

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA POLITÉCNICA

Monyque de Souza Reis

CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE EMBARCAÇÃO NÃO TRIPULADA PARA
LEVANTAMENTO DE DADOS AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA *OFFSHORE*

Santos

2019

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA POLITÉCNICA

Monyque de Souza Reis

**CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE EMBARCAÇÃO NÃO TRIPULADA PARA
LEVANTAMENTO DE DADOS AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA *OFFSHORE***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Engenharia de Minas e de
Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo como requisito para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia de Petróleo

Área de Concentração: Engenharia de Petróleo

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Elsa Vásquez Alvarez

Santos

2019

Reis Monyque De Souza

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Petróleo/Monyque De Souza Reis – Santos, 2019.

1.v

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Minas e De Petróleo.

1.Engenharia 2. Engenharia de Petróleo 3. Curso de graduação I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo II.t.

AGRADECIMENTOS

À professora Elsa Vásquez Alvarez, pela orientação e paciência durante esses meses de trabalho e pelo estímulo transmitido.

À minha família e à Simone De Campos Constantino, que sempre acreditaram na educação, utilizando-a como fonte de transformação social.

Aos amigos que ajudaram neste trabalho: Guilherme Lima Duarte, Gabriel Gomes dos Santos, Bruno Novais e Levi Andrade Marques do Senai. Paulo Sérgio Garcia Júnior e Juliana Rocha Nogueira da Engenharia de Petróleo da USP. Gabriela Rodrigues Oliveira e Luiz Henrique Moreira da Fatec, à Vitoria Menino Campos da Engenharia Mecânica da USP e à empresa *Ascarbon*.

Professor Eduardo Sansone e ao Mestrando Victor Marum pela revisão da monografia.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente na produção e execução desse Trabalho de Conclusão de Curso.

À escola Politécnica e ao Senai, que contribuíram com a minha formação, também ao seu corpo docente, direção e administração.

RESUMO

Protótipos de Embarcações Não Tripuladas vêm sendo construídas por instituições de pesquisa, tanto para testá-las em processos de captação e monitoramento de dados, quanto para aprimorar os componentes eletrônicos. Nesse sentido, o presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo projetar e construir uma Embarcação Não Tripulada. Para cumprir o objetivo foram utilizados os conceitos acadêmicos adquiridos durante o curso de Engenharia de Petróleo, além de robótica, programação e automação. Assim, o modelo do protótipo utilizou o *software SketchUp* considerando os parâmetros de angulação do casco e alocação dos componentes eletrônicos. Para a construção do barco aplicou-se fibra carbono e o policloreto de vinila de alta resistência. Posteriormente foram instalados os componentes eletrônicos internos e externos à embarcação. Os dispositivos eletrônicos foram testados inicialmente de forma independente e posteriormente disponibilizados numa placa de Arduino. A embarcação contém internamente uma placa ESP8266 NodeMcu que gerencia os sensores acoplados, realiza as conexões e as envia em tempo real ao usuário. Os sensores acoplados à placa são de temperatura, distância ultrassônico e umidade. As imagens são captadas por uma câmera GoPro *session 4* processadas por um notebook ou celular em tempo real. Por fim, espera-se ter contribuído com os detalhes de construção de um modelo não tripulado, batizado como Delta, tanto como material didático para o curso de engenharia de petróleo como para o desenvolvimento de futuras pesquisas na indústria *offshore* de petróleo.

PALAVRAS – CHAVE: Embarcação Não Tripulada, Sensoriamento, Protótipo.

ABSTRACT

Unmanned Vessel Prototypes have been built by research institutions, both to test them in data capture and monitoring processes and to improve electronic components. In this sense, the present course conclusion paper aims at the conception and construction of an Unmanned Vessel. To achieve the objective were used the academic concepts acquired during the course of Petroleum Engineering, as well as robotics, programming and automation. Thus, the prototype model used SketchUp software considering the parameters of hull angulation and allocation of electronic components. Carbon fiber and high strength polyvinyl chloride were applied to the construction of the boat. Subsequently, the internal and external electronic components of the vessel were installed. Electronic devices were initially independently tested and later made available on an Arduino board. The vessel internally contains an ESP8266 NodeMcu card that manages the attached sensors, makes connections and sends them in real time to the user. The sensors attached to the board are temperature, ultrasonic distance and humidity. Images are captured by a GoPro session 4 camera processed by a notebook or mobile phone in real time. Finally, it is expected to have contributed to the details of building an unmanned model, named Delta, both as a didactic material for the petroleum engineering course and for the development of future research in the offshore oil industry.

KEYWORDS: Unmanned Vessel, Sensing, Prototype

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVO	10
3. REVISÃO DA LITERATURA	11
4. MATERIAIS E MÉTODOS	16
4.1. Modelo Preliminar	16
4.2. Modelo Executado	17
4.3. A Flutuabilidade e o Cálculo de Volume da Embarcação	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
5.2. Construção do protótipo	29
5.3 Módulos Eletrônicos e seus testes de calibração	31
5.4. Testes Preliminares de Flutuabilidade e Cálculo de Volume da Embarcação	
39	
6. CONCLUSÕES	41
7. Sugestões para continuação do trabalho	42
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1. INTRODUÇÃO

Com as descobertas de petróleo nas camadas do pré-sal, o Brasil se converteu em um dos dez maiores produtores de petróleo do mundo. A produção diária de óleo no pré-sal triplicou, saltando de 500 mil barris por dia em 2014 para 1,5 milhão de barris por dia em 2018, (PETROBRAS, 2019).

O transporte frequente de óleo aumentou a preocupação com derramamentos, pois as atividades da indústria incluem riscos à vida humana e ao ecossistema marinho (MARTINS, 2013).

A estimativa de derramamento por navios-tanque, de 1970 a 2015 é de 5,72 milhões de toneladas (ITOPF, 2016). A sociedade se depara com grande necessidade de preservar o meio ambiente. O desenvolvimento de novas tecnologias de monitoramento, que abrangem a mobilidade de forma consciente, sem expor as pessoas e o meio ambiente ao risco se faz necessário (BRASKTAD, 2017).

A minimização da exposição pessoal a locais contaminados e o monitoramento e a coleta de fluidos em ambientes marinhos podem ser realizadas por Embarcações (Veículos) Não Tripulados. Uma Embarcação Não Tripulada é um robô que segue sinais gerados por controle remoto e recebe dados de sensores sobre posição, temperatura, profundidade, distância, velocidade e nível de bateria. Nesse sentido, os veículos não tripulados podem ser programados conforme a finalidade de aplicação na indústria de petróleo *offshore*. Por exemplo para a medição de temperatura da água, levantamento batimétrico, inspeção em casco de navio tipo FPSO, boias de sustentação de riser e porcentagem de dióxido de carbono.

Os Veículos Não Tripulados são classificados de acordo com seu ambiente de operação como demonstrado na (Figura 1).

Tabela 1: Classificação dos Veículos Não Tripulados.

AMBIENTE	CLASSIFICAÇÃO	SIGLA
TERRA	Veículos Não Tripulados de Superfície	CRAWLER
ÁGUA	Veículos Subaquáticos Remotamente Operados	ROV
	Embarcação Não Tripulada	USV
	Veículos Autônomos Subaquáticos	AUV
AR	Veículos Aéreos Não Tripulados	VANT

Fonte: Adaptado de SAADAWI (2017) apud SAADAWI (2019).

O uso de Embarcações Não Tripulados na indústria de petróleo é uma alternativa às intervenções tradicionais, envolvendo tecnologia avançada e alto investimento, devido à introdução dos equipamentos a ambientes desfavoráveis (SONAGLIO, SIMONI E WEIHMANN, 2016).

2. OBJETIVO

O objetivo do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi conceber, projetar geometricamente e construir uma Embarcação Não Tripulada. A proposta é que o protótipo tenha alta estabilidade, propulsão elétrica e sistema de navegação capaz de coletar informações de temperatura e umidade interna, distância do equipamento em relação a objetos externos, longitude, latitude, altitude e velocidade alcançada durante a operação.

3. REVISÃO DA LITERATURA

A indústria de petróleo *offshore* movimenta centenas de milhões de dólares em todas as fases da sua cadeia produtiva. Em cada uma das etapas, foram usados por muitos anos, equipamentos submarinos robotizados operados remotamente com o objetivo de auxiliar os responsáveis em locais onde o homem não podia chegar. Porém, segundo Zhao *et al.*, (2011) na década de 1980, veículos autônomos foram desenvolvidos, pois houve avanços na tecnologia alinhados com a revolução microeletrônica e o desenvolvimento de Componentes Integrados (CI) como: chips, processadores, *modems* e memória de computadores.

Segundo Curcio *et al.* (2005) e Zhao *et al.* (2011) o primeiro veículo semissubmersível não tripulado, chamado de O DOLPHIN, foi apresentado ao órgão *Internacional Submarine Engeneering* no Canadá. Ferreira *et. al.*, (2015) comentam que em apenas 10 anos, os avanços continuaram por conta da microeletrônica. O *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) em 1993 desenvolveu a primeira embarcação não tripulada denominada de ARTEMIS. Esta embarcação tinha pequenas dimensões, possuía baixa estabilidade e foi utilizada para levantamentos batimétricos. Posteriormente o barco foi convertido em catamarã com a finalidade de minimizar os problemas nas operações (VANECK *et. al.*, 1996; MANDELEY, 2008).

A evolução robótica chamou a atenção de Órgãos Públicos e instituições responsáveis pelo desenvolvimento de pesquisas. Os veículos se tornaram autônomos, independentes, portáteis, leves e capazes de oferecer comunicação rápida e em tempo real, suportando regiões de difícil acesso, sendo uma vantagem em relação as embarcações tradicionais (MANDELEY, 2008; FERREIRA *et al.* 2009; ZHAO *et al.*, 2011; GIORDANO *et al.*, 2015).

A tabelas 1 resume as principais informações das embarcações não tripuladas registrados por ano, país, tipo, nome, aplicação e organização.

Tabela 1: Lista de Embarcações Não Tripuladas.

ANO	PAÍS	TIPO	NOME	APLICAÇÃO e ORGANIZAÇÃO
1993	Estados Unidos	Barco Convencional	Artemis	Levantamento Batimétrico - Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT)
1996	Estados Unidos	Catamarã	Aces	Levantamento Batimétrico - Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT)
1999	Alemanha	Catamarã	Messin	Levantamento Batimétrico - Universidade de Rostock
	Portugal	Catamarã	Delfin	Aquisição de dados marítimos cooperativos com ROV –IST
2000	Estados Unidos	Barco Convencional	Autocat	Levantamento Batimétrico - Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT)
2003	Itália	Catamarã	Sesamo	Levantamento Batimétrico - CNR-ISSIA
	Estados Unidos	Caiaque	Scout	Cooperação com outras embarcações - Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT)
2004	Itália	Catamarã	Charlie	Levantamento Batimétrico - CNR-ISSIA
2005	Índia	Catamarã	Ross	Levantamento Batimétrico - Instituto Nacional de Oceanografia
	Grã-Bretanha	Catamarã	Springer	Levantamento Batimétrico - Universidade de Plymouth
	Estados Unidos	Barco Convencional	Bob	Levantamento Batimétrico - Virginia Tech
	Portugal	Catamarã	Zarco	Deteção e comunicação com outros veículos e redes - Universidade do Porto
2006	Estados Unidos	-	-	Levantamento Batimétrico - Academia Naval Estados Unidos
	Estados Unidos	Catamarã	Iris	Levantamento Batimétrico - WHSC
2007	China	Lancha	TRI0601	Teste de Potência de Motores - Instituto de Automação de Shenyang
	Estados Unidos	Catamarã	Circle	Educacional - Colégio de Engenharia Franklin W.Olin

Continua...

Tabela 1: Lista de Embarcações Não Tripuladas (Continuação).

ANO	PAÍS	TIPO	NOME	APLICAÇÃO e ORGANIZAÇÃO
2007	Portugal	Catamarã	SWORDFISH	Operações centradas em redes com nó de comunicação - Instituto Politécnico do Porto
	Estados Unidos	Lancha	OASIS III	Levantamento Batimétrico - Emergent Space Technologies
	Portugal	Catamarã	ROAZ II	Levantamento Batimétrico - Instituto Politécnico
2008	Estados Unidos	Barco Convencional	SEA-RAI	Levantamento Batimétrico - Universidade Texas A&M
	China	Barco Convencional	-	Levantamento Batimétrico - Universidade Marítima de Shanghai
	Estados Unidos	Lancha	WASP	Levantamento Batimétrico - Universidade Florida Atlantic
2009	Estados Unidos	Lancha	Nereus	Levantamento Batimétrico - Universidade Florida Atlantic
	Austrália	Catamarã	Wivenhoe	Levantamento Batimétrico - CSIRO ICT Center
2012	Itália	Catamarã	Catone	Levantamento Batimétrico – AerRobotix
2015	Itália	Catamarã	Microvega	Levantamento Batimétrico - Universidade de Nápolis

Fonte: Adaptado de ZHAO *et al.* (2011).

Um exemplo de Embarcação de Não Tripulada é apresentado na figura 1. Este veículo foi desenvolvido pelo MIT em 2000 (Vide Tabela 1).

Figura 1: Embarcação Não Tripulada – ASC AutoCAT.

Fonte: MANLEY (2008).

Segundo SAADAWI (2017) a ausência de pessoal habilitado e a praticidade na coleta de dados justifica o alto investimento em veículos autônomos para diferentes finalidades em cada segmento da indústria *offshore*.

A aquisição de dados a partir de Embarcação Não Tripulada oferece mais eficiência na qualidade das informações batimétricas, pois a pesquisa sempre é realizada em ambientes nocivos à saúde humana (ORTHMANN, 2016; WILLIAMS, 2016; HYDRO, 2017).

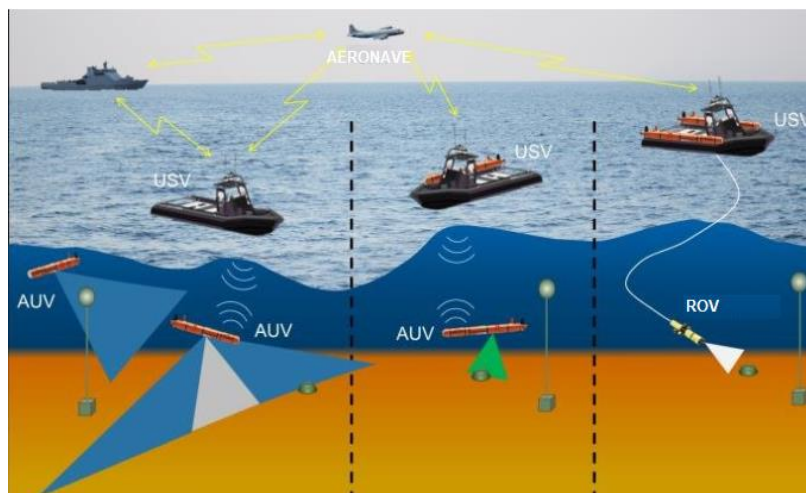
A embarcação não tripulada, pode ser beneficiada com a utilização complementar (cooperativo) dos Veículos Autônomos Subaquáticos utilizados (AUV's). Esses últimos são robôs pequenos, programáveis e não possuem cordão umbilical para alimentação, o que aumenta a profundidade de mergulho

O Veículo Subaquático Remotamente Operado (ROV) possui cabo de alimentação com profundidade restringida, mas transmite as informações em tempo real, já o Veículo Autônomo Subaquático (AUV) realiza tarefas submersas sem cordão umbilical, impossibilitando a transferência de dados em tempo real, os dados só podem ser visualizados após a missão, quando equipamento é recuperado e volta à terra. Uma alternativa ao trabalho isolado desses equipamentos é a atividade cooperativa complementar com drones ou Embarcações Não Tripuladas (ZAGATTI *et. al.*, 2018).

As missões cooperativas já foram usadas em empresas como a Subsea7 e Statoil. Os dados são coletados pelos Veículos Subaquáticos Autônomos em mergulhos programados e levados até uma Embarcação Não Tripulada ou Drone, que ficam responsáveis pela transmissão de informações à cabine de comando, pois tem acesso a redes de *wifi*, *bluetooth* ou rádio (ZAGATTI *et. al.*, 2018).

A figura 2 representa o sistema cooperativo, que utiliza um navio de comando responsável pelo envio de dados para aeronaves ou envio direto a embarcações não tripuladas, esses dados podem ser coletados por ROV's ou AUV's para realização de tarefas programadas.

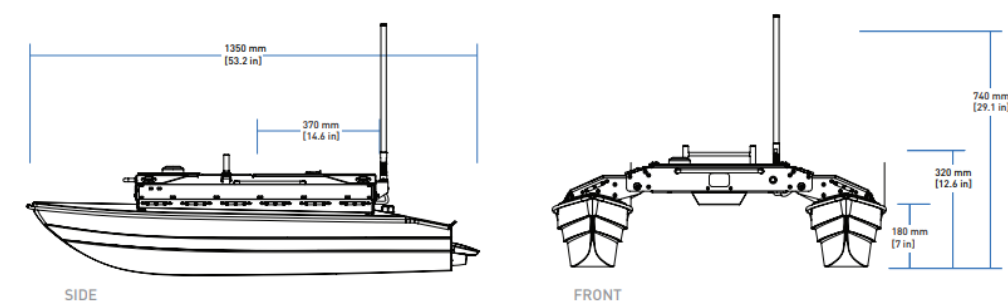
Figura 2: Trabalho cooperativo utilizando Robôs.



Fonte: ZAGATTI (2018).

Conforme foi descrito na tabela 1, há vários modelos de Veículos Não Tripulados na literatura. A embarcação que serviu como inspiração é do tipo catamarã, possuindo 1,7 metros, com propulsão elétrica, o equipamento tem 28 kg e suporta cargas de até 10 kg. Na figura 3 são apresentadas as vistas e as principais dimensões de um catamarã da literatura. O protótipo desenvolvido nesse trabalho, em um monocasco pode ser adaptado a um modelo catamarã de casco duplo para melhorar a performance, estabilidade e a distribuição de carga.

Figura 3: Medida lateral e frontal do Catamarã.



Fonte: GenerationRobots (2019).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Modelo Preliminar

A embarcação foi inicialmente idealizada em função do material recebido em doação (fibra de carbono e PVC). Assim um primeiro modelo de Embarcação Não Tripulada foi construído em isopor, o qual se danificou ao entrar em contato com tinta acrílica (vide figura 4a). Posteriormente um segundo barco foi construído em PVC, (vide figura 4b), com as seguintes dimensões 52 x 14 x 9 cm. Na figura 4c, se observa o segundo modelo pintado. Os modelos tiveram como finalidade estudar a distribuição e o funcionamento dos componentes eletrônicos.

Figura 4: Etapas de construção do modelo inicial.



Fonte: Acervo Pessoal.

Na primeira etapa do protótipo de PVC, propôs-se o uso de Arduino UNO R3, dotado de microcontrolador ATmega 328, 14 pinos entradas e saídas digitais, uma entrada de alimentação ICSP, uma conexão USB, um botão reset e um cristal oscilador de 16 MHz.

Além da placa Arduino UNO R3, precisa-se de no mínimo dois módulos para transmissão de dados em tempo real. O primeiro é o módulo *bluetooth* RS232 HC-05 responsável pelo envio de informações recebidas em operação, o qual apresentou inconstância na conexão, além de operar na distância máxima de 10 metros, prejudicando a navegação. O segundo módulo de Rádio Frequência – para transmissor, modelo MX-FS-03V de 433 MHz e para receptor modelo MX-05V de 433 MHz, com alcance máximo de 200 metros, porém apresenta instabilidade em locais que possuem obstáculos.

Com intuito de transmitir os dados utilizando *wifi*, uma análise de custo/ benefício demonstrou-se que a escolha de um *shield* Arduino *wifi* não é economicamente viável, visto que uma placa de desenvolvimento com mesmo chip ESP8266 é mais acessível e ocupa menos espaço no interior da embarcação. Logo o projeto do barco foi reorganizado e adaptado ao modelo ESP8266 NodeMcu placa muito conhecida em *IoT* (*Internet of Things*).

4.2. Modelo Executado

Com a nova configuração dos componentes e o material restrito disponibilizado pela empresa *Ascarbon*, o protótipo também teve de ser reconfigurado.

É importante ressaltar que tanto a construção do modelo físico, quanto os materiais usados na fabricação do protótipo foram doados pela empresa *Ascarbon* localizada em Santos. A autora do presente trabalho acompanhou cada uma das etapas da construção da embarcação. A técnica usada na fabricação foi de laminação e os materiais escolhidos pela empresa foram PVC e fibra de carbono. O processo de fabricação é feito por camadas e levou 5 dias para a embarcação ficar pronta. A nova geometria e as dimensões serão apresentadas na parte dos resultados.

Componentes eletrônicos são indispensáveis para comunicação em tempo real entre o usuário e o equipamento. Todos os dispositivos eletrônicos, tanto internos quanto externos do protótipo, necessários para o levantamento de dados, foram adquiridos com recursos próprios, totalizando R\$ 1.164,90 que são descritos vide apêndice E. Na Tabela 2 está listada cada um desses componentes e em seguida há uma descrição deles.

Tabela 2: Lista de Componentes e localização na Embarcação.

COMPONENTES	LOCALIZAÇÃO NA EMBARCAÇÃO
1) ESP8266 NodeMcu	Interna
2) Sensor DHT11	Interna
3) Motor DC Escovado Eixo e Hélice	Interna
4) ServoMotor TowerPro MG996R	Interna
5) Bateria de lipo recarregável de 7.4V	Interna
6) Caixa de comunicação com Controle Remoto 2.4 GHz	Interna
7) Controle Remoto 2.4GHz	Externa
8) Sensor JSN-SR04T	Externa
9) GPS GY – NEO6MV2	Externa
10) Câmera GoPro <i>session 4</i>	Externa

Fonte: Autoria Própria.

O modelo contém uma placa de desenvolvimento NodeMcu, composta por chip ESP8266 (veja figura 5) memória flash de 4MB, além do conversor serial (NODEMCU, 2018). O chip (ESP8266) é de baixo custo com processador e relógio. Ele é usado principalmente em projetos e aplicações voltadas para *IoT*. Dos 160 KB de memória RAM, metade é destinada ao usuário, possuindo em seu interior entradas, saídas e WiFi (ESP8266EX, 2018).

Figura 5: Chip ESP8266 Avulso



Fonte: ESP8266 (2017).

O ESP8266 NodeMcu se refere a placa de desenvolvimento, conforme a figura 6. A IDE utilizada para programar é a mesma do Arduino, que utiliza linguagem C/C++, aproveitando de forma eficiente o chip, evitando trabalhar com linguagens de tipagem dinâmica (NODEMCU, 2018).

Figura 6: ESP8266 NodeMcu usado para enviar dados da embarcação.



Fonte: Acervo Pessoal.

O ESP8266 NodeMcu funciona em três modelos de operação: *Station*, *Soft Access Point* e os dois ao mesmo tempo. Porém neste trabalho será usado apenas o modo *Station*. O dispositivo se conecta a uma rede *WiFi* existente criada por um roteador (*Station*), obtendo o *IP* (Internet Protocol) da rede que está conectado, esse *IP* configura um servidor da *Web* (*World Wide*), o servidor *Web* processa a entrega de páginas aos clientes, a comunicação ocorre por protocolo, conhecido como *HTTP* (*Hypertext Transfer Protocol*), utilizando o protocolo há solicitação de uma página específica e o servidor fornece os documentos no formato *HTML* (*Hypertext Markup*

Language), esse documento contém informações de longitude, latitude, umidade, temperatura e distância do equipamento, evitando choque da embarcação, monitorando grandezas internas, além de plotar as coordenadas necessárias para localização em operação (CURVELLO, 2015).

Outro dos componentes é sensor DHT11, este dispositivo de baixo custo é composto por 4 pinos de conexão com funções específicas, as ligações são simples, com sensor utilizando um termistor para coleta de temperatura e um sensor capacitivo para valores de umidade, controlado por 8 bits, todo sinal de temperatura e umidade recebido é transformado em sinal serial. Segundo Aosong (2017) o DHT11 pode medir temperaturas que variam de 0 a 50°C, com precisão de 2°C, e umidade entre 20 e 90% com precisão de 5%, as informações são tratadas pela biblioteca DHT11 (vide apêndice A).

A câmera GoPro *session 4* é um dispositivo resistente, com 8 Megapixels de resolução, presença de case de proteção completo embutido, 3 centímetros de tamanho e 74 gramas de peso. Os dados são enviados para o notebook ou celular ao conectar-se com uma rede *wifi* ou *bluetooth*, todos a partir de um aplicativo oficial da GoPro, mostrando em vídeo a localização em tempo real do protótipo da embarcação. A captura de vídeos é feita em 1080p60, 1440p30 e 720p100 (GOPRO, 2019).

O motor DC elétrico escovado é outro componente do modelo e funciona com uma fonte de energia a corrente contínua, conhecida por acionar energia mecânica a partir da elétrica (LYNN, 1949). O motor é revestido por uma liga de alumínio vazada, responsável pelo resfriamento. A água da navegação entra em contato com uma mangueira de PVC (Policloreto de vinila) por perfuração no casco, que leva esse resfriamento natural até a liga metálica, expulsando-a por outra perfuração no casco. O sistema de propulsão será ligado diretamente ao motor, com uma hélice controlável por linha de eixo, todos os comandos serão enviados a caixa de comunicação com controle remoto de 2.4 GHz. O motor DC com liga de alumínio e mangueiras em PVC pode ser verificado na figura 7.

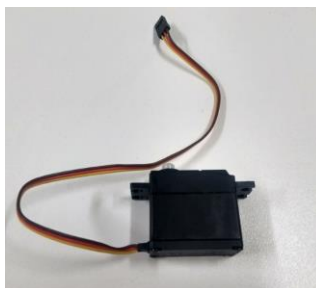
Figura 7: Motor DC utilizado no projeto.



Fonte: Acervo Pessoal.

Outro elemento utilizado no modelo é o servomotor TowerPro MG996R. O dispositivo tem apenas 180° de liberdade e é preciso, funciona recebendo um sinal proporcional a programação e será responsável pela movimentação do leme da embarcação (vide figura 8).

Figura 8: Servomotor utilizado no projeto.



Fonte: Acervo Pessoal.

A alimentação será realizada por uma bateria de lipo recarregável de 7.4V e 1500mAh (veja figura 9).

Figura 9: Bateria de Lipo utilizada no projeto.



Fonte: Acervo Pessoal.

O controle remoto de 2.4 GHz (veja figura 10) possui dois canais e fará a comunicação direta com o motor DC elétrico escovado e o servomotor TowerPro MG996R a partir da caixa de comunicação.

Figura 10: Controle RC utilizado no projeto.



Fonte: Acervo Pessoal.

O item sensor ultrassônico JSN-SR04T também faz parte dos componentes do modelo. Para acessar os dados recebidos e enviados, deve-se apenas definir os pinos durante a digitação do código (vide apêndice B). O elemento é a prova d'água usa e

reflexão de uma onda para determinar a distância. Ondas sonoras emitidas pelo sensor estão em frequências acima da capacidade auditiva humana, processando sem causar danos aos operadores. A velocidade de propagação do som é de 340 m/s, a temperatura de 20°C (SPEAKS, 1999), o sinal emitido tem um período para retornar ao sensor, responsável por medir a distância representada pela Equação (1) é fornecida por Fraden (2010):

$$L = v \cdot t/2 \quad (1)$$

Onde:

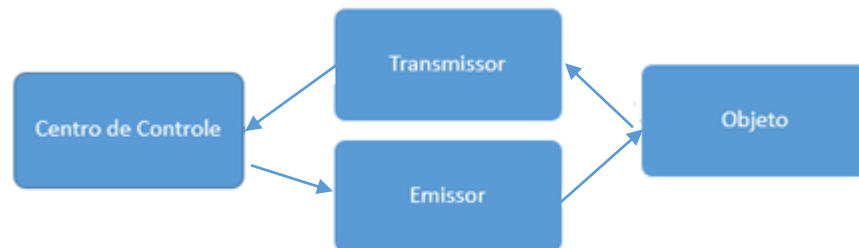
L = Distância do objeto;

v = Velocidade de propagação do som;

t = Tempo.

A superfície do objeto detectado pelo sensor JSN-SR04T também tem influência nas ondas refletidas, direcionando-as a outro local, impossibilitando a coleta. O efeito Doppler é outra eventualidade que pode ocorrer, pois há uma alteração na frequência da onda em propagação, de acordo com a velocidade relativa do seu emissor ao receptor, ou seja, ela pode não ser detectada quando retornar (FRADEN, 2010). Um sensor ultrassônico pode atuar tanto na transmissão quanto na recepção de ondas. Como transmissor, utiliza um transdutor piezoelétrico, composto por um cristal responsável pela geração de sinal elétrico que pode ser convertido em energia mecânica, forma adequada para geração de onda sonora que opera na faixa de frequência do ultrassom. Como receptor o mesmo transdutor é utilizado, pois o efeito piezoelétrico é reversível, e pode converter a onda mecânica em uma forma elétrica (FRADEN, 2010). O arranjo da figura 11 demonstra o sensoramento de distância JSN-SR04T:

Figura 11: Sensor de distância JSN-SR04T a prova d'água.



Fonte: Autoria Própria.

Para atenuação da onda emitida o coeficiente usado é o do ar, verificado na Equação (2) e fornecida por Balbinot e Brusamarello (2011):

$$\delta = 0,6 \text{ Db/m (2)}$$

Onde:

δ = Delta de atenuação, a onda é absorvida quando passa pelo meio;

Como emissor a direção do som é importante e dada pela Equação (3) fornecida por Balbinot e Brusamarello (2011):

$$\text{Sen}(\alpha/2) \approx \lambda/D \text{ (3)}$$

Onde:

D = Diâmetro da área irradiada;

λ = Comprimento de onda no ar;

α = Abertura angular do feixe de som principal.

Outra peça do protótipo é o GPS (*Global Positioning System*) que utiliza um Sistema de Posicionamento Global, o GNSS (*Global Navigation Satellite System*) é uma constelação de satélites que fornece dados de posição e temporização para os receptores. Cada receptor desenvolve seu protocolo de informação binária, padronizando a transferência de informação com o programa e usuário, mas existem formatos universais de comunicação como o NMEA (*National Marine Electronics Association*) e alguns programas de GNSS conseguem ler esses dados (GONÇALVES *et. al.*, 2012).

O NMEA é separado em módulos que podem ser visualizados a partir de dados GNSS, construídos por textos:

- **GGA** (Informação sobre posição, número de satélites, tempo, correção de dados);
- **GLL** (Informação sobre posição geográfica - Latitude e Longitude WGS84);
- **GSA** (Informações sobre os satélites GNSS ativos e números observados);
- **GSV** (Satélites GNSS por números);
- **RMC** (informações GNSS mínimas e recomendadas);
- **VTG** (Informações de percurso horizontais e verticais);
- **ZDA** (Tempo e data).

Um exemplo de recebimento de dados é mostrado na figura 12.

Figura 12: Formato de dados recebidos pelo módulo GPS GY-NEO6MV2.

```

Coletando Dados do Modulo...
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
$GPVTG,,,,,,,,,N*30
$GPGGA,,,,,0,00,99.99,,,,,*48
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,99.99,99.99,99.99*30
$GPGSV,2,1,06,04,,,15,16,,,13,18,,,20,20,,,16*77
$GPGSV,2,2,06,28,,,17,30,,,16*77
$GPGLL,,,,,V,N*64
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
$GPVTG,,,,,,,,,N*30
$GPGGA,,,,,0,00,99.99,,,,,*48
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,99.99,99.99,99.99*30
$GPGSV,2,1,05,16,,,10,18,,,21,20,,,11,28,,,11*7B
$GPGSV,2,2,05,30,,,10*7E
$GPGLL,,,,,V,N*64
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
$GPVTG,,,,,,,,,N*30
$GPGGA,,,,,0,00,99.99,,,,,*48
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,99.99,99.99,99.99*30
$GPGSV,2,1,05,16,,,09,18,,,19,20,,,08,28,,,09*79

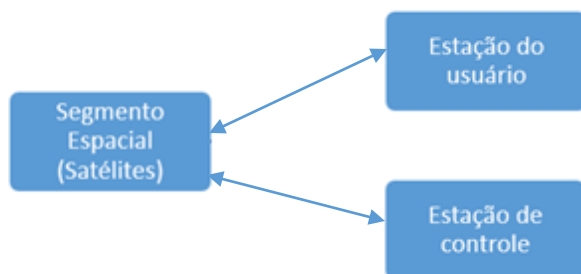
```

Fonte: Acervo Pessoal.

Em vermelho destaca-se os módulos NMEA citados que são visualizados a partir das informações em GNSS. O sistema GNSS é dividido em três partes, discriminadas em: espacial, de usuário e controle.

Neste trabalho, o sistema usa o segmento de usuário, com equipamentos que processam sinais recebidos tornando-os disponíveis. É possível interpretar longitude, latitude, horário, velocidade do equipamento, número de satélites habilitados e país de origem desses satélites, usando a biblioteca *SoftwareSerial.h* (vide apêndice C). (GONÇALVES *et. al.*,2012).

Figura 13: Segmentos espacial, de controle e usuário.



Fonte: Adaptado NovAtel (2019).

É importante notar que, muitas regiões do mundo possuem seu sistema de navegação próprio, por exemplo, os Estados Unidos usam o GPS, a Rússia o GLONASS, a China o BeiDou e a Europa o Galileo.

O último componente é uma câmera GoPro *session 4*, responsável pelo registro programado, transmissões diretas e armazenamento de dados definidos pelo usuário. Todas as informações podem ser acessadas simultaneamente, desde que as pessoas estejam na mesma rede.

4.3. A Flutuabilidade e o Cálculo de Volume da Embarcação

A flutuabilidade da embarcação assegura que o empuxo seja suficiente para que o peso e o volume estejam acima da linha de superfície da água, em outras palavras para a embarcação flutuar o peso do líquido deslocado deve ser superior ao peso da embarcação. A estrutura monocasco foi testada em um ambiente que comporta 30 litros de água e tem em dimensões 53,5 cm de largura e 51 cm de comprimento (SAADAWI, 2017).

A embarcação, sem os componentes eletrônicos, tem peso de 300g, o ensaio para cálculo de volume foi realizado 3 vezes, visando submeter água no interior do modelo a fim de deixá-lo submerso.

A equação 4 foi utilizada para calcular o volume da embarcação

$$\text{Empuxo} = \text{Pesobarco} + \text{água} \quad (4)$$

Para determinar a flutuabilidade foi utilizada a razão (equação 5) entre o peso e o volume do barco.

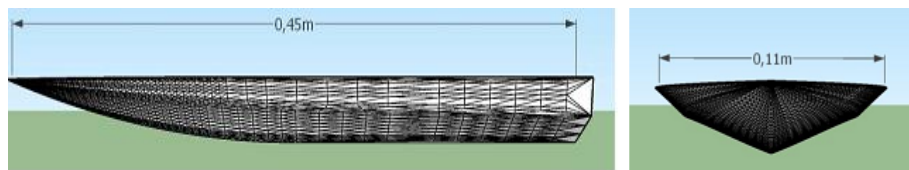
$$\text{Flutuabilidade} = \text{Pesobarco} / \text{Pesoaguadeslocada} \quad (5)$$

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Projeto Geométrico

O modelo geométrico virtual foi desenhado usando o *software SketchUp*. A embarcação inspirada em um catamarã tem medidas de 45 centímetros de comprimento, 11 centímetros de altura e 11 centímetros de largura. Na figura 14 são apresentadas as vistas ortográficas cotadas do modelo virtual.

Figura 14. Vista Lateral Esquerda e Vista Frontal



Fonte: Acervo Pessoal.

5.2. Construção do protótipo

Conforme descrito no item materiais e métodos, a construção do modelo físico foi uma doação da empresa *Ascarbon*, mas foi acompanhado de perto cada etapa de construção. A embarcação denominada Delta, foi construída com três peças, o casco, a tampa e o encaixe da tampa. Este último facilita a incorporação dos dispositivos eletrônicos e realização de manutenção interna. Na figura 15 se observa a colocação da fibra de carbono nas duas peças (casco e tampa) da embarcação, o processo foi feito a vácuo.

Figura 15. Processo a vácuo de colocação da fibra de carbono



Fonte: Acervo Pessoal

As peças da embarcação no processo final de acabamento são apresentadas na figura 16a. A tampa para manutenção foi redimensionada para facilitar a retirada dos módulos eletrônicos. O protótipo físico finalizado, porém, ainda sem os componentes eletrônicos se observa na figura 16b.

Figura 16. Modelo físico do barco em fibra de carbono

a) Peças

b) Protótipo Montado



Fonte: Acervo Pessoal

As informações adicionais da embarcação se encontram no *datasheet* na figura 17.

Figura 17. Datasheet e informações importantes do modelo

EMBARCAÇÃO NÃO TRIPULADA



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
TAMANHO E PESO	
Dimensões	45 X 11 X 11 cm
Peso	300g
VELOCIDADE E PERFORMANCE	
Velocidade Máxima	30 km/h
Sistema de Propulsão	Elétrica
BATERIA E SISTEMA DE ENERGIA	
Carregador Portátil	20000 mAh
Química da Bateria	Lítio
Capacidade	7,4 V - 1500 mAh
Tempo (Carregar)	120 Minutos
Tempo(Operação)	30 Minutos
INTERFACE DE COMUNICAÇÃO	
Base de Sensores	Temperatura, Umidade, Distância Ultrassônica
Navegação	GPS GY-NE06M
Wireless	2,4GHz
Placa de Desenvolvimento	ESP8266 NodeMcu
Controle RC	2,4 GHz - 2CH
Programas Utilizados	IDE Arduino, U-Center
TEMPERATURA E AMBIENTE	
Ambiente Operação	0 a 30 °C (32 a 86 °F)
Temperatura Interna	5 a 30 °C (21 a 86 °F)

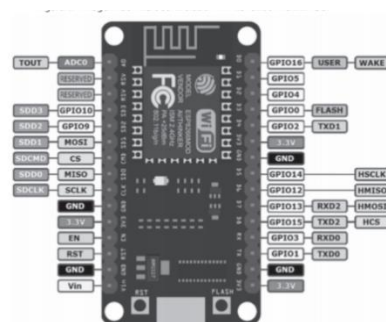
Fonte: Acervo Pessoal.

5.3 Módulos Eletrônicos e seus testes de calibração

Os componentes eletrônicos do equipamento são indispensáveis para comunicação entre o usuário e a integração com ambiente de monitoramento. Todos os sensores foram testados separadamente antes de uni-los à placa de desenvolvimento ESP8266 NodeMcu.

Os testes iniciais com a placa de desenvolvimento ESP8266 NodeMcu utilizada como fonte de comunicação entre sensores internos, externos e usuários foram eficientes. A figura 18 demonstra a pinagem de um exemplo de placa de desenvolvimento e na figura 19 o modelo para testes com os sensores de temperatura, umidade, sensor ultrassônico e GPS. Bibliotecas foram necessárias para coleta de dados correta, além do funcionamento de conexão, entre elas estão a ESP8266WiFi.h, ESP8266WebServer.h, SoftwareSerial.h (GPS) e a DHT11.h, apresentadas no apêndice D.

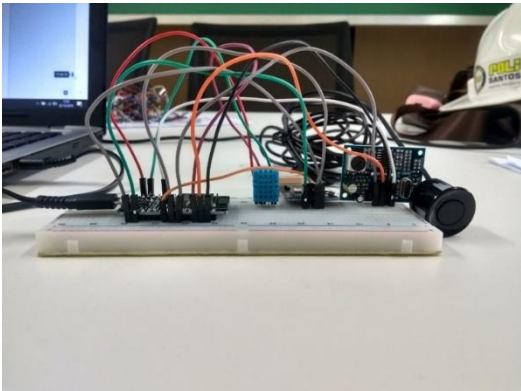
Figura 18: ESP8266 NodeMcu - pinagem completa – especificações técnicas



Especificações	Siglas impressas na placa
Tensão de Alimentação	3,3V
Sinal Terra	GND
Network Protocol	FTP/HTTP/UDP/TCP/IPv4
Arquitetura	32 bits
Sinal de Reset	RST
Memória flash	16 Mb
17 Pinos	GPIO

Fonte: (CURVELLO, 2015).

Figura 19: Módulo para testes com sensores em conjunto conectados ao ESP8266 NodeMcu



Fonte: Acervo Pessoal.

Os dados podem ser acessados digitando o IP da rede em um navegador padrão, onde as informações são obtidas no formato de documento HTML, lembrando que a atualização dos dados fica por conta do usuário e deve ser realizada recarregando a página. Na figura 20 é apresentado os resultados de um teste realizado no dia 12 de outubro de 2019.

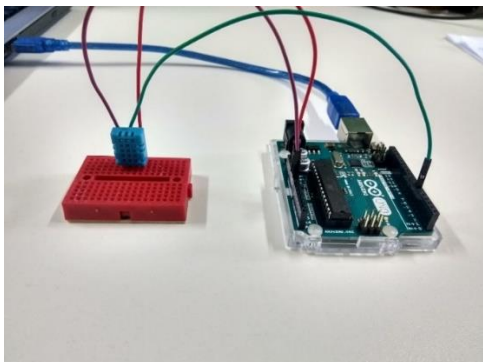
Figura 20: Resultados dos testes 1.0 da embarcação Delta.



Fonte: Acervo Pessoal.

O sensor de temperatura e umidade DHT11 foi testado ao ar livre e apresentou resultados concordantes com desvios mínimos e toleráveis se comparados com os dados apurados no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), esses testes serviram para validar o funcionamento do capacitor (umidade) e termistor (temperatura). Os testes foram realizados com o módulo DTH11 mostrado na figura 21 e os resultados estão presentes na figura 22.

Figura 21: Módulo do sensor DHT11 para testes na plataforma Arduino e suas especificações



Especificações	Valores
Faixa de medição de umidade	20 a 90%
Faixa de medição de temperatura	0° a 50°C
Alimentação	3-5V
Precisão de medida de umidade	5%
Precisão de medida de temperatura	2°C

Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 22: Resultados dos testes 1.0 da embarcação Delta e previsão do tempo no site do INPE.

DHT11 TESTE DE EMBARCAÇÃO
 Umidade: 86.00 %Temperatura: 27.10 °C
 Umidade: 86.00 %Temperatura: 27.10 °C
 Umidade: 86.00 %Temperatura: 27.10 °C
 Umidade: 86.00 %Temperatura: 27.10 °C
 Umidade: 86.00 %Temperatura: 27.10 °C
 Umidade: 86.00 %Temperatura: 27.10 °C
 Umidade: 86.00 %Temperatura: 27.20 °C
 Umidade: 86.00 %Temperatura: 27.20 °C



Fonte: acervo pessoal;

Fonte: INPE (2019).

A câmera GoPro utilizada no projeto e suas especificações técnicas são listadas na figura 23.

Figura 23: GoPro Session 4 e suas especificações.

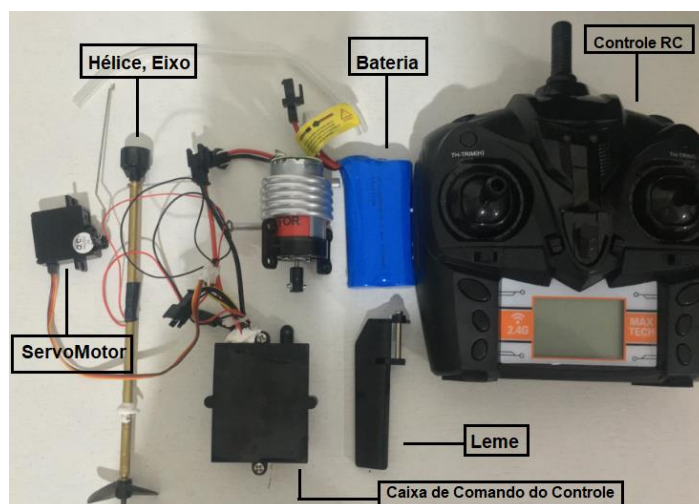
Resolução de vídeo	Quadros por segundo	Campo de Visão
1440p	30, 25	Ultralargo
1080p	60, 50, 30, 25	Grande Angular
SuperView 1080p	48, 30, 25	Ultralargo
960p	60, 50, 30, 25	Ultralargo
720	100, 60, 50, 30, 25	Grande Angular



Fonte: Acervo Pessoal.

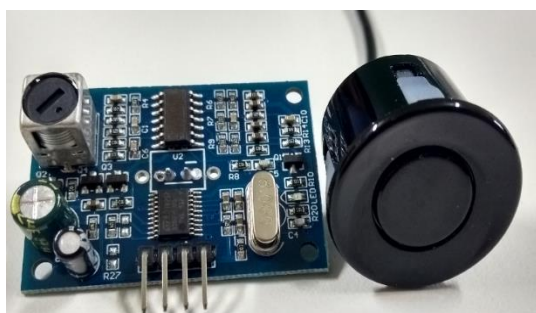
Os módulos da embarcação responsáveis pela movimentação e pela medição de distância são mostrados nas figuras 23 e 24, respectivamente.

Figura 24: Módulos responsáveis pela movimentação da embarcação.



Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 25: Sensor Ultrassônico à prova d'água JSN-SR04T



Especificações	Valores
Tensão de Alimentação	5V
Comprimento do cabo	2,5 metros
Distância de detecção	25 cm a 4,5 metros
Frequência Ultrassônica	40 KHz
Dimensões	41.5mm x 28.5 mm x 17 mm

Fonte: Arquivo Pessoal.

Um teste com o sensor JSN-SR04T foi realizado no dia 19 de setembro de 2019 no laboratório da engenharia de petróleo em Santos, a fim de demonstrar a calibração correta do módulo. Os resultados foram coletados com base na aproximação e afastamento de uma *proto board*, referente a um objeto fixo. Na figura 25, apresenta-se

a distância do sensor até a *protoboard* em centímetros, calculados pela velocidade de ida e volta da onda acústica, segundo a equação 1.

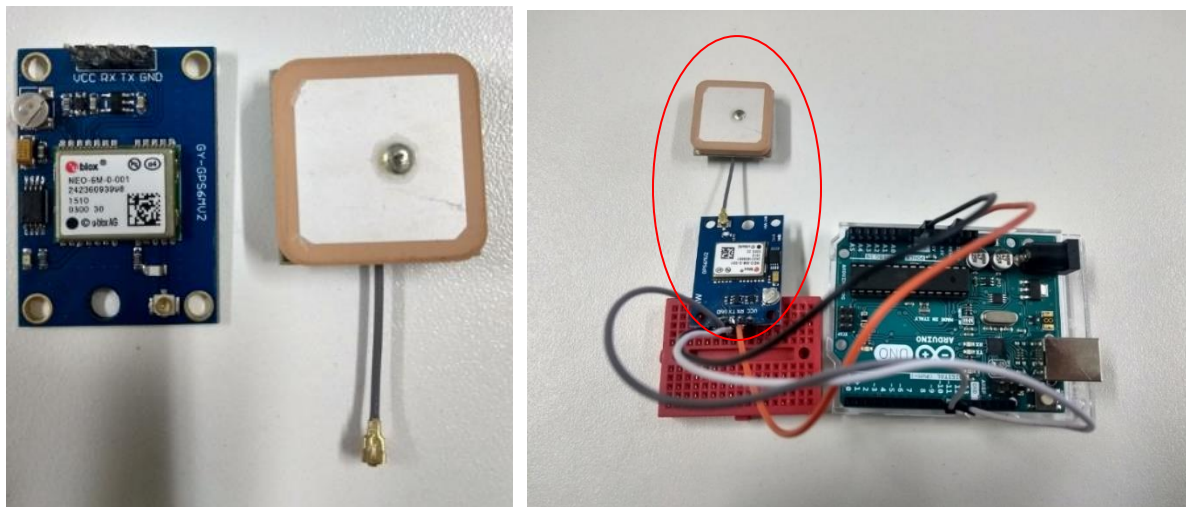
Figura 26: Distâncias coletadas em teste laboratorial para sensor JSN-SR04T

```
Distância: 165.45 cm
Distância: 197.17 cm
Distância: 182.71 cm
Distância: 264.18 cm
Distância: 156.55 cm
Distância: 704.92 cm
Distância: 979.71 cm
Distância: 928.25 cm
Distância: 987.67 cm
Distância: 900.26 cm
Distância: 952.22 cm
Distância: 941.45 cm
Distância: 1002.94 cm
Distância: 916.56 cm
Distância: 928.27 cm
Distância: 969.49 cm
Distância: 888.88 cm
```

Fonte: Acervo Pessoal.

Testes também foram realizados com módulo GPS GY-NEO6MV2 (veja figura 26), a alimentação da placa é de 3,3 V e 4,5 mA de corrente. O GPS é simples, funcionando com apenas 4 fios de ligação. O teste com módulo GPS verifica a comunicação, acessada pela biblioteca nativa do programa. Note que é possível configurar as portas RX, TX que utilizam o protocolo de comunicação Serial TTL. O módulo possui um processador próprio, independente do Arduino. O código utiliza 9600 bits como velocidade de comunicação serial.

Figura 27: GPS GY-NEO6MV2 utilizado para coleta de dados.



Fonte: Acervo Pessoal.

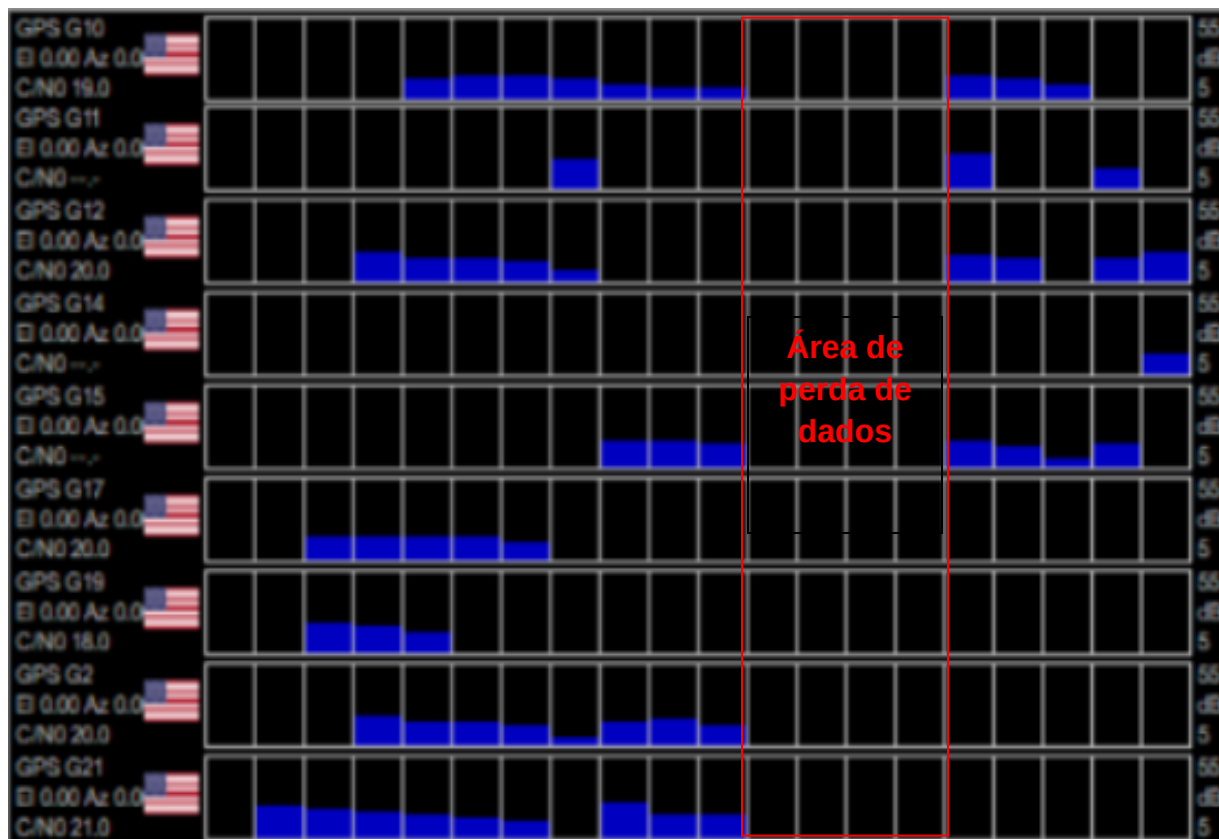
O módulo tem um software próprio, denominado U-Center, onde é possível verificar dados de longitude, latitude, altitude, descrição de velocidade em m/s nos planos V_x , V_y e V_z , além de fornecer o número de satélites que enviaram a informação naquele instante. A ferramenta pode ser personalizada pelo usuário de modo que torne a *interface* mais intuitiva para as análises. A figura 27 demonstra a personalização realizada para o teste em céu aberto, com o GPS em velocidade de 0 m/s e sem alterações nos pontos V_x , V_y e V_z . E na figura 28 se observa 9 satélites norte-americanos, enviando sinais para o módulo de GPS com intensidade variável representada por retângulos da cor azul. Note que os sinais, são descontínuos a ponto de perder os dados na área ressaltada em vermelho.

Figura 28: Software U-center interpretando dados NMEA. Latitude selecionada em azul.

SMEASExt1Fre...	0					0	ppb	SMEAS ext 1 frequenc...
SMEASExt1Fre...	0					0	ppb	SMEAS ext 1 frequenc...
SMEASIntPha...	0					0	ns	SMEAS internal phase ...
SMEASIntPha...	0					0	ns	SMEAS internal phase ...
SMEASGNSSP...	0					0	ns	SMEAS GNSS phase of...
SMEASGNSSP...	0					0	ns	SMEAS GNSS phase u...
SMEASExt0Ph...	0					0	ns	SMEAS ext 0 phase off...
SMEASExt0Ph...	0					0	ns	SMEAS ext 0 phase un...
SMEASExt1Ph...	0					0	ns	SMEAS ext 1 phase off...
SMEASExt1Ph...	0					0	ns	SMEAS ext 1 phase un...
Lat	1	369	-23.96790700	-23.96790700	-23.96790700	-23.96790700	*	Position LTP Latitude
Lon	1	369	-46.34971267	-46.34971267	-46.34971267	-46.34971267	*	Position LTP Longitude
Alt (HAE)	1	369	49.583	49.583	49.583	49.583	m	Position LTP Altitude (...)
Alt (MSL)	1	369	0.000	0.000	0.000	0.000	m	Position LTP Altitude (...)
X	1	369	4025178.077	4025178.077	4025178.077	4025178.077	m	Position ECEF X
Y	1	369	-4219431.707	-4219431.707	-4219431.707	-4219431.707	m	Position ECEF Y
Z	1	369	-2575055.911	-2575055.911	-2575055.911	-2575055.911	m	Position ECEF Z
PACC 3D	0					0.000	m	Position Accuracy 3D
PACC H	0					0.000	m	Horizontal Position Ac...
PACC V	0					0.000	m	Vertical Position Accur...
2d Err	1	369	-1.0m -1.0m					2D Error Ellipse (Major,...
Odometer - G...	0					0	m	Ground Distance
Odometer - T...	0					0	m	Total Cumulative Grou...
Odometer - ...	0					0	nm	Water Distance
Odometer - T...	0					0	nm	Total Cumulative Wat...
Odometer - A...	0					0	m	Accuracy
VX	0					0.00	m/s	Velocity ECEF X
VY	0					0.00	m/s	Velocity ECEF Y
VZ	0					0.00	m/s	Velocity ECEF Z
VN	0					0.00	m/s	Velocity LTP North
VE	0					0.00	m/s	Velocity LTP East
VD	0					0.00	m/s	Velocity LTP Down
Speed	0					0.00	m/s	Speed
SoG	0					0.00	m/s	Speed over Ground
CoG	0					0.00	deg	Course over Ground
Pitch	0					0.00	*	Pitch
VACC 3D	0					0.00	m/s	Velocity Accuracy 3D

Fonte: (U-Center,2019)

Figura 29: Satélites norte-americanos responsáveis pelo envio de informações ao módulo GPS.



Fonte: (U-Center,2019).

5.4. Testes Preliminares de Flutuabilidade e Cálculo de Volume da Embarcação

Conforme descrito no item de materiais e métodos, foram realizados 3 testes preliminares para o cálculo da flutuabilidade. Na tabela 8 demonstra os valores coletados no dia 02 de novembro de 2019.

Tabela 8. Número de ensaios realizados e valores em litros necessários para submergir a embarcação.

ENSAIOS	VALORES (L)
Ensaio 1	1,5 litros
Ensaio 2	1,5 litros
Ensaio 3	1,6 litros
Média	1,5 litros

Fonte: Acervo Pessoal.

$$\text{Empuxo} = 0,3g + 1,5g = \text{densidadeÁgua} \cdot \text{Volumeb.g}$$

$$\text{Volumeb} = \boxed{1,8 \text{ litros}}$$

O cálculo preliminar comprova que a razão matemática de flutuabilidade é inferior a 1, logo, o veículo não tripulado manteve-se dentro da faixa esperada para operar em segurança, sem alterar o equilíbrio do barco. A razão matemática leva em consideração o Peso da embarcação sobre o Peso do fluido deslocado.

$$\text{Pesobarco/Pesoaguadeslocada} = \boxed{0,3/1,8 = 0,16}$$

6. CONCLUSÕES

A construção da Embarcação é uma alternativa de segurança operacional *offshore*, por não ser tripulada, além de reduzir custos e atuar em áreas de difícil acesso. A embarcação pode substituir embarcações para levantamentos hidrográficos, pois consistem em operações de alto custo, oferecendo pouca segurança e por utilizarem atualmente embarcações tradicionais tripuladas em zonas de risco.

A Fabricação do protótipo envolveu o desenho virtual no software *SketchUp* e a sua construção foi em fibra de carbono e policloreto de vinila.

Os dispositivos eletrônicos foram testados com sucesso. A ESP8266 NodeMcu é uma alternativa menor e mais barata, que realizou conexões enviando-as em tempo real a um navegador padrão ao informar o IP da rede usada, demonstrando estabilidade na troca de informações. Um ponto negativo é a atualização dos dados que devem ser feitas pelo usuário, recarregando a página do navegador.

O sensor DTH11 foi testado isoladamente e apresentou um leve desvio na coleta das temperaturas, o que não ocorreu com a umidade, mas esse desvio já era previsto pelo fabricante.

Ficou demonstrado que o sensor de distância ultrassônico funciona em superfícies que não apresentam possibilidade de dispersão de sinal das ondas, quando entram em contato com ambientes dispersivos há quebra de sinal ou lentidão no recebimento das informações.

O GPS funcionou corretamente recebendo dados padrão NMEA, os dados devem ser tratados com bibliotecas específicas ou como ensaiado com o *software* U-Center, que fornece dados precisos de satélites em tempo real, longitude, latitude, altitude, velocidade e posição no mapa geográfico. O ponto negativo da coleta de dados foi o período nublado, que impossibilitou a coleta em cinco dias consecutivos.

7. Sugestões para continuação do trabalho

Desenvolver um algoritmo que identifique padrões em imagens e reconheça-as, facilitando o trabalho do usuário.

Incorporar a geração de energia renovável por intermédio de placas solares, tornando a embarcação autônoma.

Desenvolver um algoritmo que realize medição de posição e velocidade dos ventos (posicionamento dinâmico) enviando um comando aos propulsores para tornar a embarcação completamente autônoma.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCUWEATHER. Disponível em: <https://www.accuweather.com/pt/br/santos/36358/may-weather/36358>. Acesso em: 14 de junho de 2019.

AOSONG Electronics Co. Ltd. Datasheet: DHT11, 2017.

BALBINOT, A.; BRUSAMARELLO, V. J. Instrumentação e Fundamentos de Medidas. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC. v. 2. 490 p. ISBN 978-85-216-1879-9, 2011.

BRASKTAD, O. G. Biodegradation of Petroleum Oil in Cold Marine Environments. Psychrophiles: From Biodiversity to Biotechnology, 2017.

CHEN, J. et al. Identifying critical factors of oil spill in the tanker shipping industry worldwide. Journal of Cleaner Production, v. 180, p. 1-10, 2018.

CURCIO, J.; LEONARD, J.; PATRIKALAKIS, A. SCOUT, A. Low cost autonomous surface platform for research in cooperative autonomy. In: Proceedings of OCEANS 2005 MTS/IEEE. IEEE, p. 725-729, 2005.

CURVELLO, A. Apresentando o módulo ESP8266. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/modulo-esp8266/>>. Acesso em: 29/09/2019.

DAVE, E. Internet de las cosas - Como la próxima evolución de Internet lo cambia todo. Cisco Internet Business Solutions Group IBSG, 2011.

ESP826612 e WIFI MODULE. Disponível em: <<https://modernelectronics.com:pk/product/esp8266-12e-wifi-module/>>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

ESP8266EX Datasheet. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 23 de setembro de 2019.

FERREIRA, H.; ALMEIDA, C.; MARTINS, A.; ALMEIDA, J.; DIAS, N.; DIAS, A.; SILVA, E. Autonomous bathymetry for risk assessment with ROAZ robotic surface vehicle. In: Oceans 2009-Europe, IEEE, p. 1-6, 2009.

FRADEN, J. Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications. 4. ed. Nova York: Springer, 663 p. ISBN 978-1-4419-6465-6, 2010.

GENERATIONROBOTS. Disponível em: <https://www.generationrobots.com/>. Acesso: 10 de setembro de 2019.

GIORDANO, F.; MATTEI, G.; PARENTE, C.; PELUSO, F.; SANTAMARIA, R. Integrating Sensors into a Marine Drone for Bathymetric 3D Surveys in Shallow Waters. Sensors, v. 16, n. 1, p. 41, 2015.

GNSS. Disponível em: <https://www.novatel.com/an-introduction-to-gnss/chapter-1-overview/section-1>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.

GONÇALVES, J.A; MADEIRA, S.; SOUSA, J.J. TOPOGRAFIA: Conceitos e Aplicações. 3. ed. Lisboa: Lidel, 2012.

HOFFMANN, R. MCALLISTER, I. CHEVRON CANADA. Use of Unmanned Aerial Systems Reduces HES Risks. Presented at the SPE International Conference and Exhibition on Health, SAFETY, Security, Environment, and Social Responsibility, 16-18 April, Abu Dhabi UAE. SPE-190508-MS, 2018.

HYDRO. JANUS Agreed as First International Underwater Communication Protocol. Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/news/janus-first-international-underwater-communication-protocol>. Acesso: 22 de Maio 2019.

HYDRO. Unmanned Mapping of Ultra-shallow Waters. Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/unmanned-mapping-of-ultra-shallow-waters>. Acesso: 22 de maio 2019.

IBAMA. Informação Técnica ELPN/IBAMA N 023/02 - Modelagem de Derramamento de óleo no mar. 2002.

IGS, International GNSS Service. IGS Products. Site:< <http://www.igs.org/news/igs14-reference-frame-transition>>. Acesso em: 10 de outubro 2019.

INPE. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos: Previsão de Tempo por Período. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, São Paulo. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/previsao-tempo/sp/santos>. Acesso em: 25 de outubro de 2019.

ITOPF. Oil Tanker Spill Statistics. The International Tanker Owners Pollution Federation Limited. 2016.

LACHAUD, E.; MONBEIG, Y.; NOLLEAU, P.; HARDY, A.; THOMPSON, M.; LARDEUX, M.; TOTAL. Opportunities and Challengers of Remote Operating a ROV Embarked on USV. Presented the Offshore Technology Conference, 3 May, Houston, OCT- 29000-MS. 2018.

LYNN, C. Motor Characteristics and Regulation. Knowlton, A.E. (ed.). *Standard Handbook for Electrical Engineers*. McGraw-Hill. pp. 826–831, 1949.

LYS, P-O, ELDER, K. AND ARCHER, J. METIS, a disruptive R&D Project to Revolutionize Land Seismic Acquisition. Society of Exploration Geophysicists paper no RDP2018-41752683.1, 2018.

MANDELEY, J. E. Unmanned surface vehicles, 15 years of development. In: OCEANS 2008, IEEE, p. 1-4, 2008.

MARTINS, E. M. O. Transporte marítimo sustentável: o desafio da segurança marítima e da proteção do meio ambiente marinho no contexto do pré-sal, 2013.

NEWELL, T. Technical Building Blocks for a Resident Subsea Vehicle. Presented at the Offshore Technology Conference, 30 April – 3 May, Houston, OTC-28856-MS, 2018.

NodeMCU, DEVKIT V1.0. Disponível em: <<https://github.com/nodemcu/nodemcu-devkit-v1.0/blob/master/README.md>>. Acesso em: 23 de setembro 2019.

NORMAM-01/mod 33. Normas da Autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação em Mar Aberto Marinha do Brasil. Diretoria de Portos e Costas, 2005.

ORTHMANN, A. Bering Sea ASV Force Multiplier. [Online]. Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/bering-sea-asv-force-multiplier>. Acesso: 22 de maio de 2019.

PETROBRAS. Nossas Tecnologias, Pré-Sal. Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/pre-sal/>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.

GOPRO. Disponível em < [https:// www.gopro.com/en/us/](https://www.gopro.com/en/us/)> Acesso em: 25 de outubro de 2019.

SAADAWI, H. Unmanned Vehicles and Robotics Gain Momentum. Oil and Gas Facilities. Disponível em: <https://www.spe.org/en/ogf/ogf-artigo-detalle/>. Acesso: 20 de maio de 2019.

SAADAWI, H.; HUGHES, B.; GE COMPANY. The Growing Role of Unmanned Vehicles in the Oil Industry. Presented the SPE Western Regional Meeting. 23 - 26 April, California, SPE-195255-MS, 2019.

SONAGLIO, R., SIMONI, R., WEIHMANN, L. Inspeção subaquática em águas rasas. 26º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore - SOBENA 2016.

SPEAKS, Charles E. Introduction to Sound: Acoustics for the Hearing and Speech Sciences. 3. ed. San Diego: Singular Publishing Group. 316 p. ISBN 978-0-412-48760-6, 1999.

STEWART, R., CHANG, L., SURDARSHAN, S. BECKER, A. AND HUANG, L. An Unmanned Aerial Vehicle with Vibration Sensing Ability (Seismic Drone). Presented at the SEG International Exposition and Annual Meeting, 16-12 October, Dallas, Texas. Paper SEG-2016-13973407, 2016.

VANECK, T. W.; RODRIGUEZ-ORTIZ, C. D.; SCHMIDT, M. C.; MANLEY, J. E. Automated bathymetry using an autonomous surface craft. Navigation, v. 43, n. 4, p. 407-419, 1996.

WILLIAMS, J. Autonomous Vessel Delivers in Challenging Environment. Acesso em: 19 de maio de 2019:

ZHAO, J.; YAN, W.; JIN, X. Brief review of autonomous surface crafts. ICIC Express Letters, v. 5, n. 12, p. 4381-4386. Enlaces consultados: <https://www.hydrointernational.com/content/article/autonomousvessel-delivers-in-challenging-environment>. ZHAO, C.; CHEN, B. China's oil security from the supply chain perspective: A review. Applied energy, v. 136, p. 269-279, 2014.

Apêndice A– ALGORITMO UTILIZADO PARA O SENSOR DHT11 (IDE ARDUINO)

```
#include "DHT.h"
#define DHTPINO 6
#define DHTTIPO DHT11 // DHT 11
DHT dht(DHTPINO, DHTTIPO);
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("DHT11 TESTE DE EMBARCAÇÃO");
  dht.begin();
}
void loop()
{
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  Serial.print("Umidade: ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(" %");
  delay (1000);
  Serial.print("Temperatura: ");
  Serial.print(t);
  Serial.println(" °C");
  delay (1000);
}
```

Apêndice B - ALGORITMO UTILIZADO PARA SENSOR JSN-SR04T (IDE ARDUINO)

```
// DEFINIÇÕES DE PINOS
#define pinTrigger 13
#define pinEcho 12
// DECLARAÇÃO DE FUNÇÕES
float leituraSimples();
float calcularDistancia();
void sonarBegin(byte trig ,byte echo)
// DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS
float distancia;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  sonarBegin(pinTrigger,pinEcho);
}
void loop() {
  distancia = calcularDistancia();
  Serial.print("Distância: ");
  Serial.print(distancia);
  Serial.println(" cm");
  delay(40);
}
```



```
// IMPLEMENTO DE FUNÇÕES
void sonarBegin(byte trig ,byte echo) {
    #define divisor 58.0
    #define intervaloMedida 5
    #define qtdMedidas 20
    pinMode(trig, OUTPUT);
    pinMode(echo, INPUT);
    digitalWrite(trig, LOW);
    delayMicroseconds(500);
}
float calcularDistancia() {
    float leituraSum = 0;
    float resultado = 0;
    for (int index = 0; index < qtdMedidas; index++) {
        delay(intervaloMedida);
        leituraSum += leituraSimples();
    }
    resultado = (float) leituraSum / qtdMedidas;
    resultado = resultado + 2.2
    return resultado;
}
float leituraSimples() {
    long duracao = 0;
    float resultado = 0;
    digitalWrite(pinTrigger, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(pinTrigger, LOW);
    duracao = pulseIn(pinEcho, HIGH);
    resultado = ((float) duracao / divisor);
    return resultado;}

```

Apêndice C - ALGORITMO UTILIZADO PARA GPS GY-NEO6MV2 (IDE ARDUINO)

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial serial1(6,7);
void setup() {
    serial1.begin(9600);
    Serial.begin(9600);
    Serial.println ("Aguardando dados do módulo...")
}
void loop() {
    serial1.listen();
    while (serial1.available()){
        char cIn = serial1.read();
        Serial.print (cIn);
    }
}

```

Apêndice D – ALGORITMO PARA LEITURA CONJUNTA DE DADOS ESP8266 (IDE ARDUINO)

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include "DHT.h"
#include <SoftwareSerial.h>
// DEFINIÇÕES DE PINOS
#define pinTrigger D5
#define pinEcho D6
// DECLARAÇÃO DE FUNÇÕES
float leituraSimples();
float calcularDistancia();
void sonarBegin(byte trig , byte echo);
// DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS
float distancia;
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
//Insira a senha do Roteador
const char* ssid = "CASA2G";
const char* password = "34055943";
ESP8266WebServer server(80);
// Pino Sensor DHT11
uint8_t DHTPin = D8;
// Inicializando sensor DHT11
DHT dht(DHTPin, DHTTYPE);
float Temperature;
float Humidity;
void setup()
{
//Inicializando o sensor JSN-SR04T
sonarBegin(pinTrigger, pinEcho);
Serial.begin(115200);
delay(100);
pinMode(DHTPin, INPUT);
dht.begin();
//Inicializando GPS
SoftwareSerial serial1(6, 7);
//Verificando a conexão
Serial.println("Conectando... ");
Serial.println(ssid);
//conexão de rede local
WiFi.begin(ssid, password);
//checando wifi
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
delay(1000);
Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi conectada..!");
Serial.print("Seu IP: "); Serial.println(WiFi.localIP());
server.on("/", handle_OnConnect);
server.onNotFound(handle_NotFound);
```

```

server.begin();
Serial.println("HTTP startado");
}
void loop() {
server.handleClient();
}
void handle_OnConnect() {
serial1.listen();
while (serial1.available()) {
char cln = serial1.read();
Serial.print (cln);
distancia = calcularDistancia();
Serial.print("Distância: ");
Serial.print(distancia);
Serial.println(" cm");
Temperature = dht.readTemperature(); // valores da temperatura
Humidity = dht.readHumidity(); // valores da umidade
server.send(200, "text/html", SendHTML(Temperature, Humidity));
}
void handle_NotFound() {
server.send(404, "text/plain", "Not found");
}
String SendHTML(float Temperaturestat, float Humiditystat) {
String ptr = "<!DOCTYPE html> <html>\n";
ptr += "<head><meta name='viewport' content='width=device-width, initial-scale=1.0, user-scalable=no'\n";
ptr += "<title>ESP8266 Weather Report</title>\n";
ptr += "<style>html { font-family: Helvetica; display: inline-block; margin: 0px auto; text-align: center;}\n";
ptr += "body{margin-top: 50px;} h1 {color: #444444;margin: 50px auto 30px;}\n";
ptr += "p {font-size: 24px;color: #444444;margin-bottom: 10px;}\n";
ptr += "</style>\n";
ptr += "</head>\n";
ptr += "<body>\n";
ptr += "<div id='webpage'\n";
ptr += "<h1>ESP8266 NodeMCU Weather Report</h1>\n";
ptr += "<p>Temperatura: ";
ptr += (int)Temperaturestat;
ptr += "°C</p>";
ptr += "<p>Umidade: ";
ptr += (int)Humiditystat;
ptr += "%</p>";
ptr += "<p>Distancia: ";
ptr += (int)distancia;
ptr += "m</p>";
ptr += "<p>Longitude: ";
ptr += (int)cln;
ptr += "m</p>";
ptr += "<p>Latitude: ";
ptr += (int)cln;
ptr += "m</p>";
ptr += "</div>\n";
ptr += "</body>\n";
ptr += "</html>\n";
return ptr;

```

```

}
void sonarBegin(byte trig , byte echo) {
#define divisor 58.0
#define intervaloMedida 5
#define qtdMedidas 20
pinMode(trig, OUTPUT);
pinMode(echo, INPUT);
digitalWrite(trig, LOW);
delayMicroseconds(500);
}
float calcularDistancia() {
float leituraSum = 0;
float resultado = 0;
for (int index = 0; index < qtdMedidas; index++) {
delay(intervaloMedida);
leituraSum += leituraSimples();
}
resultado = (float) leituraSum / qtdMedidas;
resultado = resultado + 2.2;
return resultado;
}
float leituraSimples() {
long duracao = 0;
float resultado = 0;
digitalWrite(pinTrigger, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(pinTrigger, LOW);
duracao = pulseIn(pinEcho, HIGH);
resultado = ((float) duracao / divisor); return resultado;}

```

Apêndice E – LEVANTAMENTO DE CUSTOS DO PROJETO

LISTA DE COMPONENTES	VALORES
1) ESP8266 NodeMcu	R\$ 49,00
2) Sensor DHT11	R\$ 13,90
3) Motor DC Escovado Eixo e Hélice	R\$ 50,00
4) ServoMotor TowerPro MG996R	R\$ 49,00
5) Bateria de lipo recarregável de 7.4V	R\$ 129,00
6) Kit para Nautimodelismo/Câmera GoPro 4	R\$ 750,00
7) GPS GY – NEO6MV2	R\$ 33,00
8) Sensor JSN-SR04T	R\$ 91,00
TOTAL	R\$ 1.164,90

ANEXO A – ARTIGO SÍNTESE

Universidade de São Paulo

Engenharia de Petróleo – Escola Politécnica

Número: 7065412 USP

Data: 05/12/2019



Construção de Protótipo de Embarcação Não Tripulada Para Levantamento de Dados Ambientais da Indústria Offshore

Monyque Reis

Orientador: Prof. Elsa Vásquez Alvarez

Artigo Sumário referente à disciplina PMI1096 – Trabalho de Formatura para Engenharia de Petróleo II

Este artigo foi preparado como requisito para completar o curso de Engenharia de Petróleo na Escola Politécnica da USP.

Template

versão

Resumo

Protótipos de Embarcações Não Tripuladas vêm sendo construídas por instituições de pesquisa para testá-los em processos de captação e monitoramento de dados, quanto para aprimorar os componentes eletrônicos. Nesse sentido, o presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo a concepção e construção de uma Embarcação Não Tripulada. Para cumprir o objetivo foram utilizados os conceitos acadêmicos adquiridos durante o curso de Engenharia de Petróleo, além de robótica, programação e automação. Assim, o modelo do protótipo foi projetado usando o *software SketchUp* considerando os parâmetros de angulação do casco e alocação dos componentes eletrônicos. Para a construção do barco foi utilizada fibra carbono e o policloreto de vinila de alta resistência. Posteriormente foram instalados os componentes eletrônicos internos e externos à embarcação. Os dispositivos eletrônicos foram testados inicialmente de forma independente e posteriormente disponibilizados numa placa de Arduino. A embarcação contém internamente uma placa ESP8266 NodeMcu que gerencia os sensores acoplados (temperatura, distância ultrassônico e umidade), realiza as conexões e as envia em tempo real ao usuário. As imagens são captadas por uma câmera GoPro session 4 processadas por um notebook ou celular em tempo real. Por fim, espera-se ter contribuído com a construção do protótipo batizado como Delta, tanto como material do didático para o curso de engenharia de petróleo como para o desenvolvimento de futuras pesquisas na indústria offshore de petróleo.

PALAVRAS – CHAVE: Embarcação Não Tripulada, Sensoriamento, Protótipo.

Abstract

Unmanned Vessel Prototypes have been built by research institutions to test them in data capture and monitoring processes, as well as to improve electronic components. In this sense, the present course conclusion paper aims at the conception and construction of an Unmanned Vessel.

In order to fulfill the objective, the academic concepts acquired during the Petroleum Engineering course were used, as well as robotics, programming and automation. Thus, the prototype model was designed using SketchUp software considering the parameters of hull angulation and allocation of electronic components. For the construction of the boat was used carbon fiber and high strength polyvinyl chloride. Subsequently, the internal and external electronic components of the vessel were installed. Electronic devices were initially independently tested and later made available on an Arduino board. The vessel internally contains an ESP8266 NodeMcu card that manages the attached sensors (temperature ultrasonic distance and humidity), makes connections and sends them in real time to the user. Images are captured by a GoPro session 4 camera processed by a notebook or mobile phone in real time. Finally, it is expected to have contributed to the construction of the prototype named Delta, both as a didactic material for the petroleum engineering course and for the development of future research in the offshore oil industry.

KEYWORDS: Unmanned Vessel, Sensing, Prototype

1. Introdução

O Brasil é um dos produtores de petróleo mais relevantes desde 1990. A exploração e o transporte frequente aumentam a preocupação com derramamentos, pois as atividades da indústria incluem riscos à vida humana e ao ecossistema marinho (MARTINS, 2013). A minimização da exposição pessoal a locais contaminados, o monitoramento e coleta de fluidos em ambientes marinhos pode ser realizada por Embarcações (Veículos) Não Tripulados. Uma Embarcação Não Tripulada é um robô que segue sinais gerados por controle remoto e recebe dados coletados de sensores sobre posição, temperatura, profundidade, distância, velocidade e nível de bateria. O uso de Embarcações Não Tripulados na indústria de petróleo é uma alternativa às intervenções tradicionais, envolvendo tecnologia avançada e alto investimento, devido à introdução dos equipamentos a ambientes desfavoráveis (SONAGLIO, SIMONI E WEIHMANN, 2016). Nesse sentido, o presente trabalho de conclusão de curso tem por objetivo idealizar e construir uma Embarcação Não Tripulada. A proposta é que o protótipo possa ser usado, no futuro, para realizar levantamentos de dados ambientais.

2. Metodologia

A embarcação foi inicialmente idealizada em função do material recebido em doação (fibra de carbono e PVC). Assim um primeiro modelo de Embarcação Não Tripulada foi construído em isopor, o qual danificou-se ao entrar em contato com tinta acrílica. Posteriormente um segundo barco foi construído em PVC, com as seguintes dimensões 52 x 14 x 9 cm. Os modelos tiveram como finalidade estudar a distribuição e o funcionamento dos componentes eletrônicos.

Além da placa Arduino UNO R3, precisa-se de no mínimo dois módulos para transmissão de dados em tempo real. O primeiro é o módulo bluetooth RS232 HC-05 responsável pelo envio de informações recebidas em operação, o qual apresentou inconstância na conexão, além de operar

na distância máxima de 10 metros, prejudicando a navegação. O segundo módulo de Rádio Frequência – para transmissor, modelo MX-FS-03V de 433 MHz e para receptor modelo MX-05V de 433 MHz, com alcance máximo de 200 metros, porém apresenta instabilidade em locais que possuem obstáculos.

Com intuito de transmitir os dados utilizando wifi, uma análise de custo/ benefício demonstrou-se que a escolha de um shield Arduino wifi não é economicamente viável, visto que uma placa de desenvolvimento com mesmo chip ESP8266 é mais acessível e ocupa menos espaço no interior da embarcação. Logo o projeto do barco foi reorganizado e adaptado ao modelo ESP8266 NodeMcu placa muito conhecida em IoT (Internet of Things) (NODEMCU, 2019).

É importante ressaltar que tanto a construção do modelo físico, quanto os materiais usados na fabricação do protótipo foram doados pela empresa Ascarbon localizada em Santos. A autora do presente trabalho acompanhou cada uma das etapas da construção da embarcação. A técnica usada na fabricação foi de laminação e os materiais escolhidos pela empresa foram PVC e fibra de carbono. O processo de fabricação é feito por camadas e levou 5 dias para a embarcação ficar pronta.

Componentes eletrônicos são indispensáveis para comunicação em tempo real entre o usuário e o equipamento. Todos os dispositivos eletrônicos, tanto internos quanto externos do protótipo, necessários para o levantamento de dados, foram adquiridos com recursos próprios, totalizando R\$ 1.164,90, dentre eles estão a placa ESP8266 NodeMcu, Sensor DHT11 de umidade e temperatura, Motor DC Escovado Eixo e hélice, ServoMotor TowerPro MG996R, Bateria de lipo 7.4 V, Caixa de comunicação com Controle Remoto 2.4GHz, Sensor JSN-SR04T, GPS GY-NEO6MV2 e Câmera GoPro *session 4*.

3. Resultados

3.1. Projeto Geométrico

O modelo geométrico virtual foi desenhado usando o software SketchUp. A embarcação tem medidas de 45 centímetros de comprimento, 11 centímetros de altura e 11 centímetros de largura. O protótipo foi inspirado em um projeto canadense chamado Heron da GenerationRobots. Na figura 1 são apresentadas as vistas ortográficas cotadas do modelo virtual.



Figura 1 – Vista Lateral direita e Vista Frontal, Vista Lateral Direita, de Acervo Pessoal.

3.2. Construção do protótipo

Conforme descrito no item matérias e métodos, a construção do modelo físico foi uma doação da empresa Ascarbon, mas foi acompanhado de perto cada etapa de construção. A embarcação denominada Delta, foi construída com três peças, o casco, a tampa e o encaixe da tampa para incorporação dos dispositivos eletrônicos e realização de manutenção interna. Na figura 2 se observa a colocação da fibra de carbono nas duas peças (casco e tampa) da embarcação, o processo foi feito a vácuo.



Figura 2. Processo a vácuo de colocação da fibra de carbono (Fonte: Acervo Pessoal)

Na figura 3a é apresentada cada uma das peças da embarcação no processo final de acabamento. A tampa para manutenção foi redimensionada para facilitar a retirada dos módulos eletrônicos, na figura 3b se observa o protótipo físico, porém ainda sem os componentes eletrônicos.

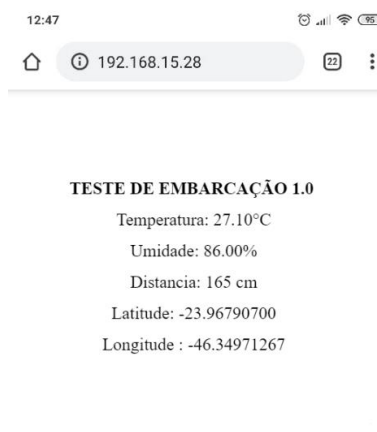


Figura 3a. Acervo Pessoal**Figura 3b.** Protótipo

A embarcação foi testada sem os componentes eletrônicos, com peso de 300g, visando submeter litros d'água no interior do modelo a fim de deixá-lo submerso, notando que a embarcação de 0,3 kg desloca 1,8 kg de água, ou seja, flutua, pois, a quantidade de água deslocada pelo objeto é superior a seu peso.

3.3 Módulos eletrônicos e seus testes de calibração

Os testes iniciais com a placa de desenvolvimento ESP8266 NodeMcu utilizada como fonte de comunicação entre sensores internos, externos e usuários foram eficientes. Os dados podem ser acessados digitando o IP da rede em um navegador padrão, onde as informações são obtidas no formato de documento HTML, lembrando que a atualização da página fica por conta do usuário e deve ser realizada recarregando a página. A figura 4 apresenta a interface que interage com usuário.

**Figura 4.** Resultados dos testes 1.0 da embarcação, de acervo pessoal.

O Módulo para testes com sensores em conjunto conectados ao ESP8266 NodeMcu demonstrado na figura 5.

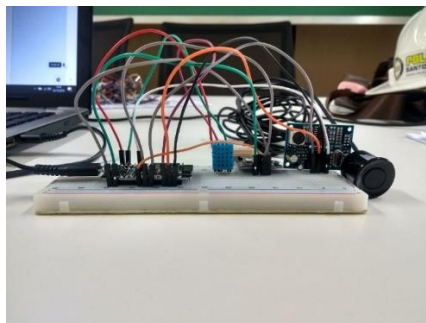


Figura 5. Testes parte interna da embarcação, de acervo pessoal.

Os módulos responsáveis pela movimentação da embarcação são o servomotor, motor DC elétrico, hélice de 55mm acoplada ao motor por eixo flexível, Caixa de comando com placa receptora de sinais e controle remoto 2.4 GHz. O funcionamento dos motores, leme e servomotor dependem da Caixa de Comando do Controle, a peça mais sensível de toda embarcação, foi soldada e fechada em suporte plástico cuidadosamente. Os testes demonstram estabilidade nas conexões realizadas.

4. Conclusão

A construção da Embarcação é uma alternativa de segurança operacional offshore, por não ser tripulada, além de reduzir custos e atuar em áreas de difícil acesso. A embarcação pode substituir embarcações para levantamentos hidrográficos, pois consistem em operações de alto custo, oferecendo pouca segurança e por utilizarem atualmente embarcações tradicionais tripuladas em zonas de risco.

A Fabricação do protótipo envolveu o desenho virtual no software SketchUp e a sua construção foi em fibra de carbono e policloreto de vinila.

Os dispositivos eletrônicos foram testados com sucesso. A ESP8266 NodeMcu é uma alternativa menor e mais barata, que realizou conexões enviando-as em tempo real a um navegador padrão ao informar o IP da rede usada, demonstrando estabilidade na troca de informações. Um ponto negativo é a atualização dos dados que devem ser feitas pelo usuário, recarregando a página do navegador.

O sensor DTH11 foi testado isoladamente e apresentou um leve desvio na coleta das temperaturas, o que não ocorreu com a umidade, mas esse desvio já era previsto pelo fabricante.

Ficou demonstrado que o sensor de distância ultrassônico funciona em superfícies que não apresentam possibilidade de dispersão de sinal das ondas, quando entram em contato com ambientes dispersivos há quebra de sinal ou lentidão no recebimento das informações.

O GPS funcionou corretamente recebendo dados padrão NMEA, os dados devem ser tratados com bibliotecas específicas ou como ensaiado com o software U-Center, que fornece dados precisos de satélites em tempo real, longitude, latitude, altitude, velocidade e posição no mapa geográfico. O ponto negativo da coleta de dados foi o período nublado, que impossibilitou a coleta em cinco dias consecutivos.

Referências

MARTINS, E. M. O. Transporte marítimo sustentável: o desafio da segurança marítima e da proteção do meio ambiente marinho no contexto do pré-sal, 2013.

NodeMCU, DEVKIT V1.0. Disponível em: <<https://github.com/nodemcu/nodemcu-devkit-v1:0/blob/master/README.md>>. Acesso em: 23 de setembro 2019.

SONAGLIO, R., SIMONI, R., WEIHMANN, L. Inspeção subaquática em águas rasas. 26º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore - SOBENA 2016.