

# A EFICIÊNCIA DA TECNOLOGIA STEALTH PARA OS MEIOS SUBMARINOS



Primeiro-Tenente Willian Ferro de Oliveira Melo

## 1. INTRODUÇÃO

O uso da furtividade nas batalhas navais não é novidade. Durante séculos, o homem usou a vastidão dos oceanos para se esconder de seus inimigos. Os submarinos, por exemplo, utilizam dessa furtividade para evitar que sejam detectados e se posicionem para um ataque fatal contra os alvos de superfície. “Um inimigo visível pode ser vigiado. Um inimigo invisível nos vigia”, como disse Valter da Rosa Borges. ([20--]).

O engenheiro de projetos e especialista em assinaturas subaquáticas Marcus Kylén (2021, apud PADILHA, 2021), gerente da FMV (Försvarets Materielverk) narrou que

Um submarino é construído para que não seja visível a partir da superfície. E se você se propõe a construir um submarino, você não quer que seja fácil a detecção em baixo d’água também.

Destarte, apesar da ineficácia do radar, no que concerne às buscas debaixo d’água, Marcus (2021, apud PADILHA, 2021) acrescenta que

O som viaja bem na água, então o reconhecimento com hidrofones é perigoso para os submarinos. Portanto, é importante reduzir o ruído que o submarino produz. Se você tem uma assinatura de alto nível de ruído, não há razão nenhuma em ter um submarino (2021, apud PADILHA, 2021).

Com o desenvolvimento dos sonares de baixa frequência, o revestimento acústico se tornou um dos meios mais eficazes para melhorar o desempenho furtivo do submarino. Um submarino “silencioso” se tornou uma aspiração para o desenvolvimento dos submarinos modernos, tendo como consequência prática o desenvolvimento de equipamentos navais e construção de equipamentos militares de defesa nacional.

## 2. A NECESSIDADE PELA DISCRIÇÃO

Durante a Segunda Guerra Mundial, tornou-se evidente a forma com que os Aliados encontravam os submarinos alemães. Com o aperfeiçoamento dos sonares e radares, essa detecção ficou ainda mais precisa.

Segundo Uilian Ries (2019), nem mesmo em maior profundidade, os U-Boats seriam capazes de se esconder dos ASDIC (Anti Submarine Development Interalliee Committee). Em resposta a isso, a Kriegsmarine<sup>1</sup> iniciou o projeto Alberich, batizado dessa maneira em alusão à criatura mitológica que se tornava invisível. A tecnologia possuía um material constituído por folhas de borracha sintética (Oppanol), de cerca de 4 mm de espessura, que revestia a área externa do casco de forma adesiva e dispunha de propriedades absorvedoras de som. Sua aplicação dificultava a identificação da assinatura acústica, absorvendo as ondas sonoras de sonares ativos e atenuando os sons produzidos pelo próprio submarino (GERMAN, 2005).

O U-480, enviado para a frente de batalha em agosto de 1944, foi o primeiro submarino da Kriegsmarine com um revestimento externo especial como parte do projeto Alberich. Entre os dias 21 e 25 daquele mês afundou um total de 2 navios de guerra e 2 navios mercantes no Canal da Mancha sem nunca ser descoberto (TARNKAPPEN, [20--]).

Um total de 14 submarinos da Kriegsmarine receberam esses revestimentos de borracha. Sem dúvidas, este foi um desenvolvimento inovador. Porém, devido à complexidade para sua fabricação, somada ao suscetível desgaste de uso da borracha, que causava perda da camuflagem pretendida, não se prosseguiu com o seu desenvolvimento na construção submarina (TARNKAPPEN, [20--]).

<sup>1</sup> Nome que referencia a Marinha alemã entre 1935 e 1945, durante o regime nazista.

Ainda em 1940, quando o exército alemão derrotou a Holanda, um golpe de sorte caiu para a Kriegsmarine, uma invenção holandesa que o alemão passou a chamar de *Schnorchel*. O equipamento, que vinha sendo experimentado pelos holandeses desde 1938, era capaz de manter o submarino operando submerso enquanto ainda “respirava” o ar da superfície (THE SCHNORCHEL, [20--]). Entretanto, sua utilização possibilitava a detecção do submarino através dos radares.

Os alemães, como contramedida, revestiram a cabeça do esnórquel com um composto de borracha sintética e óxido de ferro. Esta proteção permitia a absorção das ondas do radar com eficácia de 90%, o que reduzia drasticamente sua assinatura. Chamado por *Tarnmatte*, este material mostrou-se superior ao *Alberich* (GERMAN, 2005).

Importante ressaltar que os três submarinos da Classe Oberon, adquiridos pelo Brasil nos anos de 1970, possuíam as válvulas de admissão de seus esnórqueis revestidas com placas de borracha semelhante à tecnologia alemã (RIES, 2019).

### 3. O REVESTIMENTO ACÚSTICO MODERNO

Equipamentos com furtividade acústica são amplamente utilizados em submarinos, o revestimento pode absorver as ondas sonoras emitidas pelo sonar ativo, suprimir a vibração do casco e isolar o ruído de dentro do meio. Portanto, segundo o artigo acadêmico “From local structure to overall performance: an overview on the design of an acoustic coating”, publicado pela MDPI (Molecular Diversity Preservation International) (2019), o revestimento acústico se torna o único componente-chave de um submarino que pode, efetivamente, combater o sonar ativo de um inimigo e a detecção de um sonar passivo, podendo ser dividido em dois tipos de acordo com a função: isolamento acústico em telhas de desacoplamento (*decoupling tiles*) e telhas anecoicas (*anechoic tiles*). A principal função das telhas de desacoplamento é reduzir o ruído de radiação e o ruído próprio do submarino. Por outro lado, as telhas anecoicas reduzem o reflexo das ondas sonoras do sonar ativo. Alguns revestimentos acústicos possuem as duas funções mencionadas acima.

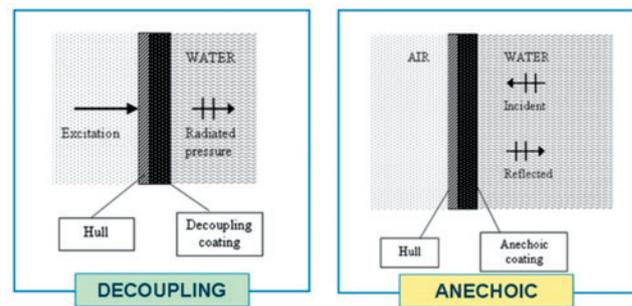


Figura 1: Principais tipos de revestimento acústico.

Adicionalmente, uma situação de caráter dual pode ser analisada. No campo civil, o revestimento acústico pode ser utilizado em vários materiais funcionais usados debaixo d’água, como: sistemas envolvendo exploração de recursos e mapeamento do fundo do mar; detecção de informações sobre cardumes de peixes; sensoriamento remoto; entre outros. Esta tecnologia pode absorver ondas sonoras desnecessárias no ambiente marinho para melhorar a precisão do posicionamento, pesquisa e capacidade de comunicação de determinado equipamento. Além disso, desempenham um papel importante na melhoria do ambiente marinho com a redução da poluição sonora (BAI et al., 2019).

### 4. APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO ANECOICO

Os requisitos operacionais do submarino são o ponto de partida para a aplicação do revestimento anecoico. O desenvolvimento destes revestimentos deve ser estruturado de forma que todos os requisitos sejam atendidos. Conforme a reflexão das ondas acústicas dos sonares dos navios de superfície retorna para a fonte, sua intensidade é reduzida pela absorção ou dispersão em direções diferentes à da fonte.

Segundo o artigo holandês “Anechoic coating design knowledge fields” (2019), o desenvolvimento de materiais é o fator-chave para os revestimentos anecoicos, devendo ser determinada a relação entre os parâmetros químicos e os desempenhos acústicos, os quais variam bastante conforme a profundidade do mergulho. A deformação por pressão estática altera as propriedades acústicas destes materiais e define os requisitos para colagem e envelhecimento do revestimento. O material deve ter fluabilidade neutra para ter menos influência na fluabilidade do submarino e sua densidade varia entre 1.100 e 1.500 kg/m<sup>3</sup>.

Outro fator, é a ameaça sonar esperada. Atualmente, há vários sistemas de sonar disponíveis, como LFAS<sup>2</sup> (sonar ativo de baixa frequência, rebocado por navios de superfície), HMS<sup>3</sup> (sonar montado no casco), HELRAS<sup>4</sup> (sonar ativo de imersão e longo alcance utilizado por helicópteros) e sonares de torpedos. Cada ameaça vem com uma frequência e faixa de detecção diferentes. Desta forma, o revestimento anecoico deve ser desenvolvido para as faixas de frequência das ameaças esperadas de sonares ativos. A aplicação destes materiais ao submarino conseqüentemente elevará o seu peso, que deve ser compensado pelo volume extra. Além disso, as deformações por pressão alterarão a flutuabilidade do meio, que deve ser contrabalançada com bombas e tanques de lastro (UITDENBOGERD, 2019).

Os revestimentos de absorção são geralmente aplicados em estruturas AB (*air-backed*), como o casco de pressão. Os materiais de reflexão são aplicados em estruturas WB (*water-backed*), como a vela, mas também são aplicadas combinações de materiais de reflexão e absorção. A arquitetura do meio em combinação com revestimentos anecoicos também influenciará no valor da sua intensidade de reflexão (*TS – Target Strength*). Atualmente, os submarinos modernos possuem formas “*Stealth*” em suas velas e cascos, apresentando uma modelagem adequada para a redução de sua TS (UITDENBOGERD, 2019).

## 5. PROBLEMAS DO REVESTIMENTO

Embora o revestimento anecoico em submarinos seja bastante utilizado, segundo o especialista naval Norman Polmar (MIZOKAMI, 2017), a cola que prende o material ao casco é exposta a uma ampla variedade de condições ambientais, incluindo grandes oscilações de temperatura, bem como pressões de operações a cerca de 300 metros abaixo da superfície. A fricção causada pelo movimento de arrasto embaixo d’água e colisões com objetos contribuem para que o revestimento se solte gradualmente. Hu Bo (2018, p. 2) disse,

Os submarinos modernos são geralmente equipados com uma camada absorvedora de som feita de borracha e outros materiais macios, ou seja, telha anecoica, que será perdida e derramada conforme os submarinos realizam a missão.

<sup>2</sup> Low Frequency Active Sonar.

<sup>3</sup> Hull-Mounted Sonar.

<sup>4</sup> Helicopter Long Range Active Sonar.

Um artigo do “Honolulu star advertiser” (COLE, 2017) sobre o retorno do USS Mississippi, um submarino da classe Virginia, ao porto de Pearl Harbor, mostrou através de uma foto que o submarino se encontrava já com pouca quantidade de seu revestimento, chamado SHT (*Special Hull Treatment*). Porém, segundo Misokami (2017), a Navy Metalworking Center, em 2014, afirmou que havia desenvolvido um processo de aprimoramento para novos submarinos a partir de 2018 e uma adaptação, em 2016, para os submarinos mais antigos. Não foi informado se o Mississippi recebeu o novo processo de revestimento.

Existe uma aleatoriedade considerável na esfoliação deste revestimento que pode ser atribuída aos problemas de confiabilidade do produto. O Método de Monte Carlo, também conhecido como Método de Simulação Estatística, tornou-se a principal ferramenta para resolver modelos estatísticos complexos e problemas de alta dimensão. Segundo um tra-



Figura 2: Revestimento do submarino se desprendendo.



Figura 3: Submarino da Classe Virginia com telhas faltando.

balho publicado pela ICCOE 2018 (2018 5th International Conference on Coastal and Ocean Engineering), este método tem sido aplicado em diversos aspectos, como avaliação da confiabilidade do sistema de geração e transmissão, e detecção de probabilidade de torpedo lançado por submarino.

O MC-PEM combina o método do elemento de placa (PEM) com o método de Monte Carlo para analisar a resistência-alvo da casca após o desprendimento aleatório da telha anecoica. Este método é baseado nas seguintes suposições (BO, 2018):

- a probabilidade de queda das telhas anecoicas dos submarinos na mesma área é consistente;
- a espessura, as características do material e as propriedades acústicas da telha anecoica na mesma área estão de acordo entre si, e a esfoliação de qualquer uma é independente da outra; e
- o número de telhas anecoicas é suficiente para que cada telha tenha uma área menor em relação a toda a superfície.

As telhas anecoicas existem em dois estados: fixação normal ou desprendimento. Considerando, independentemente, o estado de cada placa e calculando a intensidade do alvo repetidas vezes para se obter uma série de estatísticas matemáticas e ajustes de distribuição, são obtidos, como resultado, os valores das intensidades de reflexão (TS) onde a densidade máxima de probabilidade ocorre.

Este é o princípio central do algoritmo de Monte Carlo.

O PEM é derivado do método de acústica física de Kirchhoff, que pode ser estendida para o cálculo da resistência-alvo das estruturas imersas de dupla camada.

Desta forma, ao combinar o método de Monte Carlo e a teoria da confiabilidade com o algoritmo de engenharia que prevê a intensidade de reflexão do casco com o material aplicado, o engenheiro Hu Bo (2018), da China Ship Developing and Designing Centre, analisou quantitativamente a relação entre a taxa de esfoliação das telhas anecoicas e a intensidade de reflexão (TS). Em resumo, a análise do mecanismo esfoliante deste revestimento pode ser realizada através de um trabalho de acompanhamento. Geralmente, acredita-se que a probabilidade de derramamento de telhas anecoicas está intimamente relacionada à distribuição alternada de pressão na superfície do submarino. Com base na tecnologia de simulação CFD (Computational Fluid Dynamics), pode-se estabelecer uma previsão mais realista da intensidade de reflexão para um modelo de revestimento com telha anecoica para submarinos.

## 6. O PROJETO DA MARINHA DO BRASIL

Atuando na área de pesquisa e desenvolvimento (P&D) de forma a obter soluções tecnológicas para a Defesa Nacional, o Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM) desenvolveu, no início dos anos 1990, uma tinta absorvedora de micro-ondas. O projeto, conhecido como

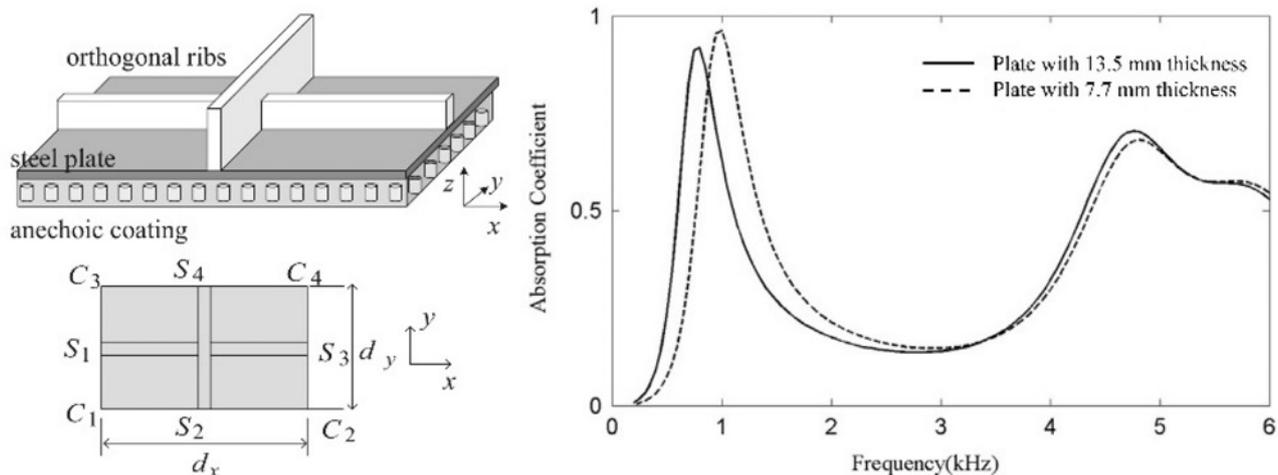


Figura 4: Cálculo do modelo de uma célula unitária, sua vista superior e coeficientes de absorção do revestimento anecoico Alberich apoiado em diferentes placas de aço.

TAM X, realizado em parceria com a AVIBRAS e a DEN (Diretoria de Engenharia Naval), foi concluído em 2003 e obteve em seus testes laboratoriais um poder de absorção superior a 90% ao longo da banda X (8,2 a 12,4 GHz), sendo para o restante da faixa uma absorção mínima de 68% (LIMA; FALCO, 2018).

Segundo o engenheiro Roberto Lima (2018), Chefe da Divisão de Cerâmicas Avançadas do IPqM, foi realizado um teste operativo a fim de comprovar a eficácia do material na prática. O evento realizou uma comparação entre dois mastros de periscópio do submarino Tapajó, sendo um deles revestido com a tinta absorvedora. O mastro que não havia sido revestido foi detectado pelo radar *Sea-spray 3000* da aeronave Super-Linx a uma distância de 4 a 7 milhas. O outro mastro não foi identificado pelo radar, só sendo encontrado visualmente a uma distância de aproximadamente 400 jardas.

Em um outro projeto com parceria da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), o IPqM desenvolveu, no ano de 2009, um material absorvedor veiculado em um elastômero que, segundo o instituto, apresentou resultados satisfatórios em termos de absorção da radiação eletromagnética. Esta composição em formato de placas tem por finalidade atuar na discrição de radar de embarcações e dispõe da vantagem de ser aplicada já na espessura de trabalho ideal de forma adesiva.

As tintas necessitam de uma quantidade certa de demãos para que torne a discrição eficaz. Porém, possuem a vantagem de serem utilizadas em locais onde dificilmente

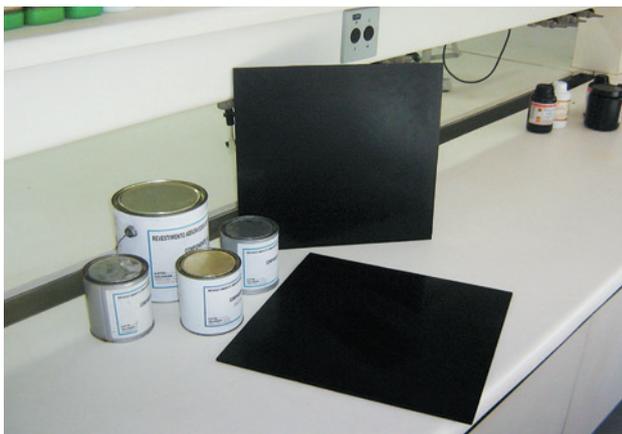


Figura 5: Tintas e placas absorvedoras desenvolvidas pelo IPqM.

se conseguiria aplicar as placas absorvedoras, como balaústres ou outras superfícies cilíndricas/esféricas que possuam um formato que facilita a detecção por radares.

## CONCLUSÃO

Os submarinos são uma incrível arma que usufruem do fator surpresa para proferir seus ataques. Por isso, um estudo focado na redução de ruídos produzidos por estas embarcações tornou-se essencial para se manter um ataque furtivo. Caso estes meios tenham uma assinatura de alto nível de ruído, não haverá nenhuma razão para se ter um submarino.

Desde a Segunda Guerra Mundial, tenta-se progredir com uma solução *Stealth* para garantir a discrição dos submarinos. Platão dizia que “a necessidade é a mãe da invenção”. Se em meados do século XX já havia uma preocupação por conta dos avanços tecnológicos que elevaram a eficácia dos radares e sonares, na atualidade, em que a tecnologia se encontra bem mais avançada, a necessidade por novas estratégias que sejam capazes de contrapor as ideias anteriores tornou-se ainda mais premente.

A “corrida armamentista” se mostrou como algo interminável. No mundo moderno, a busca pela supremacia do poderio militar e manutenção da soberania são vistas, pelas grandes nações, da mesma forma que Vegécio enxergava na Roma do século IV: “Se queres paz, prepare-te para a Guerra”.

## REFERÊNCIAS

BAI, Hongbai; ZHAN, Zhiqiang; LIU, Jinchun; REN, Zhiying. from Local structure to overall performance: an overview on the design of an acoustic coating. **MDPI**, Basel, Switzerland, p. 1-17, 7 ago. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1944/12/16/2509/htm>. Acesso em: 23 fev. 2023.

BO, HU. Research of statistical characteristics of target strength of a single-layer cylindrical shell with random coating. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, Shanghai, China, ano 2018, v. 171, n. 5, p. 1-9, 27 abr. 2018. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/171/1/012023>. Acesso em: 25 fev. 2023.

BORGES, Valter da Rosa. In: Pensador.com. [S. l.], [20--]. Disponível em: <https://www.pensador.com/frase/MTQ0NjY/>. Acesso em: 22 fev. 2023.

COLE, William. **New fast-attack submarine headed to home port at Pearl Harbor**. Honolulu: The Honolulu Star Advertiser, 16 nov. 2017. Disponível em: <https://www.staradvertiser.com/2017/11/16/breaking-news/new-fast-attack-submarine-headed-to-home-port-at-pearl-harbor/>. Acesso em: 25 fev. 2023.

GERMAN. **U-Boat: Anti Sonar Coating**. [S. l.], 2005. Disponível em: <http://www.uboataces.com/sonar-coating.shtml>. Acesso em: 22 fev. 2023.

LIMA, Roberto da Costa; FALCO, Ana Paula Santiago. Instituto Nacional de Pesquisa da Marinha Pioneiro Nacional na Técnica de Invisibilidade. **O Periscópio**, Rio de Janeiro, ano 2018, v. 69, n. 69, 31 out. 2018. Ciência e Tecnologia, p. 40-43.

MIZOKAMI, KYLE. Navy subs can't stop losing their noise-dampening skins: Designed to dea dennoise, flaps of the rubbery material are falling off at sea..[S. l.]: **POPULAR MECHANICS**, 7 mar. 2017. Disponível em: <https://www.popularmechanics.com/military/weapons/a25578/the-navys-submarines-are-still-shedding-their-rubber-like-skins/>. Acesso em: 25 fev. 2023.

PADILHA, Luiz. Submarino A26 – Tecnologia stealth em alto nível. [S. l.]: **Defesa Aérea& Naval**, 7 out. 2021b. Disponível em: <https://www.defesaaereanaval.com.br/naval/submarino-a26-tecnologia-stealth-em-alto-nivel>. Acesso em: 20 fev. 2023.

TARNKAPPEN: **U 480 und die Geheimnisse um die “Tarnkappen” U-Boote der Kriegsmarine**. [S. l.], [20--] Disponível em: <https://dubm.de/tarnkappen/>. Acesso em: 22 fev. 2023.

RIES, Uilian. **A tecnologia stealth debaixo da água**. [S. l.]: Hoje no Mundo Militar, 13 dez. 2019. Disponível em: <https://hojenomundomilitar.com.br/a-tecnologia-stealth-debaixo-da-agua/>. Acesso em: 20 fev. 2023.

**THE SCHNORCHEL**. [S. l.], [20--] Disponível em: <https://uboat.net/technical/schnorchel.htm>. Acesso em: 22 fev. 2023.

UITDENBOGERD, Martin. **Anechoic coating design knowledge fields**. Utrecht, 2019. Disponível em: [https://www.uaconferences.org/docs/2019\\_papers/UACE2019\\_1054\\_Uitdenbogerd.pdf](https://www.uaconferences.org/docs/2019_papers/UACE2019_1054_Uitdenbogerd.pdf). Acesso em: 22 fev. 2023.