

Escola Naval

Departamento de Formação de Engenheiros Navais – Ramo de
Armas e Electrónica

Laboratório de Acústica da Escola Naval

Tutor:

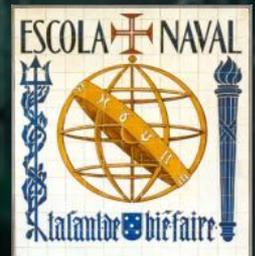
Prof. Victor Lobo

ASPOF EN-AEL Pimenta Imperadeiro

Co-tutor:

CTEN EN-AEL Mendes Abrantes

ASPOF EN-AEL Torpes Limão



AGENDA

- Aquisição de Sinal
 - Osciloscópio
 - Arduíno
 - NIDAQCard-6062E
- Transmissão Arduíno
- Experiência 1: Cálculo da Velocidade do Som na Água
- Experiências Futuras.

Aquisição de Sinal

Osciloscópio

Osciloscópio TDS-1002B:

Especificações:

Comunicação: Ecrã LCD ou USB

Canais: 2+1(trigger externo)

Taxa de Amostragem: 1GS/s

Tensões de Trabalho: 2mV/div a 5V/div



Ref.: Datasheet TDS1002

– Utilização:

- Visualização em tempo real;
- Envio de amostras por USB.

– Vantagens:

- Visualização de dados em tempo real;
- Elevada Taxa de amostragem;

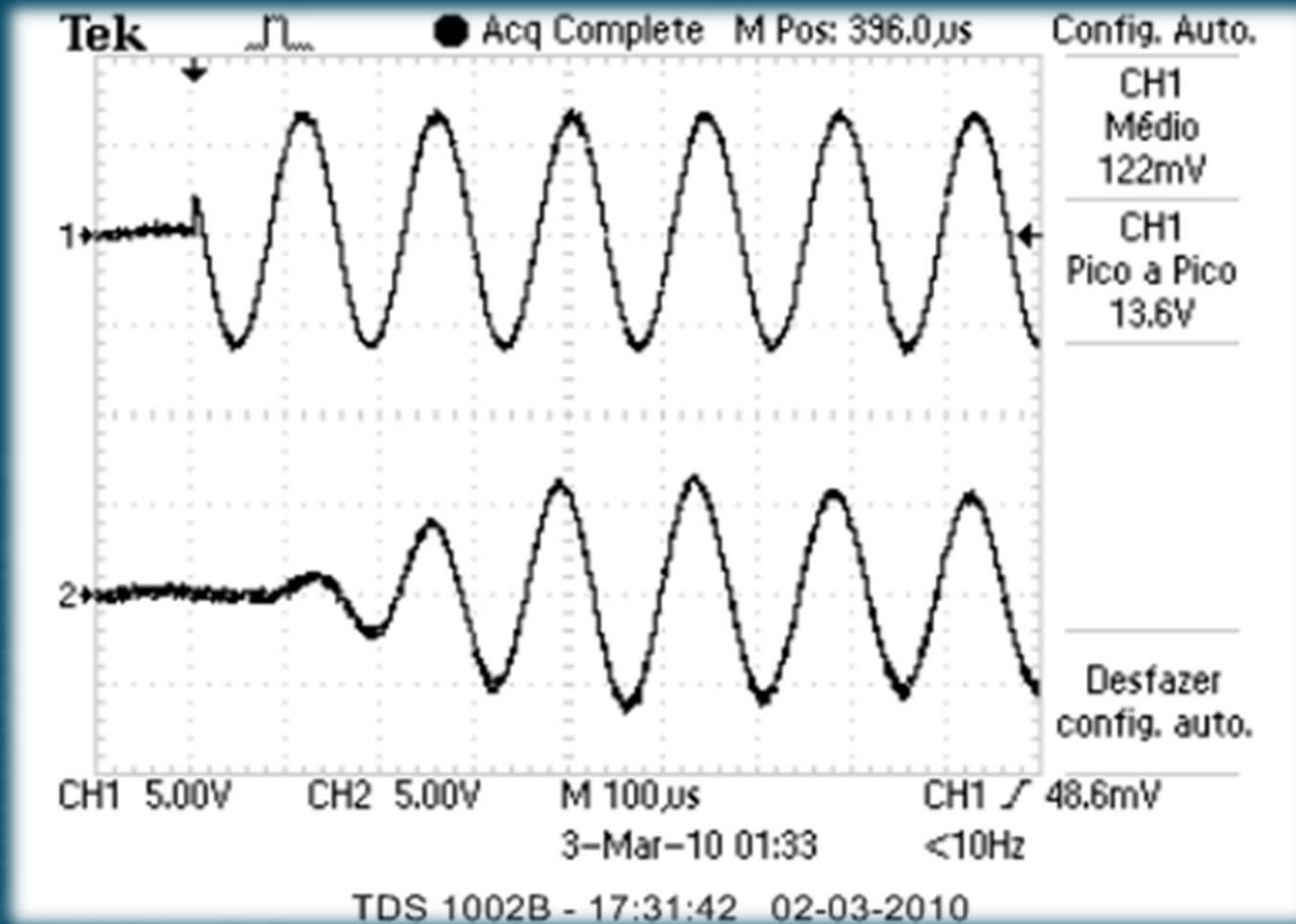
– Desvantagens:

- Limitação a 2 Canais;
- Limitação a 2500 amostras.



Aquisição de Sinal

Exemplo:



Aquisição de Sinal

Arduino

Arduino:

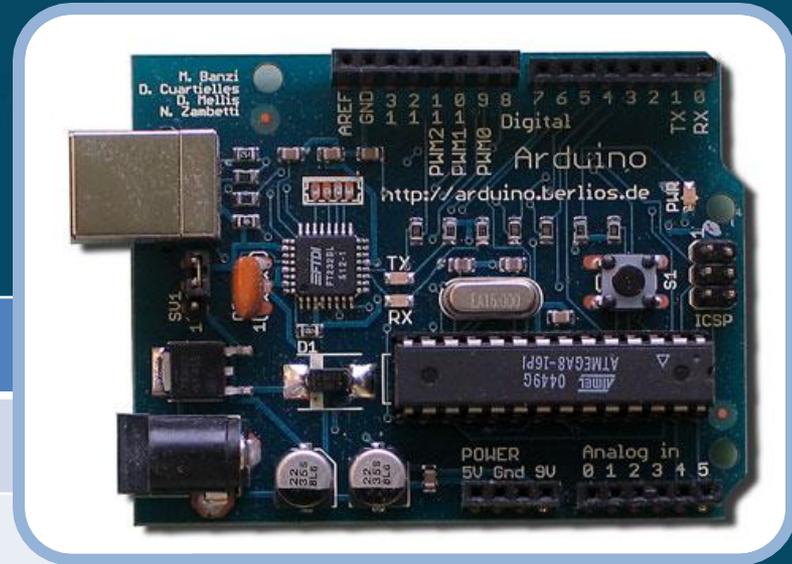
Especificações:

Comunicação: USB

Canais: 6

Taxa de Amostragem: 125kHz*

Tensões de Trabalho: 0v a 5v



* Obtemos com alteração do Prescaler.

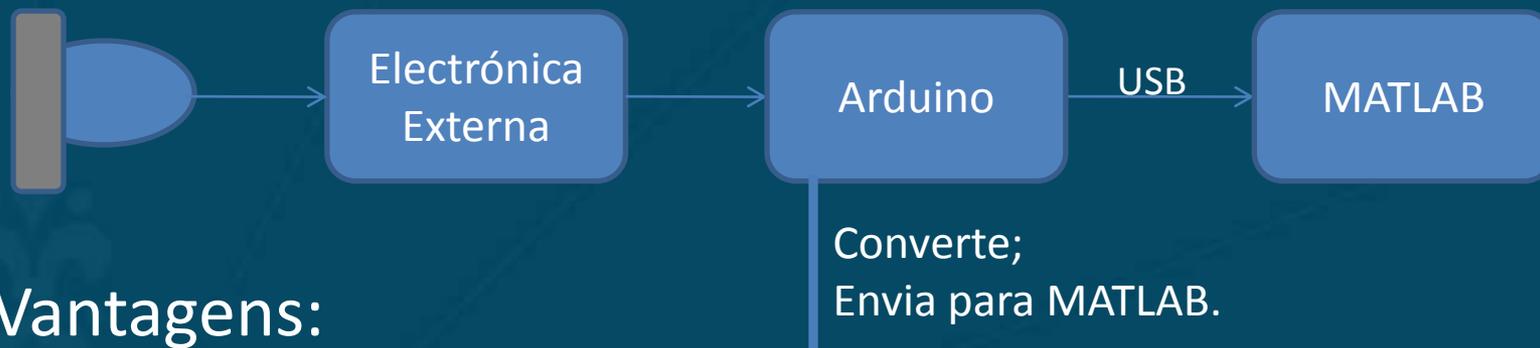
Ref.: www.arduino.cc

Tutorial Arduino, Santos, 2009

Aquisição de Sinal

- Utilização:

- Envio de dados por USB directamente para MATLAB;



- Vantagens:

- Baixo custo;
- Software freeware.

- Desvantagens:

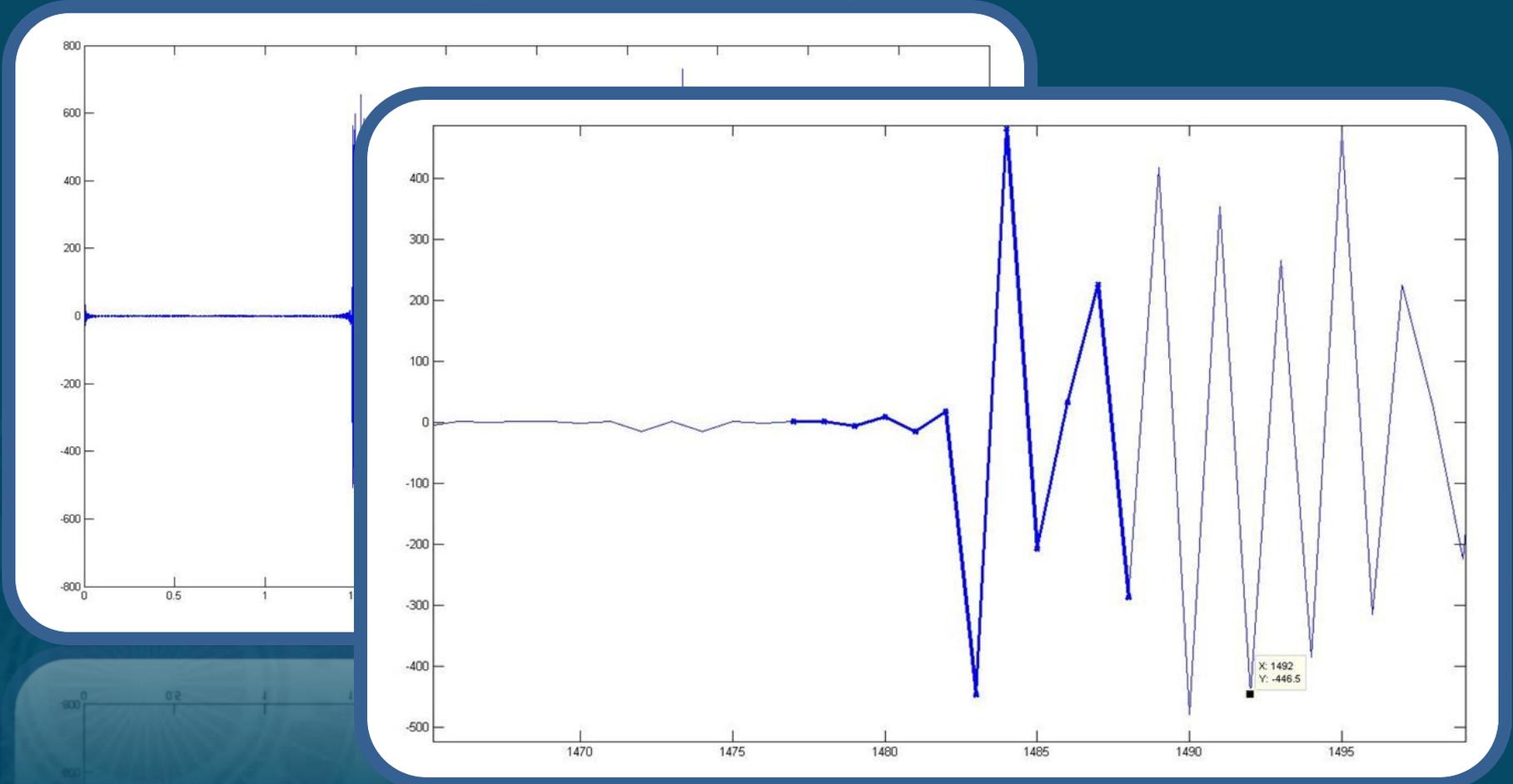
- Necessidade de electrónica externa;
- Velocidade de comunicação insuficiente.

Aquisição de Sinal

- Velocidade de comunicação insuficiente?
 - Arduíno identificado como porta COM pelo PC;
 - Máximo Baud rate de 115200Bd.



Exemplo:



- Novo Método:

	ATMega168	ATMega328P	ATmega1280
Flash (1 Kbyte bootloader)	16 KBytes	32 KBytes	128 KBytes
SRAM	1024 bytes	2048 bytes	8 KBytes
EEPROM	512 bytes	1024 bytes	4 KBytes

Desvantagem:

- Capacidade de memória;
- Max: 1024 amostras, em condições ideais.

Ref.: www.arduino.cc



Converte;
 Guardar os dados na SRAM;
 Depois transmitir para o MATLAB.

Aquisição de Sinal

NIDAQCard-6062E

NIDAQCard-6062E:

Especificações:

Comunicação: PCMCIA

Canais: 16 ou 8*

Taxa de Amostragem: 500KS/s -> 250KS/s^º

Tensões de Trabalho: -10v a 10v



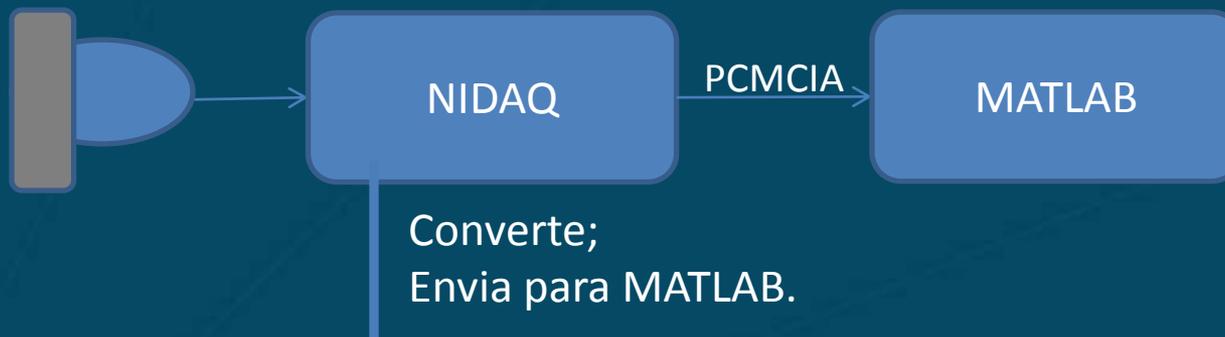
Copyright © 1999-2009 Artisan Scientific

* Modo Diferencial

º Devido a limitações do computador

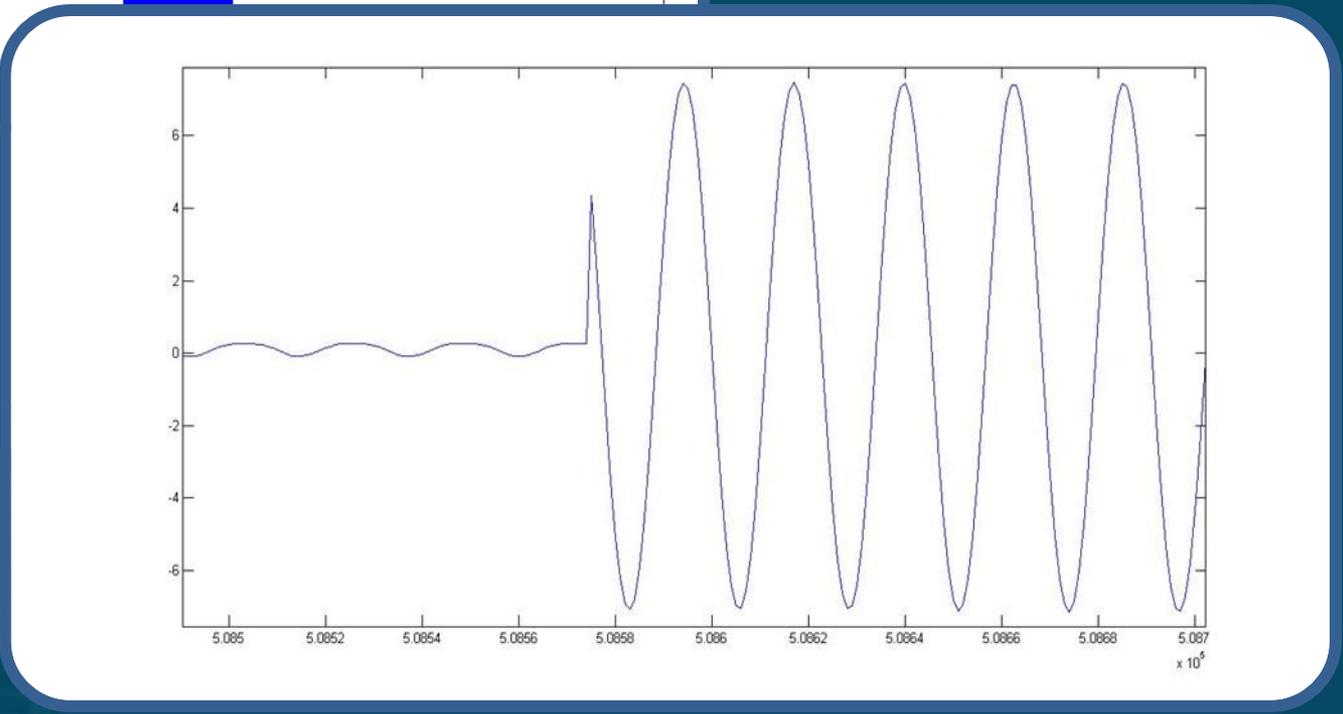
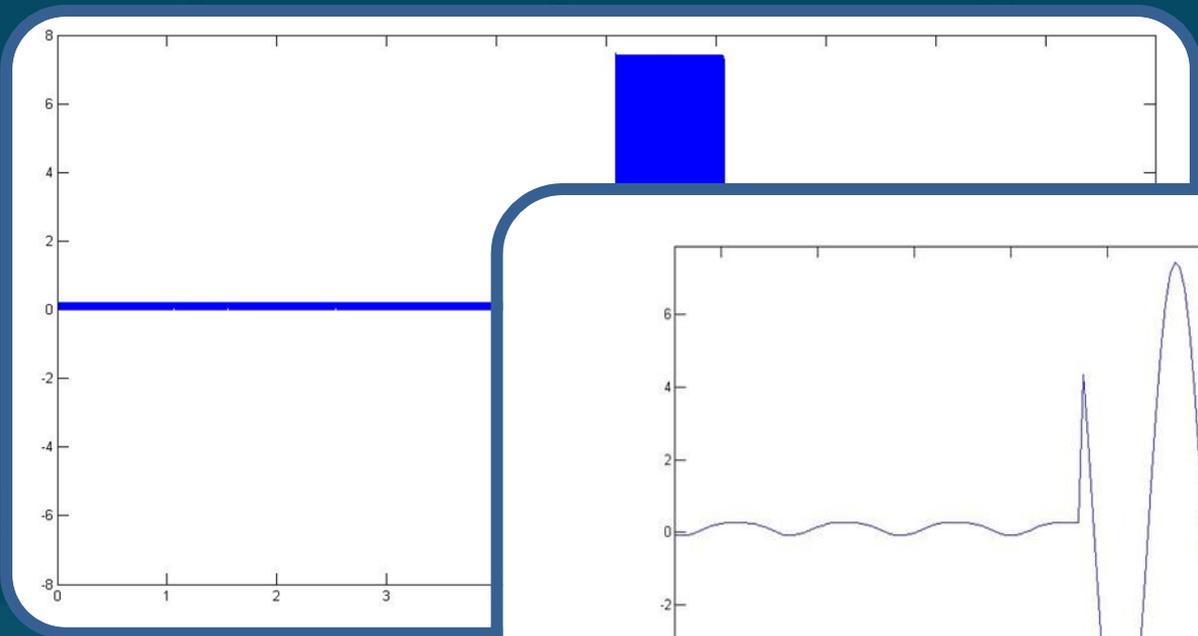
Ref.: DAQCard-6062E User Manual

- Utilização:
 - Envio de dados por PCMCIA directamente para Matlab;



- Vantagens:
 - Boa Taxa de Amostragem;
 - Relativa fácil Utilização;
 - Não necessita de electrónica externa;
 - Vários canais.
- Desvantagens:
 - Ligação PCMCIA.

Exemplo:

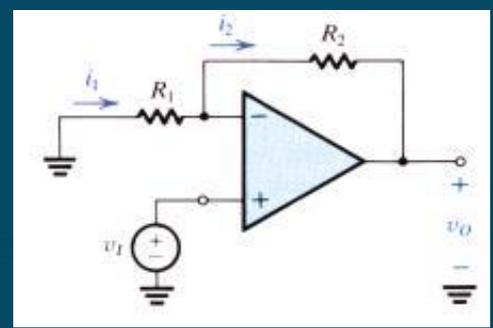
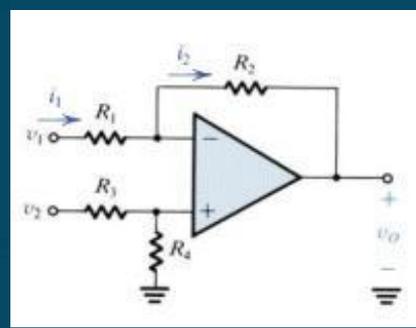
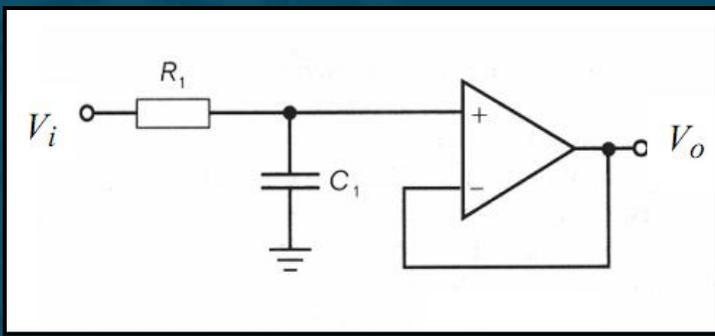
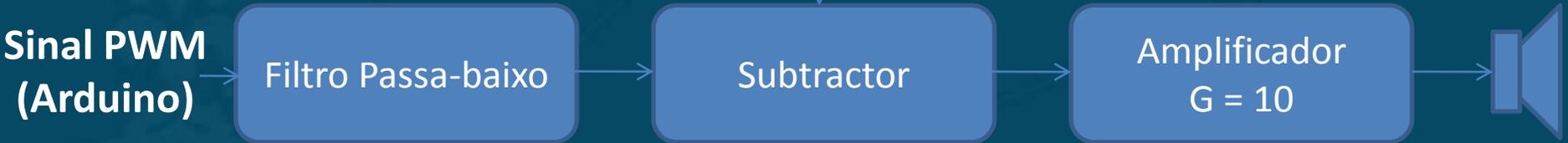


Transmissão de Sinal

Arduino

Montagem utilizada para transmissão do sinal:

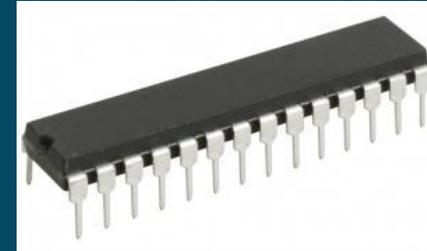
DC
Offset



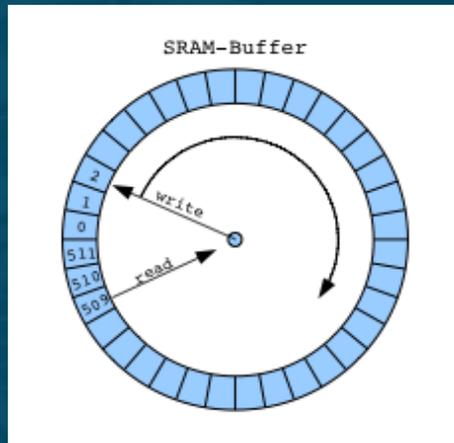
- Palacherla, A. (1997). Microchip Technology Inc.
 - <http://cadeiras.iscte.pt/cse/Folhas/AMPOPs/AMPOPs.htm>

Método para ler o sinal guardado em memória

- **Micro-controlador ATmega328:**
 - Flash 32 KB (2k used for bootloader)
 - SRAM 2 KB
 - EEPROM 1KB



Buffer circular onde os dados são guardados:



Código que permite ler da SRAM e colocar sinal na saída PWM:

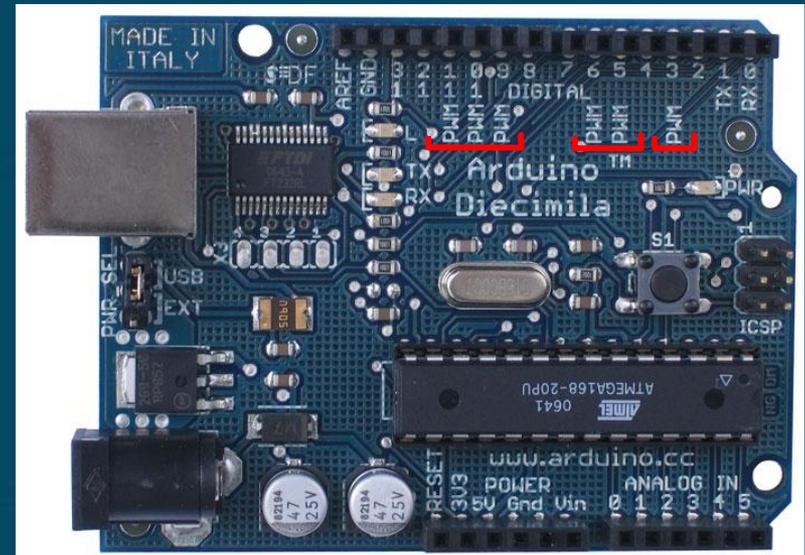
```
while(1){  
  
    for (int read_ptr = 0; read_ptr < 512; read_ptr++){  
        analogWrite( PWMpin , dados[read_ptr] );  
    }  
  
}
```

Como gerar sinal PWM?

- O Arduino dispõe de **6 pinos** que podem ser configurados como **saída PWM**;
- Através da instrução **analogWrite()** é possível escolher o pino de saída e variar o Duty Cycle do sinal;

- Sintaxe:

```
# analogWrite( OUTPUTpin , PWMvalue );
```



Como é gerado o sinal PWM?

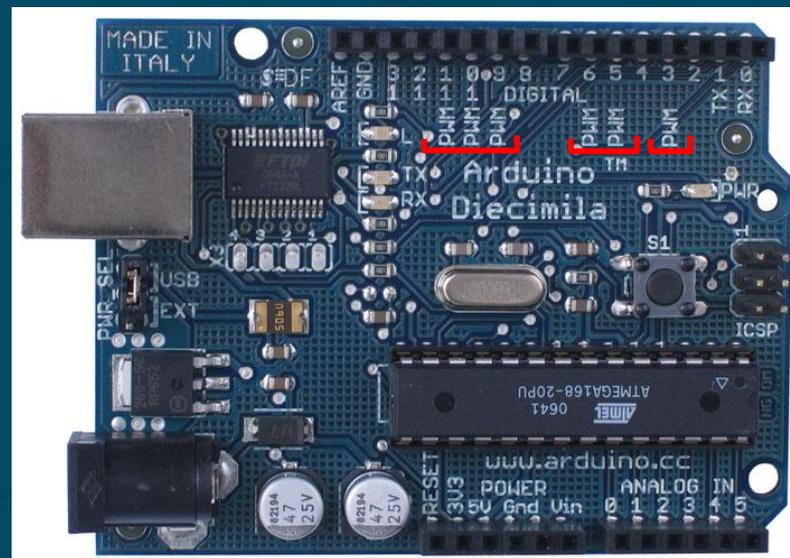
PWMvalue é comparado com um Timer interno de 8bits:

- Se $>$ que valor do Timer coloca pino a HIGH;
- Se $<$ que valor do Timer coloca pino a LOW:

- Como tal, é fácil perceber que a f_{PWM} depende da velocidade do Timer interno.

- Existem três timer's, tal que:

- Timer0 – controla pinos 5 e 6;
- Timer1 – controla pinos 9 e 10;
- Timer2 – controla pinos 3 e 11;



- Variando alguns valores de factores de prescaler nos timer's correspondentes, é possível ter disponíveis as seguintes f_{PWM} à saída dos pinos:

Pinos 5 e 6	
Factor Prescaler	f_{PWM}
001	64 KHz
010	8 KHz
011	1 KHz (default)
100	250 Hz
101	62,5 Hz

Pinos 3, 9, 10 e 11	
Factor Prescaler	f_{PWM}
001	32 KHz
010	4 KHz
011	500 Hz (default)
100	125 Hz
101	31,25 Hz

- Método para variar f_{PWM} nos pinos 5 e 6 (Timer0):

```
//prescalerVal = "00000111"  
  int prescalerVal = 0x07;  
  //TCCR0B & ~prescalerVal = "xxxxxxxx"&"11111000"  
  TCCR0B &= ~prescalerVal;  
  //prescalerVal = "00000001" ->f=64khz;  
  prescalerVal = 1;  
  //TCCR0B | prescalerVal = "xxxxx000" | "00000001" = "xxxxx001"  
  TCCR0B |= prescalerVal;
```

- Para minimizar a distorção no sinal enviado tentou-se escolher:

$$f_{PWM} = 10 \times f_{sinal}$$

(Pascual,2002)

- Como: $f_{sinal} = 7 \text{ KHz}$, escolheu-se $f_{PWM} = 64 \text{ KHz}$ (frequência máxima)



Experiência 1

Cálculo da velocidade som na água

Fórmula de Medwin (Medwin, 1975):

$$C = 1449,2 + 4,6xT - 0,055xT^2 + 0,00029xT^3 + (1,34 - 0,01xT)x(S - 35) + 0,016xZ$$

C = velocidade do som (m/s)

T = Temperatura (°C)

S = Salinidade (‰)

Z = profundidade (m)

Considerando T = 15 °C, S = 0,25‰ e Z=0,25m

Valor esperado = 1446 m/s

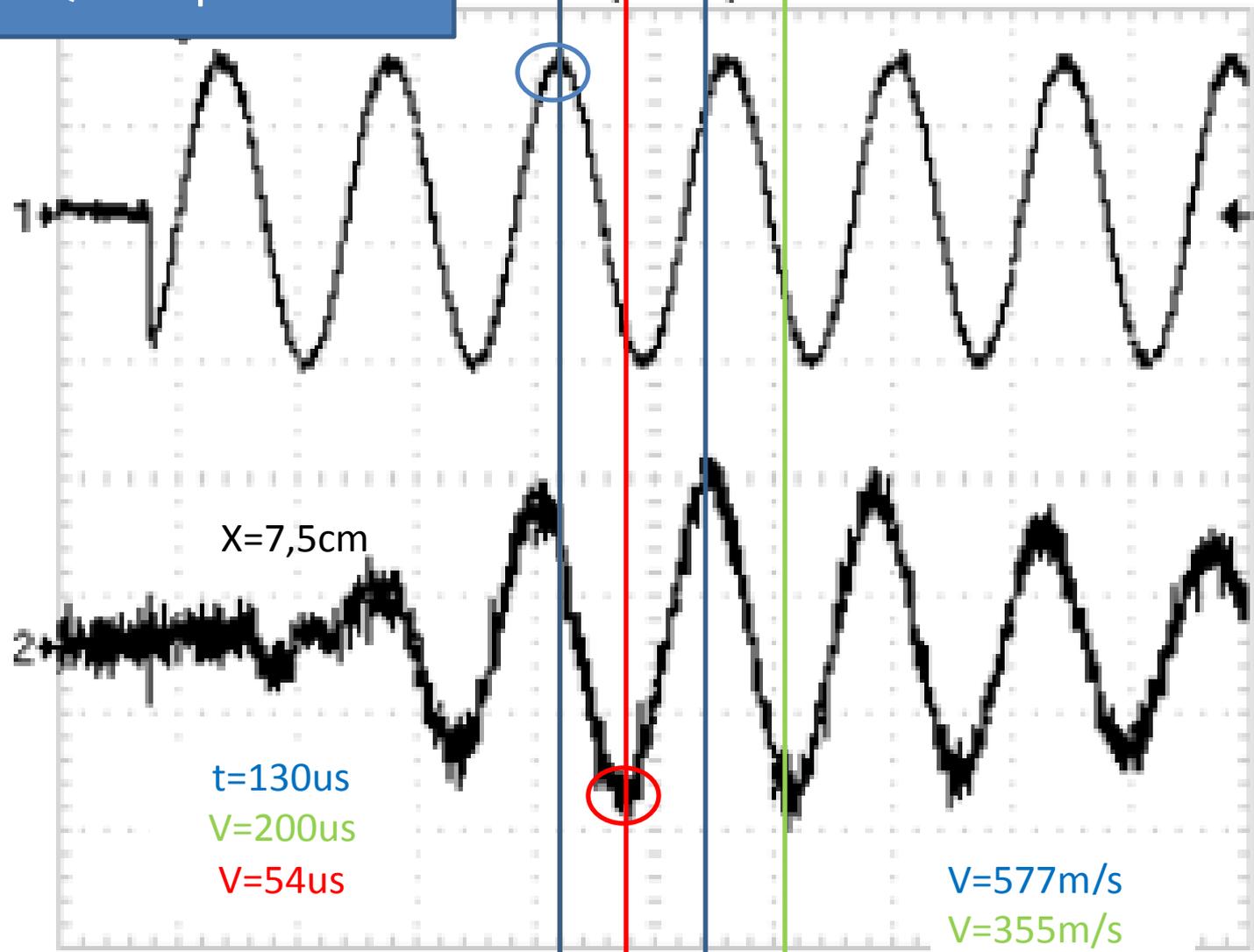
Metodologia Utilizada



- Inicialmente tentou-se transmitir um impulso e medir o atraso do impulso na recepção:

- **Inconvenientes:**

- Atrasos em tempo derivados de defasamentos originados internamente nos transdutores;
- Este método exigiria que se tivesse controlo sobre a fase inicial do sinal TX;
- Só após alguns segundos é que a resposta dos transdutores atinge o estado estacionário;

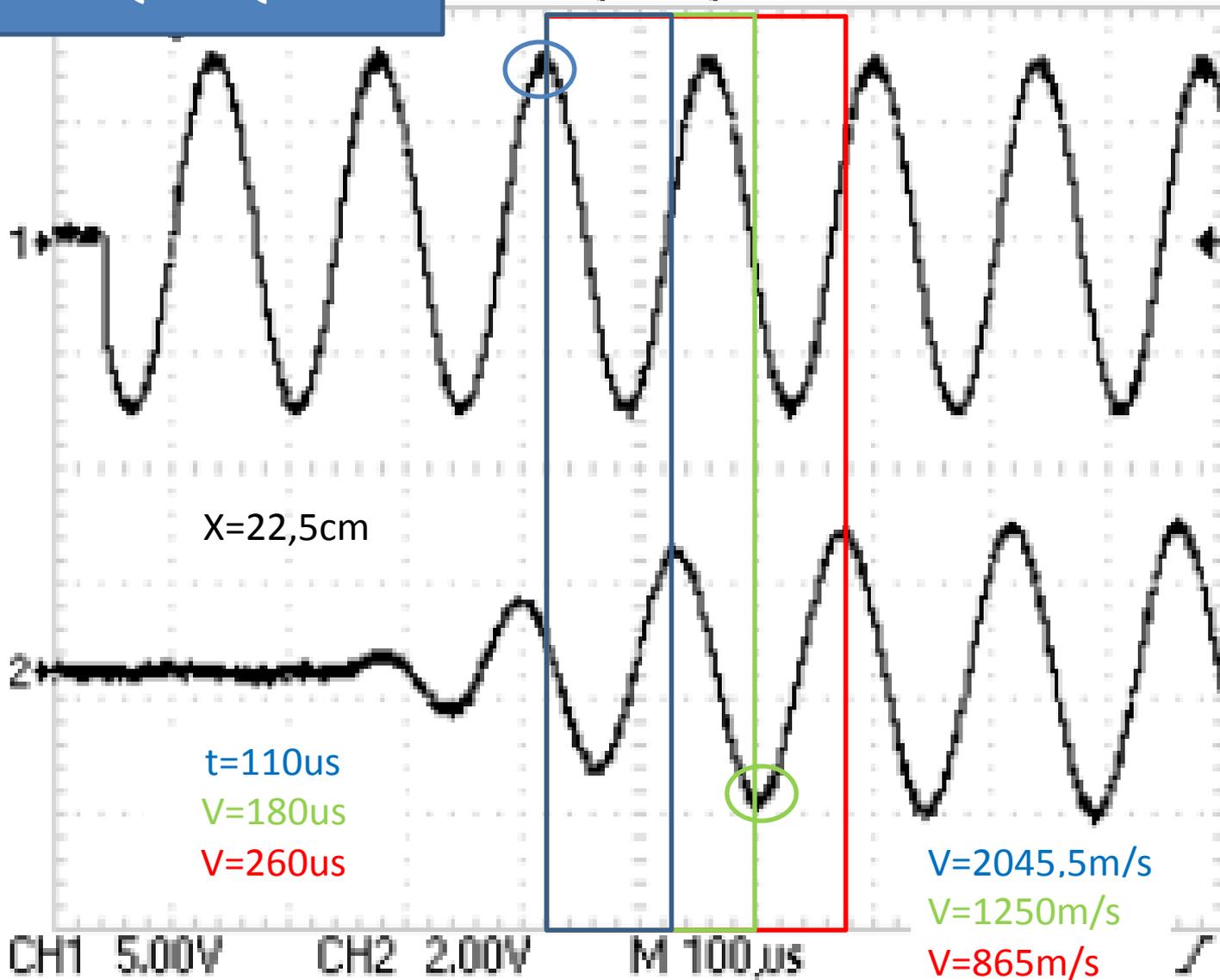


CH1
Frequência
7.022kHz
CH1
RMS
18.5V
CH2
Frequência
833.3kHz?
CH2
RMS
7.75mV?
Matem.
DESL
Mãx

SQS-SQS

● Acq Complete M Pos: 396.0 μ s

MEDIDAS



CH1
Frequência
7.077kHz

CH1
RMS
5.44V

CH2
Frequência
?

CH2
RMS
?

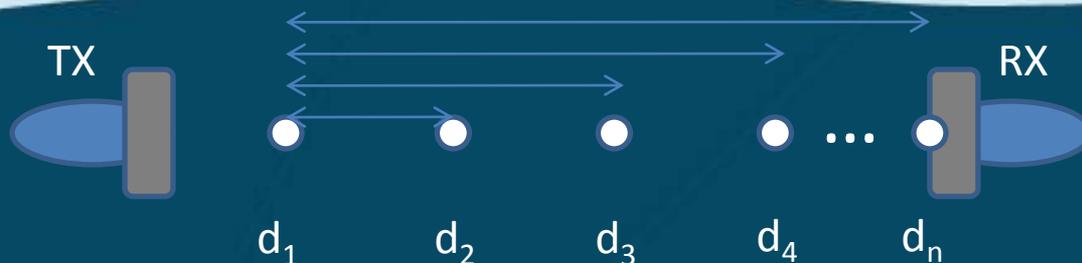
Matem.
DESL
Máx

CH1 5.00V CH2 2.00V M 100,us 0.00V

5-Mar-10 00:25

<10Hz

Metodologia Utilizada



$$\Delta x_1 = d_2 - d_1$$

$$\Delta x_2 = d_3 - d_1$$

$$\Delta x_n = d_n - d_{n-1}$$

$$\Delta t_1 = t_2 - t_1$$

$$\Delta t_2 = t_3 - t_1$$

$$\Delta t_n = t_n - t_{n-1}$$

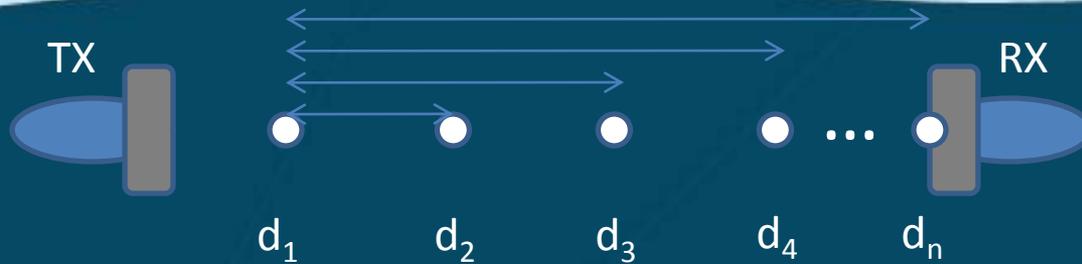
	d1	d2	d3	d4	d5
d1	-----	Δt_1	Δt_2	Δt_3	Δt_4

- **Calculo do atraso em relação a um ponto de referência;**

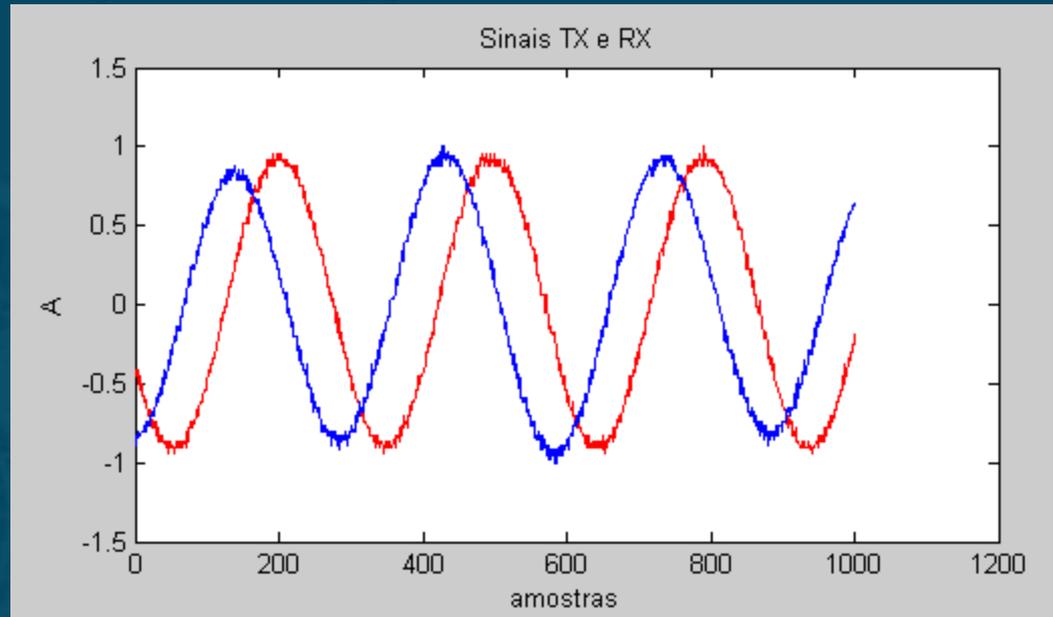
- **Vantagens:**

- Não implica que se tenha controlo sobre a fase inicial d sinal TX;
- Desprezam-se os atrasos provocados internamente nos transdutores;
- Permite fazer o estudo no regime estacionário.

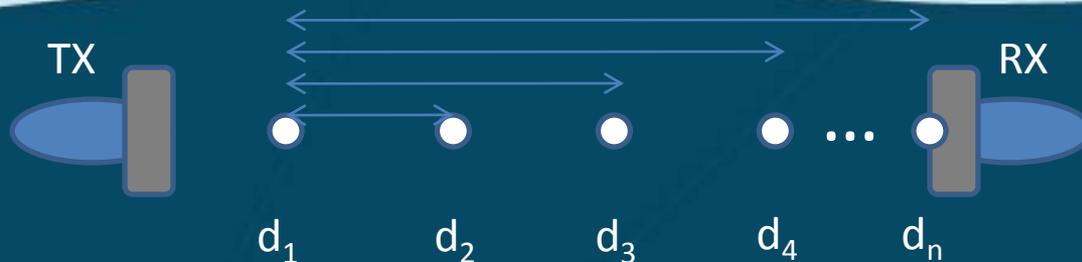
Metodologia Utilizada



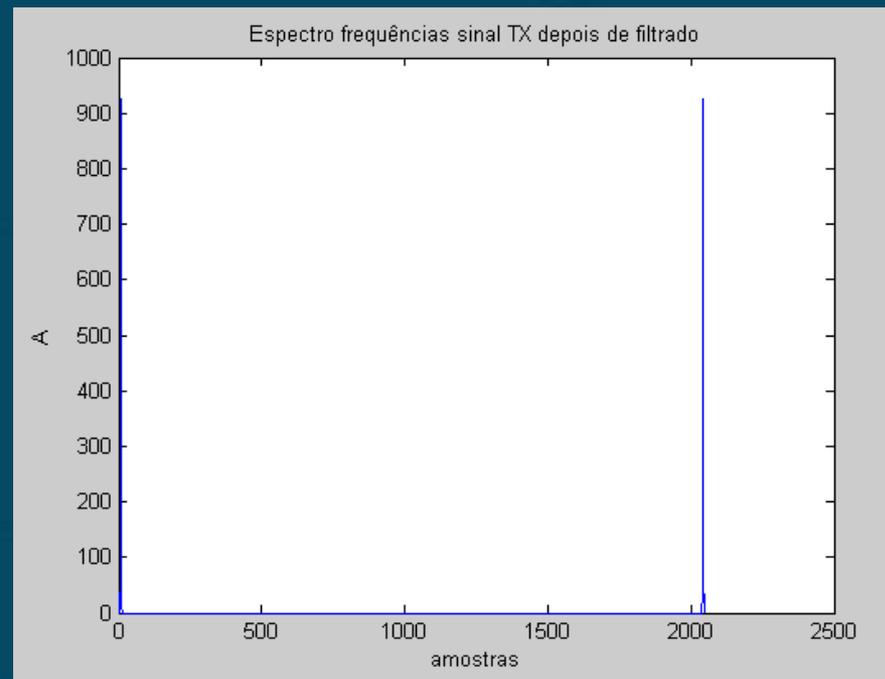
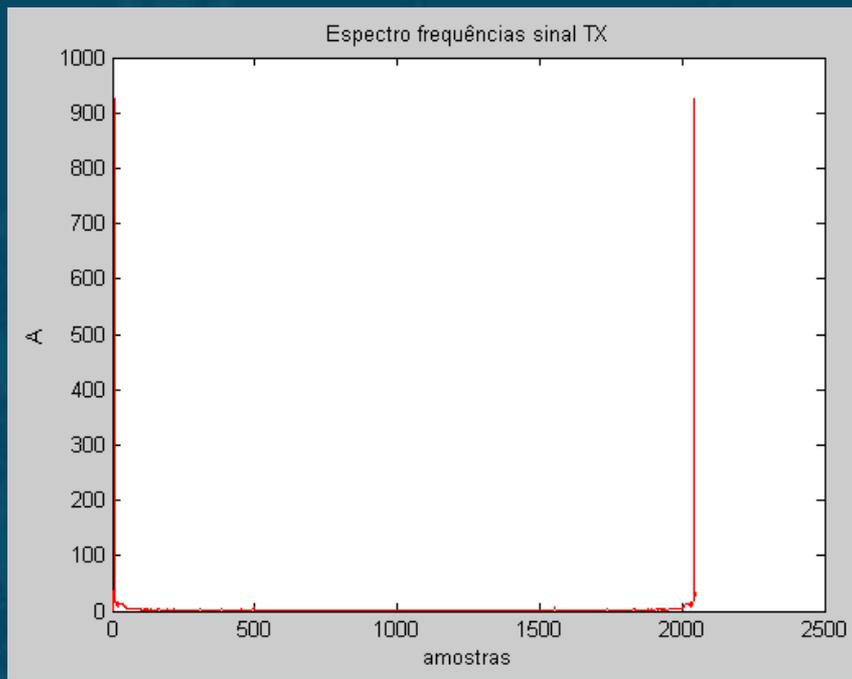
- Para cada ponto à distância d_n da fonte adquirem-se os sinais TX e RX;



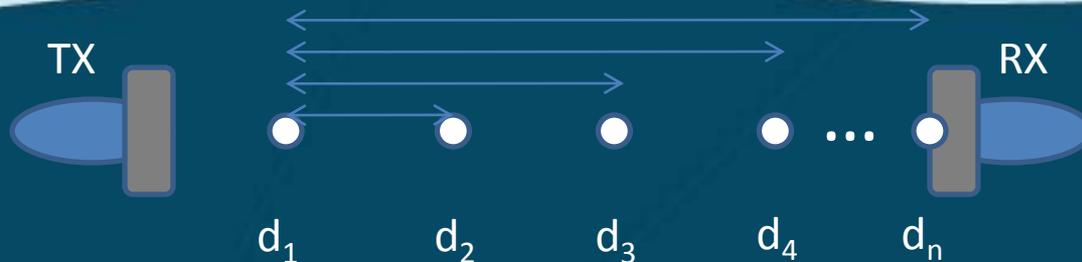
Metodologia Utilizada



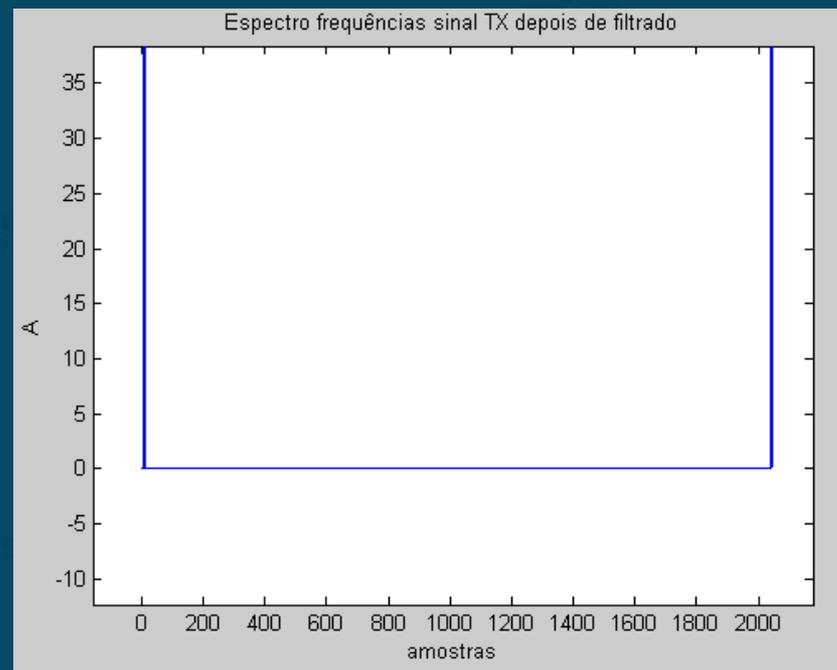
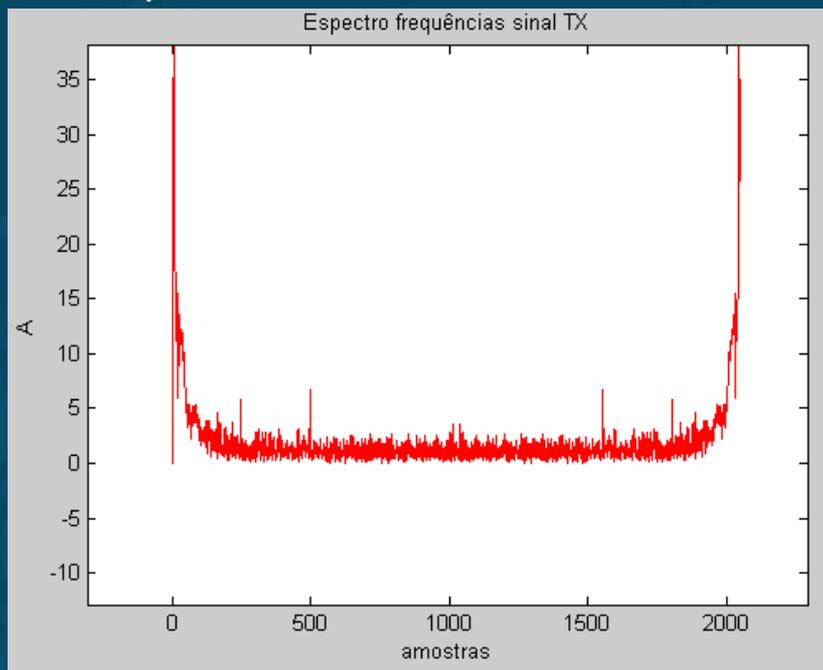
- Filtraram-se os sinais no domínio da frequência eliminando o ruído do sinal;



Metodologia Utilizada

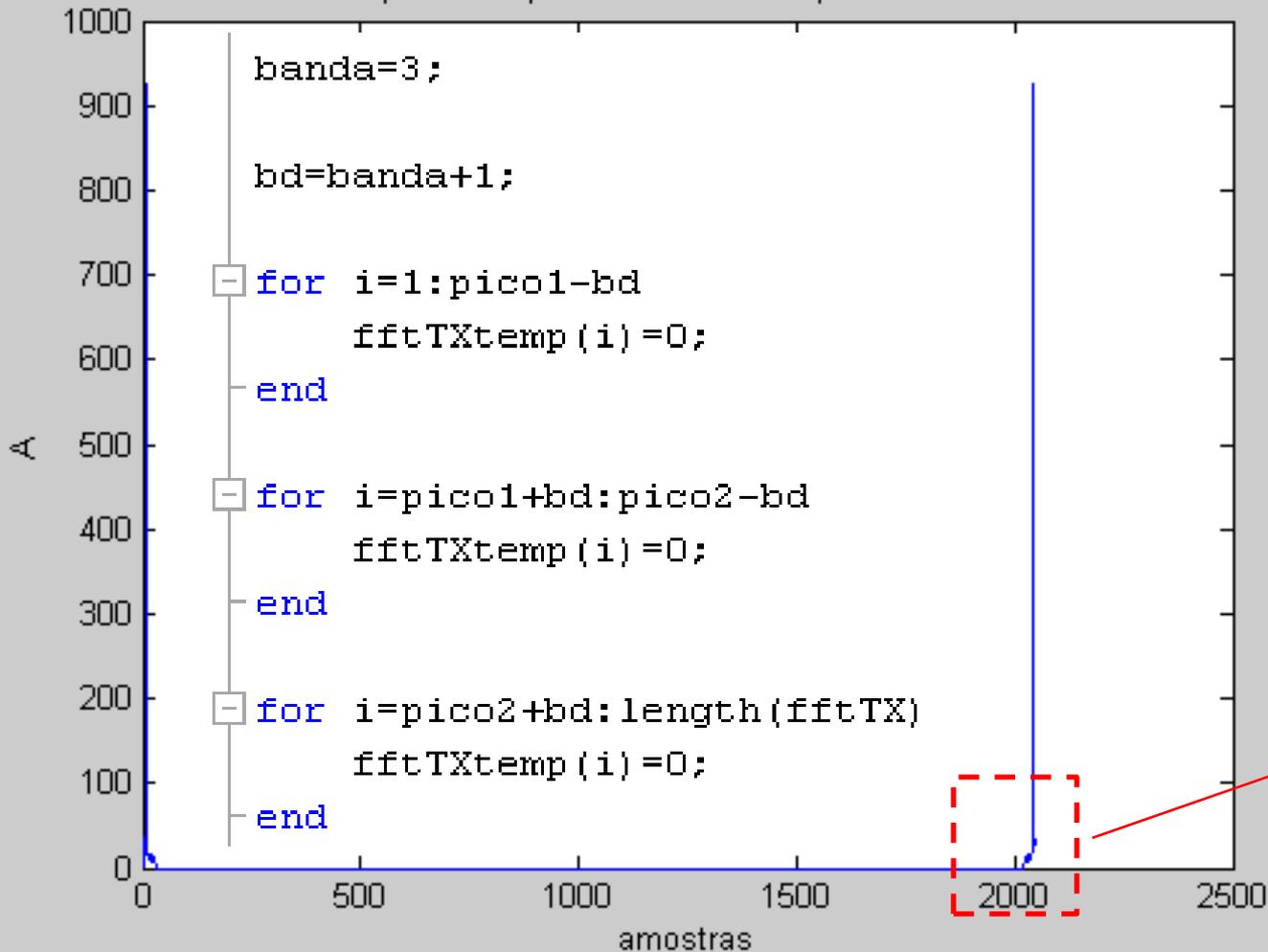


- Fazendo um zoom à imagem podemos verificar as diferenças no espectro de frequências dos sinais.

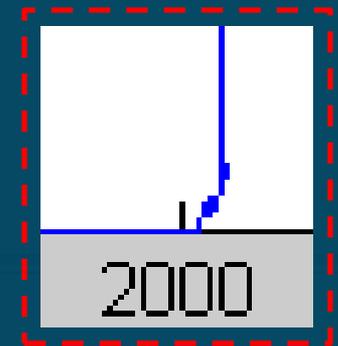


Metodologia Utilizada

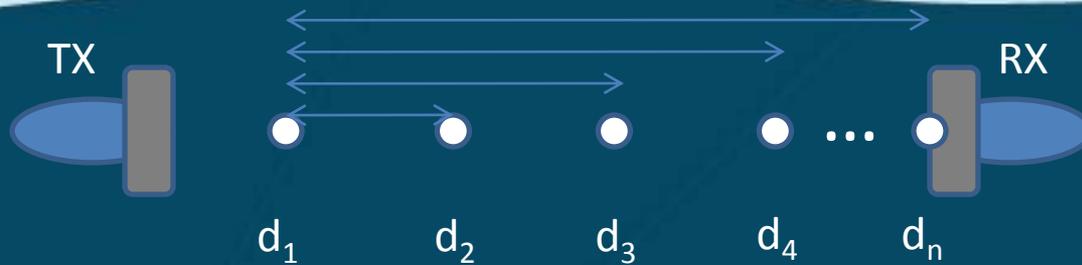
Espectro frequências sinal TX depois de filtrado



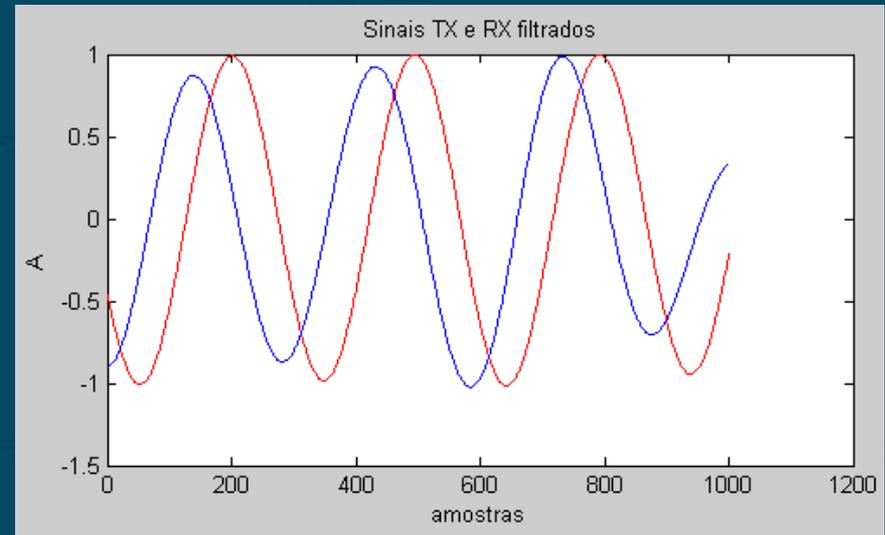
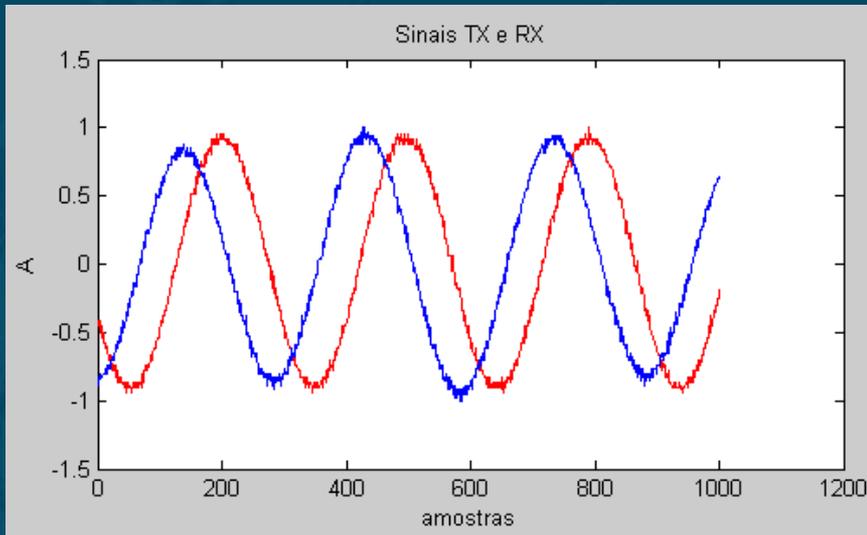
- O sinal gerado pelo gerador sinais não é uma sinusóide pura;
- Logo, não se podem eliminar todas as frequências em torno da fundamental;



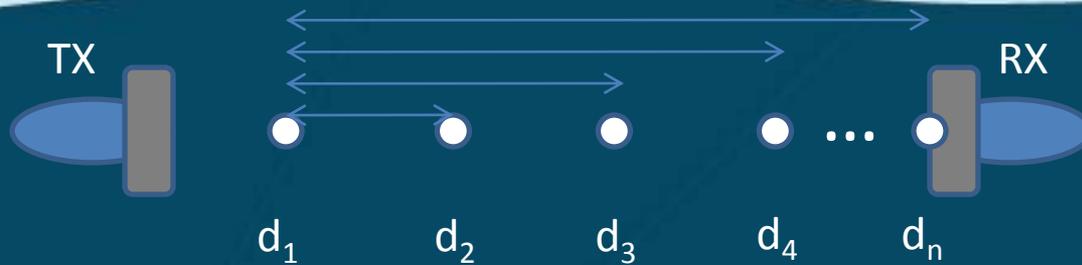
Metodologia Utilizada



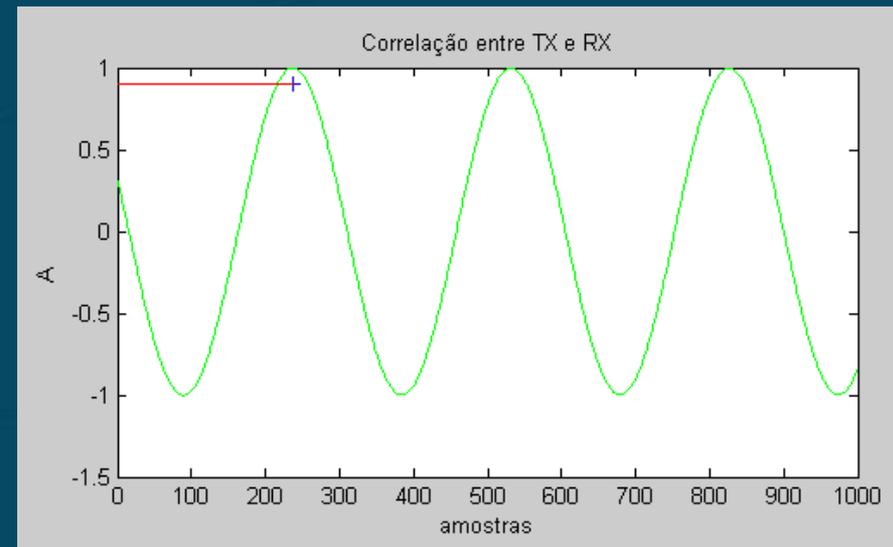
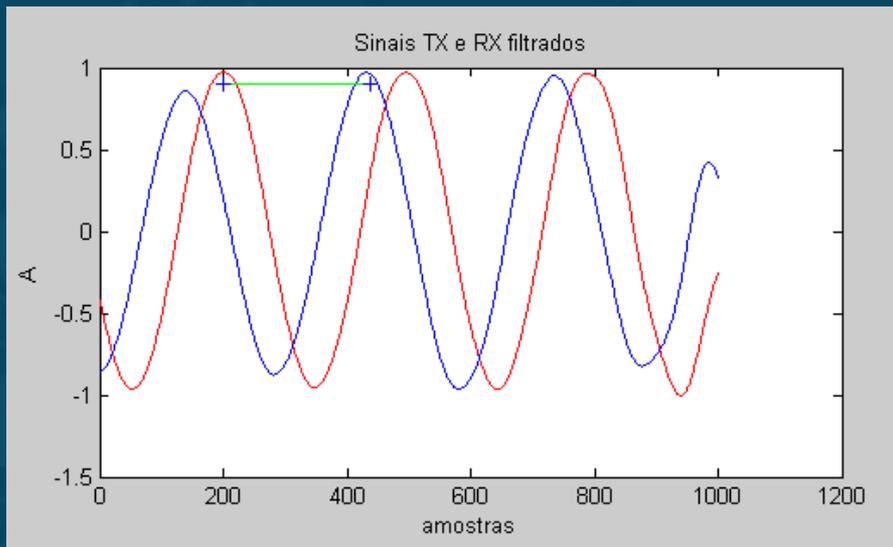
- Após a filtragem do sinal, o resultado obtido é o seguinte:



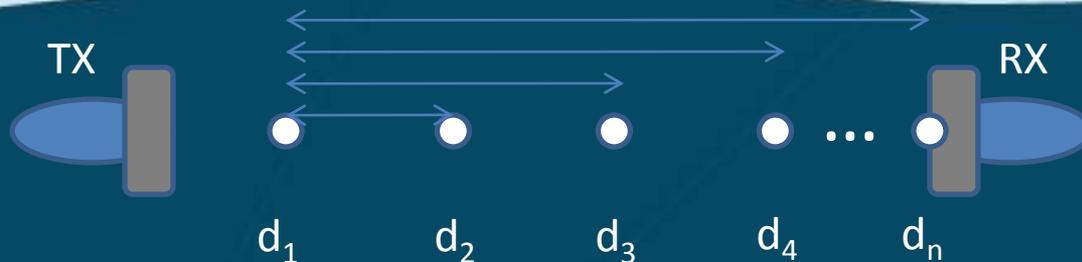
Metodologia Utilizada



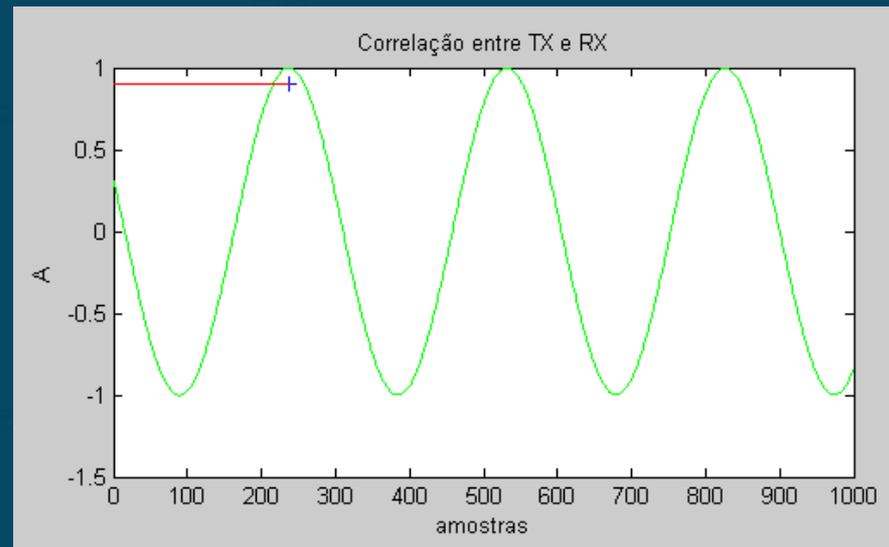
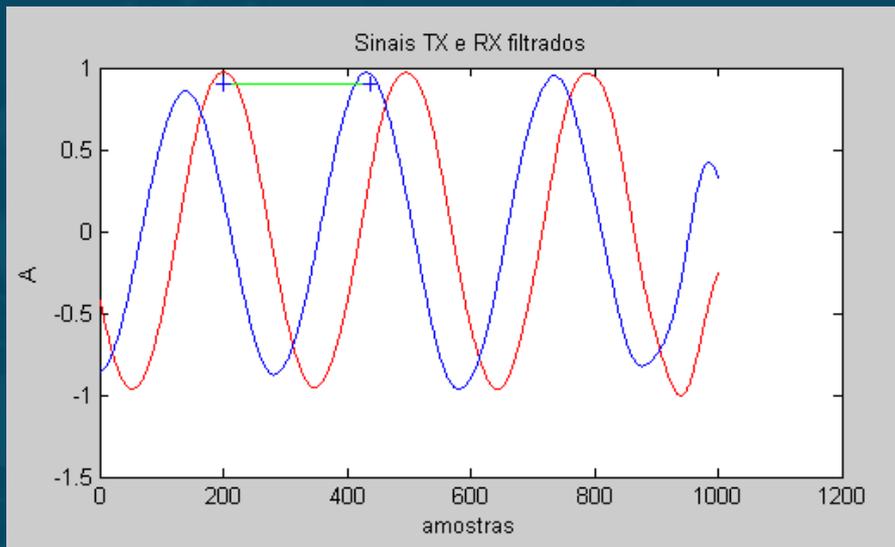
- Com todos os sinais filtrados, correlacionaram-se os sinais TX e RX para cada posição;



Metodologia Utilizada

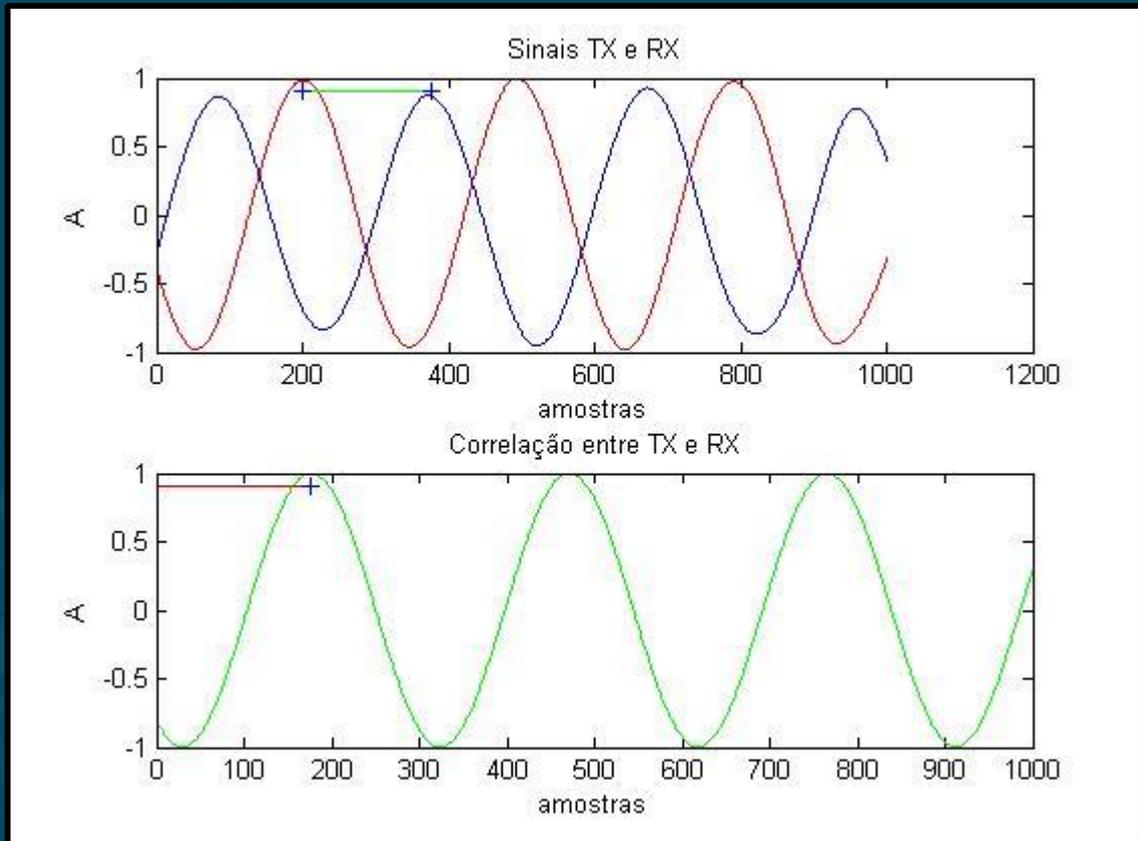


- Verifica-se então que:
 - O atraso entre a função correlação obtida a qualquer distância d_n em relação à função correlação no ponto de referência d_1 , dá-nos o Δt para essa distância.



Metodologia Utilizada

Exemplo:



Metodologia Utilizada



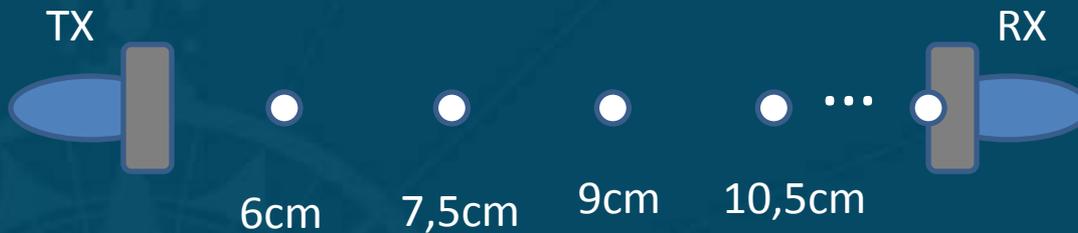
- Dado que, utilizando o osciloscópio, se adquiriram 2500 amostras em 1ms:

$$T_a = 0,4 \text{ us} \quad \longrightarrow \quad f_a = 1/T_a \quad \longrightarrow \quad f_a = 2,5 \text{ MHz}$$

- Com estas informações podemos finalmente calcular o atraso, em tempo, entre o sinal transmitido e o sinal recebido para cada ponto.

Metodologia Utilizada

- Sabendo o atraso em tempo entre o o sinal transmitido e o sinal recebido, com $\Delta x = 1,5\text{cm}$, os valores obtidos para a velocidade do som na água estão descritos na tabela:



- Velocidade média obtida = 1501,4 m/s

Distância (cm)	Velocidade (m/s)
6	referência
7,5	1209,7
9	1562,5
10,5	1562,5
12	1442,3
13,5	1500
15	1551,7
16,5	1562,5
18	1515,2
19,5	1584,5
21	1524,4
22,5	1500

Metodologia Utilizada

- O código utilizado para efectuar estes cálculos foi o seguinte:

```
atraso(1:15)=0; %pré-alocação memória

ref=4; %ponto de referência

for i=1:15
    atraso(i)=distancia(i)-distancia(ref);
end

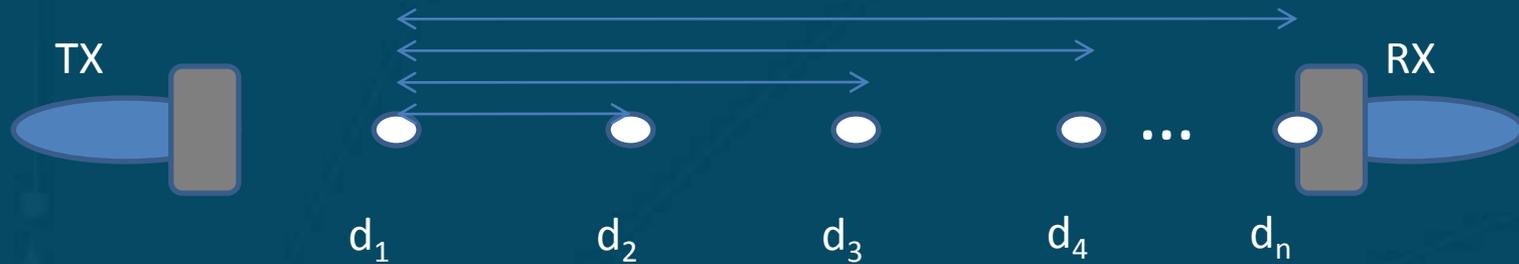
fa=2500/1E-3;
ta=1/fa;

for i=1:15
    v(i)=(0.015*(i-ref))/(atraso(i)*ta);
end
```

- O valor esperado seria de 1446 m/s
- Através deste método, alcançámos alguns bons resultados, apesar de os erros obtidos poderem estar associados a:
 - Erros em distância na medição visual das distâncias;
 - Erros em tempo originados por um erro em 1 ou 2 amostras no cálculo do atraso entre os sinais.

Experiências Futuras

Variação da Fase e Amplitude com
aumento da distancia entre TX e RX



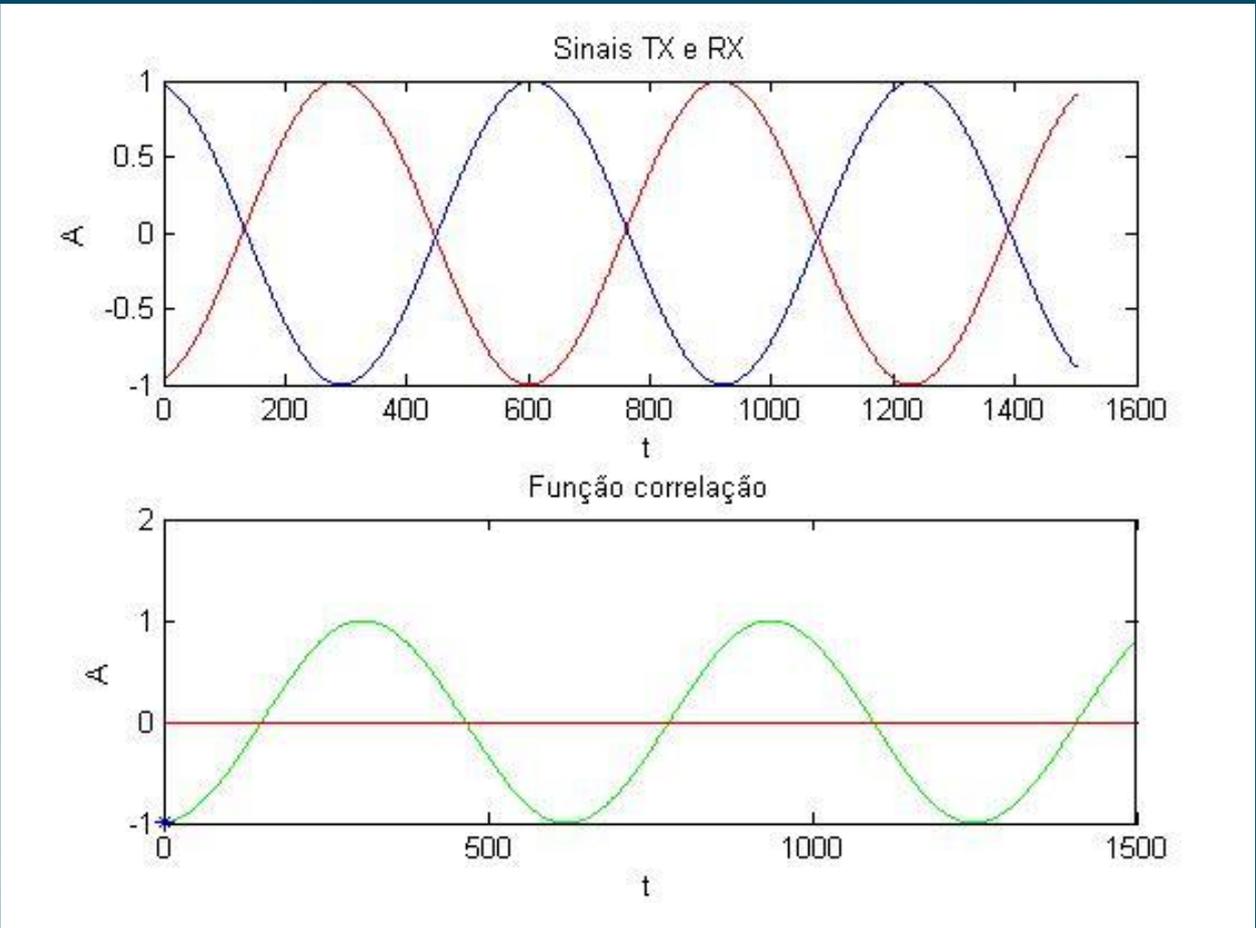
- **Fase:**

- Realizar a correlação entre o sinal TX e RX;
- Analisar o valor da função correlação no eixo das ordenadas.

- **Amplitude:**

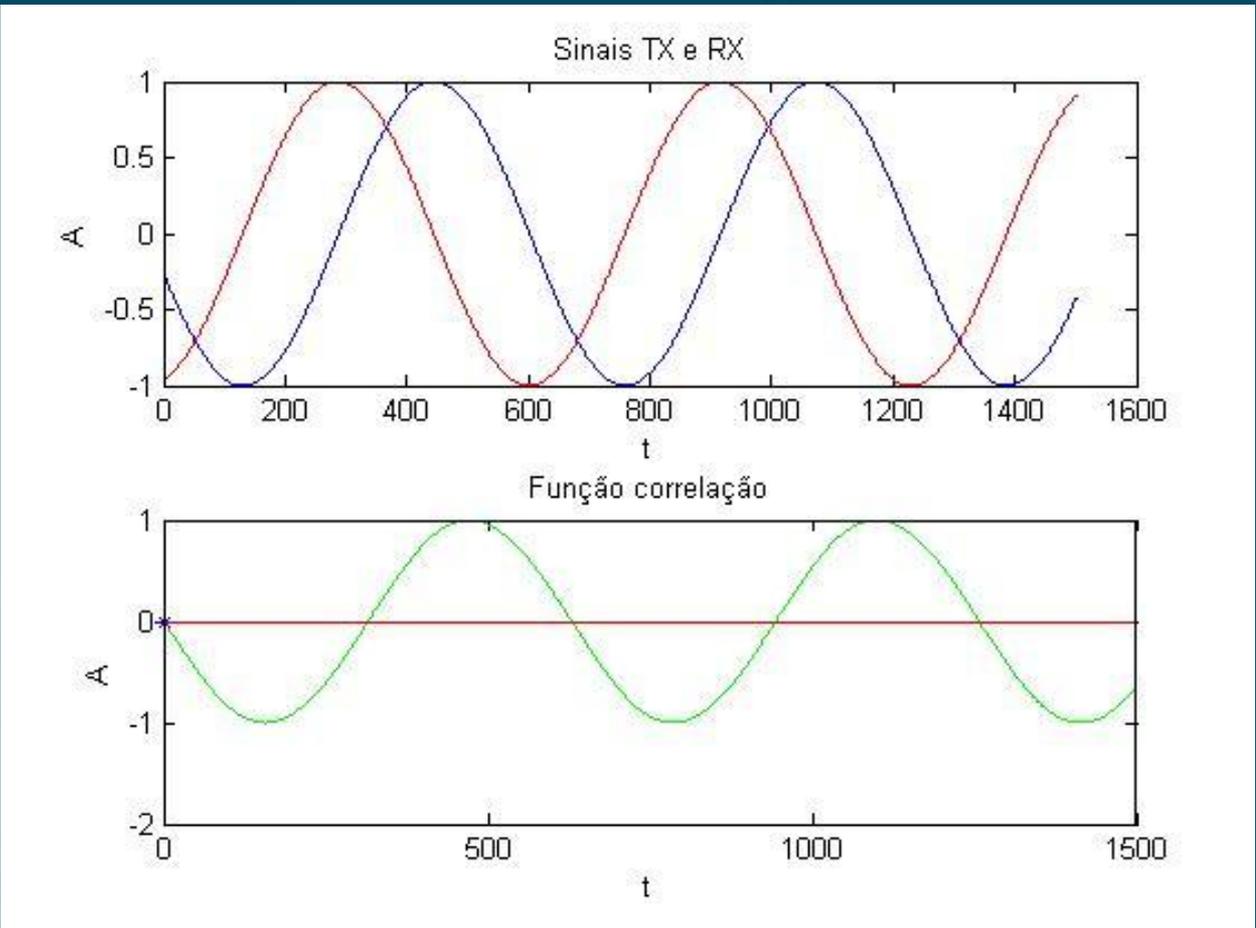
- Comprovar que à medida que nos afastamos do TX dá-se redução da potência do sinal no RX;
- Podemos recorrer ao Osciloscópio ou enviar os dados para o MATLAB.

Experiências Futuras



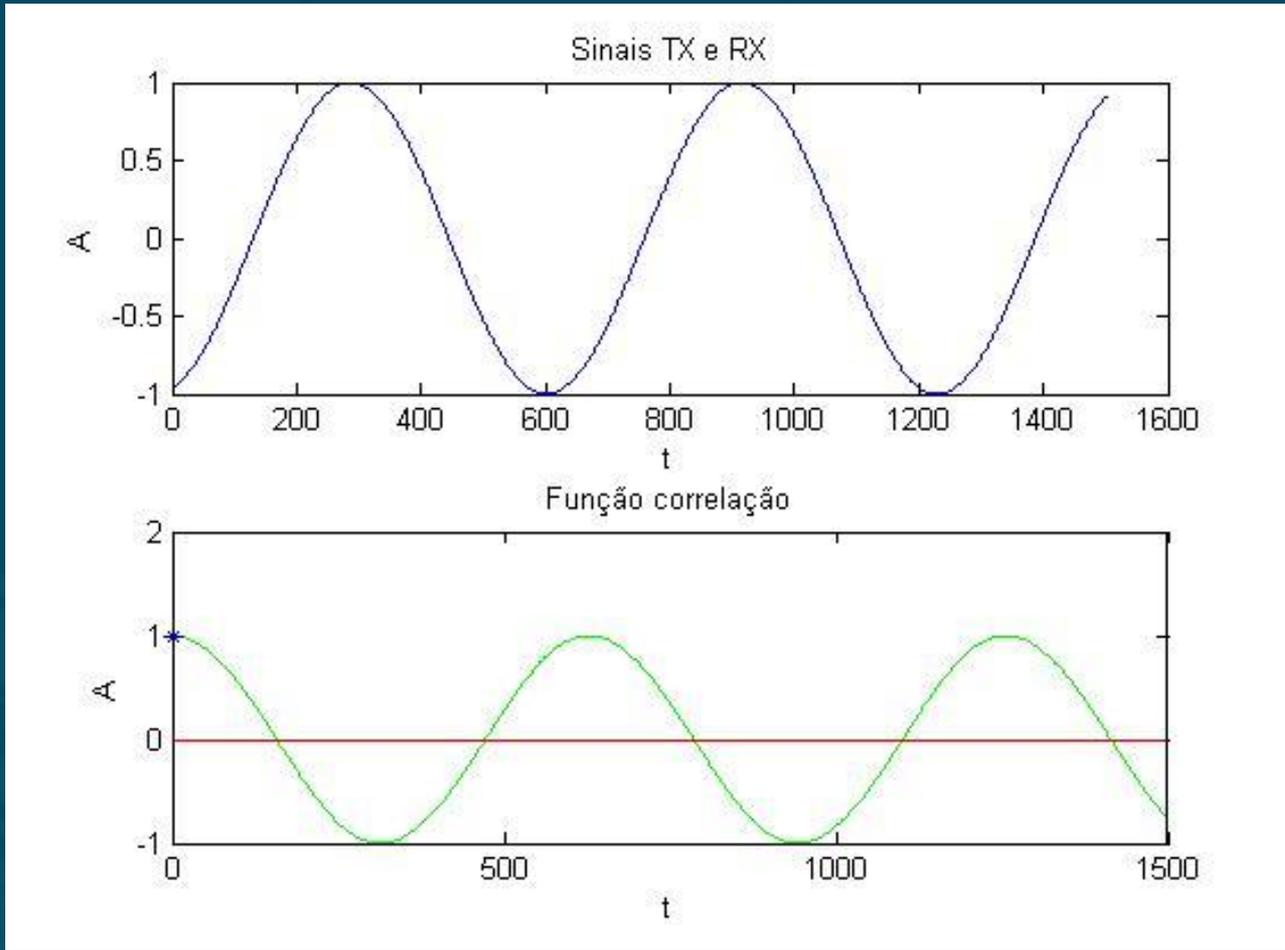
Sinais em Oposição de Fase 180°

Experiências Futuras



Sinais Desviados 90°

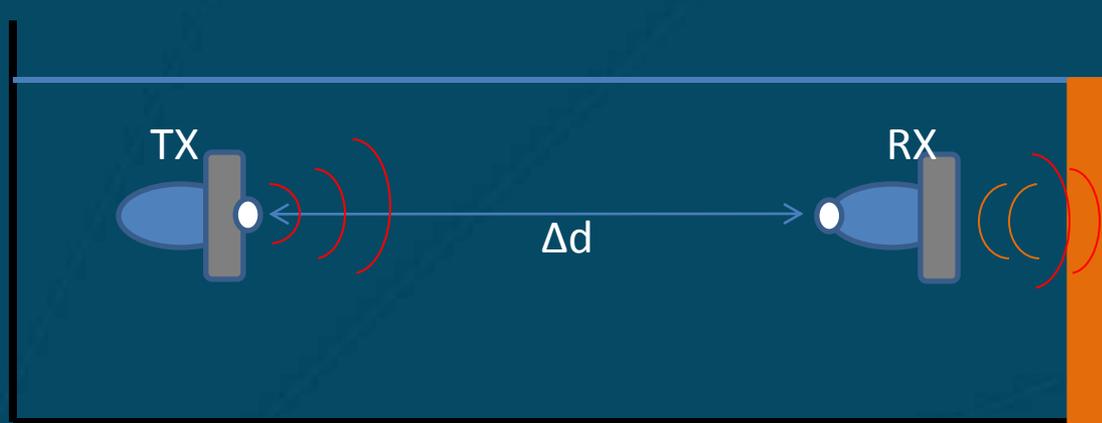
Experiências Futuras



Sinais em Fase 0°

Experiências Futuras

Matérias de absorção acústica



Absorção acústica:

- Utilizar materiais baixo custo;
- Determinar qual o que oferece melhores características de absorção acústica;
- Utilização da Placa NIDAQ, para aquisição de dados directamente para MATLAB.

Tipo de material:

- Vidro;
- Ferro;
- Alumínio;
- Cortiça;
- Borracha;
- Esferovite.

- Experiências semelhantes:

- Objectivo de encontrar material com melhor capacidade de atenuação acústica, de baixo custo;

$$Atenuação_{eco} = -20 \log \left(\frac{U_{absorvedor}}{U_{refletor}} \right)$$

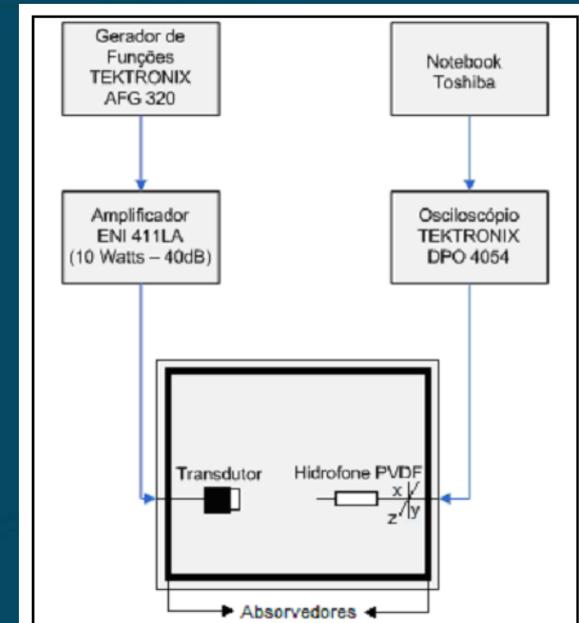


Tabela 1. Valores de tensão e atenuação em dB em diferentes alvos.

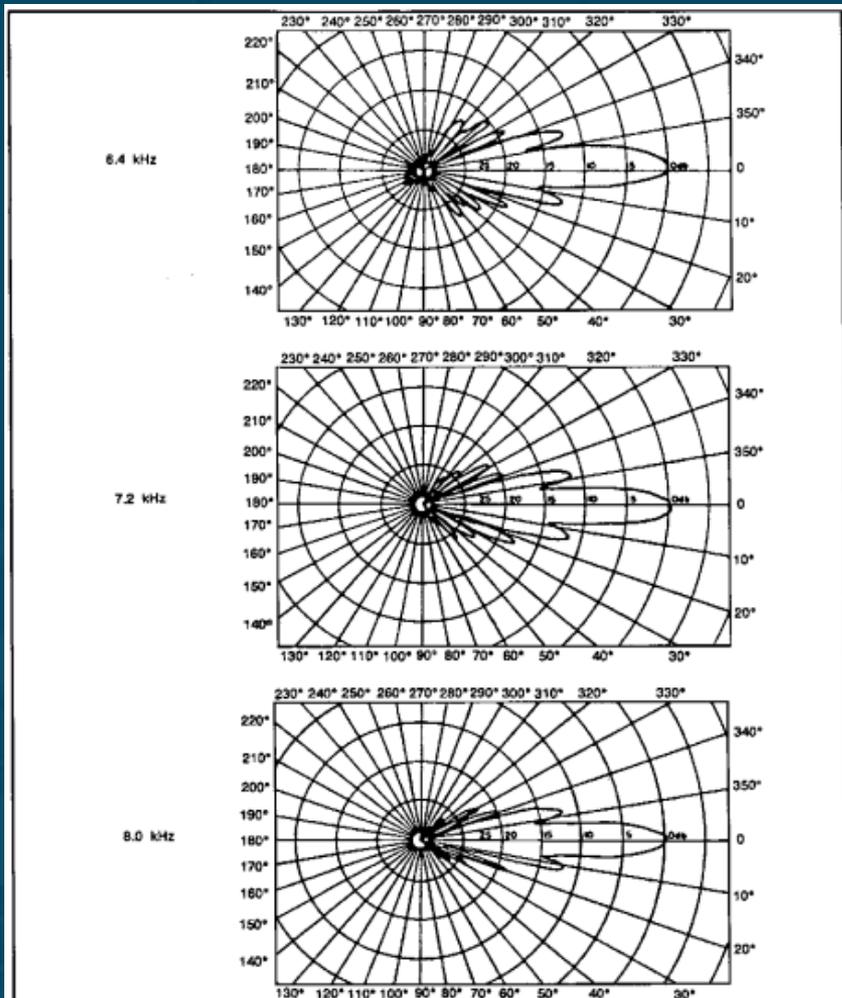
Transdutor	T01		T02		T03	
	Tensão (V)	Atenuação (dB)	Tensão (V)	Atenuação (dB)	Tensão (V)	Atenuação (dB)
Absorvedor padrão	0.128	33.2	0.059	26.5	0.096	28.4
Silicone 3120RTV	0.778	17.6	0.200	15.9	0.432	15.3
Silicone MF 345U 8%	0.806	17.3	0.184	16.6	0.592	12.6
Silicone MF 345U 10%	0.886	16.4	0.198	16.0	0.572	12.9
Silicone MF 345U 12%	0.758	17.8	0.176	17.0	0.516	13.8
Refletor	5.880	0.0	1.250	0.0	2.520	0.0

Ref.: Artigo 21º Congresso biomedica, Teixeira, 2000

Experiências Futuras

Diagramas de Radiação

- Diagrama de Radiação SQS-510:

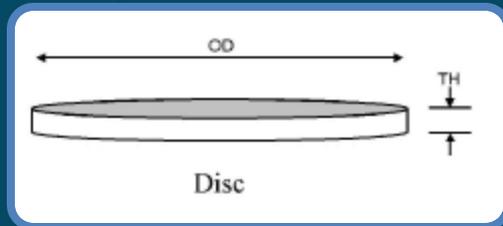


Objectivo:

- No nosso tanque verificar se conseguimos obter resultados semelhantes.

Ref.: Manual Introdução Transdutor Sonar TR514A/SQS-510

- Estudo das amostras de Cerâmica:



Princípio:

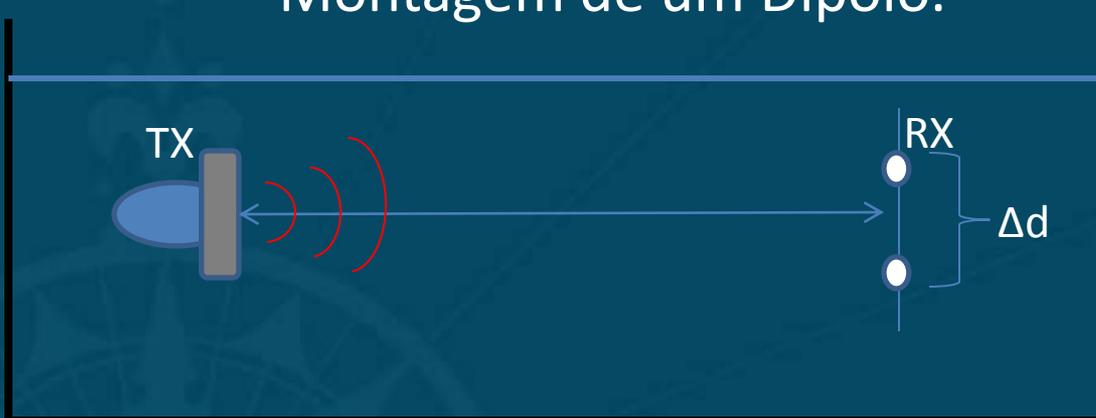
- Diagrama de radiação de um fonte simples;



Objectivo:

- Caracterizar o Diagrama de radiação;
 - Verificar as qualidades acústicas das cerâmicas
 - Determinar assim qual o melhor material de revestimento (resina ou borracha líquida);
 - Fabricar outro transdutor com o “melhor” revestimento.
- Recepção;
 - Transmissão.

- Estudo de Dipolo:
 - Baseado no estudo de fonte simples;
 - Utilização de cerâmicas idênticas;
 - Montagem de um Dipolo.



Δd – Distância entre fontes simples.

Objectivo:

- Caracterizar o Diagrama de radiação em função da distância(Δd).



Dúvidas?!?



FIM