

## Propagação do Som

### 1) Introdução

O som propaga no meio material homogêneo com velocidade constante. Essa propriedade permite acompanhar o alcance de um sinal sonoro com a relação da cinemática

$$d = v_{som} \cdot \Delta t$$

onde  $\Delta t$  é o intervalo de tempo da desde a emissão do sinal,  $v_{som}$  é a velocidade do som no meio material em estudo e  $d$  é a distância do sinal sonoro à fonte. Cabe notar que a intensidade sonora diminui à medida que sinal se afasta da fonte.

### 2) Problema

O sonar de um navio pesqueiro emite um sinal (pulso sonoro) a intervalos de tempo regulares e registra o intervalo de tempo para receber de volta o sinal emitido (eco), conforme tabela,. Um software ajuda a interpretar as informações registradas pelo sonar (tempo, frequência, direção entre outros). O navio da figura abaixo está ancorado em alto mar quando recebe sinal do sonar, indicando a existência de um cardume de peixes com potencial para a pesca.



Figura 1: Sonar mede posição e velocidade de cardume (Imagem: infoescola.com)

É preciso avaliar a distância, o movimento e, em caso de aproximação, o tempo para a chegada do cardume. O protocolo de análise foi seguido e os 10 pulsos seguintes registrados, conforme tabela.

Pulso	$t_{fonte},/s$ (instante da emissão do sinal)	$\Delta t_{rec},/s$ (intervalo de tempo entre emissão e recepção do sinal)
0	$t_{fonte,0}$	$\Delta t_{rec,1}$
1	$t_{fonte,1}$	$\Delta t_{rec,1}$
2	$t_{fonte,2}$	$\Delta t_{rec,2}$
⋮	⋮	⋮
10	$t_{fonte,10}$	$\Delta t_{rec,10}$

Propagação do Som

- a) Determinar a distância do navio ao cardume,  $s$ , para cada intervalo de tempo,  $\Delta t$ , e construir uma tabela  $(t, s)$ , onde  $t$  é o instante da emissão do sinal. Adotar a velocidade do som no mar igual a 1522 m/s.  
Dica: a posição  $s$  do cardume em relação ao navio está relacionada à distância  $d$  detectada pelo sonar.  
Outra dica: para a construção da tabela não há necessidade de cálculo da incerteza, mas é bom usar a regra de ouro.

- b) Interpretar o movimento do cardume como MRU e construir um gráfico  $(t, s)$ .

$$\begin{array}{ccccccc} s & = & s_0 & + & v \cdot t & & \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \\ Y & = & A & + & B \cdot X & & \end{array}$$

- c) Determinar a melhor estimativa para posição inicial,  $s_0$ , e velocidade,  $v$ , do cardume e, em caso de movimento de aproximação, a melhor estimativa para o tempo de chegada. Analisar a confiança das medidas com o desvio de precisão,  $DP$ .  
Nota: como o navio é o referencial, tem-se que velocidade positiva indica afastamento, velocidade negativa indica aproximação do cardume.
- d) Supõe-se que o cardume manterá MRU, de modo que o tempo de chegada é dado importante para tomadas de decisão.  
Sugestão: adotar o navio como posição zero.