

# CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS VEÍCULOS AUTÔNOMOS SUBMARINOS

JOÃO VICTOR NUNES DE SOUSA\*  
Engenheiro

---

## SUMÁRIO

Introdução  
Classificação dos veículos submarinos  
Características de projeto de veículos autônomos submarinos  
Conclusão

## INTRODUÇÃO

Define-se como Veículo Autônomo Submarino, ou AUV (sigla em inglês para *Autonomous Underwater Vehicle*), um veículo que viaja submerso, sem comunicação física com a terra e sem a necessidade de operador humano. Os AUVs estão inseridos no grupo dos Veículos Submarinos Não-Tripulados, mais conhecidos como UUVs (sigla em inglês para *Unmanned Underwater Vehicles*).

Durante as últimas décadas, vários AUVs têm sido desenvolvidos, e pesquisas na área são cada vez mais frequentes, tendo em vista as características extremamente favoráveis que esses veículos possuem, tais como a possibilidade de operar de forma autônoma em ambientes hostis, como áreas inexploradas, águas de território inimigo, áreas contaminadas ou águas profundas. Todas essas características tornam o uso dos AUVs muito interessante para os segmentos militar, científico e industrial.

---

\* Mestre e Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Campina Grande (PB). Perito Criminal da Polícia Civil do Estado de Pernambuco.

A aplicação de AUVs vem sendo impulsionada em virtude dos constantes avanços tecnológicos, especialmente na eletrônica e na robótica, permitindo a execução de missões de alta precisão, a diminuição dos custos de projeto e operação e o aumento do nível de processamento dos computadores embarcados, bem como devido às novas tecnologias de baterias e gerenciamento de energia, possibilitando o aumento da autonomia, manutenção e segurança na operação dessa classe de veículos (Dantas, 2014).

## CLASSIFICAÇÃO DOS VEÍCULOS SUBMARINOS

Michaelis (2018) define submarino como: “embarcação especialmente concebida para navegar submersa, surgida inicialmente com objetivos bélicos, usualmente equipada com torpedos, mísseis e periscópio; mais recentemente, tem sido também usada em pesquisas oceanográficas e para outros fins científicos; submersível”.

Jimenez (2004) classifica os veículos submarinos existentes em:

### a) Tripulados

São submarinos nos quais seus operadores (chamados comumente de “tripulação”) viajam em seu interior, sendo classificados em:

#### a.1) Militares

Hecht (2007) define submarino militar (Figura 1) como um navio de guerra projetado para operações abaixo da superfície, cuja principal vantagem em relação aos demais meios navais é a capacidade de, uma vez mergulhado, adquirir a capacidade de ocultação, tornando-se apto a assumir a iniciativa das ações. Nessa perspectiva, seus adversários se tornam extremamente vulneráveis ao seu ataque.



Figura 1 – Submarino militar *Tupi* (S-30), operado pela Marinha do Brasil

Fonte: *Poder Naval* (2018)

#### a.2) de Pesquisa

São submarinos projetados, construídos e operados com fins primordialmente científicos e aplicações em diversas áreas de conhecimento, tais como arqueologia e biologia (Figura 2). Podem ser equipados com câmeras, dispositivos de coleta de materiais ou captura de organismos vivos presentes na água, entre outros equipamentos.



Figura 2 – Submarino de pesquisa *Triton* 3300/3

Fonte: Triton (2018)

#### b) Não-Tripulados

Os méritos pelo desenvolvimento dos primeiros veículos submarinos não-tripulados (UUVs) são creditados à empresa austríaca Luppis-Whitehead Automobile, que em 1864 desenvolveu um veículo

submarino programado que tinha a forma de um torpedo (ICOLARI, 2018). Desde então, diversos UUVs foram construídos para as mais diversas finalidades, com uma constante ampliação da gama de aplicações para esses veículos, que podem ser classificados em:

b.1) Rebocados

Entre os submarinos não-tripulados, os veículos rebocados são os mais simples. Esses veículos possuem uma série de sensores capazes de coletar dados, que são enviados a uma central. Os veículos re-

bocados não possuem propulsão própria, sendo deslocados pelo movimento de uma embarcação que se conecta ao submarino por meio de um cabo (Figura 3). Esses submarinos normalmente são utilizados apenas em operações de mapeamento.

b.2) Operados Remotamente

Os veículos operados remotamente, mais conhecidos como ROVs (sigla em inglês para *Remotely Operated Vehicles*), são controlados a partir de uma estação central. Esses veículos possuem propulsores para deslocamento e senso-

res capazes de coletar dados diversos. Os ROVs são conectados à estação por meio de um cabo (denominado comumente de “cabo umbilical”), que serve como meio de troca de informações entre a estação central e o veículo (Figura 4). Esses veículos são utilizados principalmente em missões de inspeção, observação e manutenção (JIMENEZ, 2004).

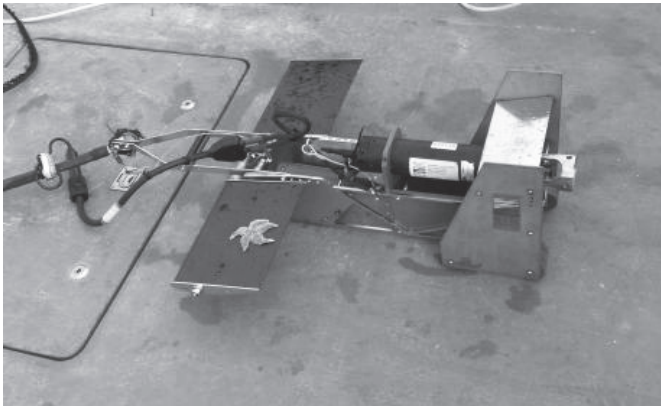


Figura 3 – Submarino não-tripulado rebocado *Osil MiniBAT FC60*  
 Fonte: Osil (2018)

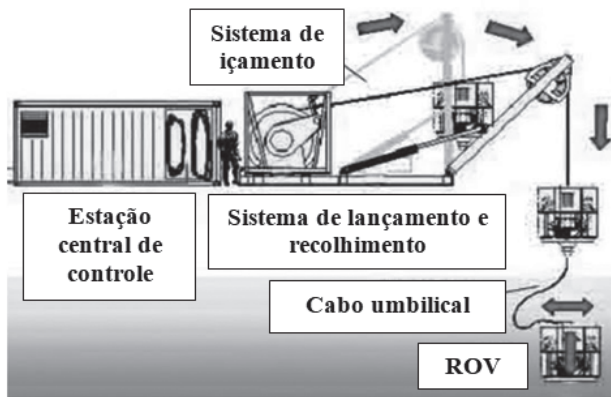


Figura 4 – Esquema mostrando os principais componentes utilizados na operação de um ROV  
 Fonte: Adaptado de Icolari (2018)



Figura 5 – Submarino não-tripulado semiautônomo produzido pela empresa Marine Autonomous System Engineering  
Fonte: Auvac (2018)

### b.3) Semiautônomos

Os veículos submarinos semiautônomos são capazes de realizar missões preestabelecidas, porém dependem de operadores externos para execução completa das mesmas. Esses veículos não utilizam cabos e se comunicam com uma central em terra por meio de sinais que são captados pelas antenas desta (Figura 5).

### b.4) Autônomos

Os veículos autônomos submarinos (AUVs) são os mais

avançados de toda classe de submarinos não-tripulados. Não são limitados por cabos (Figura 6) e possuem uma semi-inteligência criada por meio da integração da arquitetura de *hardware* e *software*, que permite até um replanejamento da atividade a ser executada, mediante mudança das variáveis do ambiente. São utilizados em missões complexas, sem necessidade de intervenção humana. A principal desvantagem dos AUVs perante os demais veículos submarinos reside em sua autonomia. Os AUVs são restritos à energia armazenada na bateria que os mesmos levam consigo nas missões. É por isso que os engenheiros tentam minimizar ao máximo o consumo da energia da bateria, por meio, por exemplo, do uso de um casco com *design* que gere baixo arrasto ou da implementação de sistemas de movimentação e controle mais eficientes.

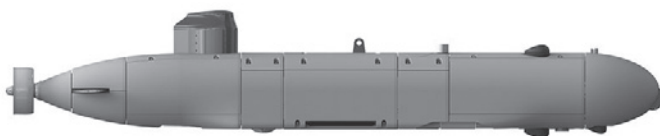


Figura 6 – AUV Teledyne Marine SeaRaptor  
Fonte: Teledyne Marine (2018)



Figura 7 – AUV Hydroid REMUS 600 em operação oceanográfica  
Fonte: Hydroid (2018)

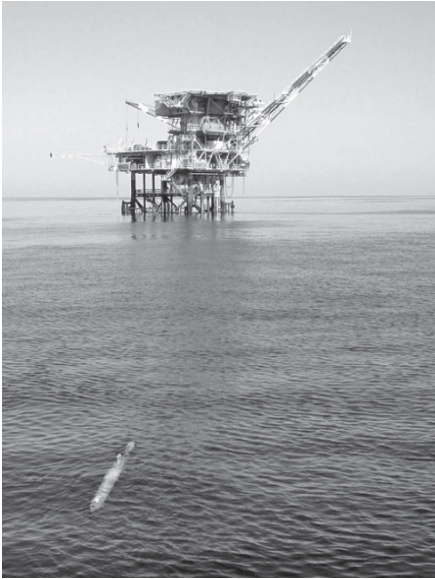


Figura 8 – AUV Teledyne Marine Gavia em operação nas proximidades de uma plataforma petrolífera  
Fonte: Teledyne Marine (2018)

Os AUVs são amplamente utilizados em aplicações científicas, comerciais e militares (Figuras 7 a 9). Dentre suas aplicações científicas, podem-se citar (OLIVEIRA, 2018):

- estudos oceanográficos;
- estudos arqueológicos;
- inspeção visual de estruturas;
- intervenções;
- competições; e
- assistência a mergulhadores.

### CARACTERÍSTICAS DE PROJETO DE VEÍCULOS AUTÔNOMOS SUBMARINOS

A maioria dos AUVs existentes utiliza como geometria-base para seu casco a forma de um torpedo, ou seja, corpo cilíndrico com alta razão entre o seu comprimento e o seu diâmetro, com perfis suaves na proa e na popa, com sua movimentação feita pelo acionamento de superfícies de controle. A escolha para o uso da forma básica de torpedo para os AUVs se deve às boas características desse tipo de geometria de casco (MADHAM *et al.*, 2006), como segue:

- proporciona um baixo arrasto hidrodinâmico ao conjunto;
- fornece um bom volume interno;
- simplifica o acesso a toda a aparelhagem existente no AUV; e



Figura 9 – AUV Hydrodroid REMUS 600 em operação junto à Marinha dos Estados Unidos  
Fonte: Hydrodroid (2018)

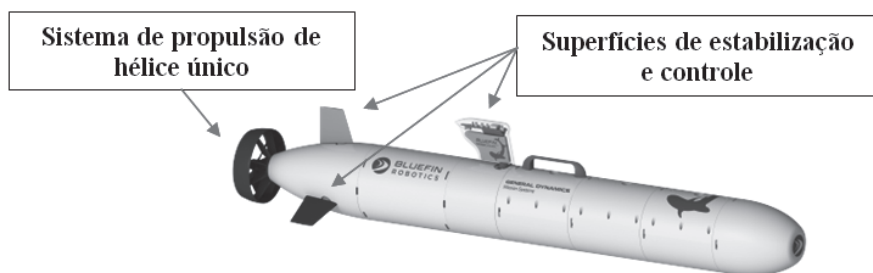


Figura 10 – AUV General Dynamics Bluefin SandShark  
 Fonte: Adaptado de General Dynamics (2018)

– reduz significativamente o custo de fabricação.

Normalmente os AUVs tipo torpedo apresentam um sistema de propulsão de hélice único, localizado na parte traseira do veículo, e superfícies de estabilização e controle montadas ao longo do casco do mesmo. A Figura 10 ilustra detalhes geométricos externos comuns aos AUVs com casco do tipo torpedo.

Um AUV é equipado e dimensionado de modo a satisfazer a missão a qual se deseja que o veículo realize. O casco deve alojar com segurança todos os equipamentos necessários à execução dessa missão.

A Tabela 1 apresenta um resumo das principais características de projeto (dimensionais e operacionais) de vários AUVs do tipo torpedo construídos por alguns dos principais fabricantes comerciais da atualidade.

Número	Fabricante	Modelo	Comprimento Total (m)	Diâmetro (mm)	Profundidade máxima de operação (m)	Velocidade máxima de operação (m/s)
1	Teledyne Marine	Gavia	1,80-4,50	200	1.000	2,8
2	Teledyne Marine	SeaRaptor	5,50	630	6.000	2,1
3	General Dynamics	Bluefin-21	4,93	530	4.500	2,3
4	General Dynamics	Bluefin SandShark	1,09-2,03	124	200	2,1
5	Hydroid	Remus 100	1,70	190	100	2,6
6	Hydroid	Remus 600	2,70-5,50	324	600	2,1
7	Hydroid	Remus 6000	3,96	710	6.000	2,3
8	Atlas Elektronik	SeaCat	2,50-3,50	325	600	3,1
9	L3 Ocean Server	Iver 3	1,52-2,16	147	100	2,1
10	L3 Ocean Server	Iver 4	2,50	230	300	2,6

Tabela 1 – Características de projeto de AUVs comerciais do tipo torpedo  
 Fontes: Teledyne Marine (2018), General Dynamics (2018), Hydroid (2018), Atlas Elektronik (2018) e L3 Ocean Server (2018)



## CONCLUSÃO

Baseado no exposto, verifica-se que o domínio e o aperfeiçoamento das tecnologias de projeto e construção de veículos autônomos submarinos são essenciais no cenário atual, em função

das excepcionais características que essa classe de veículos possui.

Espera-se que os AUVs sejam cada vez mais utilizados pelos diversos segmentos navais, entre eles o militar, certamente sendo decisivos em conflitos vindouros.

📁 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:  
<CIÊNCIA & TECNOLOGIA>; Pesquisa; Veículo não tripulado;

## REFERÊNCIAS

- Atlas Elektronik. Disponível em: <<https://www.atlas-elektronik.com/solutions/unmanned-naval-systems.html>>. Acesso em: 06 de ago. de 2018.
- AUVAC – Autonomous Undersea Vehicle Applications Center. Disponível em: <<http://auvac.org/configurations/view/75>>. Acesso em: 04 de ago. de 2018.
- Dantas, J.L.D. *Metodologia Numérica para Estimativa da Manobrabilidade de Veículos Autônomos Submarinos*. Tese de doutorado em Engenharia Mecânica. Universidade de São Paulo, 2014.
- General Dynamics Mission Systems. Disponível em: <<https://gdmissionsystems.com/underwater-vehicles/>>. Acesso em: 05 de ago. de 2018.
- Hecht, L.A.R. *Submarino Nuclear: sua importância para o Brasil*. Monografia do Curso de Política e Estratégia Marítimas. Escola de Guerra Naval (Marinha do Brasil). 2007.
- Hydroid. Disponível em: <<http://www.hydroid.com>>. Acesso em: 06 de ago. de 2018.
- Icolari, G. *The ROV Handbook: A User Guide for ROV Pilot Technician*. First Edition. Published by Atlantis Deep Sea Ltd. 2018.
- Jimenez, T.S. *Contribution na la commande d'un robot sous-marin autonome de type torpille*. Universite Montpellier II. These, 2004.
- L3 Ocean Server. Disponível em: <<https://ocean-server.com/>>. Acesso em: 06 de ago. de 2018.
- Madham, R.; Desa, Elgar.; Prabhudesai, S.; Sebastião, L.; Pascoal, A.; Desa, Ehrlich; Mascarenhas, A.; Maurya, P.; Navelkar, G.; Afzulpurkar, S.; Khalap, S. *Mechanical Design and Development Aspects of a Small AUV – MAYA*. National Institute of Oceanography (India) and Institute for Systems and Robotics (Portugal), 2006.
- Michaelis. *Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa*. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/busca?id=xRP7R>>. Acesso em: 06 de abr. de 2018.
- Oliveira, L.M. *Desenvolvimento de Veículos Autônomos Submarinos para Aplicações Oceanográficas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Controle e Automação. Universidade de São Paulo. 2018.
- OSIL – Ocean Scientific International. Disponível em: <<http://osil.com/Products/OtherMarineInstruments/tabid/56/agentType/View/PropertyID/44/Default.aspx>>. Acesso em: 05 de ago. de 2018.
- Poder Naval. Disponível em: <<http://www.naval.com.br/blog/2010/09/24/submarino-tupi-hoje-em-santos/>>. Acesso em: 06 de abr. de 2018.
- Teledyne Marine. Disponível em: <<http://www.teledynemarine.com>>. Acesso em: 05 de ago. de 2018.
- Triton Subs. Disponível em: <<http://tritonsubs.com/products-services/all-subst33003/>>. Acesso em: 03 de ago. de 2018.