

Dados Complementares: *Manual de instalação e funcionamento do programa*

Epicenter v.2

Neste manual são dadas informações sobre configuração, instalação e uso do programa que faz a detecção do epicentro. Este material faz parte do trabalho **Modelo físico para a determinação de epicentro. Uma ferramenta para o ensino da Sismologia.**

Sumário

1. O experimento “Localização de Epicentros”
2. Requisitos mínimos do sistema
3. Distribuição e instalação do Epicenter v.2
4. Apresentação da Interface Gráfica
 - 4.1. Janela PRINCIPAL
 - 4.2. Janela SETTINGS
 - 4.3. Janela LISTEN SENSORS
 - 4.4. Janela SIGNAL ACQUISITION
 - 4.4.1. Gráfico da Aquisição
 - 4.4.2. Janela de *Status*
5. Configurações do programa Epicenter.exe
 - 5.1. Alterando a imagem de fundo
 - 5.2. Posicionando as Estações Sismológicas na imagem de fundo
 - 5.2.1. Modo Visual
 - 5.2.2. Modo Manual
 - 5.3. “Escutando” os sensores
 - 5.4. Picking Automático
 - 5.5. Calculando a velocidade de propagação da perturbação na maquete
6. Adquirindo dados e localizando o epicentro do microssismo
 - 6.1. Usando picking automático
 - 6.2. Usando picking manual
7. Entendendo a aquisição do sinal no experimento
8. Picking: marcação do tempo de chegada do sinal
9. Esquema de Ligação Sensores – Chave – Plug P2

1. O experimento “Localização de Epicentros”

O experimento é dividido em 03 (três) partes:

- a) A maquete, que é o meio de propagação das ondas de um microssismo gerado com o auxílio de uma fonte.
- b) Os sensores, que realizam a aquisição das oscilações que se propagam através da maquete.
- c) O programa, que faz o registro da aquisição e a trilateração da região onde o microssismo possivelmente foi gerado.

Este Manual trata dos requisitos mínimos para a execução do programa e de suas funções. Detalhes sobre montagem dos sensores ou estudo detalhado do experimento podem ser encontrados no artigo Modelo físico para a determinação de epicentro. Uma ferramenta para o ensino da Sismologia na Revista Terrae Didática.

2. Requisitos mínimos do sistema

- Sistema operacional Windows XP ou posterior.
- 4MB de espaço em disco para armazenamento dos arquivos do programa.
- 512MB memória RAM.
- Vídeo em resolução 800x600 dpi.
- Mouse

2.1. **IMPORTANTE: Placa de som com entrada para microfone estéreo (ver seção 5.3 ‘Escutando os sensores’ para saber como verificar este requisito).**

3. Distribuição e instalação do Epicenter v.2

Este programa é FREEWARE, ou seja, seu uso não acarreta em custos monetários para o usuário. Porém, devido aos problemas crescentes de segurança (vírus) recomendamos que o usuário realize o download do programa SOMENTE a partir do MS da Revista Terrae Didática. Desta forma, estaremos garantindo ao usuário um arquivo livre de vírus e versões atualizadas do programa.

O programa possui três arquivos:

- o executável **Epicenter.exe**,
- o arquivo de configurações **config.ini** e
- a imagem utilizada como ilustração na maquete **default.jpg**.

O PROGRAMA NÃO É INSTALÁVEL, NÃO CRIA OU MODIFICA PASTAS (OU ARQUIVOS) E NEM ALTERA CHAVES NO REGISTRO DO SISTEMA OPERACIONAL.

Para executar o programa, basta fazer DUPLO-CLIQUE sobre o arquivo **Epicenter.exe** ou seleciona-lo e teclar ENTER.

Observação: na primeira execução do programa ocorrerá um erro referente ao caminho da imagem default.jpg no sistema. Tal erro não impedirá a execução do programa, mas a imagem não será carregada. Para corrigir, basta que o usuário clique com o botão direito do mouse e recarregue a imagem indicando o caminho na janela de navegação.

4. Apresentação da Interface Gráfica

O programa **Epicenter.exe** possui 04 (quatro) janelas:

- Janela PRINCIPAL
- Janela SETTINGS
- Janela LISTEN SENSORS
- Janela SIGNAL ACQUISITION

4.1. Janela PRINCIPAL

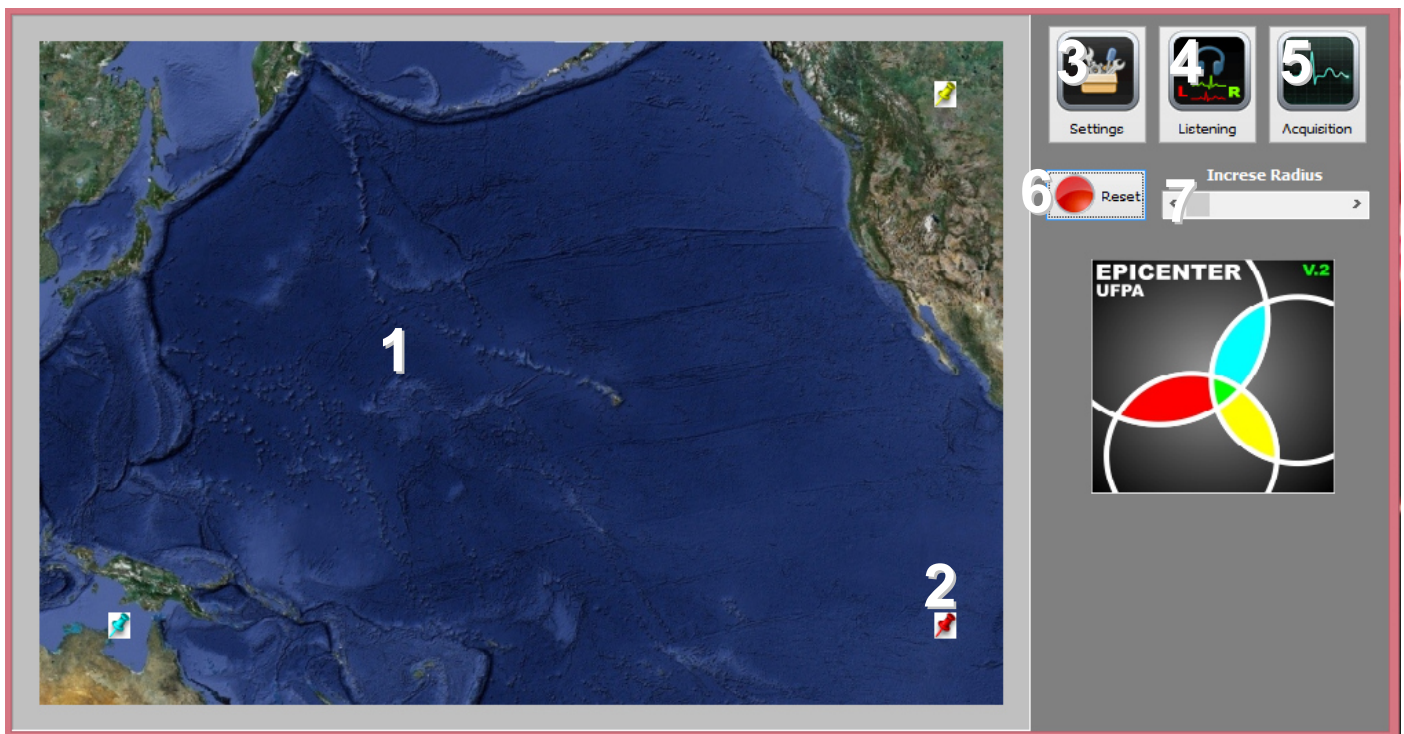


Figura 1 – Janela Principal do programa Epicenter.exe.

Quando o programa é executado, a primeira janela (principal) do programa é exibida e podemos observar seguintes itens:

Itens 1 e 2– Imagem de fundo usada nos microssismos e estações sismológicas

A imagem de fundo (item 1) representa a maquete física, onde os microssismos são gerados, e sua dimensão é proporcional ao tamanho real da maquete. Nesta área podemos visualizar as 03 (três) estações sismológicas A, B e C representadas por um “pin” 📌 (item 2) nas cores vermelho, amarelo e azul, respectivamente (ver *Esquema de Cores*).

O sistema de coordenadas utilizado para posicionar as estações tem origem no canto superior esquerdo e sua orientação é mostrada na Figura abaixo.

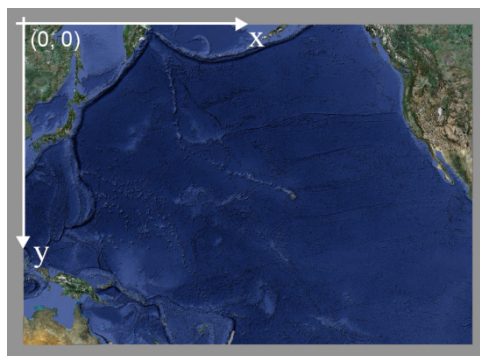


Figura 2: Orientação do sistema de coordenadas.



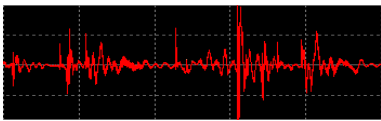


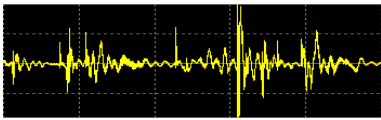


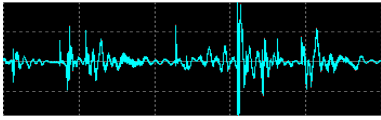
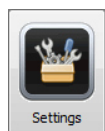
Estação	Pin	Círculos	Sinal Registrado
A			
B			
C			

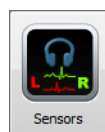
Tabela 1: Esquema de cores usadas no programa Epicenter.exe.

Item 3 – Botão “Settings”



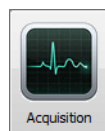
Abre a janela de Configurações do Programa

Item 4 – Botão “Sensors”



Abre a janela de “Escuta” dos sensores.

Item 5 – Botão “Acquisition”



Abre a janela para realizar as aquisições que serão utilizadas na trilateração do epicentro.

Item 6 – Botão “Reset”



Reseta os tempos de chegada, raios e outros cálculos usados na trilateração do epicentro.

Item 7 – Barra de rolagem “Increase Radius”



Aumenta ou diminui interativamente os círculos usados na trilateração do epicentro.

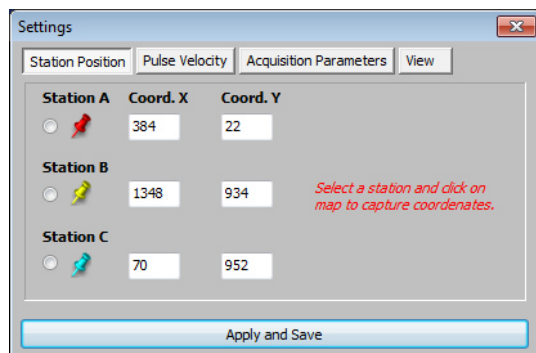
4.2. Janela SETTINGS

Ao clicar no botão “Settings” abrirá a janela de configuração do programa. Esta janela contém 04 (quatro) abas:

- “Station Position”
- “Pulse Velocity”
- “Acquisition Parameters”
- “Others Configs”

E na parte inferior da janela há o botão “Apply and Save”.

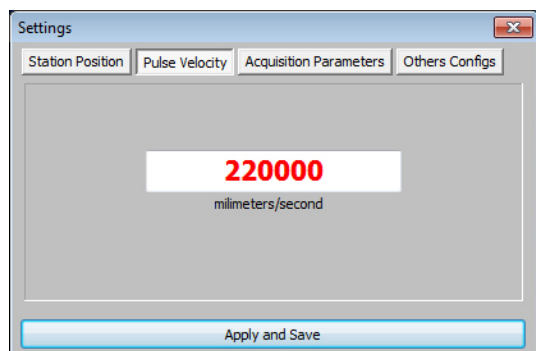
Aba “Station Position”



Nesta aba o usuário configura as coordenadas (x, y) dos sensores sobre a maquete.

Figura 3 – Aba “Station Position”.

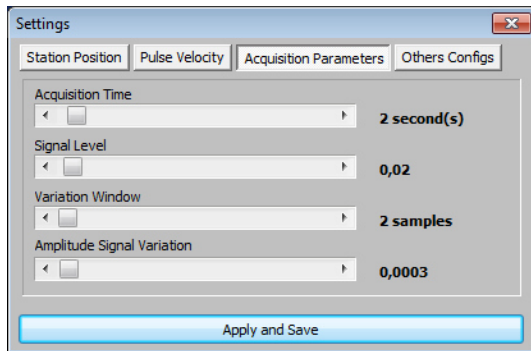
Aba “Pulse Velocity”



Aba de configuração da velocidade de propagação do pulso na maquete. O procedimento para calcular a velocidade é apresentado na seção “5.5. Calculando a velocidade de propagação da perturbação na maquete”

Figura 4 – Aba “Pulse Velocity”.

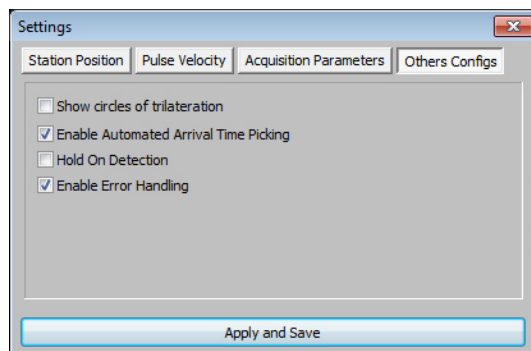
Aba “Acquisition Parameters”



Aba de configuração do tempo de aquisição, nível de sinal e parâmetros para marcação automática do pulso. Maiores detalhes na **Seção 5**.

Figure 5 – Aba “Acquisition Parameters”.

Aba “Others Configs”



Aba onde são habilitadas as funções: visualização dos círculos de trilateração, *picking* automático, segurar detecção e tratamento de erro na localização de epicentro.

Figure 6 – Aba “Others Configs”.

4.3. Janela LISTEN SENSORS

Clicando o **botão “Sensors”** (item 4, janela PRINCIPAL) a **janela “Listen Sensors”** é ativada. A função de “escuta” dos sensores será detalhada na seção 5.3. Abaixo os itens que compõem a janela:

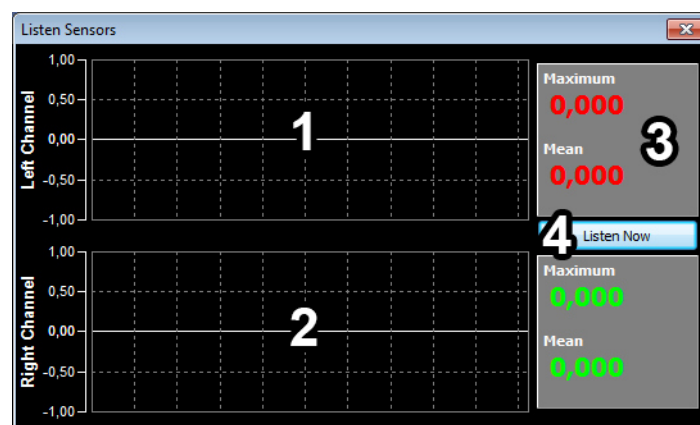


Figure 7 – Janela “Listen Sensors”.

- (1) Gráfico do sinal do canal esquerdo (CH L)
- (2) Gráfico do sinal do canal direito (CH R)
- (3) Amplitude Média e Máxima do sinal adquirido
- (4) Botão de ativação (“Listen Now”)

4.4. Janela SIGNAL ACQUISITION

É a janela de aquisição de sinais usados para a trilateração do epicentro. Para ativar a janela, clique sobre o botão “Acquisition” (item 5, janela Principal).

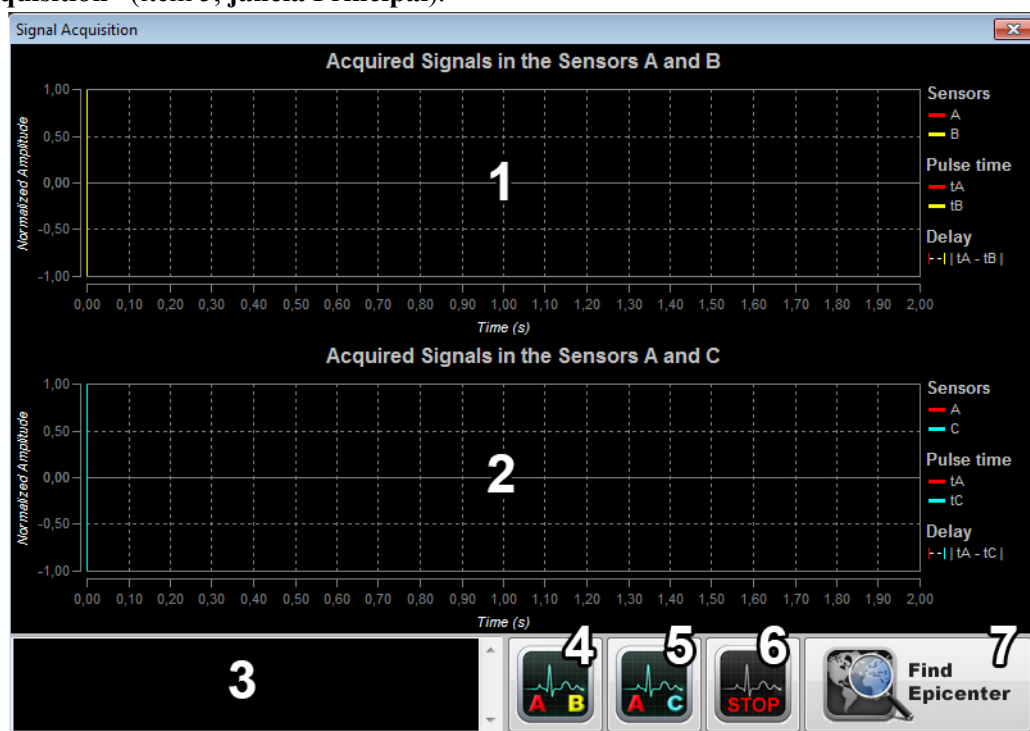


Figura 8 – Janela “Signal Acquisition”.

Os principais itens da janela são:

- (1) Gráfico da Aquisição no par de sensores A – B.
- (2) Gráfico da Aquisição no par de sensores A – C.
- (3) Janela de Status.
- (4) Botão AB, que inicia a aquisição no par de sensores A – B.
- (5) Botão AC, que inicia a aquisição no par de sensores A – C.
- (6) Botão “Stop”, que suspende a aquisição em andamento.
- (7) Botão “Find Epicenter”, que realiza a localização do epicentro.

4.4.1. Gráfico da Aquisição

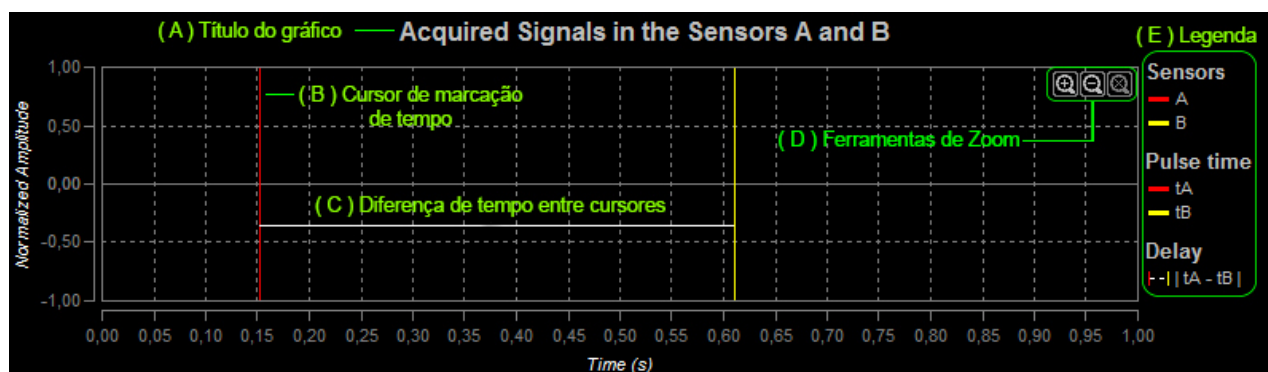


Figura 9 – Detalhes do gráfico de dados.

- (A) O título do gráfico, que fica verde quando uma aquisição está em andamento.
- (B) Cursor de marcação de tempo, que pode ser clicado e arrastado (com o mouse) para marcar o tempo de chegada do sinal do microssismo. Cada estação possui um cursor de marcação na cor correspondente.
- (C) Diferença de tempo entre os cursores. Também pode ser clicado e arrastado.
- (D) Ferramentas de zoom, que ficam visíveis quando o cursor do mouse está sobre o gráfico. Os eixos também possuem ferramentas de zoom independentes. O zoom também pode ser aumentado ou diminuído através da roda do mouse.
Função PAN: o usuário pode clicar sobre qualquer ponto do gráfico e arrastar para visualizar parte dos dados que ficam ocultos quando o zoom foi realizado. A função também está disponível em cada eixo de forma independente.
- (E) Legenda, que exibe o código de cor para os dados adquiridos em cada sensor e cursor de marcação.

4.4.2. Janela de Status

A Janela de Status exibe as seguintes mensagens:

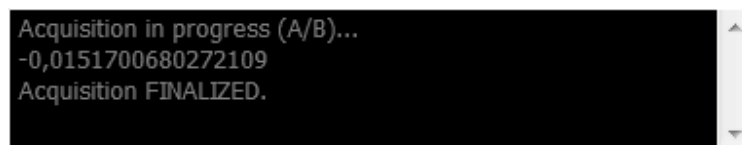


Figura 10: Janela de Status após aquisição no par de sensores A – B.

Acquisition in progress (XX) ..., sempre que uma aquisição for iniciada onde XX corresponde ao par AB ou AC de sensores ativado.

Acquisition FINALIZED, sempre a aquisição é finalizada.


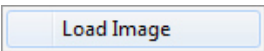
Se a função de Picking Automático estiver habilitada, também será exibida a diferença de tempo entre os cursores verticais a cada detecção. Lembrando que o sensor de referência (sensor A) está ligado no canal esquerdo (CH L, em vermelho), as diferenças impressas na Janela de Status podem ser negativas, caso o microssismo seja gerado em ponto mais afastado do sensor A.

O usuário pode copiar (CTRL+C) o conteúdo da Janela de Status para outros aplicativos. Para limpar a Janela de Status basta dar clique duplo nela.

5. Configurações do programa Epicenter.exe

5.1. Alterando a imagem de Fundo

O Fundo exibe como imagem padrão o Círculo de Fogo do Pacífico, área de grande atividade sísmica, porém é possível alterar essa imagem para que sejam explorados novos contextos pedagógicos. Para alterar a imagem proceder da seguinte forma:

- 1º Clique com o botão direito (área em vermelho) do mouse  sobre o fundo (imagem do mapa).
- 2º A opção  surgirá suspensa sobre o local da imagem de fundo. Clique sobre esta opção.
- 3º Na janela que abrirá (janela de navegação comum nos aplicativos Windows), navegue até a imagem desejada e clique no botão abrir.

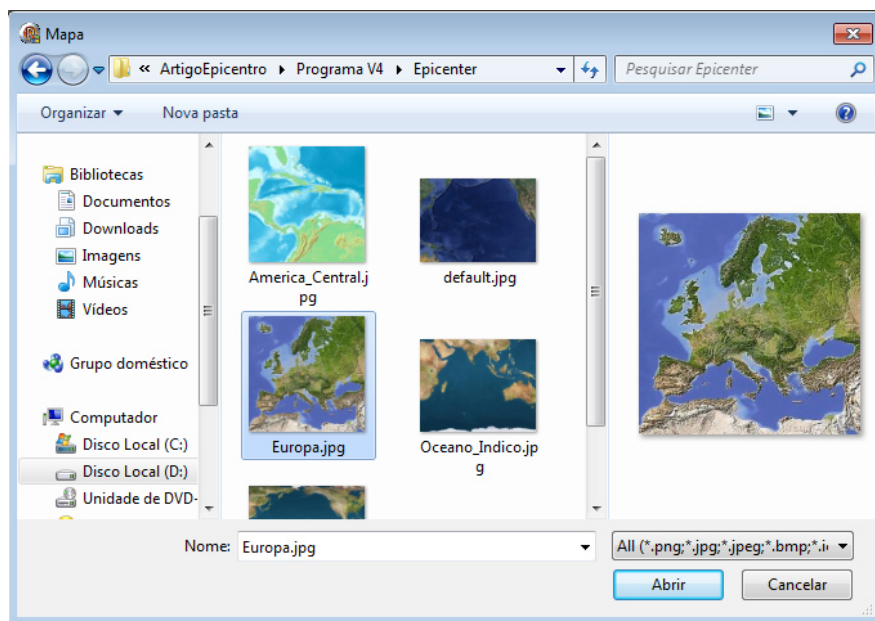


Figura 11 – Janela de navegação de imagens.

A imagem escolhida ocupará todo o fundo independente de suas dimensões. Escolha imagens com resolução mínima de 700x500 pixels e na proporção de 7:5, para evitar o aspecto quadriculado, desfocado e distorcido.

Formatos de imagens compatíveis: JPG, BMP, PNG, ICO, EMF e WMF.

5.2. Posicionando as Estações Sismológicas na imagem de fundo

Cada estação sismológica (representada por um “pin”) possui coordenada (x, y) no sistema de coordenadas mostrado na Figura 2. A posição de cada estação deve corresponder à posição do sensor sobre a maquete. A posição de cada sensor é configura de dois modos:

5.2.1. Modo Visual

OBS: certifique-se que a imagem usada na maquete como ilustração é a mesma utilizada na imagem de fundo.

1º Abra a janela “Settings” e clique sobre a aba “Station Position”.

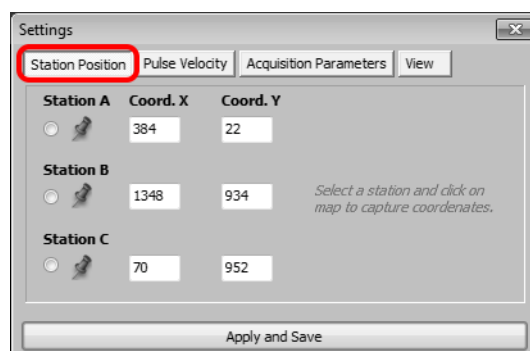


Figura 12 – Aba Station Position.

2º Selecione a estação que deseja posicionar na imagem de fundo.

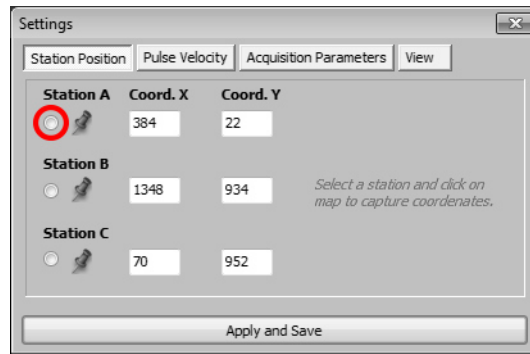


Figura 13 - Botão rádio que seleciona a estação.

3º Clique sobre a imagem de fundo na posição correspondente ao sensor na maquete para capturar as coordenadas da posição.

4th Clique no botão “Apply and Save”.

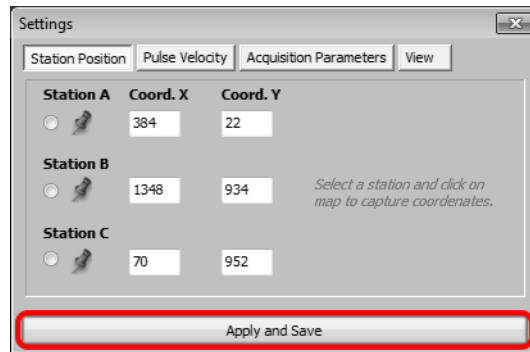


Figura 14 – Botão “Apply and Save” que aplica e salva a configuração corrente.

5.2.2. Modo Manual

OBS: utilize uma régua ou trena para medir a distância dos sensores às bordas da maquete.

1º Meça com a régua (ou trena) a distância do sensor à borda esquerda da maquete. O valor encontrado, em milímetros, será a coordenada x.

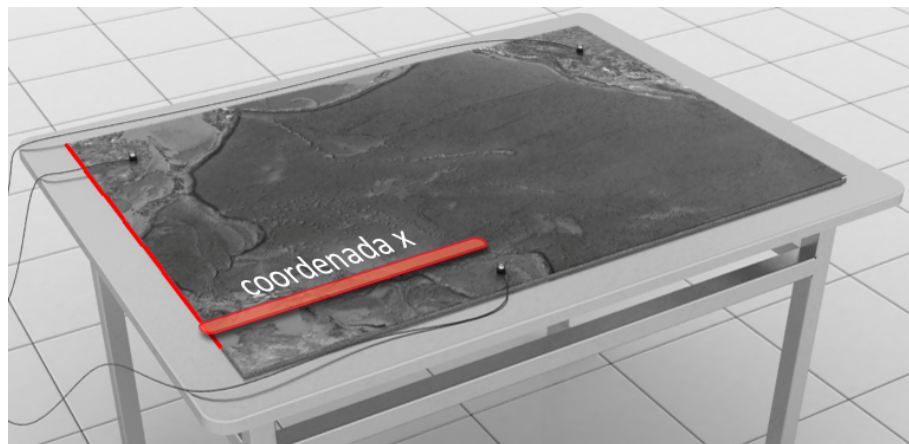


Figura 15 – Medindo coordenada x sobre a maquete do experimento.

- 2º Meça a distância do sensor à borda superior da maquete. O valor encontrado, em milímetros, será a coordenada y.

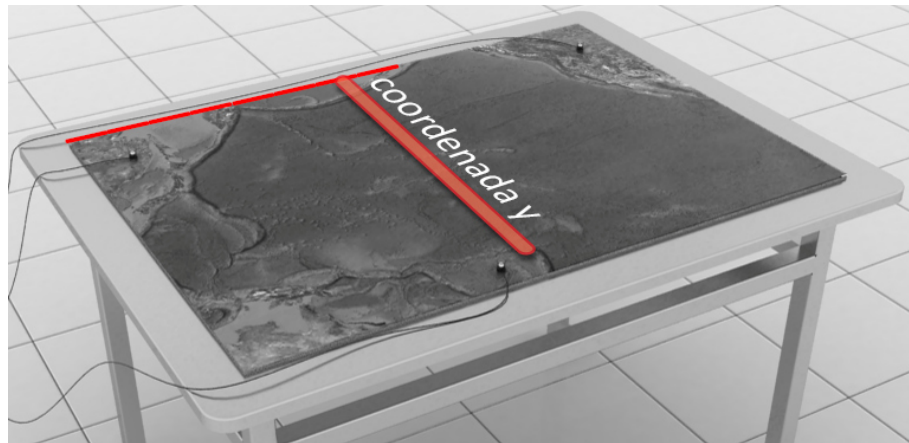


Figura 16 – Medindo a coordenada y sobre a maquete do experimento.

- 3º Digite as coordenadas x e y nas caixas de texto referente à estação medida na aba “Station Position” da janela “Settings”.

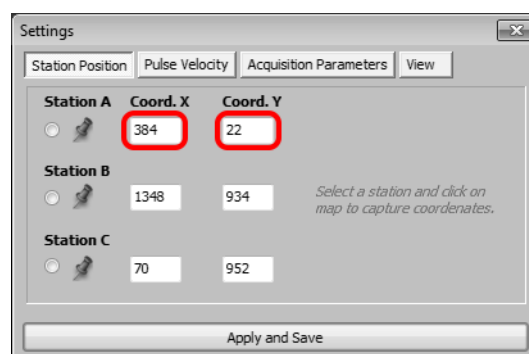


Figura 17 – Caixas de texto para entrada de coordenadas da estação.

- 4º Clique no botão “Apply and Save” na parte inferior da janela.

5.3. “Escutando” os sensores

Com esta função o usuário pode:

- Verificar se os sensores, a chave comutadora e o plug estéreo estão conectados corretamente entre si (ver Esquema de Ligação Sensores – Chave – Plug P2 (Figura 29).
- Verificar se a entrada de microfone possui dois canais (estéreo).
- Medir o nível de ruído ambiente.

Quando o botão “Listen Now” é clicado, os sensores começam a captar as vibrações que se propagam na maquete. A aquisição é realizada a uma taxa 44100 Hz, durante uma janela temporal cíclica de 0,1 segundos (ver seção 8. **Picking: marcação do tempo de chegada do sinal**, para compreender melhor os conceitos de sinal, ruído, taxa de aquisição e janela temporal), ou seja, são registradas 4410 amostras por canal que irão compor o cálculo da amplitude média e amplitude máxima na janela.

Para verificar se o Esquema de Ligação Sensores – Chave – Plug P2 está correto, siga os passos seguintes:

- 1º Conecte o Plug P2 na entrada de microfone do seu computador.
- 2º Abra a janela “Listen Sensors” clicando no botão “Sensors” (item 4, janela Principal).
- 3º Clique o botão “Listen Now” para iniciar a aquisição.
- 4º Toque levemente nos sensores (um por vez) para verificar se a amplitude do sinal no gráfico correspondente sofre alterações. Caso a resposta aos toques seja negativa, verifique o Esquema de Ligação entre Sensores – Chave – Plug P2 (Figura 28).

IMPORTANTE:

A aquisição no sensor A sempre deverá ser exibida somente no canal esquerdo (CH L).

Para verificar se a entrada de microfone possui dois canais (estéreo)

Se após o procedimento descrito acima, a amplitude do sinal nos gráficos dos canais esquerdo e direito for a mesma, sua placa de som possui entrada mono (possui apenas um canal) **e portanto não é adequada para este experimento** (ver Figura 16).

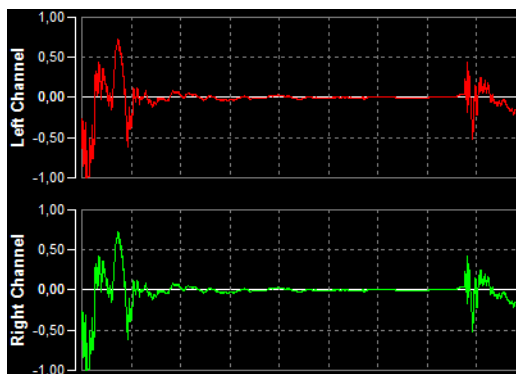


Figura 18 – Resultado de teste de sensores em placa com microfone mono.

Para medir o nível de ruído

Oo nível de ruído ambiente pode ser medido com um clique no botão Sensors da interface gráfica, sem gerar o microssismo. Apenas o ruído ambiente será captado. Exemplo mostrado na Figura 19 abaixo.

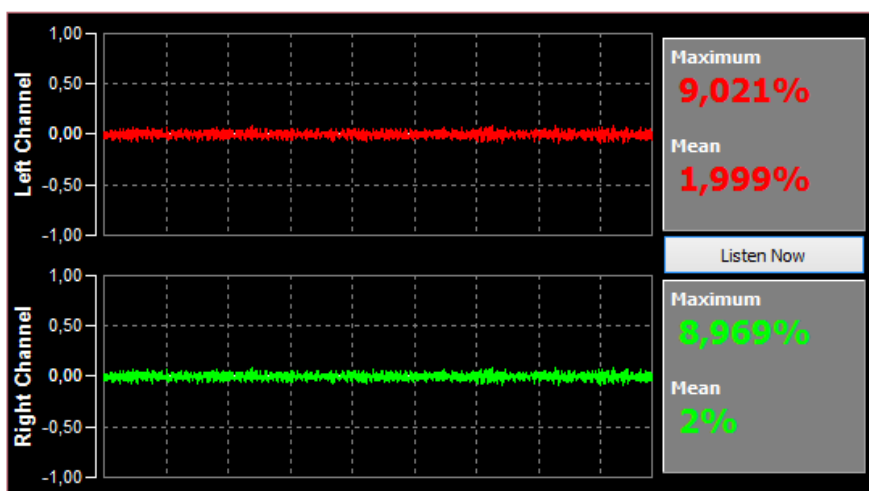


Figura 19 – Medida de ruído ambiente

5.4. Picking Automático

Esta função identifica o instante de chegada do sinal do microssismo em cada aquisição. Para Picking Automático seja realizado corretamente se faz necessário ajustar três parâmetros:

- “**Signal Level**”, que é o nível a partir do qual o algoritmo de busca do instante de chegada do sinal é ativado.
- “**Variation Window**”, que é o tamanho da janela (móvel) de observação da variação de amplitude do sinal.
- “**Amplitude Signal Variation**”, que é a variação na amplitude dentro da janela de observação.

Os parâmetros devem ser ajustados de acordo com o tipo de fonte utilizada para gerar os microssismos. Para ajustar os parâmetros proceda da seguinte forma:

1º Verifique o valor máximo de ruído no ambiente.

DICA: aplique um zoom para verificar a amplitude do ruído.

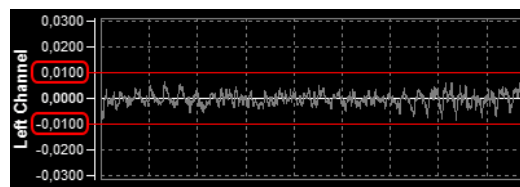


Figura 20: Limites de amplitude do ruído em uma sala com algumas pessoas conversando.

2º Abra a janela “Settings”, aba “Other Configs” e marque as opções “Enable Automated Arrival Time Picking” e “Hold On Detectio”

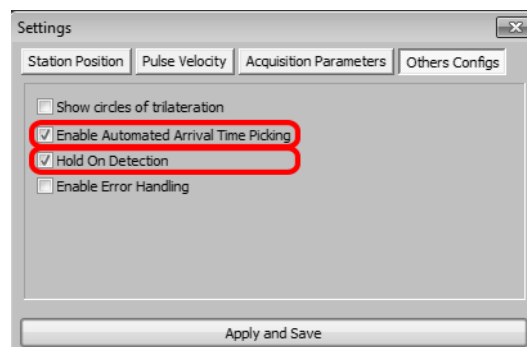


Figura 21 – Opções que devem ser marcadas.



3º Ajuste os parâmetros na aba “Acquisition Parameters”:

- “**Signal Level**”: para um pouco maior que aquele verificado no 1º passo.
- “**Variation Window**”: 10 amostras (samples)
- “**Amplitude Signal Variation**”: 0.001

OBS: não fechar esta janela!

4º Abra a janela “Signal Acquisition”.

DICA: organize as janelas na sua área de trabalho de tal forma que fiquem as janelas Signal Acquisition e Settings fiquem visíveis.

5° Inicie a aquisição clicando sobre um dos botões  ou .

6° Produza microssismos em um ponto qualquer da maquete obedecendo aos limites da borda.

OBS: a aquisição será finalizada automaticamente, pois opção Hold On Detection foi marcada no 2° passo.

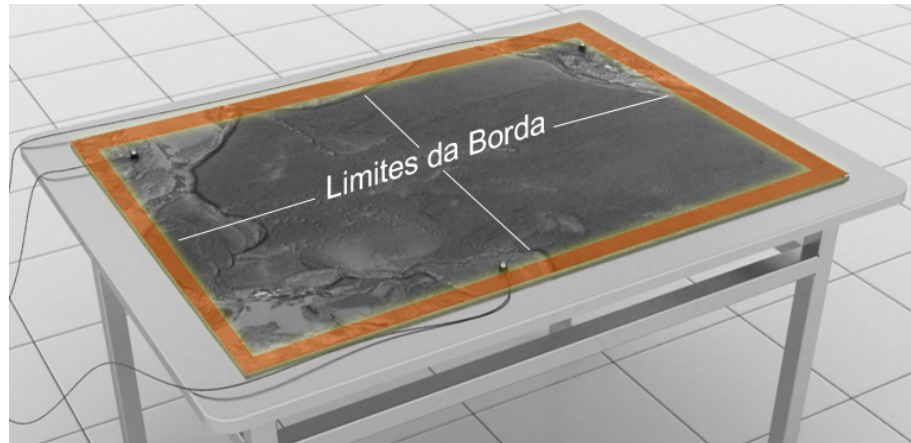


Figura 22: Não gerar microssismos na zona marcada para evitar efeitos de borda.

7° O cursor de marcação de tempo deverá se mover para a posição correta (início do sinal do microssismo). Aplique um zoom no gráfico para verificar. Se não houver sucesso, aumente o valor do parâmetro “Amplitude Signal Variation” e repita e volte ao 5° passo até que a marcação seja bem sucedida nos dois canais.

5.5. Calculando a velocidade de propagação da perturbação na maquete

Para a localização do epicentro, a velocidade de propagação do sismo no acrílico precisa ser estimada. Essa estimativa é feita realizando várias simulações, para a partir do conhecimento da posição do epicentro $P = (X, Y)$ medir os tempos de registro dos sismos nos sensores A e B e C.

Lembrando que, para que os três sensores possam medir o sismo, a aquisição é feita em duas etapas (Ver Figuras 15 e 18 do artigo ‘Modelo físico para a determinação de epicentro. Uma ferramenta para o ensino da Sismologia’).

Na primeira aquisição, a distância percorrida pela onda direta do ponto $P = (X, Y)$ até cada sensor é dada por:

$$\begin{aligned} d'_A &= V(t'_A - t'_0), \\ d'_B &= V(t'_B - t'_0), \end{aligned} \tag{1}$$

em que t'_0 é o instante em que o primeiro sismo foi gerado (primeira etapa), t'_A e t'_B são os tempos de chegada da perturbação nos sensores A e B, respectivamente. Na segunda etapa da aquisição, as distâncias percorridas são dadas por:

$$\begin{aligned} d''_A &= V(t''_A - t''_0), \\ d''_C &= V(t''_C - t''_0), \end{aligned} \tag{2}$$

em que t_0'' é o instante em que o segundo sismo foi gerado (segunda etapa), t_A'' e t_C são os tempos de chegada da perturbação nos sensores A e C, respectivamente.

Considerando que os dois sismos foram gerados no mesmo ponto P(X,Y) pode-se considerar que:

$$d_A'' = d_A' = d_A \quad (3)$$

As equações (1) e (2) podem ser reescritas como:

$$\begin{aligned} d_B - d_A &= \Delta d_{BA} = V(t_B - t_A), \\ d_C - d_A &= \Delta d_{CA} = V(t_C - t_A), \end{aligned} \quad (4)$$

Desta forma a velocidade V pode ser estimada das duas equações em (4). Na Tabela 2. A velocidade é estimada gerando para cada par de sensores (AB e AC) vinte simulações. Em cada uma das simulações as equações em (4) são aplicadas. Por fim a velocidade para das simulações para cada par de sensor é calculada, fazendo-se a mediana e a media das velocidades obtidas em cada simulação. A velocidade usada na placa é dada pela media das velocidades calculadas em relação aos pares de sensores AB e AC.

Na Tabela abaixo é mostrado um exemplo de estimativa da velocidade da propagação do sismo na placa de acrílico.

COORDENADAS DOS SENSORES									
SENSOR A				SENSOR B				SENSOR C	
1300		900		1300		100		100	900
DISTANCIA AB					DISTANCIA AC				
800,00					1200,00				
AQUISIÇÕES PARA CÁLCULO DA VELOCIDADE									
SENSORS A/B					SENSORS A/C				
DISTANCIA	tB	tA	(tB-tA)	VELOCIDADE	DISTANCIA	tC	tA	tC-tA	VELOCIDADE
800,00	0,00032	0,00	0,00032	2500000,00000	1200,00	0,00104	0,00	0,00104	1153846,15385
800,00	0,00034	0,00	0,00034	2352941,17647	1200,00	0,00104	0,00	0,00104	1153846,15385
800,00	0,00034	0,00	0,00034	2352941,17647	1200,00	0,00107	0,00	0,00107	1121495,32710
800,00	0,00034	0,00	0,00034	2352941,17647	1200,00	0,00077	0,00	0,00077	1558441,55844
800,00	0,00032	0,00	0,00032	2500000,00000	1200,00	0,00079	0,00	0,00079	1518987,34177

800,00	0,00034	0,00	0,00034	2352941,17647	1200,00	0,00790	0,00	0,00790	151898,73418
800,00	0,00032	0,00	0,00032	2500000,00000	1200,00	0,00079	0,00	0,00079	1518987,34177
800,00	0,00032	0,00	0,00032	2500000,00000	1200,00	0,00082	0,00	0,00082	1463414,63415
800,00	0,00034	0,00	0,00034	2352941,17647	1200,00	0,00107	0,00	0,00107	1121495,32710
800,00	0,00032	0,00	0,00032	2500000,00000	1200,00	0,00104	0,00	0,00104	1153846,15385
800,00	0,00032	0,00	0,00032	2500000,00000	1200,00	0,00104	0,00	0,00104	1153846,15385
800,00	0,00034	0,00	0,00034	2352941,17647	1200,00	0,00054	0,00	0,00054	2222222,22222
800,00	0,00032	0,00	0,00032	2500000,00000	1200,00	0,00100	0,00	0,00100	1200000,00000
800,00	0,00034	0,00	0,00034	2352941,17647	1200,00	0,00100	0,00	0,00100	1200000,00000
800,00	0,00032	0,00	0,00032	2500000,00000	1200,00	0,00075	0,00	0,00075	1600000,00000
800,00	0,00032	0,00	0,00032	2500000,00000	1200,00	0,00075	0,00	0,00075	1600000,00000
800,00	0,00036	0,00	0,00036	2222222,22222	1200,00	0,00107	0,00	0,00107	1121495,32710
800,00	0,00032	0,00	0,00032	2500000,00000	1200,00	0,00100	0,00	0,00100	1200000,00000
800,00	0,00034	0,00	0,00034	2352941,17647	1200,00	0,00104	0,00	0,00104	1153846,15385
800,00	0,00032	0,00	0,00032	2500000,00000	1200,00	0,00079	0,00	0,00079	1518987,34177

Tabela 2- É mostrada a simulação do sismo 20 vezes para dois pares de sensores, AB e AC. A velocidade é estimada da média desses simulações. A velocidade estimada usada no experimento foi de $V=1850000$ mili/s.

Importante:

- Para o cálculo
- A velocidade calculada está em milímetros/segundo.
- Na Tabela_Suplementar_Cálculo_Velocidade.xls tem-se duas abas, a primeira aba (Exemplo_exp_realizado) com o exemplo dado acima e a segunda aba (Experimento a realizar) já preparada para o usuário entrar com as coordenadas do sismo, dos sensores e tempos registrados nos sensores para o cálculo automático da velocidade do sismo na placa de acrílico.

6. Adquirindo dados e localizando o epicentro do microssismo

Na aquisição dos dados a determinação do sinal de chegada pode ser feita de maneira automática (picking automático) ou de maneira manual (picking manual), com a interferência do usuário.

6.1. Usando picking automático

- 1º Abra a janela “Acquisition”.
- 2º Inicie a aquisição pressionando no botão correspondente ao par de sensores que está chaveado.
- 3º Escolha um ponto sobre a maquete e gere um microssismo.
- 4º Mude a posição da chave para o outro par de sensores e inicie nova aquisição pressionando o botão correspondente.

- 5º Gere um microssismo no mesmo ponto escolhido no 3º passo.
- 6º Pressione o botão **“Find Epicenter”**.

6.2. Usando picking manual

As opções **“Enable Arrival Time Picking”** e **“Hold On Detection”** devem estar desabilitadas.

- 1º Inicie a aquisição pressionando no botão correspondente ao par de sensores que está chaveado.
- 2º Escolha um ponto sobre a maquete e gere um microssismo.
- 3º Quando o sinal da perturbação aparecer no gráfico correspondente, finalize a aquisição pressionando o botão **“Stop”**.
- 4º Aplique um zoom no gráfico correspondente ao par de sensores utilizado e faça o picking do primeiro tempo de chegada no dado adquirido.
- 5º Mude a posição da chave para o outro par de sensores e inicie nova aquisição pressionando o botão correspondente.
- 6º Gere um microssismo no mesmo ponto escolhido no 2º passo.
- 7º Quando o sinal da perturbação aparecer no gráfico correspondente, finalize a aquisição pressionando o botão **Stop**.
- 8º Aplique um zoom no gráfico correspondente ao par de sensores utilizado e faça o picking do primeiro tempo de chegada no dado adquirido.
- 9º Pressione o botão **“Find Epicenter”**.

7. Entendendo a aquisição do sinal no experimento

Quando estamos observando um sistema qualquer (físico, químico, biológico, mecânico, elétrico, etc.), fazemos através de medidas de uma ou mais grandezas. No caso de sistemas dinâmicos, normalmente medimos determinada grandeza no decorrer do tempo.

Movimento de um carro		Velocidade de uma reação química	
Posição	Tempo	[Reagente]	Tempo
20 m	10 segundos	2 mol/L	0 min
40 m	30 segundos	1 mol/L	4 min
60 m	50 segundos	0,5 mol/L	8 min
60 m	70 segundos	0,1 mol/L	16 min
80 m	90 segundos	0,001 mol/L	30 min

Tabela 3 –Exemplos de medidas que podem ser realizadas em sistemas físico e químico, respectivamente.

A análise das medições feitas através de uma tabela é algo muito complicado, principalmente quando a quantidade de dados é enorme. Para facilitar esta análise se faz o uso de gráficos.

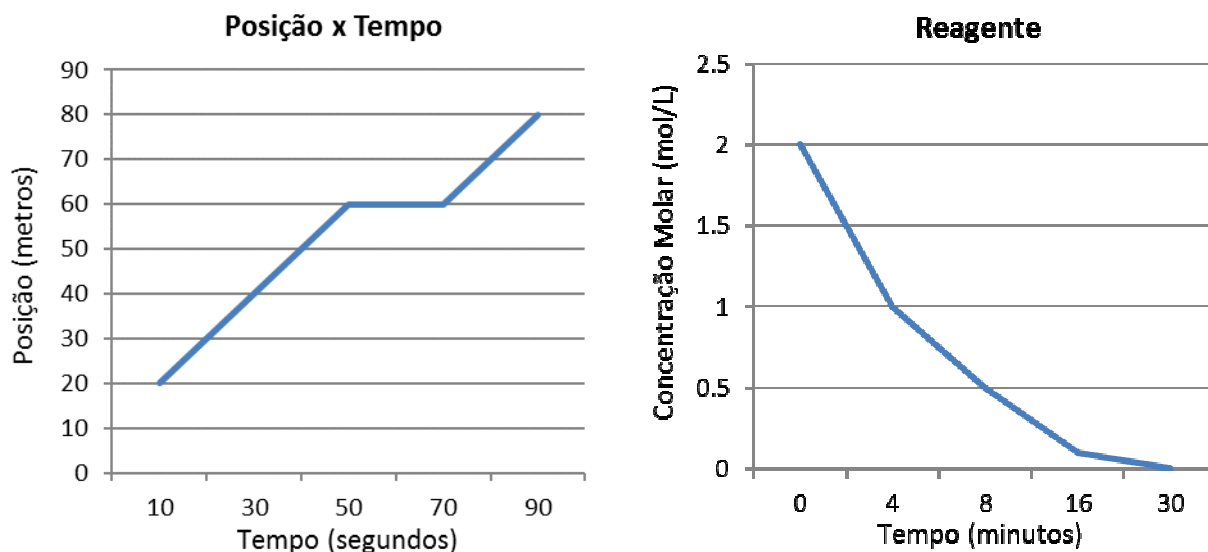


Figura 23 – Gráficos que representando os dados da Tabela 2.

No experimento “Localização de Epicentro”, estamos interessados nas vibrações que se propagam através da maquete, mais precisamente no acrílico. As vibrações são captadas através dos sensores eletromecânicos¹ localizados sobre a maquete e registradas no computador. O conjunto de medidas é plotado em um gráfico de Amplitude Normalizada *versus* Tempo. A amplitude das vibrações é dita normalizada quando cada medida é dividida pelo máximo valor que pode ser medido. Exemplificando: se o equipamento de medição pode ler, no máximo, um valor de 2.5 volts, uma medida de 1.5 volts, quando normalizada, passará a ser igual a 0.6 adimensionais.

O intervalo de tempo usado na observação de um sistema é chamado de **janela temporal** ou **janela de observação**. A quantidade de medições realizadas depende da frequência em que elas são feitas. A frequência de medições é chamada de **taxa de amostragem** e é medida em Hertz (Hz) e a quantidade de medições realizadas na janela de observação é chamada de **trigger**.

Ao ativar a função de escuta dos sensores, estes começam a medir as vibrações (pequenas oscilações da superfície da placa de acrílico) que se propagam na maquete. A aquisição das medidas é realizada em uma janela de observação de 0,1 segundo e com taxa de amostragem de 44100 Hz, ou seja, 4410 medidas para cada janela de observação. Se o ambiente em que o experimento foi montado for silencioso e nenhum microssismo for gerado sobre a maquete, o usuário mal poderá ver diferenças na amplitude.

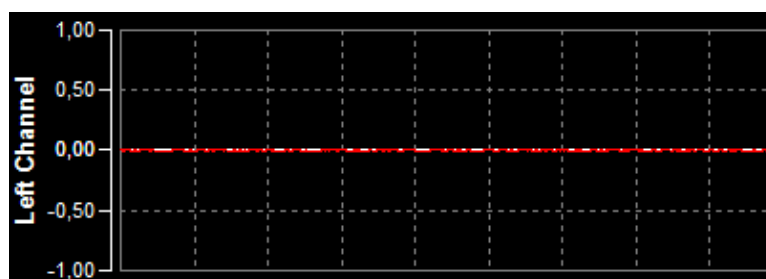


Figura 24 – Exemplo de aquisição realizada em ambiente silencioso.

É possível dar um zoom no eixo da amplitude e verificar que, para a aquisição usada como exemplo na figura x, as amostras possuem amplitude entre 0,0050 e -0,0050.

¹ Os sensores eletromecânicos (mais conhecidos por piezoelétricos) convertem energia mecânica em energia elétrica e vice-versa.

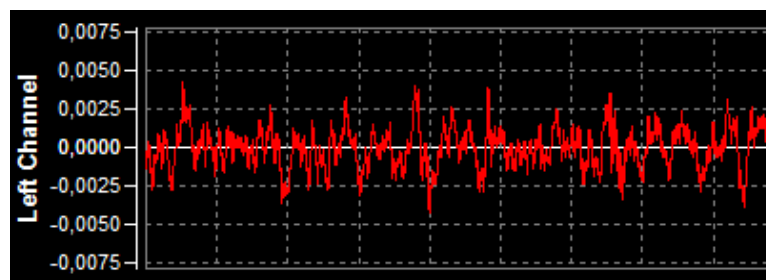


Figura 25 – Zoom aplicado ao gráfico exibido na Figura 23.

Se microssismos forem gerados sobre a maquete, o usuário notará que a amplitude sofrerá mudança significativa na amplitude. Considerando que nosso objetivo é a determinação de epicentros, as medidas que nos interessam são aquelas das vibrações geradas pelo microssismo. Daí podemos qualificar as medidas dadas como exemplo na Figura como sinal e ruído.

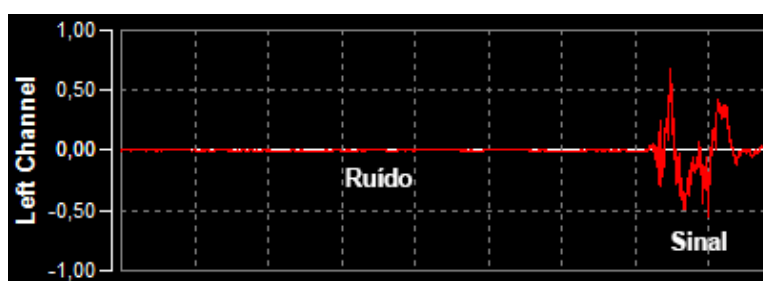


Figura 26 – Diferença de amplitude observada entre sinal e ruído.

Consideramos **sinal** as medidas que correspondem ao comportamento que se deseja analisar no sistema observado. As medidas que fogem do comportamento esperado são chamadas de **ruído**, são medidas indesejadas. No experimento “Localização de Epicentro”, temos como principais fontes de ruído:

- Pessoas conversando;
- Trânsito (pessoas, automóveis);
- Máquinas ou equipamentos próximos;

O sinal do microssismo não está livre de ruído. Devemos lembrar que, enquanto o microssismo é gerado, as outras fontes não cessam e, portanto, seus efeitos são somados ao do microssismo.

8. Picking: marcação do tempo de chegada do sinal

A marcação do instante em que o sinal do microssismo passa por cada estação é fundamental para uma trilateração bem sucedida: quanto mais precisa a marcação do tempo de chegada do sinal, mais preciso será o método da trilateração do epicentro.

No programa Epicentro.exe há duas formas de realizar o picking:

- Manual
- Automático

No modo manual o usuário deverá identificar o instante em que as medidas deixam de ser apenas ruído e passam a corresponder às vibrações provocadas pelo microssismo. O picking manual é um julgamento pessoal, porém quando vários usuários possuem o mesmo nível de treinamento na identificação do sinal, facilmente entram em consenso.

Abaixo são mostradas várias aquisições, usando várias fontes, como exemplo de marcação do tempo de chegada do sinal.

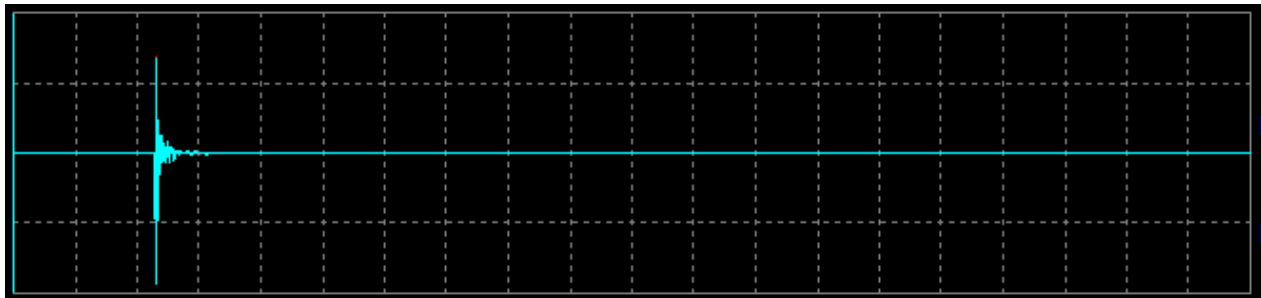


Figura 27- Sinal adquirido.

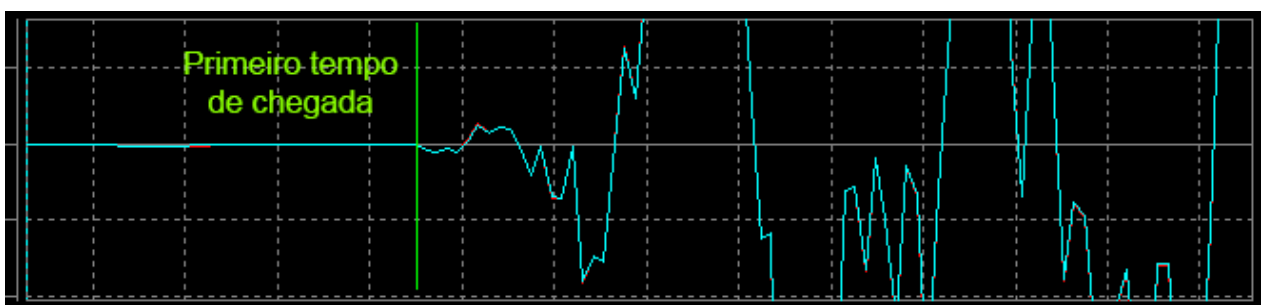


Figura 28 - Marcação depois de aplicado zoom.

9. Esquema de Ligação Sensores – Chave – Plug P2

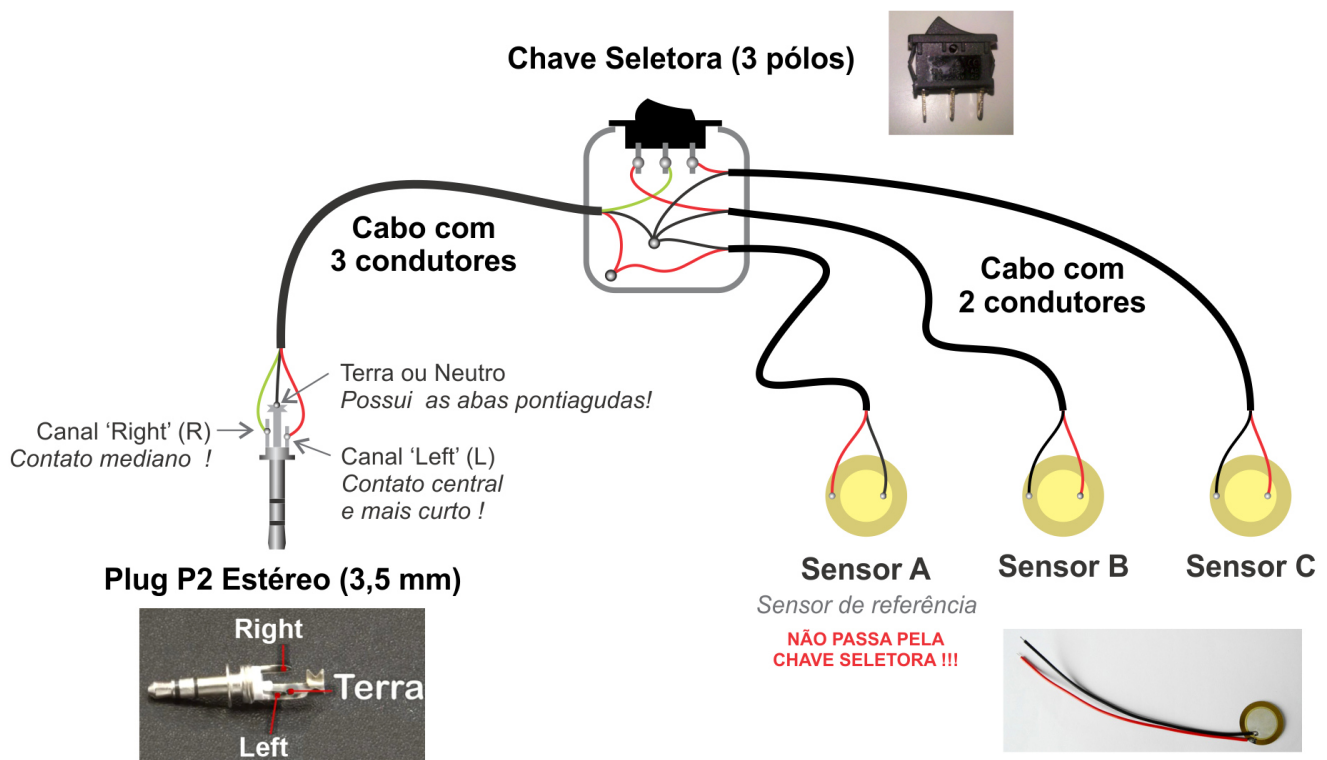


Figura 29 – Ligação dos sensores

Dados Complementares: ***Sugestão de material a ser utilizados no experimento***

O material utilizado no trabalho “Modelo físico para a determinação de epicentro” é de fácil acesso podendo inclusive ser reutilizado de equipamentos do dia-a-dia. A seguir damos uma sugestão de materiais de fácil acesso a ser utilizado.

Uma sugestão do material necessário para construir a maquete (ver Figura 6 do artigo “Modelo físico para a determinação de epicentro. Uma ferramenta para o ensino da Sismologia”) e os sensores (ver Figura 10 do artigo “Modelo físico para a determinação de epicentro é apresentada na Tabela Suplementar 1.

Para rodar diretamente o executável do programa que calcula o epicentro é necessário a instalação deste de acordo com o manual “Manual de instalação e funcionamento do programa” que está disponibilizado junto com os códigos e executável do programa na área de material suplementar da Revista *Terræ Didática*.

MAQUETE	SUGESTÃO DE MATERIAL
Placa de acrílico* de dimensões 1,40 m x 1.00 m x 3 mm	Pode ser encontrada em qualquer loja ou fábrica de box para banheiros
COMPONENTES DO SENSOR	SUGESTÃO DE MATERIAL
Capa de acrílico e base plástica	Feita a partir da embalagem transparente de batom (batom de manteiga de cacau por exemplo) que é encontrado em farmácias
Esfera de aço	Podem ser utilizadas esferas presentes em rolamentos,

	encontradas em casa de ferragens ou ainda pode ser utilizados as esferas de aço encontradas em alguns brinquedos, a exemplo do que foi utilizado desse trabalho.
Cabo que conecta os sensores ao computador	São cabos para sinal de baixa impedância, para transmitir o sinal do sensor piezoelétrico até a placa de som. Pode ser adquirido em lojas de material eletrônico ou podem-se reutilizar cabos de fone de ouvido. Na Figura 13, do artigo “Modelo físico para a determinação de epicentro. Uma ferramenta para o ensino da Sismologia”, do pode se ver a junção do cabo a chave de da chave ao conector P2
Chave comutadora	Seleciona o par de sensores para a aquisição, encontrada em loja de material eletrônico
Cola de silicone industrial	Encontrada em lojas de material de construção
Conector tipo P2 estéreo	Este é plugado ao computador na entrada do microfone e é encontrado em loja de material eletrônico

Tabela Suplementar 1 – Descrição das componentes do sensor e sugestão de material a ser utilizado

* É importante ressaltar que a utilização de outro tipo de material que não o acrílico influencia na velocidade de propagação da onda no meio e portanto, na precisão da medida de velocidade do experimento. Por exemplo, se fosse utilizado uma placa de vidro este exigiria sensores de maior precisão (maior que 10^{-4} segundos, que é a precisão dos sensores utilizados neste trabalho), além de ser muito frágil e pesado. O compensado de 4 mm de espessura seria uma boa opção, mas é pouco estético.