

# LOFAR

## UMA FERRAMENTA PARA NAVIOS DE SUPERFÍCIE NA GUERRA ANTISUBMARINO

Capitão-Tenente PAULO RICARDO MACHADO COSTA

Ajudante da Divisão de Guerra Antissubmarino – CAAML  
Aperfeiçoado em Comunicações

### INTRODUÇÃO

A detecção na Guerra Antissubmarino (GAS) depende inteiramente das características locais e dos fatores ambientais da região marinha na qual estão se desenvolvendo as ações antissubmarinas. Como exemplos, podemos citar a profundidade local, a temperatura da água, a salinidade e a densidade da água do mar, bem como depende também do sensor utilizado e de suas capacidades.

No caso da GAS, o principal sensor é conhecido pelo acrônimo “SONAR” (*Sound Navigation and Ranging*), o qual se utiliza da propagação, da reflexão e da transmissão da energia sonora pelo meio marinho e, por essa razão, não devemos desconsiderar o comportamento da onda sonora na água do mar, visto que a detecção feita pelo SONAR depende da propagação do som no ambiente abaixo d’água.

Os pontos em que iremos focar nossas atenções neste artigo são a condição material, a ambiental e as táticas, bem como a análise do espectro das frequências baixas e/ou muito baixas, e como as análises nesse espectro de frequências podem nos auxiliar na GAS.

Estas análises dos espectros de frequências, mais conhecidos por seus acrônimos “LOFAR” (*Low Frequency and Recording*) e “DEMON” (*Demodulation On Noise*), serão apresentados em seus aspectos básicos, sem aprofundarmos o assunto, para então apontarmos o que é necessário para a utilização dessas ferramentas a bordo dos Navios de Superfície. Além disso, citar quais vantagens podemos obter com estas ferramentas.

### PORQUE O LOFAR? POR QUE ANALISAR AS ONDAS DE BAIXA FREQUÊNCIA?

Um leque de oportunidades em termos de detecção antecipada e confiabilidade no binômio classificação-identificação abre-se diante de nós ao utilizarmos a técnica LOFAR. Com essa ferramenta, torna-se capaz de detectar “ruídos” na

parte mais inferior do espectro de frequências, que representa o intervalo de 100 Hz até 1000 Hz. Até mesmo o mais silencioso submarino, movendo-se em uma velocidade baixa (3 a 4 nós), emite um padrão sonoro único que pode ser classificado e identificado pela sua classe e velocidade por meio da análise LOFAR.

Podemos observar as seguintes vantagens:

- A onda sonora sofre menos atenuação;
- Parte da energia sonora de baixa ou baixíssima frequência consegue penetrar abaixo da PC;
- Possibilita detecção a longas distâncias, o que dependendo do sensor utilizado representa algo em torno de 40 a 60 milhas náuticas;
- Possibilita a classificação dos alvos de maneira única, por meio de sua “assinatura acústica”, ou seja, apenas aquele submarino irá apresentar tais características sonoras.

Outros submarinos, embora sejam da mesma classe, irão apresentar diferentes “assinaturas acústicas”, de tal forma que esta assinatura é única para cada submarino dentro da mesma classe.

### LOFARGRAMA

O Lofargrama é o nome dado à apresentação ou ao *display* que o operador desta ferramenta irá monitorar, analisar e manusear. Esta apresentação é mostrada ao operador após o sistema utilizar-se das técnicas adequadas de processamento do sinal sonoro recebido, para então possibilitar ao operador a detecção, a classificação e a identificação dos ruídos, os quais, após esses processos, apresentará a sua assinatura acústica e classificará o alvo de maneira única, revelando assim a sua identidade.

Basicamente, o “*Display*” (figura 1) é apresentado no modelo “*Waterfall*” onde, no eixo das ordenadas (eixo y), é apresentado o domínio do tempo e, no eixo das abscissas

FONT: [www.militaryaerospace.com](http://www.militaryaerospace.com)

(eixo x), é apresentado o domínio das frequências, no qual é mostrada uma linha que representa a intensidade da frequência. Essas linhas são apresentadas com diferentes níveis de brilho.

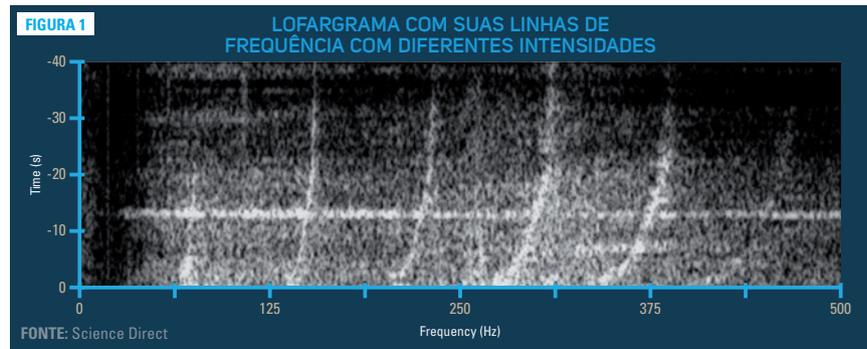
É necessário dizer que os ruídos detectados são recebidos pelos sensores nas três dimensões (Tempo, Espaço e Frequência), e, mais especificamente, no “domínio da frequência”, o ruído detectado apresenta um espectro contínuo de frequências, onde podemos classificar primariamente quanto a origem da fonte geradora de ruído (a), a diferenciação de frequências dentro desse amplo espectro (b), e por último, onde estão localizados no interior do espectro de frequências, cada ruído gerado pelo submarino (c):

#### Quanto à origem da fonte de ruído:

- **Ruídos provenientes do exterior do casco do submarino:** São os ruídos gerados pelo escoamento hidrodinâmico da água através do casco, pela hélice e eixo da hélice do submarino e pelas pás da hélice que, ao girarem, fornecem um ruído único, no qual é possível analisar pela ferramenta *LOFAR*.
- **Ruídos provenientes do interior do casco do submarino:** São os ruídos gerados por todo o maquinário no interior do submarino, ou pela tripulação a bordo. Particularmente neste caso, o som produzido pelo maquinário, por transferência mecânica de vibração, ressoa no casco, que por sua vez, ressoará na água, gerando um sinal sonoro capaz de se detectar pela análise *LOFAR*.

No que diz respeito ao amplo espectro de frequências detectável pelo SONAR, se faz necessário dividir este espectro em duas partes:

- **Broad Band (BB) Noise:** São os ruídos nos quais a energia sonora é distribuída por uma larga banda dentro do espectro detectável pelo sensor utilizado.
- **Narrow Band (NB) Noise:** É o contrário da definição anterior, ou seja, são os ruídos nos quais a energia sonora é distribuída por uma estreita (discreta) banda dentro do espectro detectável pelo sensor utilizado; é o objeto de estudo e análise *LOFAR*.

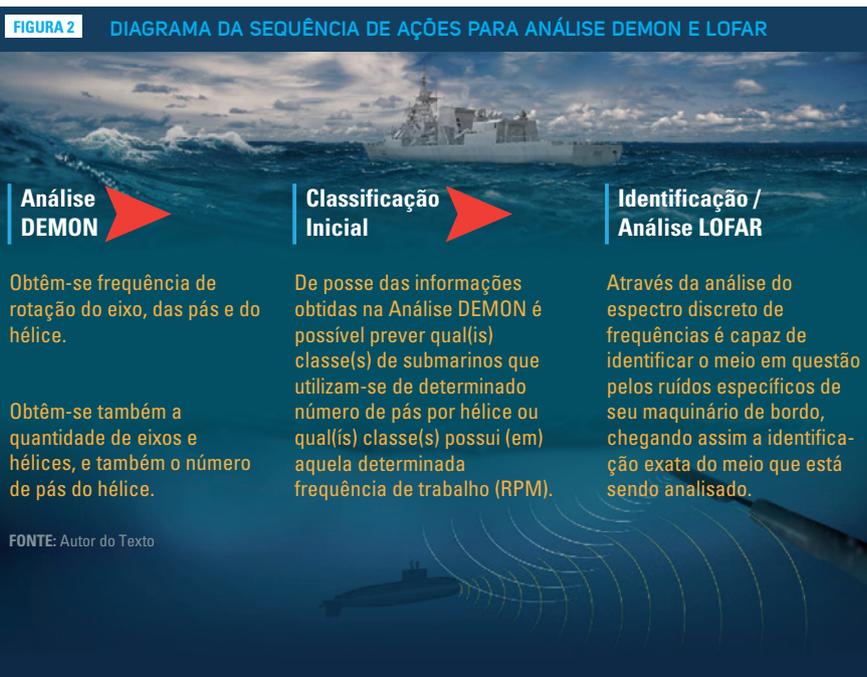


#### Classificação dos ruídos gerados pelo submarino no interior do espectro de frequências:

- **Broad Band (BB) Noise:** O ruído gerado pelo escoamento hidrodinâmico da água através do casco, o ruído gerado pela hélice, pelo eixo e pelas pás da hélice do submarino.
- **Narrow Band (NB) Noise:** São os ruídos gerados por todo o maquinário do submarino, como por exemplo, os motores de combustão interna (MCPs), bombas de esgoto e incêndio, motores elétricos (MCAs). É importante ressaltar que, através da ferramenta *LOFAR*, é possível detectar não apenas o funcionamento do maquinário, mas também quando é ligado ou desligado, quando se aumenta ou diminui a demanda sobre o equipamento.

Neste momento do texto, o leitor pode estar se perguntando qual a importância ou utilidade dos ruídos “*Broad Band (BB) Noise*”, visto que o objeto de estudo da análise *LOFAR* são os ruídos “*Narrow Band (NB) Noise*”.

A resposta a esta indagação passa pela análise “*DEMON (Demodulation On Noise)*”, que é o passo inicial antes de qualquer análise *LOFAR*. A finalidade da ferramenta *DEMON* é



## RESUMO DAS CAPACIDADES DA ANÁLISE LOFAR

LOFAR

- Detecção de Alvos a longa distância (40 a 60 Mn).
- Detecção de ruídos provenientes de motores de combustão interna, motores elétricos, bombas de esgoto e incêndio.
- Detecção de ruídos que indicam partes soltas ou móveis dentro dos equipamentos.
- Detecção de ruídos que indiquem alimentação/desalimentação de equipamento, aumento/redução de demanda nos equipamentos.
- As linhas de frequência no Lofargrama são também capazes de indicar se o alvo está guinando ou mudando de velocidade.
- É possível através do Lofargrama detecta se o submarino está abrindo as portas dos tunos lançadores de Torpedos/Mísseis.
- É possível através do Lofargrama detectar, classificar e identificar se há Torpedos e quais seus parâmetros de busca, permitindo ao Navio a reação mais adequada à ameaça.
- É possível através do Lofargrama detectar se o Submarino esteja realizando esnórquel, ainda que seja na cota, pois o ruído dos gases expelidos na água, são detectáveis na análise LOFAR.
- É possível através do Lofargrama detectar os ruídos proveniente da tripulação em seus afazeres a bordo.

FONTE: Autor

justamente analisar os ruídos “*Broad Band (BB) Noise*”, a fim de se obter as seguintes informações:

- a. Frequência (RPM) de rotação do eixo e/ou hélice do submarino;
- b. Quantos eixos e/ou hélices o submarino possui;
- c. E, por último, quantas pás possuem em cada hélice do submarino.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na figura 3, podemos observar a comparação em termos de distância de detecção as comparações entre um Sonar de Casco x Sonar Rebocado Passivo x Sonar Rebocado Ativo e Passivo.

Após todo o conteúdo explicitado acima, é importantíssimo salientar a necessidade de um escolta operar algum tipo de Sonar Rebocado Passivo. Somente dessa forma, será capaz de desenvolver uma análise LOFAR. O SONAR de casco

operado normalmente nos escoltas não é capaz de registrar os ruídos em tão baixa frequência, visto que o ruído gerado pelo próprio navio impede essa detecção.

### Referências

- AMORIM, R. M. *Avaliação da influência do ruído ambiente em sistema sonar passivo utilizando análise de componentes independentes*. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016. Disponível em: [http://www.ppgEE.eng.ufba.br/teses/Mestrado\\_Raphael\\_Amorim.pdf](http://www.ppgEE.eng.ufba.br/teses/Mestrado_Raphael_Amorim.pdf). Acesso em: 1 jun. 2023.
- BURDIC, W. *Underwater acoustic system analysis*. Englewood Cliffs, NJ: PrenticeHall, 1984.
- NIELSEN, R.O. *Sound signal processing*. Norwood, MA: Artech House, 1991.
- ULTRA MARITIME. *Sonar sensors & systems*. [2023]. Disponível em: <https://www.ultra.group/gb/our-business-units/maritime/sonar-systems/sonar-sensors-systems/>. Acesso em: 1 jun. 2023.
- ULTRA MARITIME. *Towed sonar*. [2023]. Disponível em: <https://www.ultra.group/gb/our-business-units/maritime/ultra-maritime-uk/towed-sonar/>. Acesso em: 1 jun. 2023.
- URICK, R. J. *Principles of underwater sound*. New York: McGraw-Hill, 1983.
- WAITT, T. Navy picks 5 contenders for next generation frigate FFG(X) Program. *American Security Today*, [S. l.], 19 feb. 2018. Disponível em: <https://americansecuritytoday.com/navy-picks-5-contenders-next-generation-frigate-ffgx-program/>. Acesso em: 1 jun. 2023.



FONTE: Atlas Elektronik