

## RAIA VIRTUAL DE TIRO ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA OS EXERCÍCIOS DE TIRO DA ESQUADRA

Capitão de Mar e Guerra (RM-1) **CESAR AUGUSTO PINTO CRUZ**  
 Capitão de Fragata **ROMAR PINTO VARGAS**  
 Capitão de Fragata (RM-1) **EDUARDO RAPOSO**  
 Capitão de Fragata (RM-1 EN) **RUBENS CARLOS SILVA OLIVEIRA**  
 Capitão de Corveta (RM-3 T) **ANDRÉ SIQUEIRA RUELA**

Oficiais do Centro de Apoio a Sistemas Operativos

Capitão-Tenente (EN) **THIAGO DE CASTRO TURINO**  
 Capitão-Tenente (EN) **GABRIEL TOLEDO VERONESI**  
 SCNS **EDUARDO BERNSMÜLLER**

Oficiais e Servidor do Instituto de Pesquisa da Marinha do Brasil

### INTRODUÇÃO

**A**té o final dos anos 1970, os exercícios de fogo naval da Marinha do Brasil (MB) eram realizados em raias de tiro pertencentes à *US Navy*, localizadas em Porto Rico. Em tais circunstâncias, para enviar os navios até lá com a periodicidade necessária, a MB arcava com custos elevados, além da longa distância e do excessivo tempo de deslocamento.

Visando a uma alternativa nacional, após oito anos de pesquisas, em abril de 1980, foi inaugurada, pelo Comando em Chefe da Esquadra (ComemCh), a Raia de Tiro localizada no Arquipélago de Alcatrazes, sendo que, em 2008, o

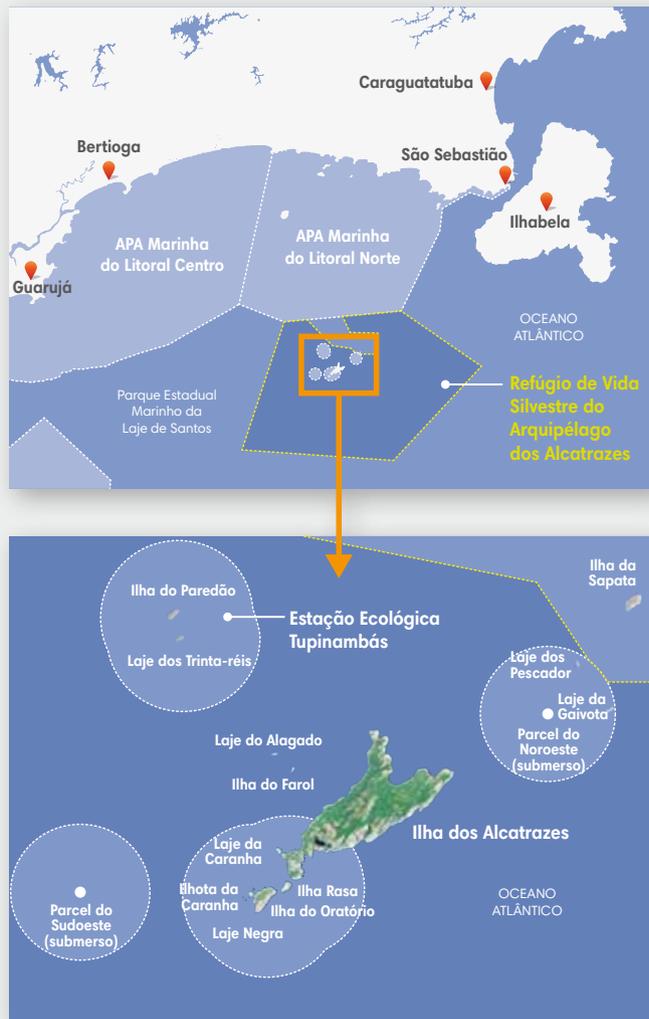
Centro de Apoio a Sistemas Operativos (CASOP) alterou sua denominação para “Raia de Tiro Almirante Newton Braga de Faria” (RTANBF).

Questões ambientais sempre permearam as atividades da Raia de Tiro. A partir do Decreto Federal n. 94.656/1987 que criou a Estação Ecológica (EsEc) Tupinambás, a qual compreende as áreas do Arquipélago de Alcatrazes, diversas ações originadas em órgãos governamentais, não governamentais e o Poder Legislativo visam à redução das atividades de tiro naval naquela região.



Foto: Marinha do Brasil / WWF - Kelen Leite/MMA  
Composição Fotográfica: 1ºSG Severiano

FIGURA 1: EsEc Tupinambás e a área do REVIS Alcatrazes.  
Fonte: Jornal O Estado de S. Paulo



sendo que a área para a realização de exercícios de tiro pela Esquadra passou a contemplar somente a Ilha da Sapata.

Em face do exposto e considerando-se a tendência futura do surgimento de novas argumentações contrárias aos interesses da MB que podem recrudescer as restrições já impostas, o CASOP vem, desde 2011, desenvolvendo o projeto da Raia Virtual de Tiro que exercerá papel fundamental na recuperação da capacidade de adestramento dos meios operativos da Esquadra para tiro naval, visto que representará importante alternativa à utilização da RTANBF.

## O PROJETO DA RAIÁ VIRTUAL DE TIRO

Desde 2009, o ComemCh vem buscando alternativa tecnológica para os exercícios de tiro para seus meios navais. Inicialmente, estudou-se a possibilidade da aquisição de um sistema comercial de raia de tiro, no formato virtual. Contudo, em virtude das peculiaridades dos exercícios e do nível de

Com a finalidade de conciliar os interesses da Segurança Nacional, representado pela manutenção das atividades da RTANBF, com a proteção do ecossistema no Arquipélago de Alcatrazes, foi firmado, em 2008, o Termo de Compromisso n. 711000/2008-001/00 entre o Ministério da Defesa e o do Meio Ambiente. Esse documento, apesar de possibilitar a retomada dos exercícios de tiro no arquipélago, trouxe uma série de restrições às atividades da RTANBF.

Com a criação do Refúgio da Vida Silvestre (ReViS) do Arquipélago de Alcatrazes, pelo Decreto de 2 de agosto de 2016, as restrições às atividades da MB foram incrementadas,

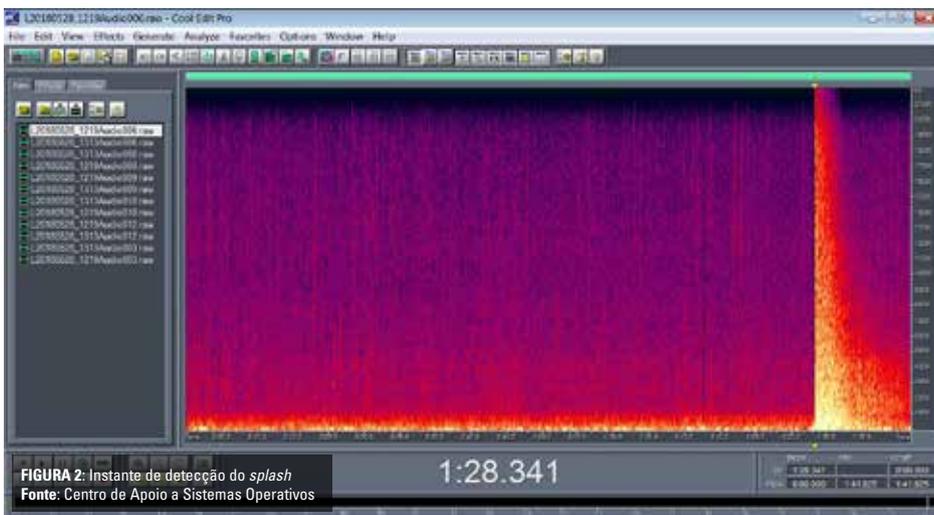


FIGURA 2: Instante de detecção do splash  
Fonte: Centro de Apoio a Sistemas Operativos

customização para atender as necessidades da Esquadra, em 2011, o CASOP apresentou, de forma inovadora, um projeto nacional para o desenvolvimento de um sistema de Raia Virtual de Tiro (RVT).

O projeto tomou importância e vulto na Marinha, sendo inserido no Programa de Suporte de Informações dos Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento Naval (POSEIDON), tornando-se um programa estratégico da MB, de acordo com a Portaria n. 91/MB/2017 do Comandante da Marinha.

A RVT é um sistema projetado para detectar o ruído irradiado do impacto de um projétil na água (*splash*), calculando e apresentando em um programa visualizador de cartas náuticas as coordenadas desse impacto. É composta, basicamente, por uma central de controle e por mais quatro boias que se comunicam por meio de uma rede em UHF.

Possui o conceito de Realidade Virtual ao apresentar a plotagem do tiro em um ambiente no qual é possível criar uma realidade física por meio de aparatos tecnológicos, simulando o ambiente real baseado em um sistema computacional.

Quanto às boias, são equipadas com um hidrofone capaz de detectar o ruído ambiente em um determinado espectro acústico, uma unidade de processamento, um transceptor com GPS, um rádio e *modem* integrados, além de uma bancada de baterias internas para alimentar esses equipamentos por um período de 12 horas. A estação de controle possui o mesmo transceptor e comanda uma rede em *broadcast*, para transmissões entre a estação e as boias.

Ao serem lançadas ao mar, as boias transmitem sua posição, sendo acompanhadas pela estação de controle. Durante a ocorrência de um *splash*, cada boia registra o instante em que detecta o ruído, transmitindo uma mensagem padronizada com essa informação. Após o recebimento das mensagens padronizadas, a estação de controle apresenta, graficamente, a representação de uma métrica de erro.

O gráfico gerado utiliza uma escala de cores em que a proximidade do violeta indica a região de menor erro. Para estabelecimento do ponto de queda do projétil, considera-se o local onde o erro é o menor entre os erros calculados na área de busca.

O planejamento de utilização da RVT prevê que as boias devam ser lançadas ao mar por um Navio Assistente (NA), sendo posicionadas em uma formação circular, a uma distância de 900 Jds entre elas. Esse NA, onde ficam a estação de controle e o Observador do Tiro Naval (ObTiNa), deve permanecer a uma distância de 3.000 Jds das boias. Os Navios Atiradores (NT) devem se posicionar a uma distância de 12.000 Jds do conjunto de boias, navegando por meio de um visualizador de cartas náuticas que apresente a carta de bombardeio sobreposta à carta da área real de navegação.

### A EVOLUÇÃO DO PROJETO

O projeto da RVT pode ser dividido em duas fases: desenvolvimento do protótipo e desenvolvimento do produto. O Centro de Apoio a Sistemas Operativos atuou ativamente no desenvolvimento do protótipo, estabelecendo os requisitos

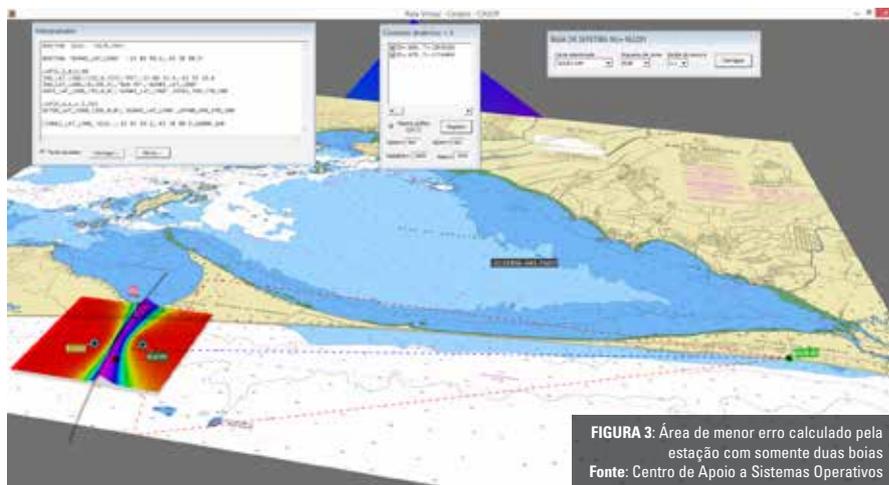
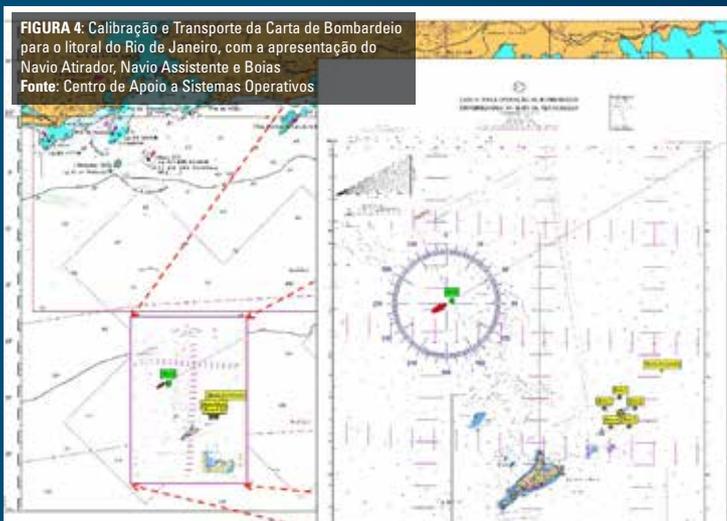


FIGURA 3: Área de menor erro calculado pela estação com somente duas boias  
Fonte: Centro de Apoio a Sistemas Operativos

**FIGURA 4:** Calibração e Transporte da Carta de Bombardeio para o litoral do Rio de Janeiro, com a apresentação do Navio Atirador, Navio Assistente e Boias  
**Fonte:** Centro de Apoio a Sistemas Operativos



para a utilização do sistema. Entre 2011 e 2019, ocorreu criteriosa pesquisa de elementos para a construção da RVT, quando houve o desenvolvimento da estrutura da boia, com suas unidades de posicionamento, processamento e transmissão de dados, além dos hidrofones para captação do ruído ambiente e do *splash*. Nessa fase, houve grandes avanços em relação à modelagem computacional desenvolvida no CASOP para a determinação da posição do *splash*, buscando diferenciar o ruído gerado pelo impacto do projétil do ruído ambiente.

Testes com o protótipo foram realizados na Restinga de Marambaia, utilizando o canhão de 4,5 polegadas, a partir de terra, para lançar projetis com carga explosiva. Apesar dos progressos registrados, o sistema apresentou algumas deficiências, especialmente quanto ao alcance de comunicações e a estanqueidade das boias.

Pelo fato de o CASOP não ser uma Instituição de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICT), possuindo restrições normativas para finalizar um projeto de tamanha complexidade, fez-se necessária a parceria com uma instituição tecnológica que permitisse a realização de serviços de engenharia e aquisição de material, visando dar continuidade ao desenvolvimento do sistema, no sentido de gerar um produto robusto e confiável para ser utilizado.

Sendo assim, o Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM) foi contratado para produzir a RVT, com a proposta de aperfeiçoar e implementar melhorias a partir do protótipo desenvolvido pelo CASOP, especialmente em relação à estanqueidade, às dimensões das boias e ao alcance das comunicações do sistema, contemplando testes de integração, testes de mar, validação do sistema, elaboração de documentação, inserção de novas funcionalidades, homologação e criação de um Programa de Apoio Logístico Integrado (PALI).

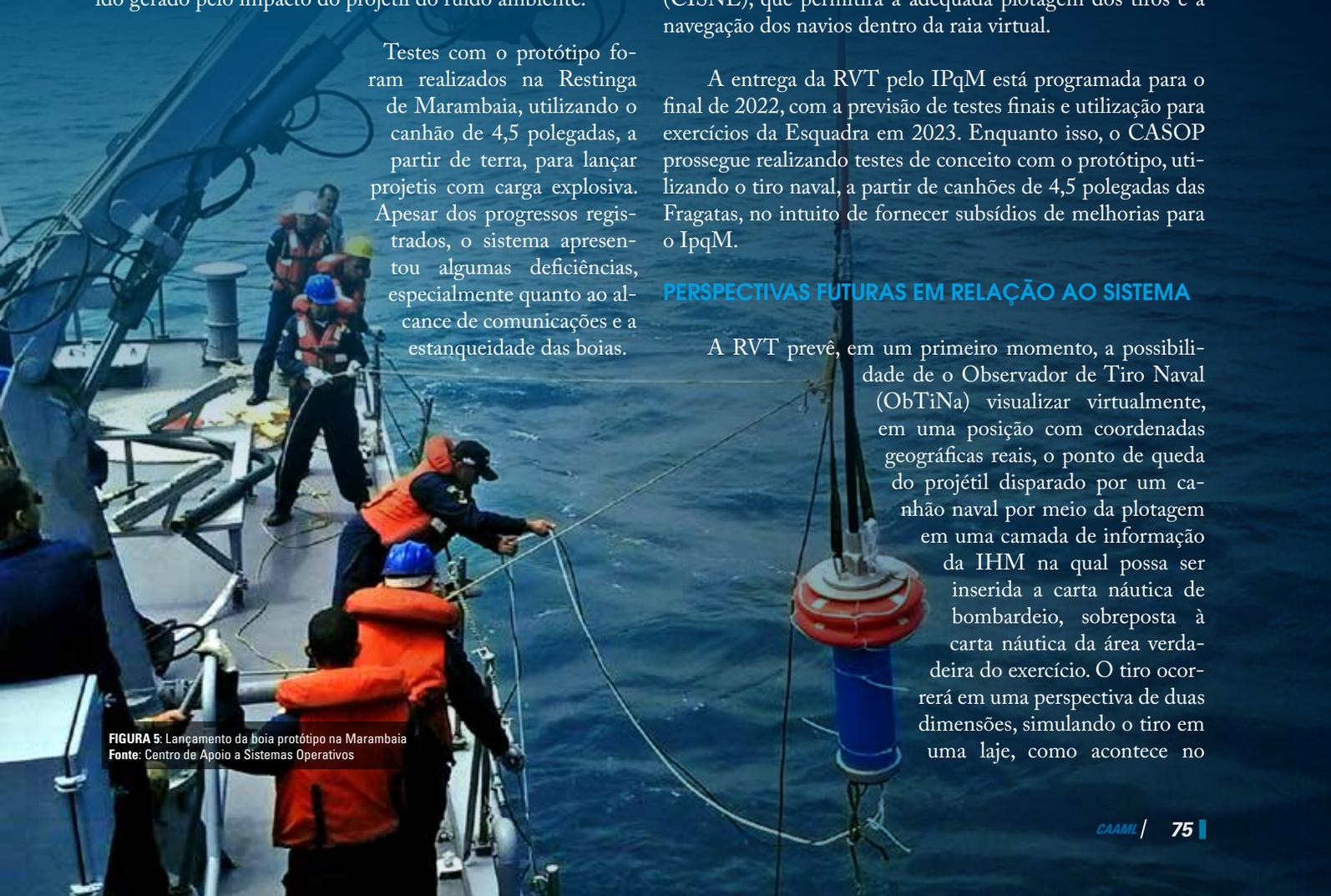
Além disso, o IPqM encontra-se desenvolvendo, no *software* da Interface Homem-Máquina (IHM), um visualizador baseado na plataforma HIDRA, a mesma utilizada pelo Centro de Integração de Sensores e Navegação Eletrônica (CISNE), que permitirá a adequada plotagem dos tiros e a navegação dos navios dentro da raia virtual.

A entrega da RVT pelo IPqM está programada para o final de 2022, com a previsão de testes finais e utilização para exercícios da Esquadra em 2023. Enquanto isso, o CASOP prossegue realizando testes de conceito com o protótipo, utilizando o tiro naval, a partir de canhões de 4,5 polegadas das Fragatas, no intuito de fornecer subsídios de melhorias para o IPqM.

#### PERSPECTIVAS FUTURAS EM RELAÇÃO AO SISTEMA

A RVT prevê, em um primeiro momento, a possibilidade de o Observador de Tiro Naval (ObTiNa) visualizar virtualmente, em uma posição com coordenadas geográficas reais, o ponto de queda do projétil disparado por um canhão naval por meio da plotagem em uma camada de informação da IHM na qual possa ser inserida a carta náutica de bombardeio, sobreposta à carta náutica da área verdadeira do exercício. O tiro ocorrerá em uma perspectiva de duas dimensões, simulando o tiro em uma laje, como acontece no

**FIGURA 5:** Lançamento da boia protótipo na Marambaia  
**Fonte:** Centro de Apoio a Sistemas Operativos



caso dos exercícios na Ilha da Sapata, porém podendo ocorrer em qualquer área marítima das AJB. Isso representaria grande vantagem para a Marinha em relação ao aprestamento dos atuais navios da Esquadra para o Tiro Naval e, futuramente, para as Fragatas Classe Tamandaré, especialmente no processo de Avaliação Operacional.

O próximo objetivo do projeto consiste em elaborar um modelo no qual a plotagem do tiro ocorra em três dimensões, aplicando-se, inclusive, a Realidade Aumentada (RA). Nesse sentido, ocorrerá o desenvolvimento de um visualizador na IHM que permita ao ObTiNa fazer a plotagem do tiro a partir de uma imagem tridimensional, aproximando-se consideravelmente do realismo dos exercícios de tiro que ocorriam na Ilha de Alcatrazes, sendo também previsto o desenvolvimento de binóculos capazes de projetar virtualmente a Ilha sobre uma área no oceano, possibilitando, aos integrantes do exercício, observarem o tiro como se ocorrendo contra uma encosta real.

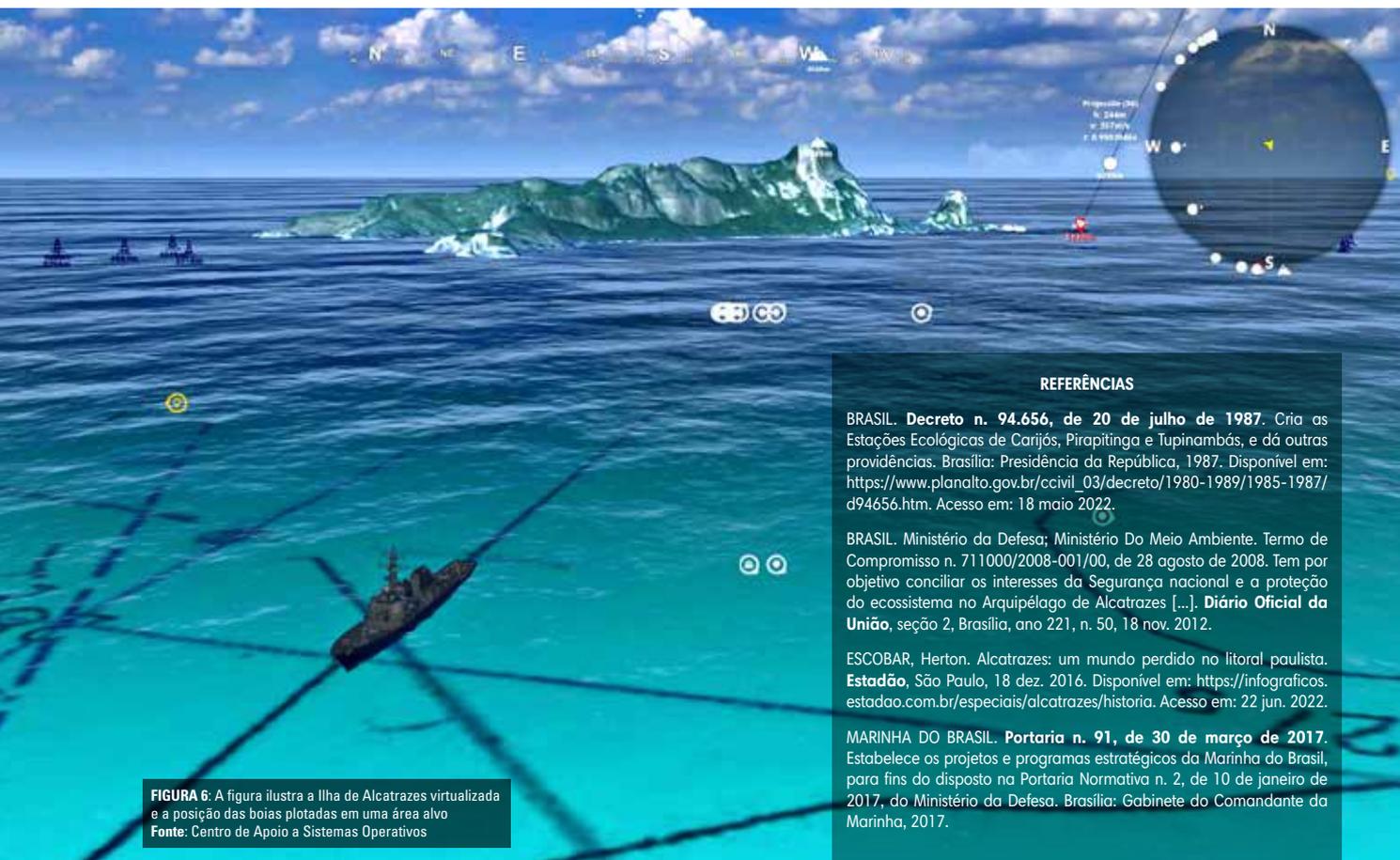
A complexidade da evolução do projeto para utilização de um alvo virtual tridimensional envolve o desenvolvimento de um algoritmo computacional que possa relacionar o ponto do *splash* com as coordenadas do alvo, considerando a altitude, estimando o ponto de colisão na ilha virtual.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Raia Virtual de Tiro é um projeto inovador idealizado pelo CASOP, sob a orientação da Esquadra, a qual vem acompanhando com atenção, ao longo do tempo, a intensificação das restrições, especialmente de cunho ambiental, relacionadas ao emprego da RTANBF.

A parceria entre CASOP e IPqM tem sido fundamental para o desenvolvimento do projeto, representando iniciativa inovadora de aplicação de Realidade Virtual,<sup>1</sup> e, futuramente, Realidade Aumentada em exercícios de tiro naval. A expertise obtida na fase de desenvolvimento do protótipo está servindo de base para construção do produto, com a transmissão, ao IPqM, do conhecimento adquirido pelo CASOP ao longo de anos de pesquisas.

Quando pronta, a RVT será uma alternativa tecnológica para realização dos exercícios de tiro pelos navios da Esquadra, possibilitando que tais exercícios ocorram, com alto nível de realismo, em qualquer região das Águas Jurisdicionais Brasileira (AJB).



**FIGURA 6:** A figura ilustra a Ilha de Alcatrazes virtualizada e a posição das boias plotadas em uma área alvo  
**Fonte:** Centro de Apoio a Sistemas Operativos

### REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Decreto n. 94.656, de 20 de julho de 1987.** Cria as Estações Ecológicas de Carijós, Pirapitinga e Tupinambás, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 1987. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/1985-1987/d94656.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/1985-1987/d94656.htm). Acesso em: 18 maio 2022.
- BRASIL. Ministério da Defesa; Ministério Do Meio Ambiente. Termo de Compromisso n. 711000/2008-001/00, de 28 agosto de 2008. Tem por objetivo conciliar os interesses da Segurança nacional e a proteção do ecossistema no Arquipélago de Alcatrazes [...]. **Diário Oficial da União**, seção 2, Brasília, ano 221, n. 50, 18 nov. 2012.
- ESCOBAR, Herton. Alcatrazes: um mundo perdido no litoral paulista. **Estado**, São Paulo, 18 dez. 2016. Disponível em: <https://infograficos.estadao.com.br/especiais/alcatrazes/historia>. Acesso em: 22 jun. 2022.
- MARINHA DO BRASIL. **Portaria n. 91, de 30 de março de 2017.** Estabelece os projetos e programas estratégicos da Marinha do Brasil, para fins do disposto na Portaria Normativa n. 2, de 10 de janeiro de 2017, do Ministério da Defesa. Brasília: Gabinete do Comandante da Marinha, 2017.