas de porão.
- d) (8) Joelhos de 25 mm
- e) (10) Tê de 25 mm.
- f) (1) tubulação de 2 metros.
- g) (2) Rolamento com diâmetro de 25 mm.
- h) (2) Parafuso rosqueado.
- i) (2) Porcas.
- j) (4) Arruelas.
- k) (1) acrílico 50 mm.

A construção da versão atual foi planejada primeiramente no software solidworks, onde foi possível dimensionar todas as partes do veículo e realizar testes de resistência de materiais para futuros aperfeiçoamentos. Em seguida, foi desempenhada a fase da aquisição de materiais mediante ao planejamento feito através do software solidworks. Posteriormente, a fase de construção foi iniciada contemplando a parte mecânica do veículo remotamente operado. Nesta fase foram montadas as partes da base do veículo, umas das mais importantes estruturas do trabalho. Isso se deve à necessidade de conhecer o centro de massa do protótipo, para que o mesmo possa vencer o empuxo que estará sujeito no ambiente marinho.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existindo o interesse pelo avanço nas pesquisas subaquáticas bem como a produção de dispositivos semelhantes ao apresentado, existe uma tendência natural de progressão deste e de outros



trabalhos, que poderão contar com apoio técnico advindo de referências bibliográficas. Com evolução de tais projetos, espera-se também que as pessoas possam ser agraciadas pelos avanços conseguidos.

Os trabalhos foram satisfatórios, mas apontam a necessidade de se aprimorar o dispositivo para ampliar seu número de aplicações, bem como seu uso sob condições mais severas. Os resultados são satisfatórios, mas deve haver uma busca constante por melhorias, mantendo o foco no baixo custo e na acessibilidade.

Há de se considerar que estas são apenas as primeiras versões de um projeto que ainda está em fase inicial, mas o interesse que ele desperta talvez esteja atrelado ao seu potencial futuro e a sua capacidade de mobilização de estudantes, que podem com seus conhecimentos básicos e munidos de esforço e força de vontade, produzir artefactos como estes.

Etapas anteriores deste projeto puderam ser apresentadas em eventos anteriores. Na semana Nacional de Ciência e tecnologia de 2011, durante a I Feira de Ciências da Bahia, promovida pela Secretaria Estadual de Ciência e Tecnologia, a primeira versão foi á público. Em seguida, o projeto foi enviado sob a forma de poster para o Congresso de Pesquisa e Inovação da rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, promovido pela Rede Norte Nordeste de Educação Profissional e Tecnológica e pela Secretaria de Educação Tecnológica (SETEC) do Ministério da Educação.

Este último trabalho foi apresentado durante a 10ª Feira Brasileira de Ciências e engenharia (FEBRACE X), que ocorreu de 12 a 17 de março de 2012, promovida pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Com os excelentes resultados já alcançados, que não se resumem a prêmios nem participações em eventos, a equipe está cada vez mais otimista e preparada pra prosseguir com a ideia. Agora é primar pelo aperfeiçoamento, focando sempre o pensamento na aprendizagem.

Os estudos devem progredir principalmente na área eletrônica, programação e vedação da estrutura física, para que seja possível ter um dispositivo mais confiável e pronto para ser utilizado. Mais dispositivos devem ser adicionados à estrutura para que ela possa ser mais versátil e útil em mais aplicações, principalmente em desenvolvimento de outras pesquisas que contemplam o ambiente marinho.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelas conquistas que o grupo obteve em decorrência do trabalho e pelo encaminhamento do projeto rumo às evoluções.

Aos colegas João Carlos Sampaio de Andrade e Jucimar Almeida que são membros da equipe inicial e que deram enormes contribuições ao projeto durante sua permanência no grupo.

Aos familiares dos colaboradores que foram capazes de compreender e prestar apoio aos membros da equipe nesta longa caminhada.

## **REFERÊNCIAS**

BARROS, E. A., SOARES, F. J. A. **Desenvolvimento de um Robô Submarino de Baixo Custo.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, XIV, 2002, Natal-RN. p. 2121-2126.

MORAES, C. E. **ROVFURG-I: Projeto e construção de um veículo subaquático não tripulado de baixo custo.** Rio Grande, 2005. 142p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica), Fundação Universidade Federal de Rio Grande.