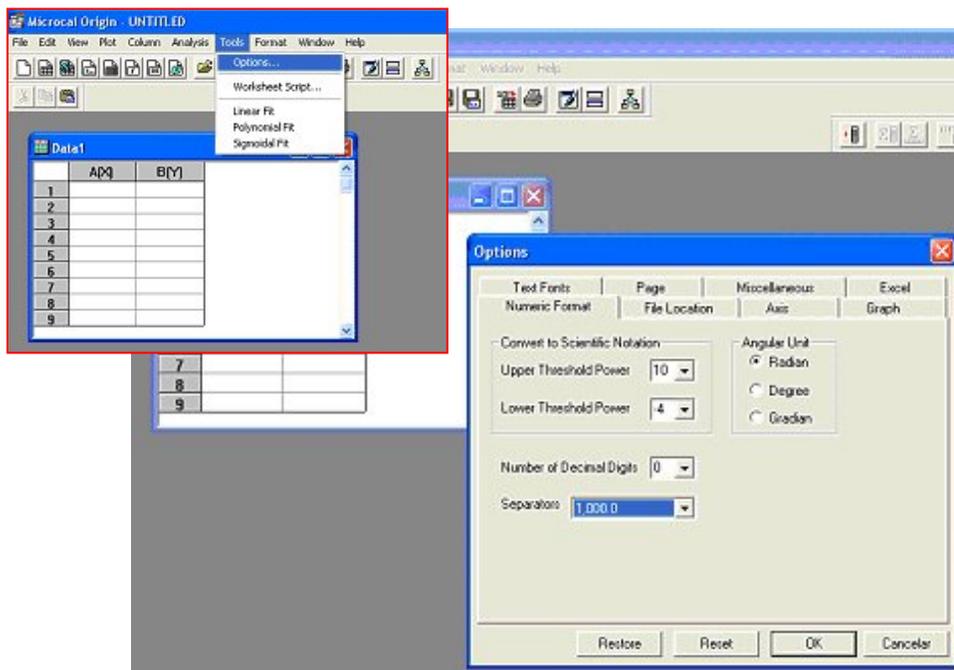


Parte II – Análise e tratamento dos dados experimentais.

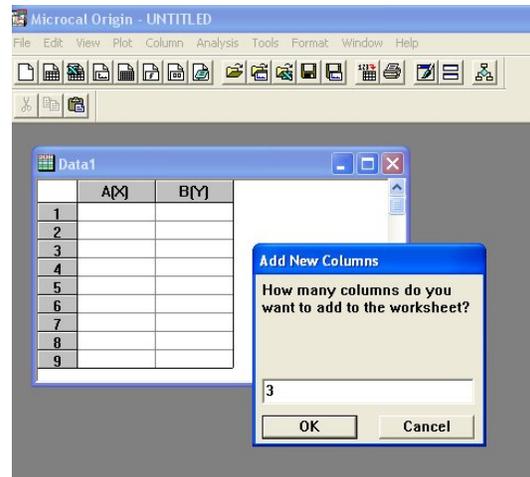
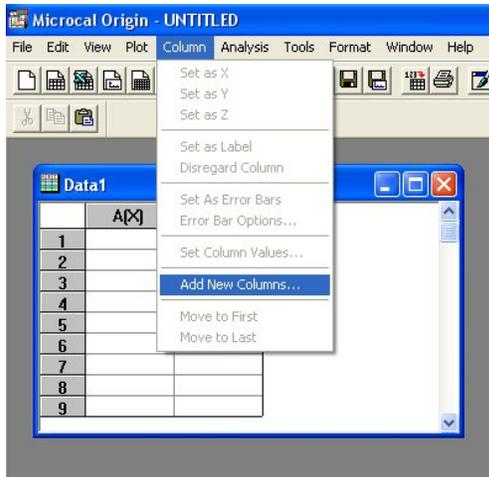
A – Experiência da corda vibrante

Na **Parte I** fez a aquisição de vários conjuntos de dados, reunidos no ficheiro corda-dados.lvm. Deve fazer o **print** desse ficheiro para integrar o Relatório.



Podemos construir uma tabela de dados, usando o programa ORIGIN que tem instalado no seu computador em **All programs** ⇒ **Development** ⇒ **Origin6.1**. Para não haver incompatibilidade na transferência de números decimais tabelados entre o ficheiro **.lvm**, que tem os dados adquiridos, e os ficheiros **.org** que vamos criar, deve seleccionar **Tools** ⇒ **Options** ⇒ **Numeric format** ⇒ **Separators** ⇒ e escolher **1,000.0**

Porque o ficheiro de dados corda-dados.lvm tem 5 colunas, deve começar por abrir mais 3 colunas no ORIGIN. Por isso vá a **Columns** ⇒ **Add New Columns** ⇒ escolha 3.



Vá ao seu ficheiro de dados **corda-dados.lvm** e faça **Copy** do conjunto de dados que quer usar. Selecciona a coluna A do ficheiro ORIGIN e faça **Paste**.

O modelo teórico em que nos baseámos permite relacionar a frequência própria (fundamental) com as 3 grandezas variáveis utilizadas.

$$f = \frac{v}{2L} = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

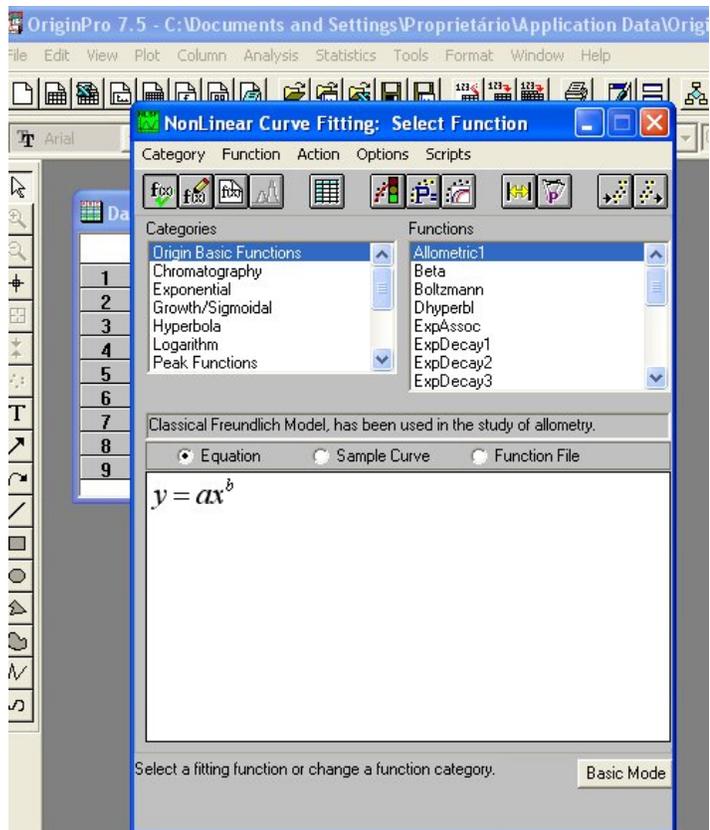
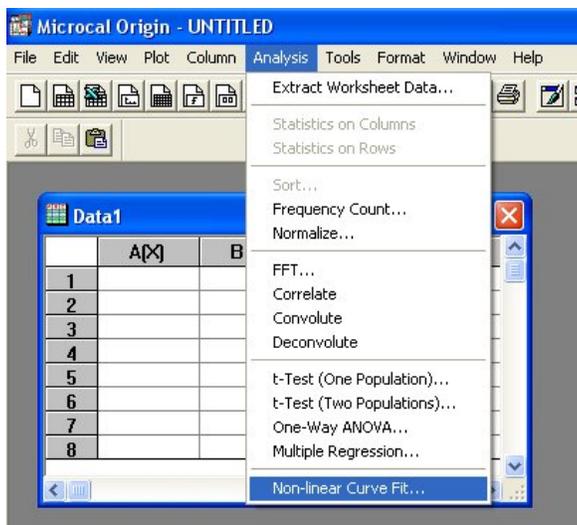
A frequência das diferentes harmónicas é dada por $f_n = nf$. Podemos dividir a nossa análise em 3 tipos de testes.

1) No 1º tipo mantivemos constante a tensão e a densidade linear da corda. Obtemos a variação de f com o comprimento do fio.

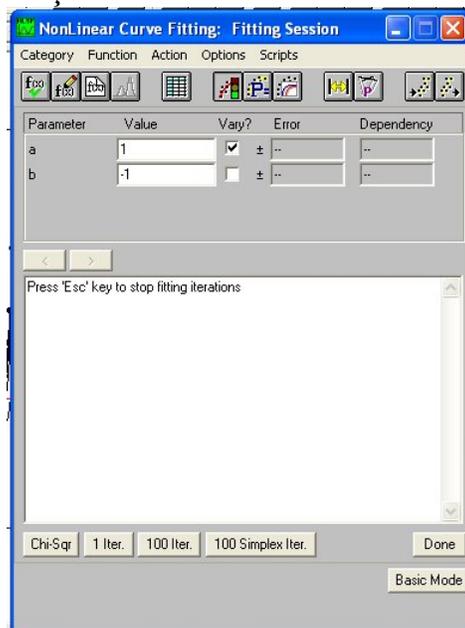
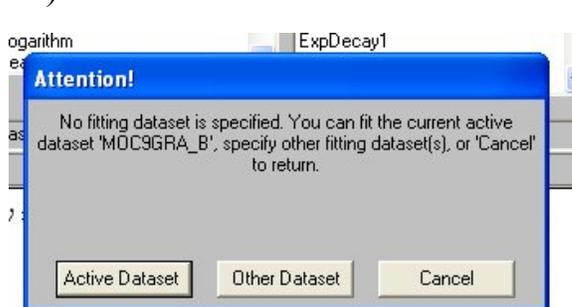
$$f = \frac{v}{2L} = \frac{A}{L} \quad \text{com A = constante a determinar}$$

Precisamos de seleccionar a coluna da frequência (**B**) para eixo dos yy e a coluna do comprimento (**D**) para eixo dos xx.

O programa ORIGIN permite-lhe ver o gráfico e fazer um ajuste. Vá a **Plot** ⇒ **Scatter**, escolhe **B(Y) ⇔ Y** e **D(Y) ⇔ X**, e vai obter o gráfico f(L), de pontos, na janela **Graph1**. Vá agora a **Analysis** ⇒ **Non-linear Curve Fit** ⇒ escolhe **Origin Basic Functions** na secção **Categorias** ⇒ **selecione Allometric 1** na secção **Functions**. Esta é a escolha do modelo $y = ax^b$ (onde **a** e **b** são parâmetros variáveis ou fixos). Click agora em **Action** ⇒ **Fit**.



Se lhe for pedido, faça **Activate Data Set**. Aparece-lhe um quadro com os valores iniciais e de controlo dos dois parâmetros a e b . Mantenha $a = 1$ e variável. Escolha para b o valor $b = -1$ e fixo (porque queremos que b não varie). Click em **10 Iter** no botão em baixo. Faça **Done**.



Vai já encontrar um quadro com os resultados do fit no seu gráfico. Coloque-o na posição que mais lhe agradar. Ele pode ser alterado mas não aconselhamos que o faça. Introduza no gráfico toda a informação necessária. Veja o Exemplo 1 do Relatório tipo do 2º trabalho.

O modelo de fit utilizado permitiu-lhe determinar a constante A do modelo. Como sabemos que $A = v/2$ podemos calcular a velocidade v experimental da onda no fio. Por outro lado podemos calcular v usando os

valores do fabricante $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{\text{peso} \cdot \text{braço}}{\text{densidade}}}$. A força de tensão na

corda é determinada pela condição de equilíbrio $F \cdot 1 = \text{peso} \cdot \text{braço}$, onde o braço tem unidades de 1 a 5. A densidade linear da corda usada está lista de cordas, na página 1 deste protocolo. Pede-se que compare os dois valores.

Coloque nomes nos eixos do gráfico e identifique-o fazendo de seguida um print necessário para o relatório. (Veja o Exemplo 1 do Relatório tipo do 2º trabalho)

2) Vá ao ficheiro de dados (por exemplo clicando com o botão direito em cima do gráfico e escolhendo **Go to Data 1**) e apague as colunas todas (selecione-as e faça **Clear**). Vá agora ao ficheiro **corda-dados.lvm** e copie o conjunto de colunas relativamente a esta parte da experiência. Faça o **Paste** no ORIGIN.

No 2º tipo mantivemos constante o comprimento e a densidade linear da corda. Obtemos a variação de f com a tensão do fio:

$$f = B\sqrt{F} = B\sqrt{\text{peso} \cdot \text{braço}} = B\sqrt{mg \cdot \text{braço}}$$

A coluna do **braço vezes o peso** será a **E**. Pede-se que altere a coluna **E**. Para isso vá a **Columns** \Rightarrow **Set Column Values** multiplicando a coluna **E** por 9.8 para passar a newtons. Precisamos de seleccionar a coluna da frequência (**B**) para eixo dos yy e a coluna da tensão (**E**) para eixo dos xx.

O programa ORIGIN permite-lhe ver o gráfico e fazer um ajuste. Vá a **Plot** \Rightarrow **Scatter**, escolhe **B(Y)** \Leftrightarrow **Y** e **E(X)** \Leftrightarrow **X**, e vai obter o gráfico $f(E)$, de pontos, na janela **Graph2**. Siga um processo de ajuste idêntico ao anterior (já descrito atrás). Mas agora, em vez de escolher $b = -1$ fixo deve escolher $b = + 0.5$ também fixo.

O modelo de fit utilizado permitiu-lhe determinar a constante B do modelo $f = B\sqrt{F}$. Como sabemos que $B = \frac{1}{2L\sqrt{\mu}}$, podemos calcular a densidade linear experimental do fio: $\mu = \frac{1}{(2LB)^2}$ e, por outro lado, podemos comparar com os valores do fabricante.

Coloque nomes nos eixos do gráfico e identifique-o fazendo de seguida um print necessário para o relatório. (Veja o Exemplo 2 no Relatório tipo do 2º trabalho)

3) No 3º tipo mantivemos constante o comprimento e a tensão da corda. Obtemos a variação de f com a densidade linear do fio:

$$f = \frac{C}{\sqrt{\mu}}$$

Invertendo esta equação podemos obter μ conhecida a frequência f . Assim:

$$\mu = \frac{F}{4f^2 L^2} = \frac{\text{peso} \cdot \text{braço}}{4f^2 L^2} = \frac{a}{f^2}$$

Devemos ter em atenção as unidades de cada coluna. Verifique se os valores da coluna D estão em metros. Se estiver em centímetros, faça **Set column values** \Rightarrow Col(D)=Col(D)/100. Verifique se os valores da coluna E estão em newtons. Para passar a Newton multiplique por 9.8, fazendo **Set column values** \Rightarrow Col(E)=Col(E)*9.8.

Crie uma nova coluna para a densidade linear μ . Para isso faça **Column** \Rightarrow **Add New Columns** \Rightarrow 1. De seguida calcule μ . Escolha a coluna F e faça **Column** \Rightarrow **Set Column Values** \Rightarrow Col(F) = Col(E)/(2*Col(D)*Col(B))^2. Faça agora o plot de $\mu(f)$ escolhendo **PLOT** \Rightarrow **Scatter** usando B(Y) = X e F(Y) = Y. Faça o ajuste usando o modelo $y = a x^{-2}$. Para isso escolha de novo **Analysis** \Rightarrow **Non-linear Curve Fit** \Rightarrow **Allometric 1** com **b** = -2 e **fixo**. Podemos e devemos comparar estes valores calculados experimentalmente com os dados pelo fabricante. Faça uma tabela comparativa para as 5 cordas. Com a constante de ajuste **a** obtida e a frequência da **corda desconhecida** determinada, estime o valor da sua densidade linear.

4) Comente os resultados obtidos, nomeadamente:

- A eficiência geral do método na detecção da frequência fundamental da corda.
 - O erro estimado para a velocidade de propagação da onda no 1º teste.
- A confiança que podemos ter nas densidades das cordas fornecidas pelo fabricante.