

Acústica

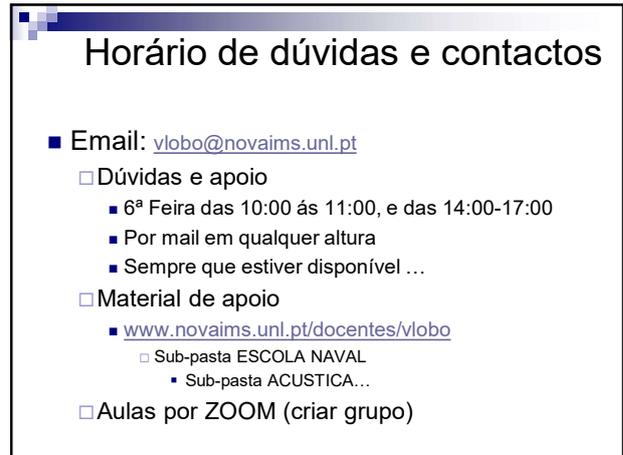
4ºAno EN-AEL, 3ºAno M
V 0.1 V.Lobo, EN 2021



Acústica
Victor Lobo

Mestrados Integrados de M (Acústica, Sonar e Armas Submarinas)
e EN-AEL (Sistemas de Detecção e Armamento Submarino)

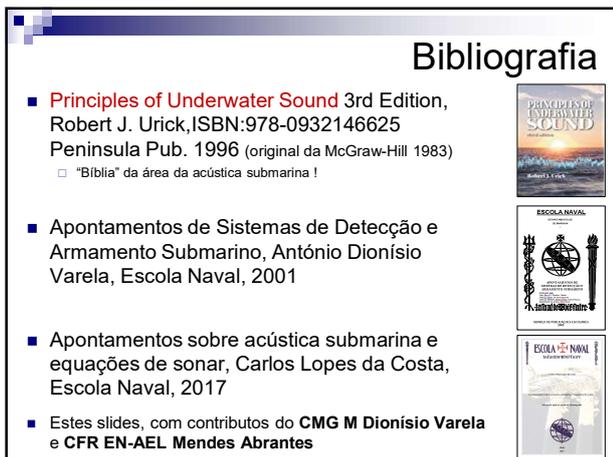
1



Horário de dúvidas e contactos

- Email: vlobo@novaims.unl.pt
 - Dúvidas e apoio
 - 6ª Feira das 10:00 às 11:00, e das 14:00-17:00
 - Por mail em qualquer altura
 - Sempre que estiver disponível ...
 - Material de apoio
 - www.novaims.unl.pt/docentes/vlobo
 - Sub-pasta ESCOLA NAVAL
 - Sub-pasta ACUSTICA...
 - Aulas por ZOOM (criar grupo)

2

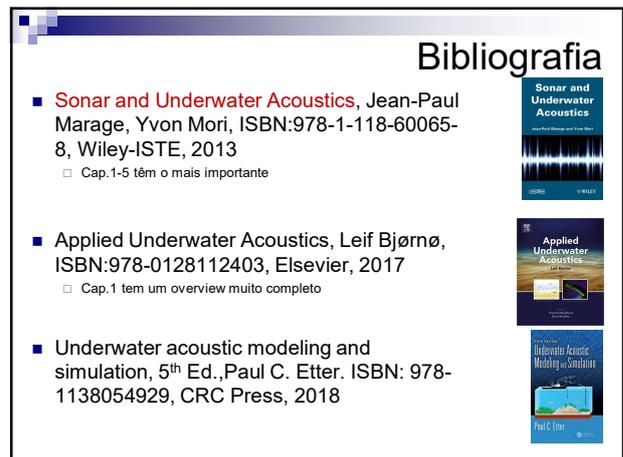


Bibliografia

- **Principles of Underwater Sound** 3rd Edition, Robert J. Urick, ISBN:978-0932146625 Península Pub. 1996 (original da McGraw-Hill 1983)
 - "Bíblia" da área da acústica submarina !
- Apontamentos de Sistemas de Detecção e Armamento Submarino, António Dionísio Varela, Escola Naval, 2001
- Apontamentos sobre acústica submarina e equações de sonar, Carlos Lopes da Costa, Escola Naval, 2017
- Estes slides, com contributos do **CMG M Dionísio Varela** e **CFR EN-AEL Mendes Abrantes**



3



Bibliografia

- **Sonar and Underwater Acoustics**, Jean-Paul Marage, Yvon Mori, ISBN:978-1-118-60065-8, Wiley-ISTE, 2013
 - Cap.1-5 têm o mais importante
- **Applied Underwater Acoustics**, Leif Bjørnø, ISBN:978-0128112403, Elsevier, 2017
 - Cap.1 tem um overview muito completo
- **Underwater acoustic modeling and simulation**, 5th Ed., Paul C. Etter. ISBN: 978-1138054929, CRC Press, 2018

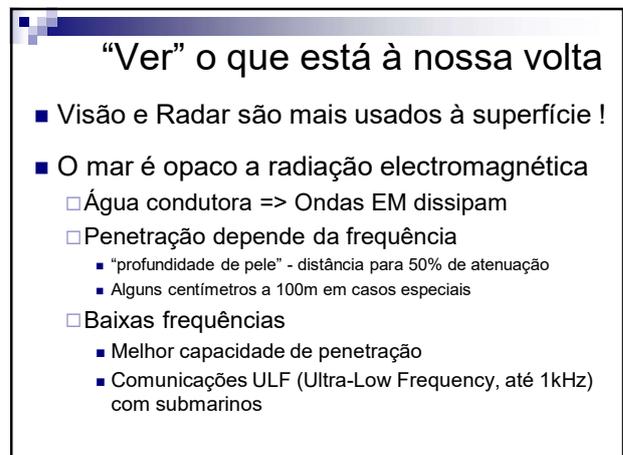


4



Motivação e Overview

5



"Ver" o que está à nossa volta

- Visão e Radar são mais usados à superfície !
- O mar é opaco a radiação electromagnética
 - Água condutora => Ondas EM dissipam
 - Penetração depende da frequência
 - "profundidade de pele" - distância para 50% de atenuação
 - Alguns centímetros a 100m em casos especiais
 - Baixas frequências
 - Melhor capacidade de penetração
 - Comunicações ULF (Ultra-Low Frequency, até 1kHz) com submarinos

6

Acústica

4ºAno EN-AEL, 3ºAno M
V 0.1 V.Lobo, EN 2021

Mesmo assim usam-se ondas EM

- ☐ Detecção de antenas e periscópios
- ☐ Comunicações a curta distância com laser
- ☐ Observação da esteira e “sombra” de submainos
- ☐ Comunicações ULF

ESPECTRO VISÍVEL

7

Porquê usar acústica ?

- Ondas mecânicas que se propagam no mar
- **Modo passivo**
 - ☐ **Escutar** o som que nos chega
 - ☐ Arrays de sensores, integração no tempo
 - ☐ Discreto para quem recebe, e inevitável para o alvo
- **Modo activo**
 - ☐ **Enviar um “ping”** e medir quanto tempo demora o eco
 - ☐ “Pings coloridos” (chirp), doppler, multiestáticos

8

Modo Passivo

- Com um sensor
 - Perceber quem está a emitir
 - Classificação de Efeitos hidrofónicos
 - Principal questão em modo passivo
- Com dois ou mais (towed array, flank array)
 - Estimar direções (DOA) das fontes
 - Diferença em tempo entre os sinais
- Com várias localizações de sensores
 - Estimar local do contacto por triangulação

A grande questão em ASW !

9

Modo activo

- **Tempo** entre emissão e recepção -> distância
 $d = (\Delta t \times v_{som}) / 2$
- Mudanças de frequência no eco
 - ☐ Velocidade do alvo por **Doppler**
- Sinais com várias frequências (“cores”)
 - ☐ Chirp, ou outros
 - ☐ Permite saber algo sobre o **espectro de absorção** do alvo e do canal...
- **Separação** entre emissores e receptores
 - ☐ Emissores e receptores “descartáveis”

10

Mas o som não vai “a direito”..

- Velocidade do som depende da elasticidade e densidade
- Densidade depende:
 - ☐ Salinidade
 - ☐ Temperatura
- Variações de densidade => Curvatura do som
- Importância de conhecer o perfil de densidade
- Múltiplos caminhos, múltiplos ecos, interferências, reverberações, ruído de fundo, ruído biológico, etc, etc...

$$c = \sqrt{\frac{K_e}{\rho}}$$

c =vel.som
 K_e =cte elasticidade
 ρ =densidade

11

Outras utilizações acústica submarina

- Comunicações acústicas
 - ☐ Telefone submarino, modems subaquáticos
- Sondas
 - ☐ Sondas de profundidade, sondas de pesca
- Mapeamento
 - ☐ Sonares de varrimento lateral e multifeixe
- Preocupações ambientais
 - Outras (sismologia, medicina, etc)

12

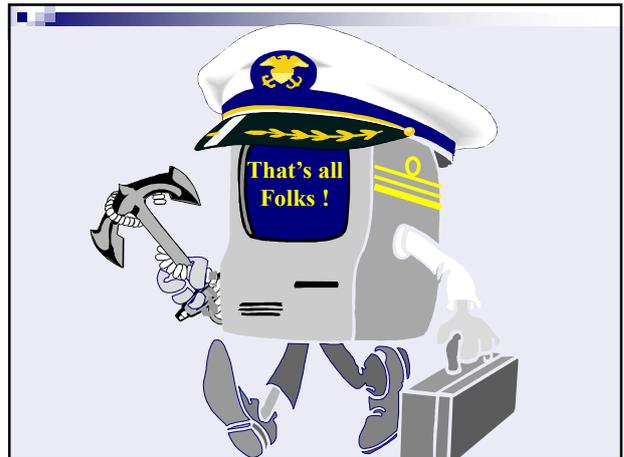
Acústica

4ºAno EN-AEL, 3ºAno M
V 0.1 V.Lobo, EN 2021

O que é preciso para compreender estes problemas ?

- Teoria de ondas
 - Propagação, reflexão e refração, lei de Snell, ...
- Física
 - Dos oceanos, variações na coluna de água, ...
 - Dos sensores e actuadores, hidrofones, ...
- Teoria e processamento de sinais
 - Decomposição em frequência, beamforming, ...
- Reconhecimento de padrões
 - Detecção, Classificação de efeitos hidrofónicos, ...

13



14